

5.BÖLÜM

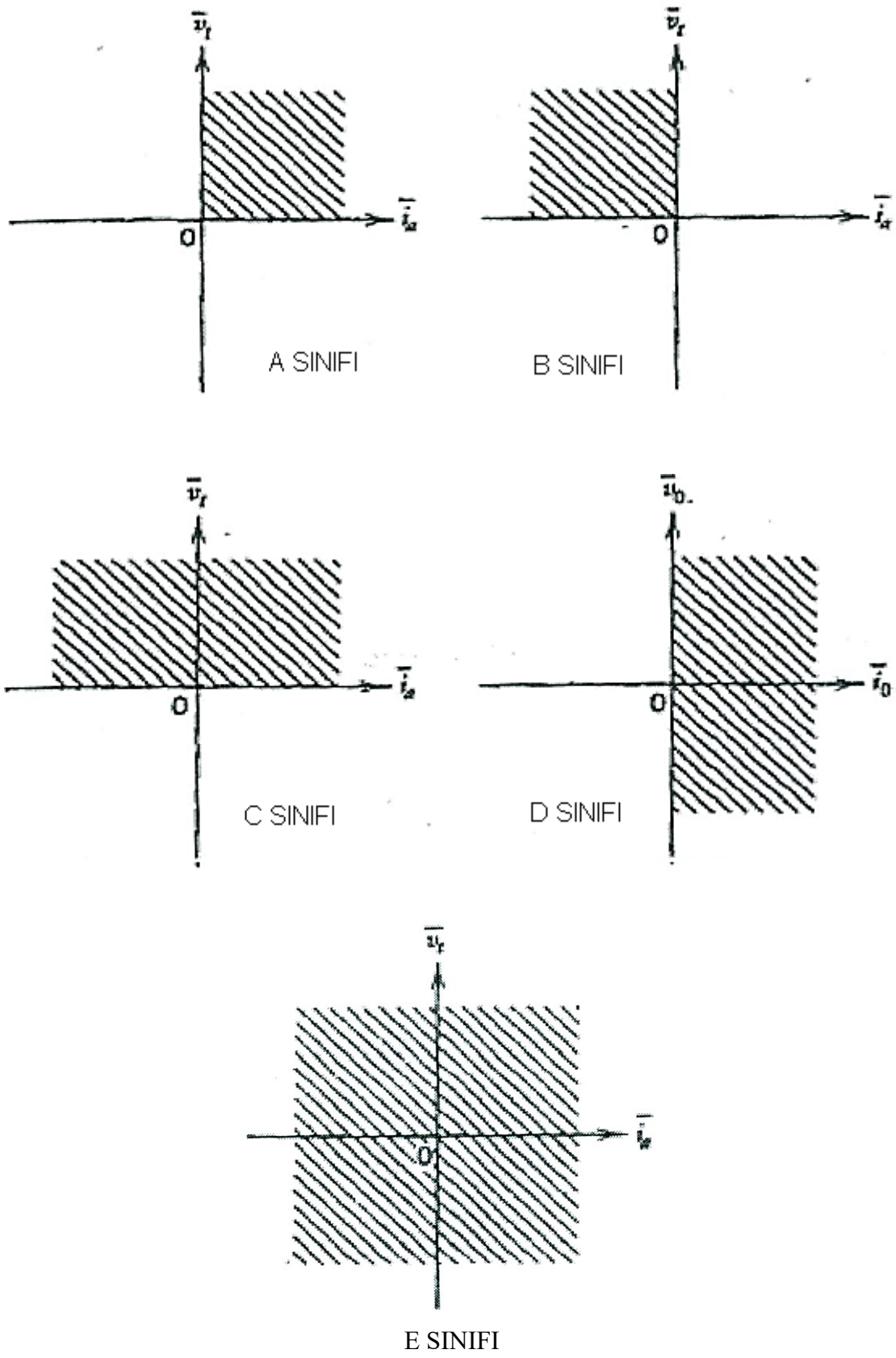
DOĞRU AKIM KİYİCİLİ TAHRİK

5.1 GİRİŞ

Eğer uygun gerilimde doğru akım kaynağı varsa, kontrol DA – DA dönüştürücüsü yani bir DAKıyıcısıyla yapılabilir ve bu kontrol serbest uyarmalı doğru akım motorunun endüvi devresini beslemede kullanılabilir. Elektriksel ulaşım sistemlerinde doğru akım kullanımı tercih edildiğinden kıyıcılı tahrik bu alanda uygulanma imkanı bulur.

Hattan hata veya hattan yer(çelik ray)e bir doğru akımlı besleme sisteminde gerilim, tipik bir alternatif akım sisteminde kullanılabilecek göre küçük olduğundan belli bir güç için talep edilen doğru akım nispeten yüksektir. Böylece hat akımının harmonik bileşenleri yüksek genlikli akımları da doğurabilir ve bu da haberleşme sistemlerinde ciddi parazitlere neden olur. İstasyondaki doğrultucu ve taşıttaki kıyıcı, bu harmoniklerin kaynağıdır ve her ne kadar istasyondan elde edilen besleme 6 veya 12 darbeli doğrultucuyla elde edilen harmoniklere sahip olsa da kıyıcının buna olan katkısı, kıyıcı frekansının mümkün olduğu kadar yüksek tutulmasıyla azaltılabilir. Bundan sonra eğer kıyıcının giriş tarafına seri bir endüktans ile paralel bir kapasiteden oluşan bir filtre yerleştirilirse hat harmonikleri büyük ölçüde azaltılarak kıyıcının sabit bir gerilim kaynağı olarak çalıştığı kabul edilebilebilir. Filtrenin rezonans frekansı kıyıcı çalışma frekansının altında olmalıdır; bunun için kapasite ve indüktör yeteri kadar büyük tutulmalıdır. Harmonikler böyle bir klasik filtreden sonra gelen ve karışık düzenlenmiş darbe frekanslarıyla çalıştırılan 2 ya da daha çok kıyıcıyla öngörülen değerlere düşürülebilir.

Kıyıcılar, çalıştırılabilirlikleri $\bar{v}_t - \bar{i}_a$ diyagramının bölge numaralarına göre sınıflandırılırlar. Bu sınıflandırma Şekil 5.1’de gösterilmiştir.



Şekil 5.1 Kısıcılarının sınıflandırılması

5.2 A SINIFI KIYICI

Şekil 5.2a’da **tek bölgeli düşürücü** bir kıyıcının temel güç devresi verilmiştir. Motor endüvi devresinin modeli üç farklı devre elemanı olarak gösterilmiştir. **Düşürücü** terimi, endüvi devresi ortalama uç geriliminin kaynak geriliminden daha küçük olduğunu belirtir. **Tek bölge** terimi, endüvi devresi değişkenleri v_t , i_a ’nın ; $\bar{v}_t - \bar{i}_a$ diyagramının sadece ilk bölgesinde bulunduğunu gösterir. Bu sistemin çalışması Şekil 5.2b ve Şekil 5.2c’den kolayca anlaşılabilir. Q_1 tristörü ilettime sokulduğu zaman kaynak gerilimi, endüvi devresi uçlarında görülür ve bu durum devam ederse endüvi akımı;

$$i_a = \frac{V - E_a}{R_a} \quad (5.1)$$

ile ifade edilen kararlı hal büyüklüğüne ulaşıncaya kadar artar.

Endüvi devresindeki ortalama akım, eşitlik 5.1’deki akım değerine ulaşmadan önce Q_1 tristörünü komütasyona sokmak suretiyle ve Şekil 5.2 de gösterildiği gibi D_1 diyodundan geçen akım ya 0’a ulaşarak ya da Şekil 5.2c’deki gibi Q_1 iletimde olduğu esnada onun ulaşacağı değerden daha az bir değere müsaade ederek kontrol edilebilir. Eğer bu Q_1 ’in açma kapama süreci düzenli aralıklarla tekrar edilecek olursa i_a ’nın ortalama değeri kontrol edilebilmiş olur. v_t ’nin bu dalga şekli d.a–d.a dönüştürücüsünün ‘**kıyıcı**’ olarak isimlendirilmesine sebep olur.

Q_1 ’in kesimde olma gereksinimi, v_{AK1} ’in pozitif uç gerilimine maruz kalması esnasında bile mevcuttur. Halbuki doğrultucularda, sırası gelen tristör ilettime girerek diğerini kesime götürüyordu. Q_1 ’i komütasyona götürmek için i_{G1} kapı sinyali kaldırıldıktan sonra ani bir negatif gerilime maruz bırakacak bir yardımcı devre gereklidir. Bu işlem **zorlamalı komütasyon** diye adlandırılır ve burada detayları anlatılmayan çeşitli yöntemlerle yapılabilir.

Q_1 ’in komuta edilebilme gereği, daire içindeki sembolü ile gösterilir. Bu sebepten i_{G1} kapı akımı kaldırılmış olduğu halde, komütasyon devresinin işleme girdiği ve Q_1 ’in Şekil 5.2’deki diyagramda ihmal edilecek kadar küçük bir zaman aralığında komütasyona gittiği kabul edilir. i_a ’nın ortalama değeri 3 yöntemle kontrol edilebilir:

- Q_1 ’in t_{on} süresini değiştirilerek T_p darbe periyodu sabit tutulur. Bu tip kontrole **darbe genişlik modülasyonu (PWM)** adı verilir.

- b. t_{on} sabit tutulup T_p deęiřtirilir. Bu tip kontrole *frekans modülasyonu (FM)* adı verilir.
- c. (a) ve (b) deki yöntemlerin birleştirilmesi ile de kontrol saęlanabilir.

Şekil 5.2 Tek Bölge A Sınıfı Kıyıcının Temel Güç Devresi ve Çalışma Prensipleri

Eğer t_{on} , T_p 'ye göre kısa ise (Şekil 5.2b) kesintili akım meydana gelecek ve akımın dalga şekli kararlı hal şartlarına ulaşıldığı zaman seri darbelerden ibaret olacaktır. Eğer t_{on} , T_p 'ye göre nispeten uzun ise yük akımı $t_{on} < t < T_p$ esnasında sifıra düşmeyecek fakat Q_1 tekrar tetikleninceye kadar oldukça azalacaktır. Böylece akım kararlı halde periyodik olarak değişecektir (Şekil 5.2c). Kıyıcının darbe frekansı yüksek tutulur (tipik olarak 200 – 500 Hz). Böylece küçük endüvi devresi endüktansında bile motor ve mekanizmanın boştaki kayıpları kararlı halde bile sürekli akımı meydana getirir. Ancak geçici şartlarda akım süreksiz olabilir.

