

67058

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ \* FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AA ÇEVİRİCİLER, DA KIYICILAR ve KULLANIM**

**ALANLARI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Yakup KARABAĞ**

**Ana Bilim Dalı : ELEKTRİK**

**Danışman: Yrd. Doç. Dr. Nurettin ABUT**

**EKİM 1997**

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ \* FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AA-DA ÇEVİRİCİLER, DA KIYICILAR ve KULLANIM  
ALANLARI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Yakup KARABAĞ**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 01 Ekim 1997

Tezin savunulduğu tarih : 05 Kasım 1997

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Nurettin ABUT

(*Nurettin Abut*)

Üye

Prof. Dr. Nesrin TARKAN

(*N. Tarkan*)

Üye

Doç. Dr. Oruç BİLGİÇ

(*Oruç Bilgiç*)

**EKİM 1997**

# AA-DA ÇEVİRİCİLER, DA KİYİCİLER ve KULLANIM ALANLARI

**Yakup KARABAĞ**

**Anahtar kelimeler :** AA-DA eviriciler, DA kıyıcılar.

**Özet :** Bu çalışmada g elektroniki devre elemanlarından oluşmuş AA-DA evirici ile DA kıyıcı devresi pratik olarak gerçekleştirilmiştir. DA kıyıcı ile gerilimin ayarlanması diğer yöntemler ile mukayese edildi. DA kıyıcı ile gerilimi ayarlanmanın diğer yöntemlerden üstün olduğu örneklerle açıklandı. DA kıyıcı ile gerilimin ayarlanması sonucunda minimum güç kaybı olduğu ve teknolojiye kullanılabilir ideal bir yöntem olduğu açıklandı.

DA kıyıcı devrelerinin uygulama alanları teknolojiye paralel olarak artmıştır. Bu nedenle gerilimin ayarlanması için yeni yöntemlerin tasarlanmasının gerekli olduğu anlatılmıştır.

# AC-DC INVERTER, DC CHOPPERS AND APPLICATION FIELDS

Yakup KARABAĞ

**Keywords :** AC-DC inverters, DC choppers.

**Abstract:** In this study AC-DC inverter and DC chopper circuit is made from power circuit components practically. The voltage regulation with DC chopper is compared with the other methods, as expressed by examples this method is better than the others. Due to minimum power consumption it has a great advantage for industrial applications.

The usage of the DC chopper circuits are raised parallel with advance in technology. Thus it is indicated that voltage regulation needs new designed methods.

## ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Teknoloji ilerledikçe tasarlanmış tüm elektrik ve elektronik devrelerinin yeniden tasarlanması gerekmektedir. Daha önceleri gerilimin ayarlanması dirençler ile yapıyordu. Günümüz teknolojisinde dirençler ile gerilimi ayarlamamanın yeterli olmadığı anlaşıldığından, yeni yöntemlere başvuruldu. Günümüz teknolojisinde kullanılabilir en ideal yöntem olan DA kıyıcılar tasarlandı. AA-DA dönüştürücüleri ve DA kıyıcılarının, günümüz teknolojisinde kullanım alanları büyük yer teşkil ettiğinden, bu tezde AA-DA dönüştürücüleri ve DA kıyıcılar pratik gerçekleştirilerek anlatılmıştır.

Yüksek lisans tez çalışması boyunca benden hiç bir yardımını esirgemeyen danışman hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Nurettin ABUT'a ayrıca Yrd. Doç. Dr. Bekir ÇAKIR'a Laboratuvarındaki çalışmalarında yardımını esirgemeyen Arş. Gör. Üzeyir AKÇAY'a Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü öğretim elemanlarına, meslektaşım Elk. Müh.Taner ÖZBEK ve Mak.Yük.Müh. İrfan KILIÇ'a teşekkürlerimi sunarım.

# İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	v-vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii-xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii-xvii
TABLolar DİZİNİ.....	xviii
<b>BÖLÜM 1. DOĞRULTUCULAR.....</b>	<b>2</b>
1.1. Doğrultucu Devreler.....	3-4
1.2. Üç Fazlı Doğrultucu Devreler.....	4
1.2.1. Üç fazlı yarım dalga doğrultucular.....	4-6
1.2.1.1 Omik yük durumu.....	7-12
1.2.1.2 Omik - endüktif yük durumu.....	12-15
1.3. Üç Fazlı Tam Dalga Doğrultucular (Köprü Montajı).....	16-18
1.3.1. Omik yük durumu... ..	19-22
1.3.2. Omik - endüktif yük durumu.....	23-24
<b>BÖLÜM 2. TASARLANACAK DEVRENİN ELEMANLARININ GÖREVLERİ</b>	
<b>ve TEKNİK ÖZELLİKLERİ.....</b>	<b>25</b>
2.1. Tasarlanan Devrede Kullanılan Transformator.....	26-28
2.2. Tasarlanan Devrede kullanılan Diyodlar.....	29-35
2.3. Tasarlanan Devrenin Tristörleri.....	36-44
2.4. Tasarlanan Devrenin Tetiklenmesi İçin Kullanılacak Transistör....	44-46
2.5. Tasarlanan Devrede Kullanılan Kondansatörler.....	46-54
2.6. Tasarlanan Devrede Kullanılan Söndürme Devresi Bobini ve Şok	
Bobini.....	55-57
2.7. Tasarlanan Devrede Kullanılan Tristörlerin Söndürülmesi İçin	
Geçen Süre.....	57-60

2.8. Tristörlerin Kayıpları.....	60-63
2.9. Yarı İletken Elemanların Soğutulması.....	63-67
<b>BÖLÜM 3. DA AYARLAYICISI İÇİN KARE DALGA ÜRETİCİ HESABI.....</b>	<b>68</b>
3.1. 555 Entegresinin Çalışma Prensibi.....	69-73
3.2. Tetikleme Devresinin Tasarlanması.....	73-74
<b>BÖLÜM 4. TASARLANAN DEVRE İÇİN GEREKLİ HESAPLAMALAR.....</b>	<b>75</b>
4.1. Tristörlerin Seçimi.....	76-78
4.2. Devreye Ait Dalga Şekilleri.....	79-80
4.3. Tasarlanan Devre İçin Gerekli Hesaplamalar.....	81-87
4.4. Tristör kayıplarının Hesaplanması.....	88-96
4.5. Şok Bobininin Hesaplanması.....	96-97
4.6. Filtre Kondansatörünün Hesaplanması.....	97-98
4.7. Yarı İletken Elemanları İçin Soğutucu Hesabı.....	98-100
<b>BÖLÜM 5. DA MAKİNALARININ DA KIYICI İLE KONTROLÜ.....</b>	<b>101</b>
5.1. DA Makinalarını Dışardan Uyarma İle Kontrol Etme.....	102
5.1.1. DA motorda kaskat bağlantı yardımı ile motor kontrol oranı.....	102-105
5.2. Kaskat Bağlı Motorda Kademeli Olarak Alan Ayarı.....	105-106
5.3. Söndürmeli Kontrolle AA - DA Dönüştürücüler.....	106-108
5.4. DA Kıyıcı İle DA Motorunun Kontrolü.....	108-110
<b>SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....</b>	<b>111</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>112-113</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>114</b>

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

A	Anot.
AA	Alternatif akım
B	Transistörün bazı
C	Kondansatör.
$\cos \theta$	Güç katsayısı
$C_P$	Filtre kondansatörü
D	Diyod
$d_A$	Hava ile uzakdan kontrol
DA	Doğru akım
$(di/dt)_{CR}$	Kritik durumdaki akımın yük oranı
$d_S$	Sızdırma aralığı yüzeyi
$(dv/dt)_{CR}$	Kritik durumdaki gerilimin yük oranı
E	Transistörün emiteri
emk	Elektro motor kuvveti.
f	Frekans
$f_{os}$	Osilasyon frekansı
$f_P$	Darbe frekansı.
G	Kapı
$G_{as}$	Gerilim kazancı kolu.
I	Akım
$\dot{I}_A$	Anotdan akan akım.
$\dot{I}_a$	Endüvi akımı.
$\dot{I}_C$	Kondansatörden geçen akım
$\dot{I}_D$	Diyoddan geçen akım
$I_D$	Tekrarlama akımının peak değeri
$I_{eff}$	Efektif akım
$\int \dot{I}^2 dt$	$\int \dot{I}^2 dt$ İçin sigorta değeri
$I_F$	İleri yön akımı



$I_{fort}$	$T_A$ veya $T_C$ durumunda diyoddan geçen ortalama maksimum akım
$I_{feff}$	Diyoddan geçen maksimum etkin değer akımı
$I_{FSM}$	Diyodun iletim durumunda ani yükselen akımın değeri
$I_G$	Kapıdan akan akımın değeri
$I_{GD}$	Kapıdan tetikleme yi gerçekleştiremeyen akımın değeri
$I_{GT}$	Kapıdan tetikleme yi gerçekleştirebilen akımın değeri
$I_H$	Tutma akımı
$I_{HM}$	Peak değerdeki kapama akımının toparlanması
$I_{ISOL}$	İselasyon akımının değeri
$I_L$	Kilitleme akımı
$I_n$	Nominal akım
$I_{ort}$	Ortalama akım.
$I_R$	Tekrarlanan ters peak akımın değeri
$I_{RRM}$	Kapama yöndeki akımın peak değeri
$I_T$	Tristörden geçen akım
$\dot{I}_{T1}$	Birinci tristörden geçen akım
$\dot{I}_{T2}$	İkinci tristörden geçen akım
$\dot{I}_{T3}$	Üçüncü tristörden geçen akım
$I_{Tort}$	Tristörden geçen ortalama akımın değeri
$I_{Teff}$	Tristörden geçen etkin akımın değeri.
$I_{TSM}$	Tristörün iletim durumunda ani yükselen akımın değeri.
$K$	Katot
$kVA$	Kilo volt amper.
$kW$	Kilo Watt.
$L$	Bobin.
$L_a$	Endüvi endüktansı.
$mVA$	Mili volt amper.
$N_1$	Transfomatorun primer sarım sayısı.
$N_2$	Transfomatorun sekonder gerilimi.
$P$	Güç

$P_{eff}$	Etkin güç
$P_{GM}$	Tristörün maksimum kapı kayıpları
$P_{Gort}$	Tristörün ortalama kapı kaybı
$P_{RSM}$	$t_q = 10 \mu s$ de kapama kayıpları
$P_T$	Toplam güç.
$R$	Direnç.
$r_T$	Diyod ve tristör için iç direnç (Yalnız güç kaybı hesaplamaları için)
$R_{thcA}$	Soğutucu dış termik direnci
$R_{thck}$	Dış termik direncinin iç sıcaklığı
$R_{thjc}$	Jonksiyon etrafındaki termik direnci.
$R_{thn}$	Tristörün termik eşdeğer devreye ait değeri $^{\circ}C/W$
$R_{thjk}$	Jonksiyon termik direncinin iç sıcaklığı
$R_{thkA}$	Termik direncin etrafındaki iç sıcaklık
$s$	Saniye
$S$	Görünür güç.
$T$	Peryot
$t$	Zaman
$T_A$	Çevre sıcaklığı.
$T_a$	Motor zaman sabitesi.
$T_{as}$	Motorun rölatif çalışma anındaki zaman sabitesi.
$T_C$	Tristörün gövde sıcaklığı.
$t_d$	Yayılm süresi.
$t_{gd}$	Kapı kontrolünün gecikme zamanı.
$T_J$	Tristörün jonksiyon sıcaklığı.
$T_{jmaks}$	Tristörün maksimum jonksiyon sıcaklığı.
$T_{mn}$	Mekanik zaman sabitesi.
$t_{off}$	Kesim süresi
$t_{on}$	Başlama süresi
$T_{os}$	Osilasyon periyodu.
$t_q$	Serbest kalma süresi.
$T_S$	Soğutucu sıcaklıklar

$T_{Stg}$	Saklama sıcaklığı.
TTL	Transistör transistör lojik.
$t_t$	Negatif bölgede kalma süresi
$T_1$	Birinci tristör.
$T_2$	İkinci tristör.
$T_3$	Üçüncü tristör.
$T_4$	Dördüncü tristör.
$T_5$	Beşinci tristör.
$T_6$	Altıncı tristör.
U	Gerilim
$U_a$	Endüvi gerilimi.
$U_A$	R fazı gerilimi.
$U_{AB}$	A ile B noktası arasındaki gerilim farkı.
$U_B$	S fazı gerilimi.
$U_C$	T fazı gerilimi.
$U_c$	Kondansatör gerilimi
$U_d$	Devrilme gerilimi.
$U_{DSM}$	İleri yönde tekrarlanmayan maksimum akım.
$U_{eff}$	Faz nötür geriliminin etkin değeri.
$U_F$	İleri yön voltajı.
$U_G$	Tristörün kapı gerilimi.
$U_{GD}$	Kapıdan tetikleyemiyen gerilim.
$U_k$	Bağlı kısadevre gerilimi.
$U_{mak}$	Maksimum gerilim.
$U_R$	Ters gerilim değeri.
$U_{RGM}$	Tristörün kapısındaki maksimum ters gerilim.
$U_{RRM}$	Ters gerilimin tepe değeri.
$U_{RSM}$	Tekrarlanmayan ters gerilim
$U_{T0}$	Tristörün eşik voltajı
$U_{T1}$	Birinci tristör üzerindeki gerilim.
$U_{T2}$	İkinci tristör üzerindeki gerilim.

$U_{T3}$	Üçüncü tristör üzerindeki gerilim.
$U_Y$	Yük gerilimi.
$U_{Y\alpha}$	$\alpha$ tetikleme açısındaki yük gerilimi.
$U_1$	Primer gerilimi
$U_2$	Sekonder gerilimi
$\dot{U}$	Transfomatorun dönüştürme oranı.
V	Volt
$\omega$	Açısal hız.
$\alpha$	Tristörleri tetikleme açısı
$\gamma$	Yük açısı
$\Phi_{\text{mak}}$	Maksimum mağnetik akı
$\Delta I$	Akımdaki dalgalanma.
$\Delta t$	Korunma süresi.
$\Delta U$	Gerilimin dalgalanma oranı.
$\Delta Q$	Kondansatör yükündeki değişme.
$\Delta \theta$	Başlangıç sıcaklığı.
$\tau$	Zaman sabiti.
$\tau_n$	Tristörün ısıl eşdeğer devreye ait zaman sabiti.
$\Phi$	Mağnetik akı.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Üç fazlı yarım dalga doğrultucular.....	4
Şekil 1.2.	Üç fazlı yarım dalga doğrultucu için faz ve faz arası gerilimlerin zamanla değişimleri.....	6
Şekil 1.3.	$T_1$ tristörünün iletimde olduğu durum.....	9
Şekil 1.4.	Üç fazlı yarım dalga doğrultucu devresinde, omik yük durumunda değişik tetikleme açıları için yük uçlarındaki gerilimin değişimi.....	10
Şekil 1.5.	Değişik tetikleme açılarında tristör gerilimlerinin değişimi.....	11
Şekil 1.6.	$T_2$ tristörünün iletimde olduğu durum.....	12
Şekil 1.7.	$T_3$ tristörün iletimde olduğu durum.....	12
Şekil 1.8.	Üç fazlı yarım dalga doğrultucu devresinde omik ve endüktif yük durumunda değişik tetikleme açıları için yük uçlarındaki gerilimlerin değişimi.....	14
Şekil 1.9.	Üç fazlı yarım dalga doğrultucu devresinde omik-endüktif yük durumunda $\alpha = 60^\circ$ için yük uçlarındaki gerilimin değişimi, tristör akımları ve $T_1$ tristörü uçlarındaki gerilimin değişimi.....	15
Şekil 1.10	Üç fazlı tam dalga doğrultucu.....	16
Şekil 1.11.	Üç fazlı tam dalga doğrultucunun çalışma aralıkları.....	17
Şekil 1.12.	$\alpha = 0^\circ$ için tetikleme devrelerinin konumu ve çıkış gerilimi.....	20