Sürekli akımlı işletme normal olarak gerçekleştirilebileceği bir durumdur ve sistem dizayn edileceği zaman analiz edilmesi gerekir. Şekil 5.2a'daki devrenin sağındaki çevre için;

$$v_t = (e_L + V_R + E_a) \quad [V] \quad (5.2)$$

Buradan;

$$\frac{di_\alpha}{dt} + \frac{R_\alpha i_\alpha}{L_\alpha} = \frac{v_t - E_\alpha}{L_\alpha} [A/s] \quad (5.3)$$

$t = 0$ anında Q_1 iletime sokulduğu zaman $v_t = V$ ve $i_\alpha = I_{a2}$ olur. 5.3 eşitliğinden bu şartlar için;

$$i_\alpha = \frac{V - E_a}{R_\alpha} \left(1 - e^{-t/\tau_\alpha} \right) + I_{a2} e^{-t/\tau_\alpha} [A] \quad 0 \leq t \leq t_{on} [s] \quad (5.4)$$

$$\tau_\alpha = \frac{L_\alpha}{R_\alpha} [s] \quad (5.5)$$

Bulunur. $t = t_{on}$ anında Q_1 kesime gittiğinde;

$$i_\alpha = i_{\alpha 1} = \frac{V - E_a}{R_\alpha} \left(1 - e^{-t_{on}/\tau_\alpha} \right) + I_{a2} e^{-t_{on}/\tau_\alpha} [A] \quad (5.6)$$

Q₁ kesime gittiğinde i_a, D₁ üzerinden serbest geçiş yapar ve $v_t = 0$ olur. Eşitlik 5.3'ten;

$$\frac{di_\alpha}{dt'} + \frac{R_\alpha i_\alpha}{L_\alpha} = \frac{-E_\alpha}{L_\alpha} [A/s] \quad (5.7)$$

bulunur. Burada;

$$t' = t - t_{ON}[s] \quad (5.8)$$

t' = 0 anında $i_a = i_{a1}$ dir. 5.7 eşitliğinden ve bu ilk koşullardan

$$i_\alpha = -\frac{E_\alpha}{R_\alpha} \left(1 - e^{-t'/\tau_\alpha} \right) + I_{\alpha 1} e^{-t'/\tau_\alpha} [A] \quad t_{ON} \leq t \leq T_p [s] \quad (5.9)$$

t' = t - t_{ON} veya t = T_p anında Q₁ tekrar ilettime sokulduğu zaman;

$$i_\alpha = i_{\alpha 2} = -\frac{E_\alpha}{R_\alpha} \left(1 - e^{-(t_p - t_{ON})/\tau_\alpha} \right) + I_{\alpha 1} e^{-(t_p - t_{ON})/\tau_\alpha} [A] \quad (5.10)$$

olarak bulunur. 5.6 ve 5.10 eşitlikleri birlikte çözümlenirse;

$$I_{\alpha 1} = \frac{V}{R_\alpha} \cdot \frac{\left(1 - e^{-t_{ON}/\tau_\alpha} \right)}{\left(1 - e^{-T_p/\tau_\alpha} \right)} - \frac{E_\alpha}{R_\alpha} [A] \quad (5.11)$$

$$I_{\alpha 2} = \frac{V}{R_\alpha} \cdot \frac{\left(e^{-t_{ON}/\tau_\alpha} - 1 \right)}{\left(e^{-T_p/\tau_\alpha} - 1 \right)} - \frac{E_\alpha}{R_\alpha} [A] \quad (5.12)$$

eşitlikleri elde edilir.

Eğer Q₁, t_{on} = T_p olacak şekilde sürekli iletimde bırakılırsa I_{a1} ve I_{a2} akımlarının ikisinde 5.1 eşitliğindeki verilen değerleri alacaktır.

Şekil 5.2c'deki v_t dalga şekli Fourier serisiyle ifade edilebilir.

$$v_t = \bar{v}_t + \sum_{n=1}^{\infty} c_n \sin(nw_0 t + \varphi_n) [V] \quad (5.13)$$

Burada w_0 açısal frekansı;

$$w_0 = \frac{2\pi}{T_p} [\text{rad/s}] \quad (5.14)$$

v_t 'nin ortalama değeri;

$$\bar{v}_t = \frac{t_{ON}}{T_p} \cdot V [V] \quad (5.15)$$

EK-A'da tarif edilen süreksizlik metodu kullanılırsa;

$$c_n = \frac{2V}{n\pi} \sin\left(\frac{nw_0 t_{ON}}{2}\right) \quad (5.16)$$

$$\theta_n = \frac{\pi}{2} - \frac{nw_0 t_{ON}}{2} \quad (5.17)$$

ifadeleri bulunur. Eşitlik 5.16'dan harmoniklerin genlikleri $t_{ON} = T_p / 2$ saniye olduğu zaman en büyüktür. En düşük frekanslı harmonik, $2V / \pi$ maksimum genliğindeki temel bileşen veya ilk bileşendir. Endüvi akımının ortalama değeri;

$$\bar{i}_a = \frac{\bar{v}_t - E_a}{R_a} = \frac{1}{R_a} \left[\frac{t_{ON}}{T_p} \cdot V - E_a \right] [A] \quad (5.18)$$

'dir. $w_0 L_a \gg R_a$ kabul edilirse, endüvi akımının temel bileşeni 5.13, 5.16 ve 5.17 eşitliklerinden;

$$i_{a1} = \frac{2V}{\pi w_0 L_a} \sin\left(\frac{w_0 t_{ON}}{2}\right) \sin\left(w_0 t - \frac{w_0 t_{ON}}{2}\right) [A] \quad (5.19)$$

olarak bulunur. Bu temel bileşenin efektif değeri ise (RMS);

$$I_{R1} = \frac{\sqrt{2}V}{\pi w_0 L_a} \sin\left(\frac{w_0 t_{ON}}{2}\right) [A] \quad (5.20)$$

dir. Endüvi akımı 5.18 ve 5.19 eşitliklerinde verilen bileşenlerin toplamıyla iyi bir yaklaşım ifade edilebilir. Böylece endüvi akımının efektif değeri (**RMS**);

$$I_R = \left[(\bar{i}_a)^2 + I_{R1}^2 \right]^{1/2} [A] \quad (5.21)$$

olur. Gerekli olursa bu efektif akımın genliği endüvi devresine endüktans eklemek suretiyle azaltılabilir. Ancak bu durumda motor performansında sınırlı derecede bir iyileşme elde edilir. Kaynak akımı ile endüvi akımı arasındaki ilişki;

$$\begin{aligned} i_s &= i_a [A] & 0 \leq t \leq t_{ON} \quad [s] \\ i_s &= 0 [A] & t_{ON} \leq t \leq T_p [s] \end{aligned} \quad (5.22)$$

olarak ifade edilir. i_s akımının harmonikleri 5.22'deki i_a 'nınkinden elde edilir. Fakat $w_0 L_a \gg R_a$ olduğundan dolayı hat akımı harmoniklerine iyi bir yaklaşım, endüvi akımının genliğini sabit kabul etmekle elde edilebilir. Bu durumlarda kaynak akımı, $\bar{i}_a$ büyüklüğünün t_p periyodunda t_{ON} süresince iletimde kaldığı bir darbe serisi haline gelir. Bu akım, v_t dalga şekli gibi aynı yolla analiz edilebilir. Böylece hat akımının yaklaşık ifadesi;

$$i_s = \frac{t_{ON}}{T_p} \bar{i}_a + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2\bar{i}_a}{n\pi} \sin\left(\frac{nw_0 t_{ON}}{2}\right) \sin\left(nw_0 t + \frac{nw_0 t_{ON}}{2}\right) [A] \quad (5.23)$$

olarak bulunur. Birkere daha $t_{ON} = T_p / 2$ olduğu zaman harmoniklerin genlikleri en büyük değerini alır. Eğer i_s akımının 5.23 ifadesindeki birinci harmonik ve ortalama değer ile ifade edilebileceği kabulü yapılırsa kaynak akımının etkin değeri (**RMS**);

$$I_s = \bar{i}_a \left[\left(\frac{t_{ON}}{T_p} \right)^2 + \left(\frac{\sqrt{2}}{\pi} \sin\left(\frac{w_0 t_{ON}}{2}\right) \right)^2 \right]^{1/2} [A] \quad (5.24)$$

dir. 5.23 eşitliğindeki $\bar{i}_s$ 'nin ortalama değeri aşağıdaki gibi olur:

$$\bar{i}_s = \frac{t_{ON}}{T_p} \bar{i}_a \text{ [A]} \quad (5.25)$$

5.15 ve 5.25 eşitliklerinden de;

$$P_a = \bar{v}_t \bar{i}_a = \frac{t_{ON}}{T_p} V \bar{i}_a = V \bar{i}_s = P_{in} \text{ [W]} \quad (5.26)$$

olduğu görülebilir.

Örnek 5.1

230 V, 500 d/dk, $I_n = 4.1 \text{ A}$, $R_a = 7.56 \Omega$, $L_a = 55 \text{ mH}$, 1HP olan bir DA motoru 240 V'lık DA kaynağı ve A sınıfı bir kıyıcıdan beslenerek tahrik edilmektedir. Alan akımı 230 V gerilimindeki nominal çalışmayı sağlayacak değerde sabit tutulmaktadır. Kıyıcı frekansı 500 Hz ve minimum yük momenti 5 N-m olarak öngörülmektedir.

- 500 d/dk'da minimum yük değeri için t_{ON} değerini hesaplayınız.
- Bir önceki şartlarda i_a 'nın sürekli olup olmadığını belirleyiniz.
- 500 d/dk'da akımın sürekli olduğu t_{ON} minimum değerini ve buna karşı düşen mil momentini bulunuz.