<b>Şekil 1.13.</b> Üç fazlı tam dalga doğrultucu devresinde $T_1$ ve $T_6$ tristörlerinin iletimde olduğu durum.....	21
<b>Şekil 1.14.</b> Üç fazlı tam dalga doğrultucu devresinde $T_1$ ve $T_2$ tristörlerinin iletimde olduğu durum.....	21
<b>Şekil 1.15.</b> Üç fazlı tam dalga doğrultucu devresinde omik yük durumunda çıkış dalga şekilleri.....	22
<b>Şekil 1.16.</b> Üç fazlı tam dalga doğrultucuda omik endüktif yük durumunda tristör üzerindeki akım ve gerilim değişimi.....	23
<b>Şekil 1.17.</b> Üç fazlı tam dalga doğrultucuda omik endüktif yük durumunda çıkış dalga şekilleri.....	24
<b>Şekil 2.1.</b> Yıldız yıldız bağlı Transfomator sembolü.....	28
<b>Şekil 2.2.</b> Transformator sargı bağlantısı.....	28
<b>Şekil 2.3.</b> Diyodun sembolik gösterimi.....	30
<b>Şekil 2.4.</b> Diyodlara uygulanan gerilimin dalga şekilleri.....	31
<b>Şekil 2.5.</b> Yarı iletken diyodun bazı öz değerleri.....	32
<b>Şekil 2.6.</b> Yarı iletken diyodun öz eğrisi.....	32
<b>Şekil 2.7.</b> DS 35 ve DSI 35 diyodlarının ileri karakteristiği.....	34
<b>Şekil 2.8.</b> Aşırı yükte akımın ani yükselmesi.....	34

<b>Şekil 2.9.</b> DS 35 ve DSI 35 diyodlarının $\int I^2 dt$ ye karşılık zamanlar.....	34
<b>Şekil 2.10.</b> DS 35 ve DSI 35 diyodlarının gövde sıcaklığına karşı mak. akım değerleri.....	34
<b>Şekil 2.11.</b> DS 35 ve DSI 35 diyodlarının ortam sıcaklığına ve yüksek akımlara karşılık gelen güç kaybı.....	35
<b>Şekil 2.12.</b> Tasarlanan devredeki diyotların eklem empedansındaki geçici ısı değerlere göre soğutucu seçimi.....	35
<b>Şekil 2.13. a)</b> Tristörün sembolik gösterilişi.....	37
<b>b)</b> Tristörün karakteristik eğrisi.....	37
<b>Şekil 2.14.</b> Tristörün anahtarlama eğrileri.....	38
<b>Şekil 2.15.</b> CS 35 Tristörünün kapıdan verilen palslara göre iletim durumu.....	42
<b>Şekil 2.16.</b> Tasarlanan devredeki tristörlerin çalışma durumu.....	42
<b>Şekil 2.17.</b> Tasarlanan devredeki tristörlerde ani yükselen yük akımı.....	43
<b>Şekil 2.18.</b> Tasarlanan devredeki tristörlerin $\int I^2 dt$ ' ye karşılık zamanlar.....	43
<b>Şekil 2.19.</b> Tasarlanan devredeki tristörlerin dış kılıftaki sıcaklığa karşılık akım değeri.....	43
<b>Şekil 2.20.</b> Tasarlanan devredeki tristörlerin çalışma akımı ve ortam sıcaklığına göre enerji kaybı.....	43

<b>Şekil 2.21.</b> CS 35 Tristörünün jonksiyon empedansındaki geçici ısı değerlere göre soğutucu değerleri.....	44
<b>Şekil 2.22.</b> Pnp ve npn tipi transistörlerin yapıları ve sembolleri.....	44
<b>Şekil 2.23.</b> Pnp tipi transistör üzerinde transistörün iletim mekanizmasının açıklanması.....	45
<b>Şekil 2.24.</b> Kondansatör şarj deşarj devresi.....	47
<b>Şekil 2.25.</b> Kondansatörün doğru gerilimle dolma boşalma karakteristiği.....	47
<b>Şekil 2.26.</b> Tam dalga kontrolsüz doğrultucuya bağlı DA-DA dönüştürücü devresi.	48
<b>Şekil 2.27.</b> a) Filtre kondansatörü devreye bağlı değilken.....	49
b) Filtre kondansatörü devreye bağlıyken tristörlere uygulanan gerilimin değişimi.....	49
<b>Şekil 2.28.</b> DA kıyıcı devresi ve çıkış özeğrisi.....	51
<b>Şekil 2.29.</b> a) DA kıyıcı devresine filtre kondansatörünün bağlanması.....	53
b) Yük akımı değişimi.....	53
c) Kondansatörün akım değişimi.....	53
<b>Şekil 2.30.</b> Tristörün kesim anahtarlama özeğrisi.....	58
<b>Şekil 2.31.</b> Çeşitli kesim öncesi akımlar için akım düşüş hızına karşı tristörde depo edilen yük miktarı değişimi.....	59
<b>Şekil 2.32.</b> Tristörün söndürülmesindeki çeşitli akım düşüş hızları için ters akımların değişimleri.....	60



<b>Şekil 2.33.</b> Sabit akım ve sıcaklıktaki tristörün söndürülmesindeki ters akımın ve akımın düşüş hızıyla değişimi.....	60
<b>Şekil 2.34.</b> Tristörün ısı eşdeğer devresi.....	63
<b>Şekil 2.35.</b> Tristörün basitleştirilmiş ısı eşdeğer devresi.....	64
<b>Şekil 2.36.</b> Darbe gerilimi uygulanan tristörün ısı eşdeğer devresi.....	65
<b>Şekil 3.1.</b> 555 entegresinin iç yapısı.....	69
<b>Şekil 3.2.</b> 555 entegresinin görünüşü.....	70
<b>Şekil 3.3.</b> 555 entegresinin kare dalga osilatörü olarak kullanılışı.....	70
<b>Şekil 3.4.</b> 555 entegresinin kare dalga osilatörü olarak kullanılmasının açık şeması.....	71
<b>Şekil 3.5.</b> Tasarlanan devredeki tristörleri tetikleme devresi.....	73
<b>Şekil 4.1.</b> Tasarlanan devre elemanları üzerindeki dalga şekilleri.....	79-80
<b>Şekil 4.2.</b> Şekil 2.26' daki $T_1$ tristörünün iletim durumundaki eşdeğer devre modeli...	88
<b>Şekil 4.3.</b> Şekil 2.26' daki $T_2$ tristörünün iletim durumundaki eşdeğer devre modeli.....	91
<b>Şekil 4.4.</b> Altı diyotlu 3 fazlı denetimsiz köprü doğrultucudan akan akımın değişimi.....	94
<b>Şekil 4.5.</b> Filtre kondansatörü ve yük eşdeğer devresi.....	97

<b>Şekil 5.1.</b>	DA motor endüvisi ile güç kaynağı.....	102
<b>Şekil 5.2.</b>	a) DA motor blok diyagramı ile güç kaynağı blok diyagramı.....	103
	b) Kapalı çevirim ile geçici rejim durumunda hatayı düzelten DA motor blok diyagramı.....	103
<b>Şekil 5.3.</b>	Sürücülerde kaskat kontrol yöntemi yardımı ile geri beslemeli pozisyon, hız ve akım kontrolü.....	104
<b>Şekil 5.4.</b>	Akım kontrolörü tasarımının blok diyagramı.....	105
<b>Şekil 5.5.</b>	DA motorda endüvi akımının ve alanın değişiminin kontrolünün blok diyagramı.....	106
<b>Şekil 5.6.</b>	Kapalı çevirim düzenekli söndürme kontrollü doğrultucu devresi.....	107
<b>Şekil 5.7.</b>	Dört bölgede çalışan DA kıyıcı yardımı ile motorun yönünün ters çevrilmesi.....	108
<b>Şekil 5.8.</b>	a) DA kıyıcı ile motorun beslenmesi,.....	109
	b) Gerilim ve akımların değişimi.....	109
<b>Şekil 5.9.</b>	Dört bölgede çalışan DA-DA dönüştürücüsü.....	110

## TABLolar DİZİNİ

<b>Tablo 2.1.</b> DS 35 ve DSI 35 diyotlarının özdeğerleri.....	33
<b>Tablo 2.2.</b> Diyotun eşik değerini gösteren katalog değerleri.....	33
<b>Tablo 2.3.</b> Tristörün akım, güç ve sıcaklık katalog değerleri.....	40
<b>Tablo 2.4.</b> Tasarlanan devrede kullanılan tristörlerin özdeğerleri.....	41
<b>Tablo 2.5.</b> Tristörün eşik değerlerini gösteren katalog değerleri.....	41



## GİRİŞ

Bu çalışmada AA-DA çeviricileri ile DA kısıcılarının çalışma ve tasarım yöntemlerinden birisi pratik olarak gerçekleştirilmiştir. Daha önceleri gerilimin ayarlanması ayarlı dirençler yardımı ile yapıyordu. Bu şekilde yapılan gerilim ayarlanması fazla gerilim düşümleri oluşturduğundan ideal bir yöntem değildi. Buda şebekeden kullanılmayan güçlerin çekilmesine neden oluyordu. Ayarlı dirençlerle gerilim ayarlanması fazladan para ödenmesi demektir. Çünkü kullanılmayan güç tüketimi yapılmış olur. Bunun üzerine çeşitli çalışmalar yapılarak gerilimin ayarlanması ile ilgili çeşitli yöntemler bulundu. Bu yöntemler ile yapılan gerilimin ayarlanması ile ek bir gerilim düşümünün olmadığı ve şebekeden sadece kullanılan güç çekildiği için bu yöntemlerle yapılan gerilim ayarlanması ideal bir çözümdür.

Gerilimin ayarlanmasında kullanılan yöntemlerin hemen hemen hepsinde kullanılan temel kural anahtarlamaadır. Yani gerilimi belirli bir süre yük üzerine uygulayıp, daha sonra bu uygulanan gerilimi belirli süre aralığında kesmektir. Bu şekilde anahtarlama yapılarak gerilimin değerini sıfır ile ortalama değeri arasında değiştirip istenilen ayarlama yapılabilir. Ayrıca anahtarlama yöntemi ile AA gerilim veya DA gerilimi ayarlanabilir. Bu gerilimleri ayarlamak için bir çok yöntem vardır. Bu tezde gerçekleştirilen yöntem bu yöntemlerden biri olan DA kısıcılaradır. DA kısıcılarını doğrultulmuş gerilimin değerini sıfır ile gerilimin ortalama değeri arasında ayarlayabilen bir yöntemdir. Şebekeden alınan üç fazlı gerilimin öncelikle doğrultulması gerektiği için köprü tipi doğrultucu kullanarak üç fazlı şebeke gerilimi doğrultulur. Elde edilen doğru gerilim anahtarlama yöntemine göre kısılarak gerilimin ortalama değeri belirli aralıklarda ayarlanabilir. Ayrıca şebeke geriliminde oluşabilecek istenmeyen anormal durumların devreyi etkilememesi için, şebeke ile kurulacak devre arasına transformator konarak devrenin mağnetik izalasyonu sağlanır.

Bu çalışmada tasarlanacak devrenin içeriğinin anlaşılması için teorik anlatım yapılacaktır. Devrenin kurulması için nasıl bir yolun izlendiği anlatılacaktır. Devre elemanlarının hesaplanması yapılarak devreye ait tüm özellikler incelenecektir. DA kısıcılarının kullanım alanları anlatılacaktır.

# BÖLÜM 1

## DOĞRULTUCULAR

Şebekelerde AA ve DA gerilim olmak üzere iki türlü gerilim kullanılır. Günümüz teknolojisinde bu gerilimlerin kullanım alanları farklıdır. Yani AA gerilimle çalışan bir sisteme DA gerilimi, DA gerilimle çalışan bir sisteme de AA gerilim uygulanırsa sistem çalıştırılmaz. Bu nedenle öncelikle çalıştırılacak sistemin hangi gerilim şekli ile çalıştığının bilinmesi gereklidir. Günümüzde üretilen tüm gerilimler AA gerilimi olarak elde edilirler. Eğer kullanılacak gerilim DA gerilim ise öncelikle AA gerilim DA gerilimine çevrilmesi gereklidir. Tabii ki bu gerilimlerin kendi aralarında birbirlerine karşı üstünlükleri vardır. Örneğin DA gerilimiyle enerji nakli yapılırsa oluşacak kayıplar minimuma inecektir. Bu da DA geriliminin AA gerilimine göre bir üstünlüğüdür. Diğer bir durum da DA gerilimde yüksek akımlarda anahtarlama yapmak zordur. Çünkü DA geriliminde sıfırdan geçiş noktası olmadığından anahtarlama esnasında büyük arklar oluşacaktır. Bundan dolayı DA gerilimlerinde anahtarlama yapmak AA gerilimindeki anahtarlama yapmaya göre zor olacaktır. AA gerilimde sıfır geçiş noktası olduğundan anahtarlama işlemlerini yapmak daha kolaydır. Kurulacak devre DA kıyıcı devresi olduğundan öncelikle şebeke geriliminin doğrultulması gereklidir. Bundan dolayı şebekeden alınan 3 faz gerilimi köprü tipi doğrultucu kullanılarak tam dalga doğrultma işlemi yapılmalıdır. Doğrultma işlemi gerçekleştirildikten sonra kıyım işlemi gerçekleştirilebilir.

Gerilimi kıyım işlemi AA gerilimde de gerçekleştirilebilir. 3 fazlı devrelerde kıyım işleminin gerçekleştirilebilmesi için fazlar arasındaki senkronizasyonun yapılması gerekir. 3 fazlı şebeke yarım kontrollü olmak üzere 3 adet tristör ve 3 adet diyotla köprü tipi bağlantı kurularak kıyılabilir. Bu durumda fazların negatif alternansları kontrolsüz olacaktır. Eğer 6 adet tristör kullanılarak gerilimin kıyılması istenir ise bu durumda fazların tüm alternansları kontrol altına alınmış olur. Fakat bu durumda tristörler arasındaki senkronizasyonu sağlamak daha zor olacaktır. Doğrultulmuş gerilimlerde kıyım işlemi gerçekleştirilirken herhangi bir senkronizasyona gerek yoktur. DA gerilimini kıyım işlemi AA gerilimini kıyım işleminden daha kolaydır.

## 1.1. Doğrultucu Devreler

Ana şebekedeki alternatif akımı doğrudan doğruya veya bir transformator vasıtasıyla doğru akıma dönüştürmeye yarayan devrelere doğrultucu devreler denir. Günümüze kadar yüksek güçlerde doğrultma işlemi daha çok diyotlarla yapılırken, tristörün teknik özelliklerinin artması ile kontrollü doğrultucular uygulamaya geçmiştir. Böylece tristörlerin uygulama alanları artmıştır.

Kontrollü doğrultucuların, diyotlarla yapılmış olan redresörlere göre üstünlükleri şöyle sıralanabilir.

- a) Büyük akımların, çok küçük akımlarla kontrol edilmesine olanak verir. kVA mertebesindeki bir güç mVA mertebesindeki bir güç ile kontrol edilebilir. Böylece yük akımını anahtarlama için büyük akımlı şalterlerin yerine küçük anahtarlar kullanılabilir.
- b) Alternatif akımın, doğru akımla çalışan transistörlü devreler tarafından kontrol edilmesini sağlar.
- c) Faz kaydırma devreleri ile tristörün tetiklenmesi yapılarak yükten geçen akımın değeri ayarlanabilir. Yani ayarlı güç kontrolü yapılabilir.