Çözüm

$$\text{Açısal Hız} = \Omega_m = 2\pi n / 60 = 52.36 \text{ [rad/sn]}$$

$$k\phi = \frac{E_a}{\Omega_m} = \frac{230 - 7.56 \cdot 4.1}{52.36} = \frac{199}{52.36} = 3.801 \text{ [N.m/A]}$$

$$\text{Endüvi giriş gücü} = 230 \cdot 4.1 = 943 \text{ [W]}$$

$$\text{Mil çıkış gücü} = 746 \text{ [W]}$$

$$R_a I_a^2 = 7.56 \cdot 4.1^2 = 127 \text{ [W]}$$

$$\text{Dönme kayıpları} = 943 - 746 - 127 = 70 \quad [\text{W}]$$

500 d/dk'da;

$$T_{\text{kayıp}} = \frac{70}{5,36} = 1,337 \quad [\text{N.m}]$$

a) 500 d/dk'da ki minimum yük momenti için ortalama iç moment;

$$\bar{T} = 5 + 1,337 = 6,337 \quad [\text{N.m}]$$

$$\bar{i}_a = \frac{6,337}{3,801} = 1,667 \quad [\text{A}]$$

$$\bar{V}_t = 199 + 7,56 \cdot 1,667 = 211,6 \quad [\text{V}]$$

Akımın sürekli olduğu kabul edilirse;

$$t_{\text{ON}} = \frac{\bar{V}_t}{V} T_p = \frac{211,6}{240} \cdot \frac{1}{500} = 1,763 \cdot 10^{-3} \quad [\text{s}]$$

b) Akımın sürekli ile kesintili arasında olduğu sınır durum Şekil 5.2c'de $I_{a2} = 0$ olduğu zaman meydana gelir.

$$\tau_a = \frac{L_a}{R_a} = \frac{55 \cdot 10^{-3}}{7,56} = 7,275 \cdot 10^{-3}$$

bilinen değerler yerine konularak eşitlik 5.12 'den t_{ON} ;

$$0 = \frac{240}{7,56} \frac{(e^{\frac{10^3 t_{\text{ON}}}{7,275}} - 1)}{(e^{2/7,275} - 1)} - \frac{199}{7,56}$$

buradan;

$$t_{\text{ON}} = 1,695 \cdot 10^{-3} \quad [\text{s}]$$

bulunur. Bu değer (a) şıkkında elde edilen t_{ON} değerinden küçük olduğu için akımın sürekli olduğu kabulü doğrulanmış olur.

c) (b) şıkkında elde edilen t_{ON} sürekli akımı veren minimum değerdir. Bu şartlar altında;

$$T_p = \frac{1}{500} = 2 \cdot 10^{-3} \quad [s]$$

$$\bar{V}_t = \frac{t_{ON}}{T_p} V = \frac{1,695}{2} \cdot 240 = 203,4 \quad [V]$$

$$\bar{I}_a = \frac{203,4 - 199}{7,56} = 0,582 \quad [A]$$

$$\bar{T} = 0,582 \cdot 3,801 = 2,212 \quad [N.m]$$

$$\text{Minimum mil momenti} = 2,212 - 1,337 = 0,875 \quad [N.m]$$

Örnek 5.2

230 V, 1750 d/dk, $I_n = 74$ A, $R_a = 0,180 \Omega$, $L_a = 2,93$ mH, 20 HP (14,9 kW) olan motorun endüvisi A sınıfı bir kıyıcıdan 240 V DA kaynaktan beslenerek tahrik edilmektedir. Alan akımı 230 V gerilimindeki nominal çalışmayı sağlayacak değerde sabit tutulmakta kıyıcı frekansı 500 Hz'de sabittir. Ortalama endüvi akımı, nominal değere eşit ve t_{ON} en büyük harmonik içeriği verecek değere ayarlı olduğuna göre;

- Motorun hızını hesaplayınız.
- Endüvi akımının etkin değerini hesaplayınız.
- Endüvi akımını ve hat akımı dalgalanmak faktörünü hesaplayınız.

$$\text{Not: Dalgalanma Faktörü} = \frac{\text{Temel Bileşenin Efektif Değeri}}{\text{Ortalama Akım Değeri}}$$

Çözüm

Normal çalışmada ;

$$\text{Açısal Hız} = \Omega_m = 2\pi n / 60 = 183,3 \quad [\text{rad/sn}]$$

$$k\phi = \frac{E_a}{\Omega_m} = \frac{230 - 0,180 \cdot 74}{183,3} = 1,182 \quad [N.m/A]$$

a) $t_{ON} = T_p / 2$ için;

$$\bar{v}_t = 0,5 \cdot 240 = 120 \quad [\text{V}]$$

$$i_a = 74 = \frac{120 - E_a}{0,180} [\text{A}]$$

$$E_a = 106,7 \quad [\text{V}]$$

$$\Omega_m = \frac{106,7}{1,182} = 90,27 \quad [\text{rad/s}] = 862,0 \quad [\text{d/dk}]$$

b) Kısıyıcı açısal frekansı;

$$\omega_0 = 2\pi \cdot 500 = 1000\pi \quad [\text{rad/s}]$$

$t_{\text{ON}} = T_p / 2$ 'de 5.20 eşitliğinden;

$$I_{R1} = \frac{\sqrt{2} \cdot 240}{\pi^2 \cdot 2,93} = 11,74 \quad [\text{A}]$$

$$I_R = \sqrt{74^2 + 11,74^2} = 74,93 \quad [\text{A}]$$

c) Endüvi akımı dalgalanma faktörü;

$$\frac{11,74}{74} = 0,1586$$

Kaynak akımının ortalama değeri;

$$i_s = \frac{t_{\text{ON}}}{T_p} i_a = 74 / 2 = 37 \quad [\text{A}]$$

$t_{\text{ON}} = T_p / 2$ 'de kaynak akımın en küçük harmonik bileşeninin efektif değeri, eşitlik 5.23'ten;

$$I_{RS1} = \frac{\sqrt{2} \cdot i_a}{\pi} = \frac{\sqrt{2} \cdot 74}{\pi} = 33,31 \quad [\text{A}]$$

Kaynak akımının dalgalanma faktörü ise;

$$33,31 / 37 = 0,9003$$

Bu sonuç, kıyıcının girişine filtre konulmasının gerekliliğini göstermektedir.

5.3 B SINIFI KIYICI

B sınıfı kıyıcı, DA kaynağına enerji vermek için generatör olarak çalışan motorun çıkış ve uç gerilimini yükseltir. Bu kıyıcı, A sınıfı kıyıcının elemanlarının yerlerinin değiştirilerek tekrar düzenlenmesiyle elde edilebilir. Bu taktirde, A sınıfı kıyıcının tetikleme devresi her ikisi için de kullanılabilir. Tipik bir uygulama olarak banliyö treninin kıyıcılı tahriki gösterilebilir.

B sınıfı kıyıcı için temel güç devresi Şekil 5.3a'da verilmiştir. Değişkenlerin referans yönleri ve sembolleri Şekil 5.2 ile aynıdır. Yeni sistem $\bar{v}_t - \bar{i}_a$ diyagramının 2. bölgesinde çalışmaktadır ve $\bar{v}_t = V_{AK2}$ 'dir. Kesintili akımlı çalışma da mümkündür fakat yine sadece kararlı halde sürekli akımlı çalışma analiz edelim.

Eğer Q_2 hiç iletme sokulmazsa ve $V > E_a$ ise i_a ve i_s sıfırdır. Bu sebeple devre tamamen pasiftir. Eğer Q_2, T_p periyodunun düzenli aralıkları ile iletme sokulup çıkarılırsa, E_a emk'sıristörün iletimde olduğu her zaman L_a endüktansında enerji depo eder ve Q_2 kesime girdiği zaman depo edilen enerjinin bir kısmı D_2 yoluyla V kaynağına akım olarak geri verilir. Q_2 'ye verilen kapı sinyalleri şekil 5.3'te gösterildiği gibi ise devrenin çalışması diğer değişkenlerin dalga şekillerini vermek için analiz edilebilir. C sınıfı kıyıcı incelendiği zaman anlaşılacak olan nedenlerden dolayı D_2 'nin iletim süresi t_{ON} olarak dizayn edilmiştir. Böylece çalışmanın periyodu Şekil 5.3'te $t = 0$ anında Q_2 'nin kesime girdiği anda başlar.

$t = 0$ anındaki i_a 'ya negatif büyüklükte I_{a2} diyelim. $0 < t < t_{ON}$ aralığı için D_2 iletimdedir ve $v_{AK2} = V$ dir. Bu aralık esnasında;

$$\frac{di_a}{dt} + \frac{R_a i_a}{L_a} = \frac{V - E_a}{L_a} [A/s] \quad (5.27)$$

denkleminin çözümü verilen ilk şartlar için;

$$i_{\alpha} = \frac{V - E_{\alpha}}{R_{\alpha}} \left(1 - e^{-t/\tau_{\alpha}} \right) + I_{\alpha 2} e^{-t/\tau_{\alpha}} [A] \quad (5.28)$$

dir. $t = t_{ON}$ anında i_a , I_{a1} değerine ulaşır. Burada $I_{a2} < I_{a1} < 0$ 'dır. Bu taktirde 5.28 eşitliğinden;

$$I_{\alpha 1} = \frac{V - E_{\alpha}}{R_{\alpha}} \left(1 - e^{-t_{ON}/\tau_{\alpha}} \right) + I_{\alpha 2} e^{-t_{ON}/\tau_{\alpha}} [A] \quad (5.29)$$

yazılabilir. $t = t_{ON}$ anında Q_2 iletimdedir ve t_{ON}^{+} da v_{AK2} sıfır ve $i_a = I_{a1}$ olur. $t_{ON} < t < T_p$ aralığında;

$$\frac{di_{\alpha}}{dt'} + \frac{R_{\alpha} i_{\alpha}}{L_{\alpha}} = \frac{-E_{\alpha}}{L_{\alpha}} [A/s] \quad (5.30)$$

dir. Burada ;

$$t' = t - t_{ON} [s] \quad (5.31)$$

dir. İfade edilen başlangıç şartları için 5.30 eşitliğinin çözümü aşağıdaki gibidir;

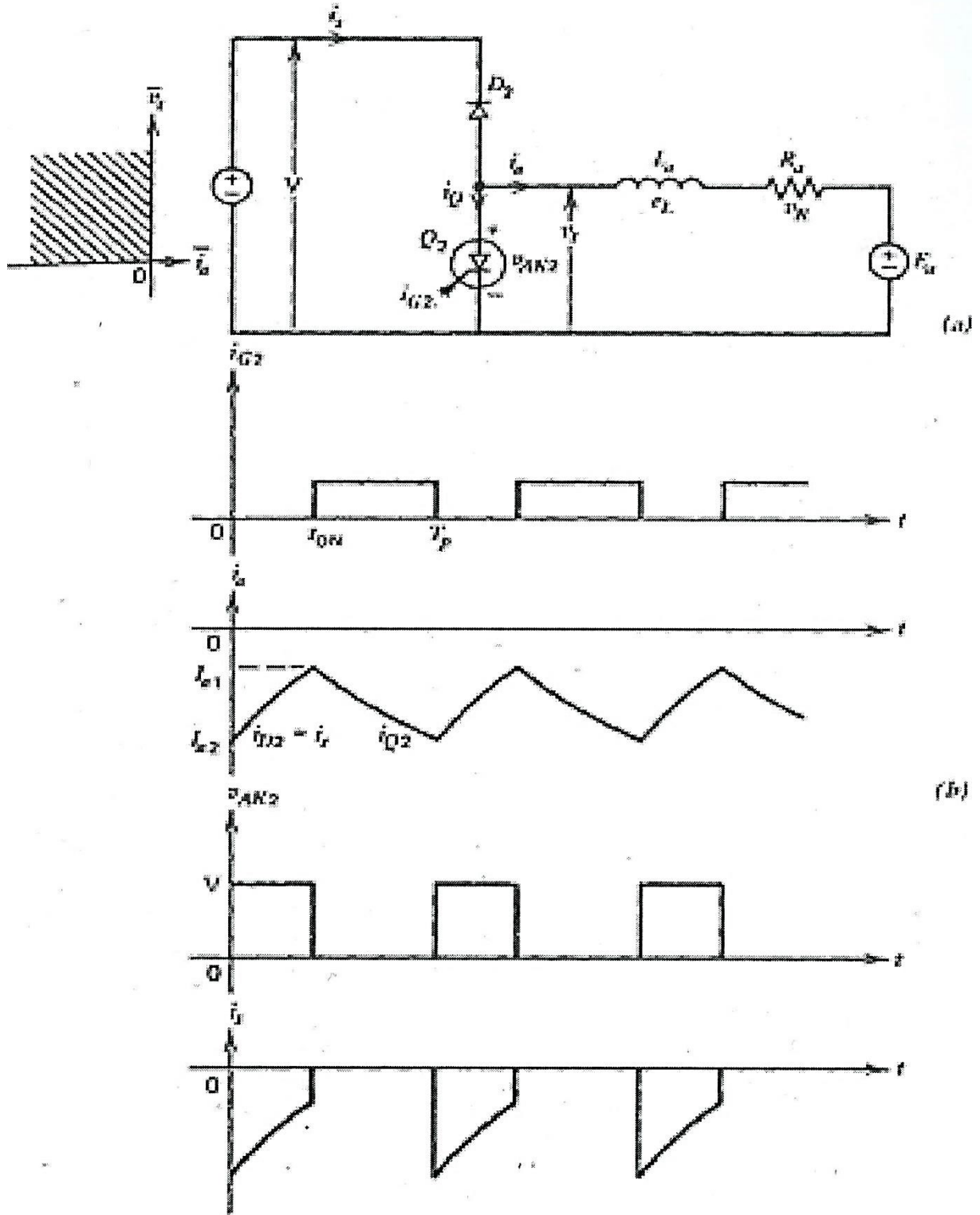
$$i_{\alpha} = - \frac{E_{\alpha}}{R_{\alpha}} \left(1 - e^{-t'/\tau_{\alpha}} \right) + I_{\alpha 1} e^{-t'/\tau_{\alpha}} [A] \quad (5.32)$$