Bir doğrultucu devresinin kontrollü olması, tristör elemanının, kapı devresine uygulanacak denetim işareti ile ilettime sokulabilmesi olarak açıklanabilir. Eğer doğal ateşleme anında tristörün kapısında yeterli bir darbe varsa tristörde aynen bir diyot gibi ilettime girecektir. Yani tristörlü doğrultucu, tetikleme açısının  $\alpha = 0$  konumunda ilettime girerse, diyotlu doğrultucu gibi davranacaktır. Uygulamada bir doğrultucu devresi seçilirken doğrultucu elemanların karakteristik özelliklerinin bilinmesi gereklidir. Yarı iletken elemanların karakteristik özellikleri üretici firmaların hazırlamış olduğu kataloklarda verilmiştir. Devre tasarımı yapılırken devre elemanlarının kataloklarında bakmak gereklidir.

Uygulamada, bir doğrultucu devresi seçilirken, aşağıdaki özellikler gözönünde bulundurulmalıdır :

- Diyot ve tristörler üzerinde meydana gelen ters gerilimlerin tepe değeri
- Ortalama DA' ın ve ileri yön akımının değeri
- Devrenin çalışma durumundaki geriliminin ve akımının maksimum değeri.

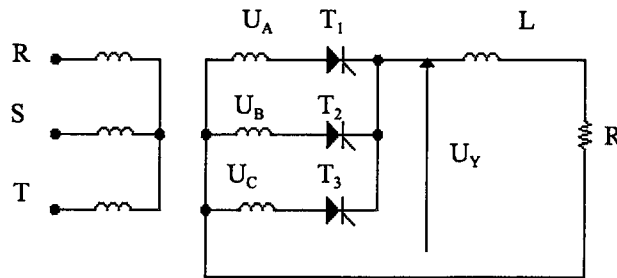
Doğrultucu devreler bir fazlı ve üç fazlı olarak tasarlanırlar. Tasarlanacak devrede kullanılacak doğrultucular üç fazlı olduğundan bu bölümde yalnız üç fazlı doğrultucular incelenecektir. Bir veya üç fazlı doğrultucuların çalışma prensibi aynı olduğundan, üç fazlı doğrultucuların çalışma prensibi anlaşıldıktan sonra bir fazlı doğrultucuların da çalışma prensibi kolayca anlaşılabilir.

## 1.2. Üç Fazlı Doğrultucu Devreler

Üç fazlı bir gerilim kaynağından beslenerek doğru gerilim üreten güç elektroniği devrelerine, üç fazlı doğrultucular denir. En yaygın olarak kullanılan doğrultucu devreleri, yarım dalga (orta nokta bağlantılı) ve tam dalga (köprü bağlantılı) devrelerdir. Devrenin bağlantı biçimine göre doğru gerilim, girişteki faz ve faz arası gerilimlerin parçalarından oluşur.

### 1.2.1. Üç fazlı yarım dalga doğrultucular

Şekil 1.1' de üç fazlı akımın şebeke denetimli bir doğrultucudan yararlanarak doğru akıma çevirilişi görülmektedir.



Şekil 1.1. Üç fazlı yarım dalga doğrultucu

Şekil 1.1' deki devrede doğrultucunun her fazına ait giriş gerilimleri ;

$$U_A = \sqrt{2}.U_{\text{eff}} .\text{Sin} (\omega t + \gamma) \quad (1.1)$$

$$U_B = \sqrt{2}.U_{\text{eff}} .\text{Sin} (\omega t + \gamma - 2\pi/3) \quad (1.2)$$

$$U_C = \sqrt{2}.U_{\text{eff}} .\text{Sin} (\omega t + \gamma - 4\pi/3) \quad (1.3)$$

şeklinde tanımlanabilir. Burada ;

$U_A$  : R fazı gerilimi olup ,  $T_1$  tristörüne uygulanır.

$U_B$  : S fazı gerilimi olup ,  $T_2$  tristörüne uygulanır.

$U_C$  : T fazı gerilimi olup ,  $T_3$  tristörüne uygulanır.

$U_Y$  : Yük üzerinde görülen gerilimdir (V).

$U_{\text{eff}}$  : Transformatorün sekonder faz gerilimlerinin etkin değeridir. (V)

$\gamma$  : Yük açısıdır.

$\omega$  : Sinüsoidal sinyalin açısal hızı olup,  $\omega = 2.\pi.f$  ile tanımlanır.

Üç fazlı transformatorün primer tarafı şebeke ile, sekonderi ise tristör üzerinden yükle bağlantılıdır. Yıldız noktası, doğru akım şebekesinin negatif barasına, faz sargılarının diğer uçları ise, tristörler üzerinden pozitif baraya bağlanmıştır. Devre, üç adet yarım dalga doğrultucunun paralel bağlanması ile elde edilmiştir.

Şekil 1.1' deki tristörlerden hangisi iletimde ise, yükün uçlarında onun bağlı olduğu faz gerilimi görülür. Buna göre sırasıyla yüke  $U_A$ ,  $U_B$  ve  $U_C$  faz gerilimleri uygulanmaktadır. Daima tetiklenen tristör anot gerilimi, iletimde olan tristörünkinden büyük olduğu için akımı üzerine almaktadır.

Şekil 1.1' deki devrede, tristörlerin  $\alpha = 0$  anında tetiklendikleri düşünülecek olunursa, katotları aynı potansiyele sahip olduğundan, anot geriliminin anlık değeri en pozitif olan tristör iletime geçer, ve yük uçlarında o faza ait gerilim görülür. Elemanlar üzerindeki gerilim düşümleri ihmal edilirse, katotlarında aynı pozitif potansiyele geleceğinden diğer iki tristörün anot-katot potansiyeli negatif olacaktır.



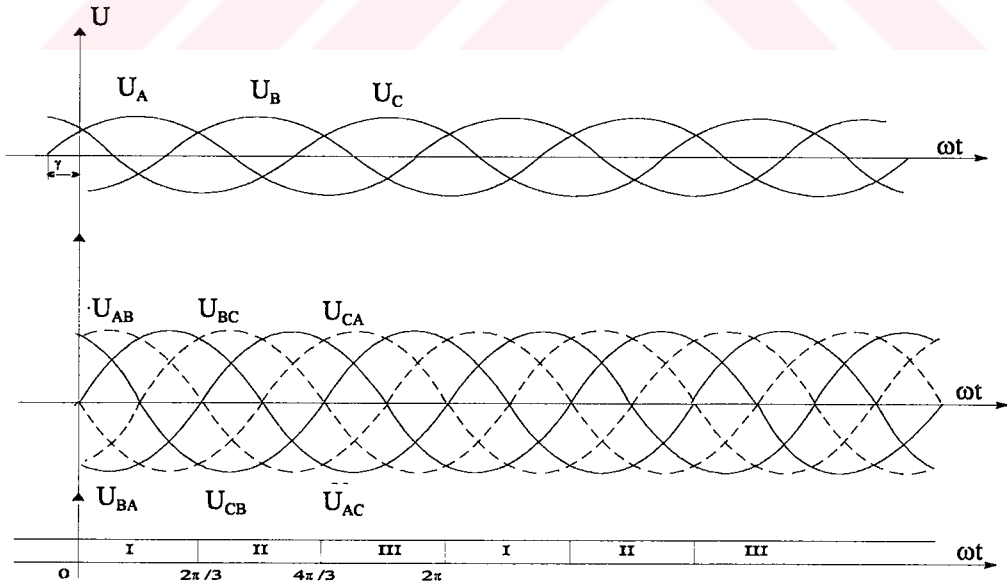
Şekil 1.2' den de görüldüğü gibi, devrenin  $0 < \omega t < 2\pi$  aralığına kadar, üç ayrı çalışma karakteristiği vardır ;

a)  $0 < \omega t < 2\pi/3$  aralığında  $U_A > U_B, U_C$  dir. Bu nedenle  $T_1$  tristörü iletme girecektir. Bu durumda  $U_Y = U_A$  ve  $T_1$  tristörü üzerinde görülen gerilim  $U_{T1} = 0$  olur. Burada ;

$U_Y$  :Yük üzerindeki gerilim (çıkış gerilimi, (V) ) olarak ifade edilir.

b)  $2\pi/3 < \omega t < 4\pi/3$  aralığında en büyük faz gerilimi  $U_B$  ' dir. Bu aralıkta çıkış gerilimi  $U_Y = U_B$ , tıkamaya giren  $T_1$  tristörü üzerinde görülen gerilim ise  $U_{T1} = U_A - U_B = U_{AB}$  olur.

c)  $4\pi/3 < \omega t < 2\pi$  aralığında ise  $U_Y = U_C$  ve  $U_{T1} = U_A - U_C = U_{AC}$  olacaktır. Görüldüğü gibi doğru gerilim, faz gerilimlerini izlerken, tıkalı durumdaki bir tristör (veya diyot ) üzerinde ters yönde fazlar arası gerilimler görülür.



Şekil 1.2. Üç fazlı yarı dalga doğrultucu için faz ve faz arası gerilimlerin zamanla değişimleri

### 1.2.1.1. Omik yük durumu

Şekil 1.1'deki üç fazlı yarım dalga doğrultucuda  $U_C(\omega t)=U_A(\omega t)$  eşitliğinin sağlandığı  $\omega t$  anı  $\alpha=0$  doğal ateşleme anını temsil etmektedir. Budurumda, denklem (1.1),(1.2) ve (1.3) eşitliklerinde tanımlanan  $\gamma=\pi/6$  olacaktır.  $T_1, T_2$  ve  $T_3$  tristörlerinin kapılarına sırasıyla  $\omega t = \alpha$  ,  $\omega t = \alpha + 2\pi/3$  ve  $\omega t = \alpha + 4\pi/3$  anlarında tetikleme darbeleri uygulanır. Omik yükte çalışırken, bir tristörün iletimde kaldığı süre,  $\alpha$  açısına bağlıdır. Şekil 1.2 için; (Aşağıdaki  $\alpha$  değerleri, doğal ateşleme anı  $0^\circ$  ( $\omega t = \pi/6$ ) kabul edilerek verilmiştir.)

- 1)  $\alpha \leq \pi/6$  ise;  $\omega t = \alpha$  anında iletime sokulan  $T_1$  tristörü,  $\omega t = \alpha + 2\pi/3$  anında  $T_2$  tristörü iletime sokuluncaya kadar iletimini sürdürür. Bu durumda  $\theta = 2\pi/3$  olur.
- 2)  $\pi/6 \leq \alpha \leq 5\pi/6$  aralığında ise;  $\omega t = \alpha$  anında iletime giren  $T_1$  tristörü henüz  $\omega t = \alpha + 2\pi/3$  anında  $T_2$  tristörü iletime sokulmadan,  $\omega t = 5\pi/6$  anında  $U_A = i_A = 0$  olacağından kendiliğinden kesime girecektir. Bu durumda  $5\pi/6 \leq \omega t \leq \alpha + 2\pi/3$  aralığında tüm tristörler tıkalıdır.
- 3)  $5\pi/6 \leq \alpha$  ise;  $U_A \leq 0$  olacağından, kapı darbesi uygulansa bile  $T_1$  iletime giremez. Bu durumda hiç bir tristör iletimde olmayacağından çıkıştaki gerilimin değeri sıfırdır.

Şekil 1.1' de gösterilen üç fazlı yarım dalga doğrultucu devresinde, omik yük durumu için doğru gerilimin ortalama değeri :

a)  $\alpha < \pi$  ise;

$$U_{Y\alpha} = (3/2\pi) \cdot \int_{\alpha}^{\alpha+2\pi/3} \sqrt{2} \cdot U_{\text{eff}} \cdot \sin(\omega t + \pi/6) d\omega t = (3\sqrt{6} \cdot U_{\text{eff}} \cdot \cos \alpha) / 2\pi \quad (1.4)$$

Burada;

$U_{Y\alpha}$  : Yük üzerindeki gerilimin (çıkış geriliminin ) değeri (V)

$\alpha$  : Tetikleme açısındaki değeri

$\omega$  : Sinüsoidal sinyalin açısal hızı  $=2\pi f$  (rd/s)

$U_{eff}$  : Transformatorun sekonder faz gerilimlerinin etkin değeridir . (V)

b)  $\pi/6 < \alpha < 5\pi/6$  ise;

$$U_{Y\alpha} = (3/2\pi) \int_{\alpha}^{5\pi/6} \sqrt{2} \cdot U_{eff} \cdot \sin(\omega t + \pi/6) d\omega t = [3\sqrt{2} \cdot U_{eff} \cdot (1 + \cos(\alpha + \pi/6))] / 2 \quad (1.5)$$

c)  $\alpha \geq 5\pi/6$  ise,  $U_{Y\alpha} = 0$

$$\alpha=0 \text{ durumu için ise ;} \quad U_{Y0} = 3\sqrt{6} \cdot U_{eff} / 2\pi \quad (1.6)$$

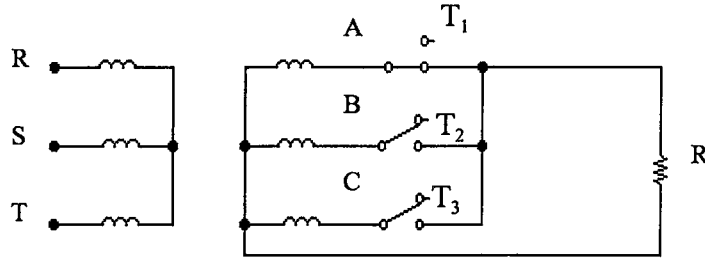
Burada;

$U_{Y0}$  : Çıkış geriliminin,  $\alpha = 0$  anındaki değeridir (V). Dolayısıyla doğrultucunun denetim aralığı ;

$0 \leq \alpha \leq 5\pi/6$  olarak tespit edilmiştir. Burada denetim aralığı, bir tristörün tetiklenebileceği aralık olarak tanımlanır.

Şekil 1.4' de yük üzerindeki geriliminin, değişik tetikleme açılarında, çıkış dalga şekilleri verilmiştir. Şekillerden de anlaşılacağı gibi  $T_1$  tristörünün iletimde olduğu durumda yük üzerinde A (R fazı) fazına ait gerilim görülür.  $T_1$  kesime girdikten sonra  $T_2$  iletime gireceğinden, yük üzerinde bu kez B (S fazı) fazına ait gerilim görülür.  $T_2$  tristörde kesime girdikten sonra, en büyük faz gerilimi  $U_C$  olacağından  $T_3$  tristörü iletime girer  $T_3$  tristörü iletime girdiğinden yük üzerinde C (T fazı) fazına ait gerilim gözlenir.