$t' = T_p - t_{ON}$ veya $t = T_p$ olduğu periyodun sonunda i_a , I_{a2} başlangıç değerine dönmüş olmalıdır. Eşitlik 5.32'den

$$I_{\alpha 2} = - \frac{E_{\alpha}}{R_{\alpha}} \left(1 - e^{-(T_p - t_{ON})/\tau_{\alpha}} \right) + I_{\alpha 1} e^{-(T_p - t_{ON})/\tau_{\alpha}} [A] \quad (5.33)$$

bulunur. 5.29 ve 5.33 eşitlikleri 5.6 ve 5.10 eşitlikleri ile denktir. Bu sebepten 5.11 ve 5.12 denklemlerini elde etmek için eş zamanlı çözükebilirler. Yine de unutulmamalıdır ki i_a ve

i_s yükseltici kıyıcı akımları daima negatiftir ve çalışma $\bar{V}_t - \bar{i}_a$ diyagramının 2. bölgesinde meydana gelir. i_a ve i_s dalga şekillerinin Fourier analizi A sınıfı çalışmadaki gibi yazılabilir.



Şekil 5.3 Tek Bölge B Sınıfı Kıyıcının Temel Güç Devresi ve Çalışma Prensibi

5.4 C SINIFI İKİ BÖLGELİ KIYICI

A sınıfından B sınıfına anahtarlama bazı uygulamalar için elde edilen faydalı frenlemenin memnuniyet verici bir metodu olmasına rağmen, kalan diğer uygulamalarda motor çalışmadan frenlemeye düzgün bir geçiş esastır. Şekil 5.2 ve 5.3 devrelerinin birleştirilmesi gerekli tahriği sağlar ve bu birleşim Şekil 5.4 'te gösterilmiştir. Bu, araç tahriklerinde sık rastlanan bir uygulamadır.

Şekil 5.4a'daki devrede tristörlerin herbiri, kapı sinyalleri kaldırıldıktan hemen sonra kesime girebilirler. Tristörlerin her ikisinde aynı anda iletimde olamayacakları açıktır. Çünkü bu durum V kaynağını kısa devre edecektir. Şekil 5.4b'deki kapı sinyalleri dalga şekillerinden görüldüğü gibi tristörler dönüşümlü olarak iletimde bulunurlar. Bunun için Şekil 5.4b'deki gibi zaman skalasında gösterilemeyen çok kısa (tipik olarak $100\mu s$) bir sürenin (bir sinyalin kaldırılması ile diğerinin uygulanması arasında) geçmesine izin verilmesi gerekir ki böylece komütasyona geçecek tristöre zaman tanınmış olur.

İlk bölgede çalışmada, Q_1 ve D_1 , bölüm 5.2'de tarif edilen fonksiyonları yerine getirir ve ortalama **endüvi akımı** $\bar{i}_a$ yeterli derecede yüksek ise **kapı sinyalleri** olsa bile Q_2 ve D_2 'den akım geçmez. Bu haldeki v_t ve i_a dalga şekilleri Şekil 5.2c'de verilmiştir.

İkinci bölgede çalışmada, Q_2 ve D_2 , bölüm 5.3'de tarif edilen fonksiyonları yerine getirir. Eğer $\bar{i}_a$ **ortalama yük akımı** yeterince büyük negatif değere sahipse, Q_1 kapı sinyalleri olsa bile Q_2 ve D_1 iletimde bulunamaz. Bu durumdaki v_t ve i_a dalga şekilleri Şekil 5.3b'de verilmiştir.

Tek bölge düşük çıkışlı kıyıcıda devre parametleri ve t_{ON} 'un değeri öyle olabilir ki kesintili akım meydana gelebilir. Ancak C sınıfı kıyıcıda kesintili akım mümkün değildir. Çünkü bu şartlar altında Q_2 ve D_2 periyodun bir kısmında iletimde bulunurlar. D_1 'deki akım sıfıra düştüğü zaman E_a emk'sı negatif akımı, L_a endüktansında enerjiyi depo etmesi için Q_2 üzerinden aktarır. Q_2 kesime girdiği zaman, bu depo edilen enerjideki düşme e_L emk'sını endükler ki bu e_L , E_a emk'sı ile birleşmektedir. Negatif e_L emk'sı negatif akım sıfır oluncaya kadar V kaynağını besler ve L_a 'daki enerjiyi boşaltır. i_a pozitif yük akımı bundan sonra Q_1 'den geçmeye başlar. Periyodun herbir kısmındaki eleman akımı Şekil 5.4b'deki i_a dalga şeklinde işaretlenmiştir. i_s kaynak akımı dalga şekli de verilmiştir.

Bölüm 5.2'deki analiz, bu iki bölgeyi kıyıya doğrudan uygulanabilir. 5.11 ve 5.12 eşitliklerinde meydana gelen yeni özellik I_{a1} ve I_{a2} 'nin pozitif veya negatif olabilmesidir. Çeviricinin çalıştığı bölge 5.15 eşitliği ile belirlenebilir. Bu da;

$$\bar{v}_t = \frac{t_{ON}}{T_p} V[V] \quad (5.34)$$

ile ifade edilir. Eğer $\bar{v}_t > E_a$ ise $\bar{i}_a > 0$ olur ve endüvi devresine net enerji verilir. Diğer taraftan $\bar{v}_t < E_a$ ise $\bar{i}_a < 0$ olur ve net enerji akışı V kaynağıdır. $t_{ON} = T_p$ ve Q_1 sürekli iletimde olduğunda;

$$\bar{i}_a = I_{a1} = I_{a2} = \frac{V - E_a}{R_a} \quad [A] \quad (5.35)$$

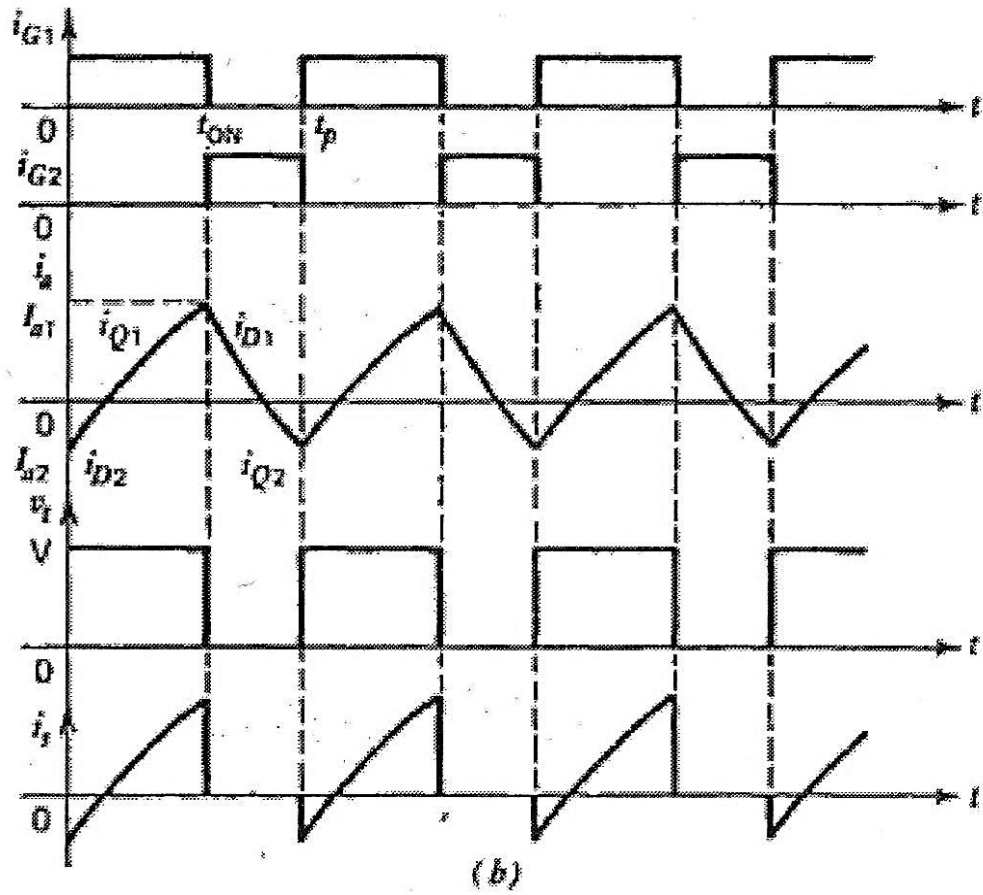
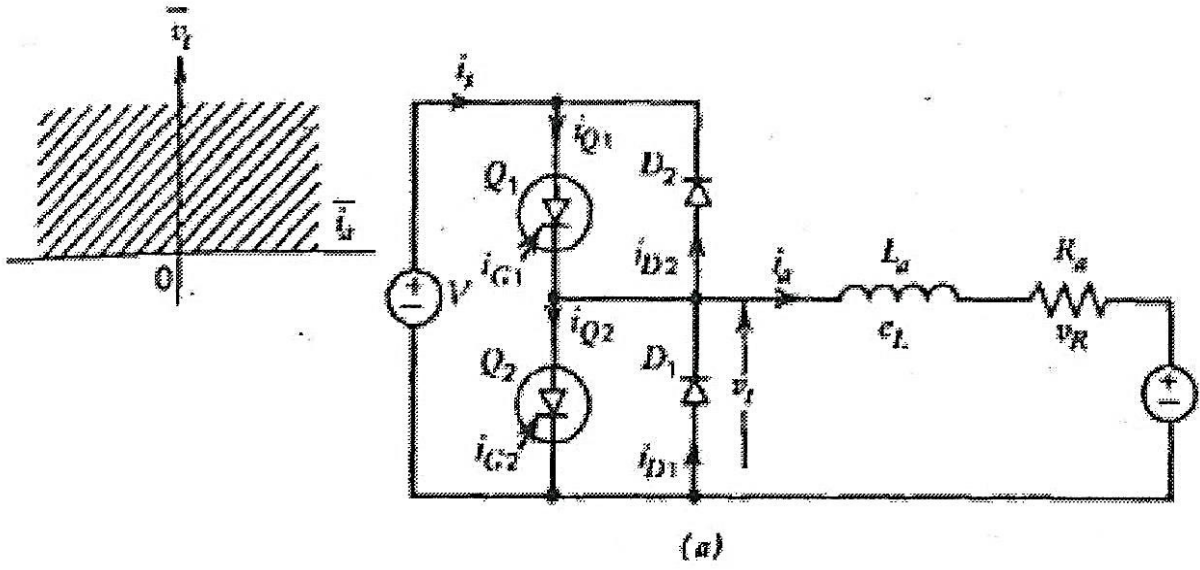
olur. $t_{ON} = 0$ ve Q_2 sürekli iletimde olduğunda;