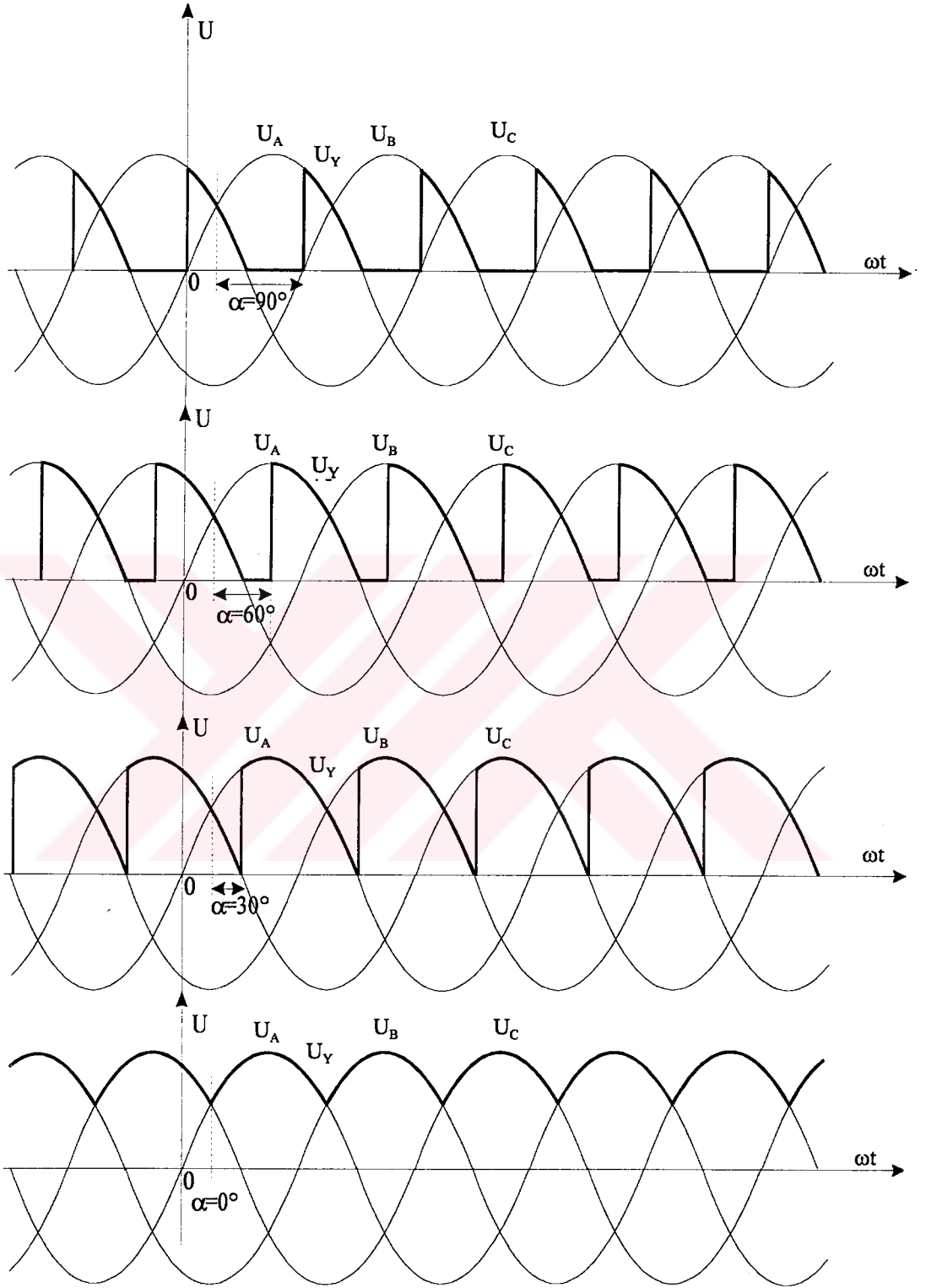
$T_1$  tristörü üzerinde düşen gerilim Şekil 1.2' den de görüldüğü gibi,  $U_C(\omega t) = U_A(\omega t)$  eşitliğinin sağlandığı an, doğal ateşleme noktası ( $\alpha=0$ ) olarak kabul edilir.  $T_1$  tristörü, ancak bu noktadan sonra tetiklenebilir. Bu durumda  $T_1$  tristörü uçlarındaki gerilim değeri  $U_{T1} = 0$  olur. Çünkü  $T_1$  tristörü iletme girmiştir.  $T_1$  tristörü üzerinde sadece gerilim düşümü görülür. Bu değerde çok küçük olduğu için ihmal edilebilir. Bu nedenle  $T_1$  tristörü uçlarındaki gerilimin değeri  $U_{T1}$  sıfır alınmıştır. (Şekil 1.3).



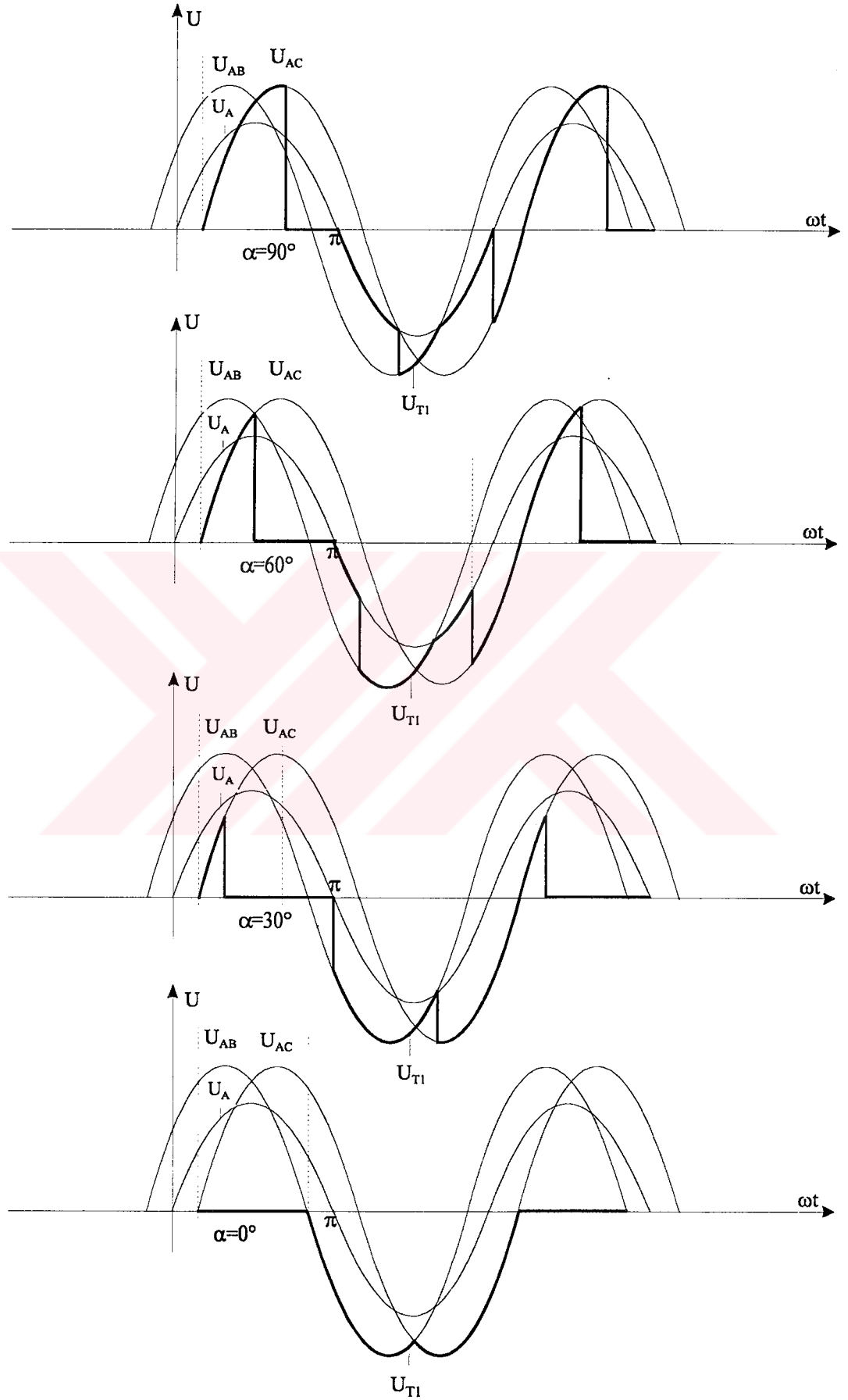
**Şekil 1.3.**  $T_1$  tristörünün iletimde olduğu durum

Bu durum  $T_2$  tristörünün tetikleneceği an olan  $\alpha+2\pi/3$  anına kadar devam eder ( $T_2$  tristörünün  $\alpha+2\pi/3$  anında tetiklenmesinin sebebi R-S-T fazlarının arasında  $120^\circ$  faz farkı olmasıdır). Bu esnada  $T_1$  tristörü kesime gireceğinden anodu A noktasının potansiyeline, ortak katot noktası ise;  $T_2$  iletimde olduğundan, B noktasının potansiyeline ulaşır. Dolayısıyla  $U_{T1}=U_{AB}$  olur. Bu nedenle devre tasarımları yapılırken yarı iletkenler öyle seçilmeliki çalıştığı gerilimin en az iki katı gerilime dayanabilmeli. Bazı durumlarda peak gerilimler oluşabileceğinden oluşacak peak değerleride göz önüne alınmalıdır. Yarı iletken elemanların seçimi yapılırken emniyet katsayısının büyük seçilmesi devrenin çok daha güvenli çalışmasını sağlayacaktır. (Şekil 1.6).