$$\bar{i}_a = I_{a1} = I_{a2} = \frac{-E_a}{R_a} \quad [A] \quad (5.36)$$

olur. Bu, tüm enerjinin endüvi direncinde harcandığı durumdur. Tristörler ve diyotlar ideal kabul edildikleri için;

$$P \bar{i}_s = \bar{v}_t \bar{i}_a [W] \quad (5.37)$$

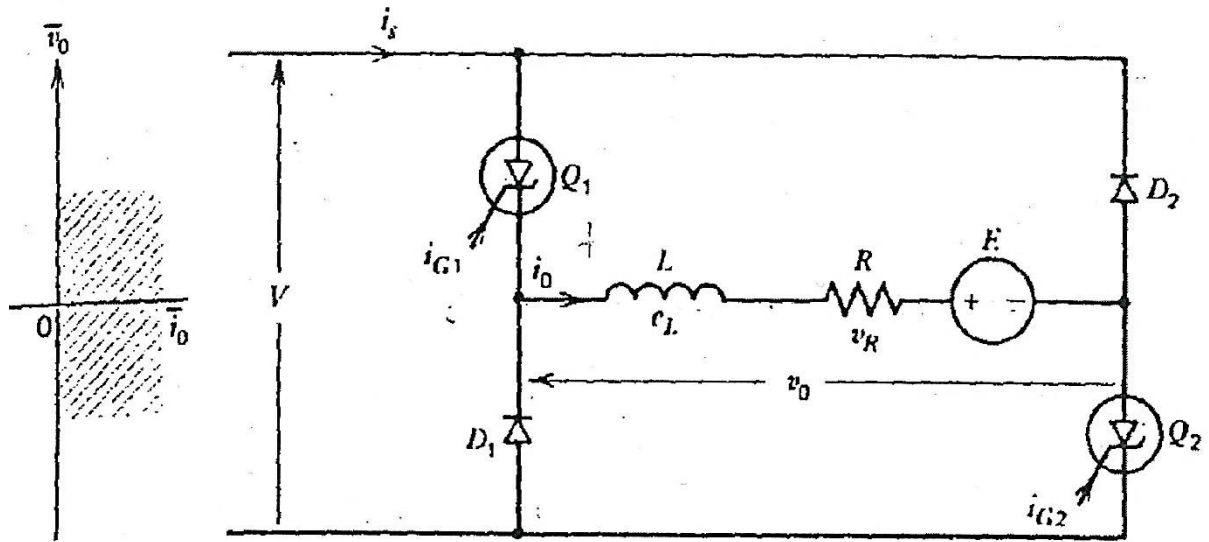
olur. Yine bölüm 5.2'deki Fourier analizi neticeleri, C sınıfı çeviriciye de uygulanabilir.



Şekil 5.4 İki Bölge C Sınıfı Kırıcının Temel Güç Devresi ve Çalışma Prensibi

5.5 D SINIFI İKİ BÖLGELİ KIYICI

D sınıfı kıyıcının temel güç devresi şekil 5.5'te verilmiştir. Bu dönüştürücüyü, bir DA motor endüvisinin kaynağı olarak kullanmanın bir avantajı yoktur. Çünkü bunun için 1. ve 2. bölge veya dört bölgede çalışma gereklidir. Yine de bunun avantajı akımın hızlı değişmesi gerekli olduğu uygulamalarda bir DA (veya senkron) makinesinin alan akımını kontrol etmektir. Çünkü bu, yük devresini kısa devre edebilir ve hızlıca alan akımını azaltabilir. Bunu özellikle akım kaynaklı inverterde ve diğer dönüştürücüler içinde DA kaynağı olarak kullanmak mümkündür. Bu sebeple, Şekil 5.5'de ki yük devresinde emk kaynağı bağlanmasına rağmen bu emk da bulunmayabilir.



Şekil 5.5 İki Bölge D Sınıfı Bir Kıyıcının Güç Devresi

Devrenin çalışması Şekil 5.6a ve Şekil 5.6b'deki dalga şekilleri yardımıyla anlaşılabilir. İki tristörün kapı sinyallerinin zaman ekseninin sabit noktalarında son bulması ve kontrol edilebilir noktalarda başlamasıyla, dönüşümlü olarak iletimde bulunduklarına; Q1 tristörünün gecikme zamanının t_a alındığına dikkat edelim. Eğer her iki tristör sürekli olarak iletimde iseler yük akımı;

$$i_0 = \frac{V - E}{R} \quad [A] \quad (5.38)$$

ile ifade edilen sabit büyüklüğüne ulaşır. kapı sinyallerinin periyodu T_p 'dir ve iki çalışma modu vardır. Birinde $t_a < T_p/2$ dir ve kapı sinyalleri üst üste binmiştir. Diğerinde $t_a > T_p/2$ dir ve sadece bir tristör bir anda iletimdedir. Bu çalışma modları, herbirinde süresiz bir akım da doğurabilir,yine yük akımını(I_0) sürekli bir akım için analiz edelim.

5.5.1 Birinci Modda Çalışma ($t_a < T_p/2$)

Bu modda, kararlı halde çalışma için, $V > E$ olması gereklidir. Tristörlerin her ikisi ilettime girdiği zaman V kaynak gerilimi, yüke uygulanır ve i_0 akımı artar. Sadece bir tristör ilettime sokulunca o tristör ve diyotlardan biri yük kolunu kısa devre eder ve L endüktansında depo edilen enerjinin bir miktarını i_0 yük akımının azalmasını sağlayarak harcanabilen bir yol temin eder. Yük akımının bir periyodu $T_p/2$ zamanında vuku bulduğu için iki aralık düşünülecektir. İlk aralık $0 < t < t_n$ dir ve akım sürekli kabul edilmektedir. Bunun için $t = 0$ anında $i_0 = i_{01}$ olsun. Sadece Q_2 iletimdedir ve bu nedenle akım Q_2 ve D_1 den akar. Çevre denklemi;

$$Ri_0 + \frac{Ldi_0}{dt} + E = 0 \quad (5.39)$$

dir. İfade edilen başlangıç şartları için

$$i_0 = -\frac{E}{R} \left(1 - e^{-t/\tau} \right) + I_{01} e^{-t/\tau} \quad [\text{A}] \quad (5.40)$$

bulunur. Burada;

$$\tau = \frac{L}{R} [\text{s}] \quad (5.41)$$

dir. $t = t_a$ anında $i_0 = i_{02}$ dir. Bu ifade eşitlik (5.40)'da yerine konulursa;

$$I_{02} = -\frac{E}{R} \left(1 - e^{-t_a/\tau} \right) + I_{01} e^{-t_a/\tau} \quad [\text{A}] \quad (5.42)$$

elde edilir. İkinci aralık $t_a < t < T_p/2$ dir. Bu durumda;

$$t' = t - t_a [\text{s}] \quad (5.43)$$

kabul edilirse, tristörlerin ikiside iletimdedir. Dolayısıyla;

$$Ri_0 + L \frac{di_0}{dt'} + E = V [\text{V}] \quad (5.44)$$

dir ve bu aralıkta ifade edilen başlangıç şartları için;

$$i_0 = \frac{V-E}{R} \left(1 - e^{-t'/\tau} \right) + I_{02} e^{-t'/\tau} \text{ [A]} \quad t_a < t < T_p/2 \quad \text{[s]} \quad (5.45)$$

$t = t_p/2$ veya $t' = t_p/2 - t_a$ anında $i_0 = i_{01}$ dir. Bu ifade eşitlik (5.45)'de yerine konulursa;

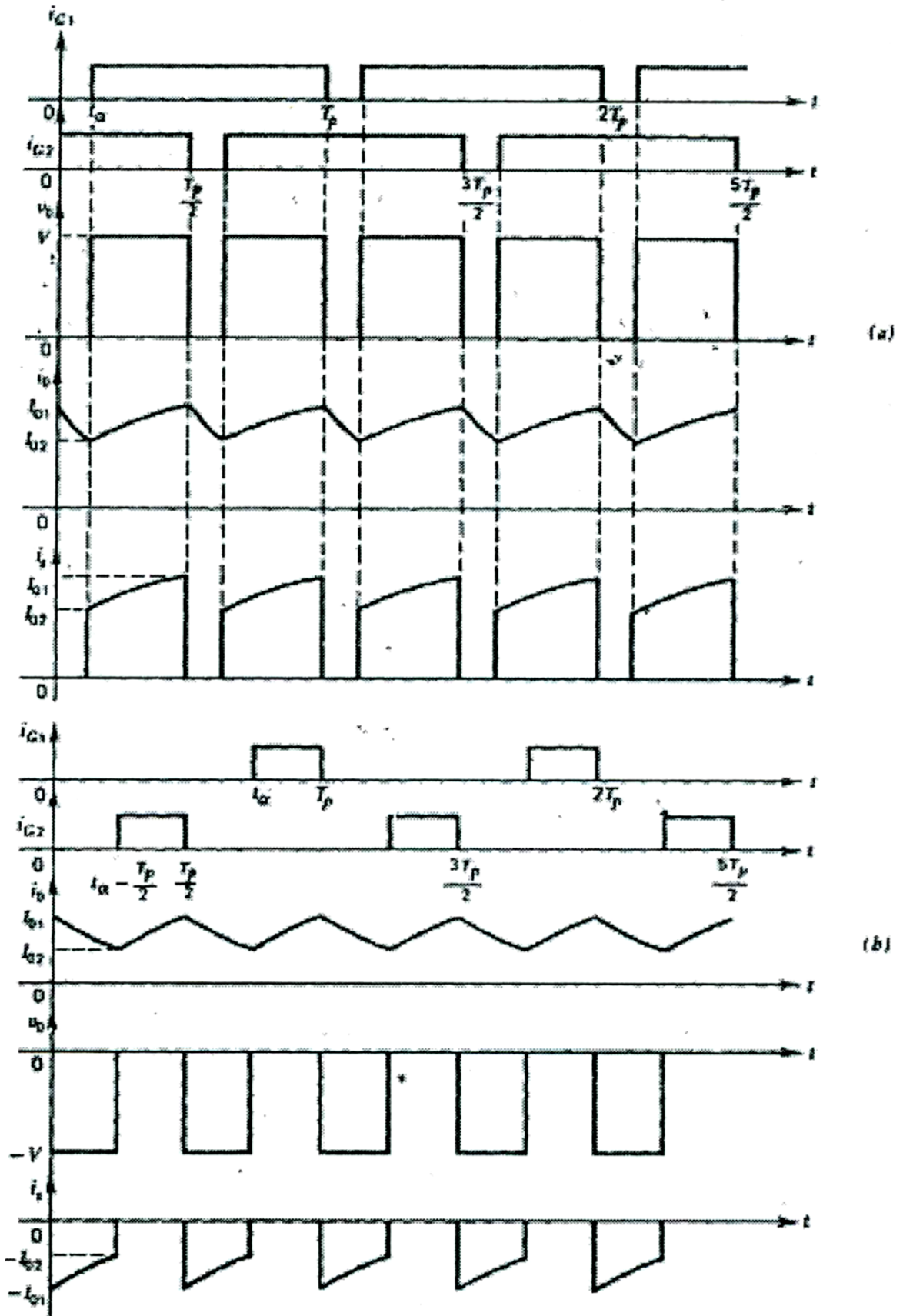
$$I_{01} = \frac{V-E}{R} \left(1 - e^{-(\frac{T_p}{2}-t_a)/\tau} \right) + I_{02} e^{-(\frac{T_p}{2}-t_a)/\tau} \text{ [A]} \quad (5.46)$$

bulunur. 5.42 ve 5.46 eşitlikleri birlikte çözülürse;

$$I_{01} = \frac{V}{R} \cdot \frac{(1 - e^{-(T_p/2-t_a)/\tau})}{(1 - e^{-T_p/2\tau})} - \frac{E}{R} \text{ [A]} \quad (5.47)$$

$$I_{02} = \frac{V}{R} \cdot \frac{(e^{(T_p/2-t_a)/\tau} - 1)}{(e^{T_p/2\tau} - 1)} - \frac{E}{R} \text{ [A]} \quad (5.48)$$

denklemleri elde edilir.



Şekil 5.6a – b D Sınıfı İki Bölge DA Kıyıcısına Ait Temel Dalga Şekilleri

5.5.2 İkinci Modda Çalışma ($T_p/2 < t_a < t_p$)

Bu moddaki kararlı hal çalışması için $E < 0$ ve $-E > V$ olması gerekir. Bu yüzden bir DA makinesinin alan sargısı gibi pasif yüklü devrenin kararlı hal çalışması, bu modda mümkün değildir. İki tristör aynı anda iletimde bulunamazlar. Biri iletime girdiği zaman yük devresi uçları kısa devre olur ve $E < 0$ olduğu için yük akımı meydana gelir. Tristörlerin hiçbiri iletimde olmadığı zaman iki diyot iletimde bulunur ve yük devresi enerjiyi V kaynağına verir yine iki aralık gözönüne alınır. İlki $0 < t < t_a - T_p/2$ dir. Akım sürekli kabul edilirse $t = 0$ anında $i_0 = I_{01}$ dir. İletimde olan tristör yoktur ve ;

$$Ri_0 + \frac{Ldi_0}{dt} + E = -V[V] \quad (5.49)$$

dir. Bu aralıkta ifade edilen başlangıç şartları için;

$$i_0 = \frac{-(V+E)}{R} (1 - e^{-t/\tau}) + I_{01} e^{-t/\tau} [A] \quad 0 < t < T_p/2 - t_a [s] \quad (5.50)$$

dir. $t = t_a - T_p/2$ anında $i_0 = I_{02}$ dir. ve bu ifade eşitlik (5.50)'de yerine konulursa;

$$I_{02} = \frac{-(V+E)}{R} (1 - e^{-(t_a - T_p/2)/\tau}) + I_{01} e^{-(t_a - T_p/2)/\tau} [A] \quad (5.51)$$

elde edilir. İkinci aralık $(t_a - T_p/2) < t < T_p/2$ için

$$t' = t - (t_a - \frac{T_p}{2}) [s] \quad (5.52)$$

olmak üzere Q_2 iletimdedir ve akım Q_2 ve D_1 den akmaktadır. Bu durumda çevre denklemi;

$$Ri_0 + \frac{Ldi_0}{dt'} + E = 0[V] \quad (5.53)$$

dir. $t' = 0$ anında $i_0 = I_{02}$ olduğu için bu aralıkta;

$$i_0 = -\frac{E}{R} \left(1 - e^{-t'/\tau} \right) + I_{02} e^{-t'/\tau} \text{ [A]} \quad \left(t_a - \frac{\pi}{2} \right) < t < T_p/2 \quad [\text{s}] \quad (5.54)$$

olarak ifade edilir. $t = T_p/2$ veya $t' = T_p - t_a$ anında $i_0 = I_{01}$ olduğundan 5.54 eşitliğinde yerine konulursa;

$$I_{01} = -\frac{E}{R} \left(1 - e^{-(T_p - t_a)/\tau} \right) + I_{02} e^{-(T_p - t_a)/\tau} \text{ [A]} \quad (5.55)$$

olur. 5.51 ve 5.55 eşitlikleri birlikte çözülürse;

$$I_{01} = -\frac{V}{R} \cdot \frac{(e^{-(t_a - T_p/2)/\tau} - 1)}{(e^{T_p/2\tau} - 1)} - \frac{E}{R} \text{ [A]} \quad (5.56)$$

$$I_{02} = -\frac{V}{R} \cdot \frac{(1 - e^{-(t_a - T_p/2)/\tau})}{(1 - e^{T_p/2\tau})} - \frac{E}{R} \text{ [A]} \quad (5.57)$$

denklemleri elde edilir.

5.5.3 Yük ve Kaynak Devrelerinde Güç

Şekil 5.6a ve 5.6b 'deki v_0 dalga şekillerinin fourier serisine açılımı;

$$v_0 = \overline{v_0} + \sum_{n=1}^{\infty} c_n \sin(n\omega_0 t + \varphi_n) \text{ [V]} \quad (5.58)$$

Burada n pozitif tam sayıdır ve ω_0 ;

$$\omega_0 = \frac{4\pi}{T_p} \quad [\text{rad/s}] \quad (5.59)$$

dir. 5.59 denklemi; v_0 'ın periyodunun $T_p/2$ olduğu gerçeğine dayanır. v_0 'ın ortalama değeri;

$$\overline{v_0} = \left(1 - \frac{2t_a}{T_p} \right) \cdot V \text{ [V]} \quad (5.60)$$

Her zamanki metotlarla;

$$c_n = \frac{4V}{n\pi} \sin\left(\frac{nw_0 t_a}{2}\right) = \frac{4V}{n\pi} \sin\left(\frac{2\pi n t_a}{T_p}\right) \quad (5.61)$$

$$\theta_n = \frac{\pi}{2} - \frac{nw_0 t_a}{2} = \frac{\pi}{2} - \frac{2\pi n t_a}{T_p} \quad (5.62)$$

v_0 dalga şeklinde temel frekansın genliği;

$$c_1 = \frac{4V}{\pi} \sin\left(\frac{w_0 t_a}{2}\right) = \frac{4V}{\pi} \sin\left(\frac{2\pi t_a}{T_p}\right) \quad (5.63)$$

$w_0 t_a = \pi$ veya 3π yani $t_a / T_p = 0.25$ veya 0.75 olduğu zaman C_1 'in genliği maksimum değerdedir. Her bir haldeki 2.değer, Şekil 5.6b'de gösterdiği gibi 4. bölgedeki çalışmaya tekabül eder. Yük akımının ortalama değeri;

$$\bar{i}_0 = \frac{\bar{V}_0 - E}{R} = \frac{1}{R} \left[\left(1 - \frac{2t_a}{T_p} \right) \cdot V - E \right] [A] \quad (5.64)$$

dir. $w_0 L \gg R$ kabul edilirse, akımının temel bileşenin efektif değeri;

$$I_{R1} = \frac{2\sqrt{2}V}{\pi w_0 L} \sin\left(\frac{2\pi t_a}{T_p}\right) = \frac{VT_p}{\sqrt{2}\pi^2 L} \sin\left(\frac{2\pi t_a}{T_p}\right) [A] \quad (5.65)$$

Efektif yük akımı, yakın bir yaklaşımla;

$$I_R = \left[(\bar{i}_0)^2 + I_{R1}^2 \right]^{1/2} [A] \quad (5.66)$$

i_0 'ın $\bar{i}_0$ büyüklüğünde sabit olduğu kabul edilerek, i_s kaynak akımının dalga şekli; $\bar{i}_0$ genliğini ihtiva eden i_s darbelerine, v_0 dalga şekline benzer. böylece bu dalga şekli v_0 dalga şekliyle önceden kullanılmış metot vasıtasıyla analiz edilebilir. Bu takdirde 5.60 eşitliğinin analiziyle;

$$\bar{i}_s = \left(1 - \frac{2t_a}{T_p} \right) \cdot \bar{i}_0 [A] \quad (5.67)$$

ve çıkış gücü;

$$P_o = \bar{V}_0 \bar{i}_0 = \left(1 + \frac{2t_a}{T_p}\right) V \bar{i}_0 = V \bar{i}_s = P_{in} \quad [\text{W}] \quad (5.68)$$

bulunur.

Örnek 5.3

Serbest uyarmalı bir d.a motorunun alan sargısı direnci $R_f = 190 \, \Omega$ ve endüktansı $L_f = 40.8$ H'dir. Alan 240 Voltta ve D sınıfı iki bölgeli bir kıyıcıdan beslenmektedir. Kapı sinyallerinin periyodu $T_p = 1 / 400$ saniyedir. Motor kararlı halde 0,9 A ortalama alan akımı ile çalıştığına göre, yaklaşık olarak alan akımı efektif değerini ve kaynak akımının ortalama ve efektif değerlerini bulunuz.

Çözüm

$$\text{Ortalama alan akımı } \bar{i}_f = 0,9 \quad [\text{A}]$$

Bu yük devresinde emk olmadığı için, 5.64 eşitliğinden;

$$\bar{i}_f = \frac{1}{R_f} \left[\left(1 - \frac{2t_a}{T_p} \right) \right] \cdot V \quad [\text{A}]$$

Burada $T_p = 1 / 400$ saniye ;

$$\frac{t_a}{T_p} = \left(1 - \frac{190 \cdot 0,9}{240} \right) \cdot 1/2 = 0,1437$$

Eşitlik 5.65'den alan akımının temel bileşeninin efektif değeri;

$$I_{R1} = \frac{240}{\sqrt{2} \cdot \pi^2 \cdot 40,8 \cdot 400} \sin(2\pi \cdot 0,1437) = 1,02 \cdot 10^{-3} [\text{A}]$$

$\bar{i}_f$ ile mukayese edildiğinde bu ihmal edilebilir. Böylece alan akımının efektif değeri;

$$I_R = 0,9 \text{ A}$$

5.67 eşitliğinden, kaynak akımının ortalama değeri;

$$\bar{i}_s = \left(1 - \frac{2t_a}{T_p}\right) \bar{i}_o = (1 - 0,2875) \cdot 0,9 = 0,64125 \quad [\text{A}]$$

Kaynak akımını $\bar{i}_o$ genlikli darbelerden ibaret olduğunu kabul ederek, eşitlik 5.63 deki analizle kaynak akımının temel bileşeninin efektif değeri;

$$I_{RS1} = \frac{4\bar{i}_o}{\sqrt{2}\pi} \sin\left(\frac{2\pi \cdot i_a}{T_p}\right) [\text{A}]$$

$$I_{RS1} = \frac{4 \cdot 0,9}{\sqrt{2}\pi} \sin(\pi \cdot 0,2875) = 0,6313 [\text{A}]$$

Efektif kaynak akımının yaklaşık değeri;

$$I_{RS} = (0,64125^2 + 0,6313^2)^{1/2} = 0,89985 \quad [\text{A}]$$

$$\text{Kaynak Akımı Dalgalılık Faktörü} = I_{RS1} / I_{RS} = 0,6313 / 0,89985 = 0,701$$

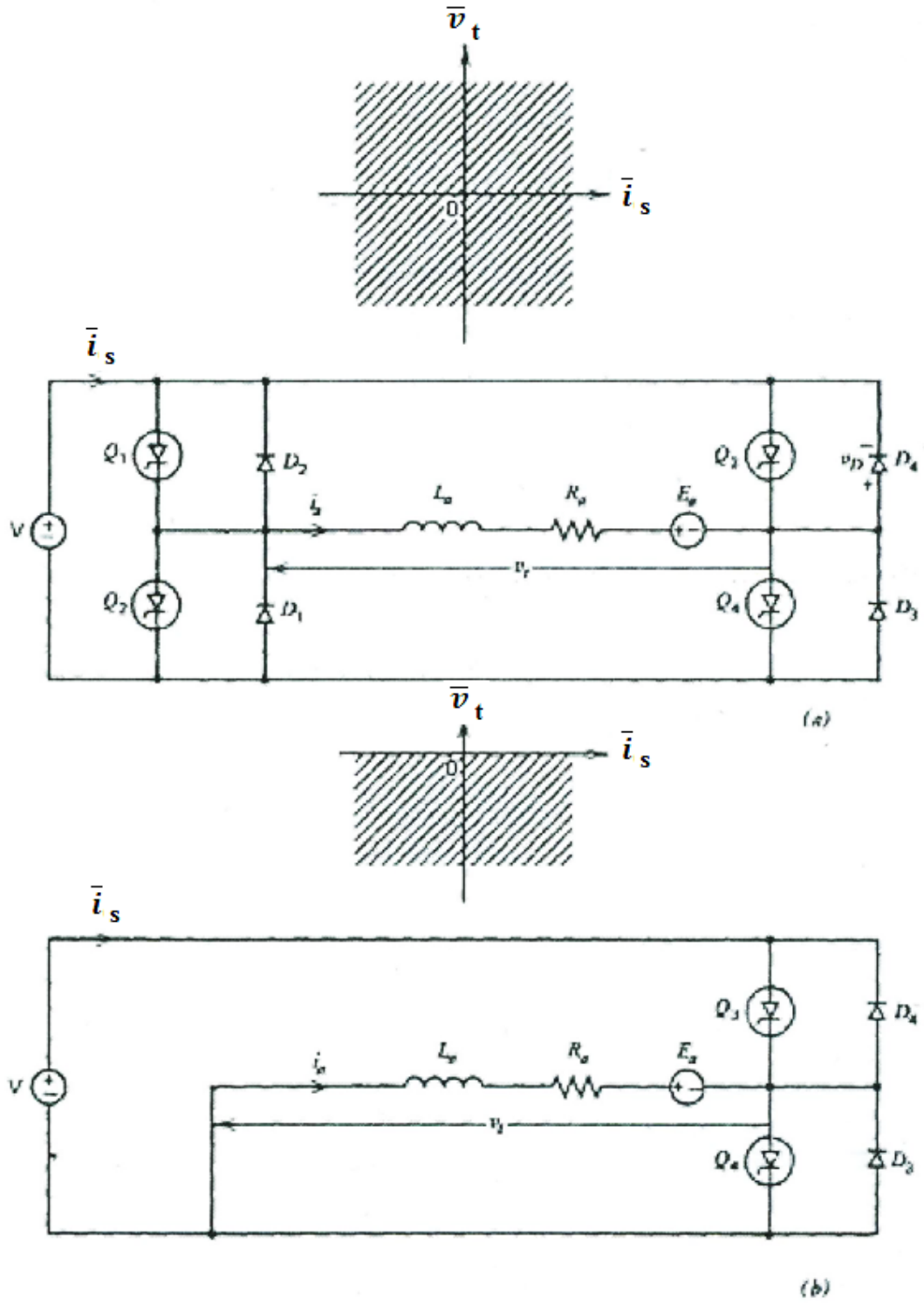
Bu sonuç, bir giriş filtresinin gerekliliğini gösterir.

5.6 E SINIFI DÖRT BÖLGELİ KIYICI

$\bar{V}_t - \bar{i}_a$ diyagramının 4 bölgesinde de çalışabilen bir kıyıcının güç devresi Şekil 5.7a'da verilmiştir. Q_3 tristörü ile Q_4 tristörü aynı anda ilettime sokulamaz. Çünkü bu durumda V kaynağı kısa devre olmuş olur. Eğer Q_4 tristörü devamlı olarak tetiklenirse Q_4 ve D_3 ters paralel çifti bir kısa devre oluşturur. Bundan başka, bu şartlar altında D_4 diyodu uçlarındaki gerilim daima negatif olduğundan Q_3 ve D_4 çifti bir açık devreye eşdeğerdir.

Q_4 'ün iletimde devamlılığı Şekil 5.4a'dakine eşdeğer bir devre meydana getirir ve 1. ve 2. bölgelerde çalışma mümkündür. Diğer taraftan eğer Q_2 tristörü devamlı olarak iletimde olursa Şekil 5.7b'deki eşdeğer devre meydana gelir. Bu devrede $\bar{v}_t$ negatiftir ve 3. ve 4. bölgelerde çalışma mümkündür. Bölüm 5.4 deki analiz bu çeviriciye de uygulanabilir. Bu E sınıfı çevirici

Şekil 5.5'deki devrenin aynı konfigürasyondan biriyle kombinasyonuna eşit kabul edilebilir. Tabiki burada i_a 'nın değeri negatifde olabilmektedir.



Şekil 5.7 Dört Bölge E Sınıfı Kırıcının Temel Çalışma Prensipleri

Örnek 5.4

230 V, 1750 d/dk, $R_a = 0,067 \, \Omega$, $L_a = 1 \, \text{mH}$ değerlerine sahip olan bir DA motoru serbest uyarılmakta ve 1500 d/dk da saf bir atalet yükünü döndürülmektedir. Endüvi devresi ise E sınıfı 4 bölgeli kıyıcı ile 240 V'dan beslenmektedir. Kıyıcı frekansı 400 Hz'dir. Alan akımı, $k\phi = 1,28 \, \text{N.m/A}$ olacak değerde sabittir. Yük ve motor 500 d/dk ters yönde dönünceye kadar kararlı hal durumundan mümkün olduğu kadar hızlıca ters yöne çevrilmesi (500 d/dk) gerekmektedir. Dönme kayıpları ihmal edilebilir ve izin verilen maksimum endüvi akımı 290 A'dır. Buna göre;

- a. Devre değişkenlerinin, kapı sinyallerinde bir değişme yapılır yapılmaz değiştiğini kabul ederek, bu geçiş için hız – moment diyagramındaki çalışma noktalarının yer eğrisini çiziniz.
- b. (i) ileri yönde sabit hızda, (ii) yavaşlama başlangıcından hemen sonra, (iii) sıfır hızda, (iv) ters yönde hızlanma sonlarından hemen önce ve (v) ters yönde sabit hızda durumları için Şekil 5.7'deki herbir tristör için kapı sinyallerini çiziniz.

Çözüm

$$\text{Başlangıç hızı} = 1500 \cdot 2\pi / 60 = 157 \quad [\text{rad/s}] \quad (\text{i})$$

$$\text{Başlangıç Momenti} = 0 \quad (\text{ii})$$

$$\text{Yavaşlama momenti} = k\phi i_a = -1,28 \cdot 290 = -371 \quad [\text{Nm}], \quad (\text{iii})$$

$$\text{Son hız} = -500 \cdot 2\pi / 60 = -52,4 \quad [\text{rad/s}] \quad (\text{iv})$$

$$\text{Son moment} = 0 \quad (\text{v})$$

Çalışma noktalarının yer eğrisi Şekil 5.8a'da verilmiştir.

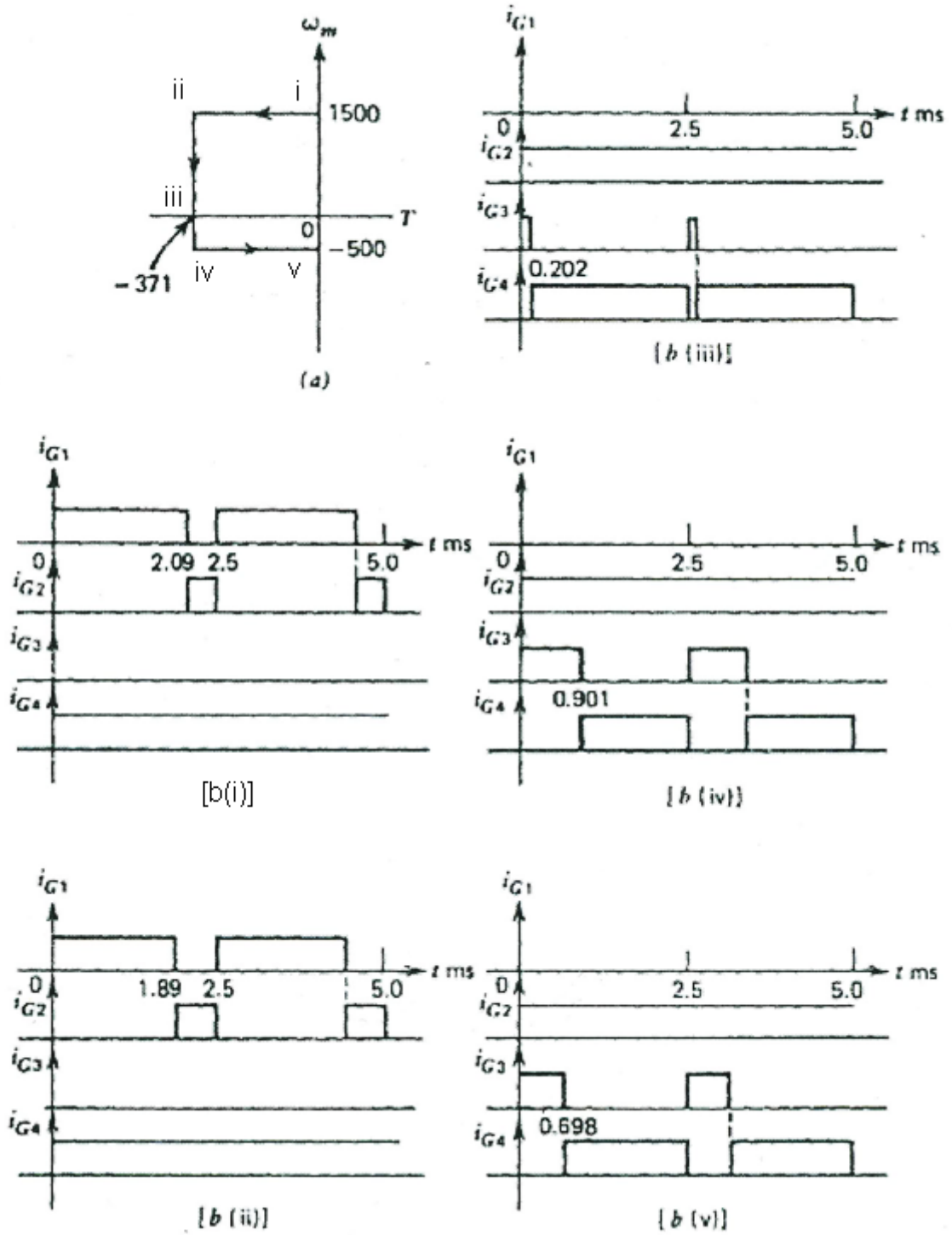
Sabit hızda akım ihmal edilebilir ve ;

$$E_a = \bar{v}_t = k\phi \Omega_m = 1,28 \cdot 1500 \cdot 2\pi / 60 = 201,1 \quad [\text{V}]$$

Çünkü;

$$\bar{v}_t = [t_{\text{ON}} / T_p] V \quad \text{ve} \quad T_p = 1 / 400 \quad [\text{s}] \quad \text{olduğundan}$$

$$t_{\text{ON}} = \frac{201,1}{400 \cdot 240} = 2,095 \quad [\text{ms}]$$



Şekil 5.8

Çalışma 1.bölgede olduğundan Q_4 devamlı tetiklenmelidir ve Q_3 devamlı blokedir. Kapı sinyalleri Şekil 5.8b(i)'de gösterilmiştir.

Yavaşlama periyodu için;

$$\bar{i}_a = -290 \quad [\text{A}]$$

Bu akımı hasıl etmek için $\bar{v}_t$ başlangıçta;

$$\bar{v}_t = E_a + R_a \bar{i}_a = 201,1 - 0,067 \cdot 290 = 181,7 \quad \text{V'a düşürülmelidir.}$$

$\bar{v}_t > 0$ ve $\bar{i}_a < 0$ olduğu için kıyıcı 2. bölgede çalışmaktadır. Buna göre yavaşlama başladığı zaman,

$$t_{ON} = \frac{\bar{v}_t}{V} T_p = 181,7 / (240 \cdot 400) = 1,893 \quad [\text{ms}]$$

Kapı sinyalleri Şekil 5.8 b(ii)'de gösterilmiştir.

$$\text{Sıfır hızda } E_a = 0 \text{ ve } \bar{v}_t = R_a \bar{i}_a = -0,067 \cdot 290 = -19,43 \quad [\text{V}]$$

Çalışma bundan sonra 3. bölgededir. Bunun için Q_2 devamlı iletimde olmalı ve Q_1 devamlı bloke olmalıdır. t_{ON} zamanı şimdi Q_3 tristörüne uygulanan kapı sinyalini belirtir.

$$t_{ON} = \frac{-19,43}{240} \cdot \frac{1}{400} = 0,2024 \quad [\text{ms}]$$

Kapı sinyalleri Şekil 5.8 b (iii)'de verilmiştir.

Ters hızlanmanın sonunda çalışma 3. bölgededir.

$$E_a = k\phi\omega_m = 1,28 (-500 \cdot 2\pi / 60) = -67,02 \quad [\text{V}]$$

$$\bar{v}_t = E_a + R_a \bar{i}_a = -67,02 - 0,067 \cdot 290 = -86,45 \quad [\text{V}]$$

$$t_{ON} = \frac{-86,45}{240} \cdot \frac{1}{400} = 0,9005 \quad [\text{ms}]$$

Kapı sinyalleri Şekil 5.8b (iv) 'de verilmiştir.

Ters yönde sabit hızla tahrik için, motor yine ihmal edilebilecek kadar bir akım çeker ve $\bar{v}_t = E_a$ olur.

$$t_{ON} = \frac{-67,02}{240} \cdot \frac{1}{400} = 0,6981 \quad [\text{ms}]$$

Kapı sinyalleri Şekil 5.8b (v)’de verilmiştir.

5.8 KIYICI KAYNAK FİLTRELERİ

Hattaki harmonikleri azaltmak için DA besleme hattına yerleştirilen basit bir filtre Şekil 5.9’da verilmiştir. Filtre çıkış akımı şimdi filtreye giren **“hat”** akımından müstakil kıyıcı **“kaynak”** akımı olarak kabul edilebilir. Eğer endüvi devresinin endüktansı; i_a ’yı tamamen sabit ve $\bar{i}_a$ ’ya eşit olacak kadar yüksek kabul edilebilirse, Şekil 5.2’deki i_a dalga şeklinden, i_s ’nin $1 / T_p$ frekansı ve t_{ON} süresince $\bar{i}_a$ genliğinde dikdörtgen darbelerden ibaret olduğu görülür. Bu takdirde;

$$\bar{i}_s = \frac{t_{ON}}{T_p} \bar{i}_a \quad [\text{A}] \quad (5.72)$$

dir. Şekil 5.9’dan n. harmoniğin hat ve kaynak akımı fazörleri arasındaki bağıntı;

$$V_{ln} = Z_{ln} I_{ln} + Z_{cn} (I_{ln} - I_{sn}) = 0 \quad (5.73)$$

$$\frac{I_{ln}}{I_{sn}} = \frac{Z_{cn}}{Z_{ln} + Z_{cn}} = \frac{1/j\omega_0 nC}{j\omega_0 nL + 1/j\omega_0 nC} = \frac{1}{1 - \omega_0^2 n^2 LC} \quad (5.74)$$

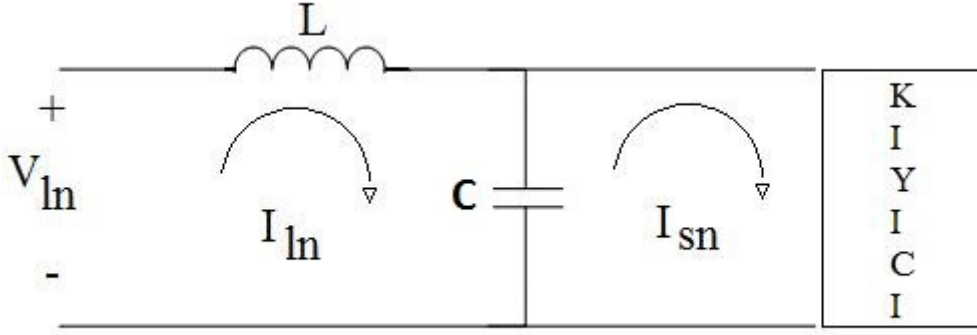
Burada kıyıcı açısıl frekansı $\omega_0 = 2\pi / T_p$ dir. Bu oranın küçük olması için $\omega_0^2 n^2 LC \gg 1$ yani;

$$\frac{\omega_0^2}{\omega_f^2} \gg 1 \quad (5.75)$$

olmalıdır. ω_f filtre rezonans frekansıdır. ω_f küçük olacaksa, bu takdirde, hem kapasitör hem de indüktör mümkün olduğunca büyük yapılmalıdır. Bunların boyutları fiyat, ağırlık ve işgal ettiği yer ile sınırlıdır. Eğer 5.75 ifadesi geçerli ise hat ve kaynak akımlarının genlikleri oranı yaklaşık olarak;

$$\frac{\bar{I}_{ln}}{I_{sn}} = \frac{1}{\omega_0^2 n^2 LC} \quad (5.76)$$

olarak verilebilir.



Şekil 5.9 K1Y1C1 Kaynak Filtresi

Örnek 5.8

Örnek 5.2'deki çalışma durumu ve sistemi için k1y1c1 girişine $L = 0,5 \text{ mH}$, $C = 2 \text{ mF}$ değerinde bir filtre konulursa yaklaşık hat akımı dalgalılık faktörü ne olur? Neticeyi örnek 5.2 ile mukayese ediniz.

Çözüm

5.76 eşitliğinden;

$$\frac{I_l}{I_s} = \frac{1}{\omega_0^2 n^2 LC}$$

$$\frac{I_{l1}}{I_{s1}} = \frac{1}{(1000 \pi)^2 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6}} = \frac{1}{\pi^2} = 0,10132$$

$$I_{l1} = 0,0911 \text{ [A]}$$

$$\sqrt{I_{l1}^2 + \bar{i}_l^2} = I_l$$

$$I_1 = \sqrt{0,0911^2 + 0,64125^2} = 0,647 \quad [\text{A}]$$

Filtre yokken dalgalanma faktörü = 0,701

Filtre varken dalgalanma faktörü = $0,0911 / 0,647 = 0,1408$ olarak bulunur.