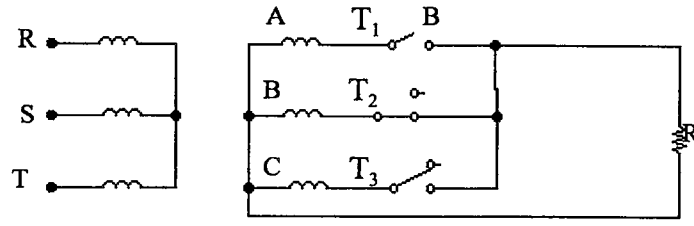
Bu iletim durumu da,  $T_3$ 'ün tetiklenme anı olan  $\alpha+4\pi/3$  anına kadar devam eder.  $\alpha+4\pi/3$  anında,  $T_3$  tetiklenir ve ortak katot noktası C noktasının potansiyeline ulaşır.  $T_1$  tristörünün anodu A noktası potansiyelinde, katoduda C noktası potansiyelinde olduğundan  $U_{T1}=U_{AC}$  olur (Şekil 1.7).



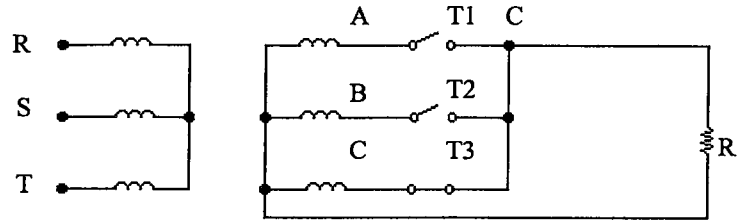
**Şekil 1.4.** Üç fazlı yarım dalga doğrultucu devresinde, omik yük durumunda değişik tetikleme açıları için yük uçlarındaki gerilimin değişimi.



Şekil 1.5. Değişik tetikleme açılarında tristör gerilimlerinin değişimi



Şekil 1.6. T<sub>2</sub> tristörünün iletimde olduğu durum



Şekil 1.7. T<sub>3</sub> tristörünün iletimde olduğu durum

### 1.2. 1.2. Omik - endüktif yük durumu

Devrenin omik - endüktif yük ile çalışması incelenirken,  $\omega L \gg R$  olduğu ve doğru akımın tam süzölmüş olduğu ( $i_d(\omega t) = I_d = \text{sbt.}$ ) kabul edilecektir. Bu durumda, yük açısı yaklaşık olarak  $90^\circ$  olduğundan, tetikleme açısı hangi değerde olursa olsun her bir tristör  $\theta = 2\pi/3$  süresince iletimde kalacaktır. Şekil 1.1' de gösterilen üç fazlı yarım dalga doğrultucu devresinde omik endüktif yük durumu için, doğru gerilimin ortalama değeri ;

$$U_{Y\alpha} = \frac{3\sqrt{2} \cdot U_{\text{eff}}}{2\pi} \int_{\alpha}^{\alpha+2\pi/3} \sin(\omega t + \pi/6) d\omega t = \frac{3\sqrt{6} \cdot U_{\text{eff}} \cdot \cos \alpha}{2\pi} \quad (1.7)$$

$$U_{Y0} = \frac{3\sqrt{2} \cdot U_{\text{eff}}}{2\pi} = 1,17 \cdot U_{\text{eff}} \quad (1.8)$$

Burada ;

$U_{Y\alpha}$  : Yük üzerindeki gerilimin,  $\alpha$  tetikleme açısındaki ortalama değeri (V).

$U_{Y0}$  : Çıkış geriliminin,  $\alpha = 0$  anındaki değeri (V).

$\omega$  : Sinüsoidal sinyalin açısal hızı  $=2\pi.f$  (rd /s).

$U_{eff}$  : Transformatörün sekonder faz gerilimlerinin etkin değeridir (V).

$i_{T1}$  : 1 nolu tristör üzerinden geçen akım (A).

$i_{T2}$  : 2 nolu tristör üzerinden geçen akım (A).

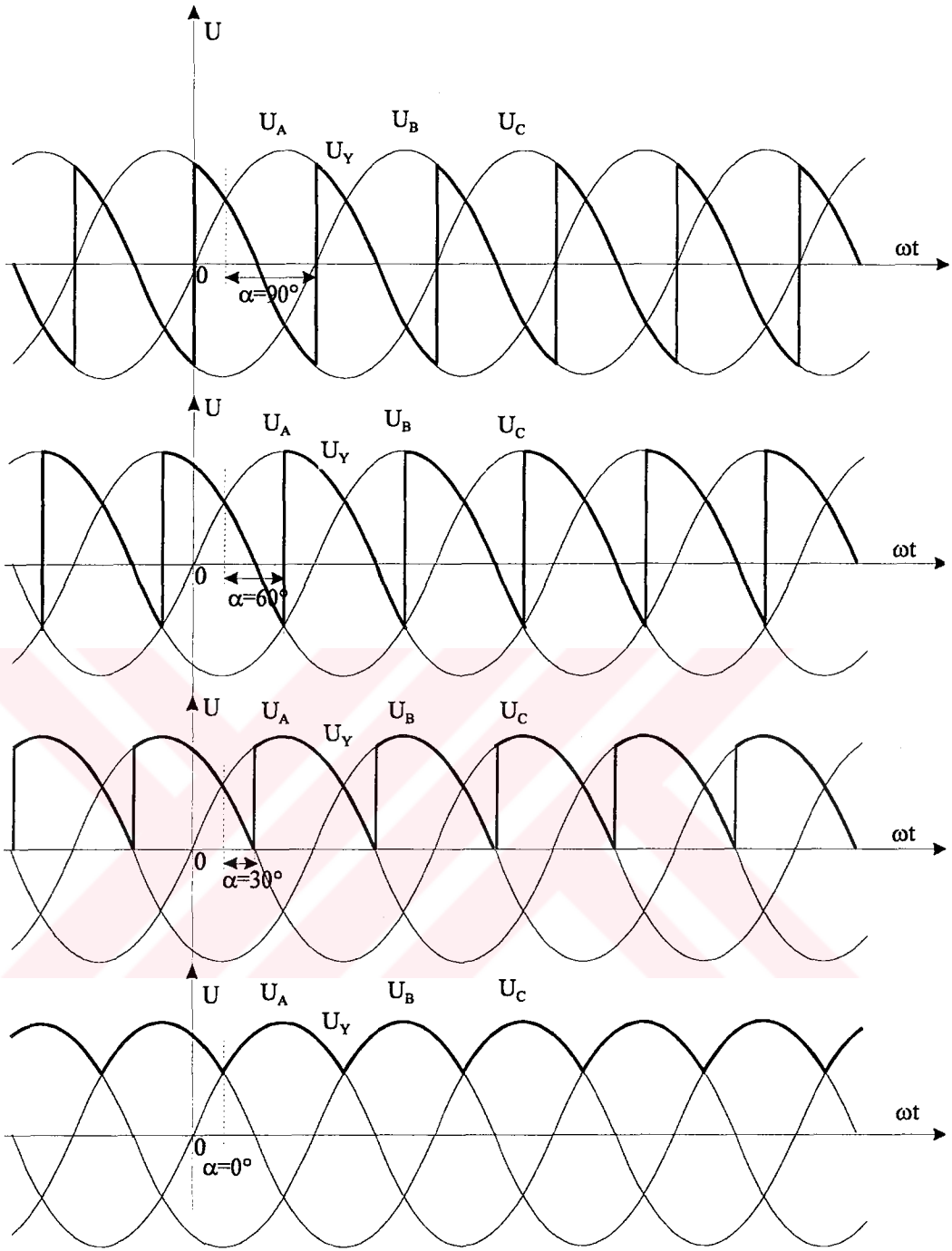
$i_{T3}$  : 3 nolu tristör üzerinden geçen akım (A).

$U_{T1}$  :  $T_1$  tristörü üzerindeki gerilim (V).

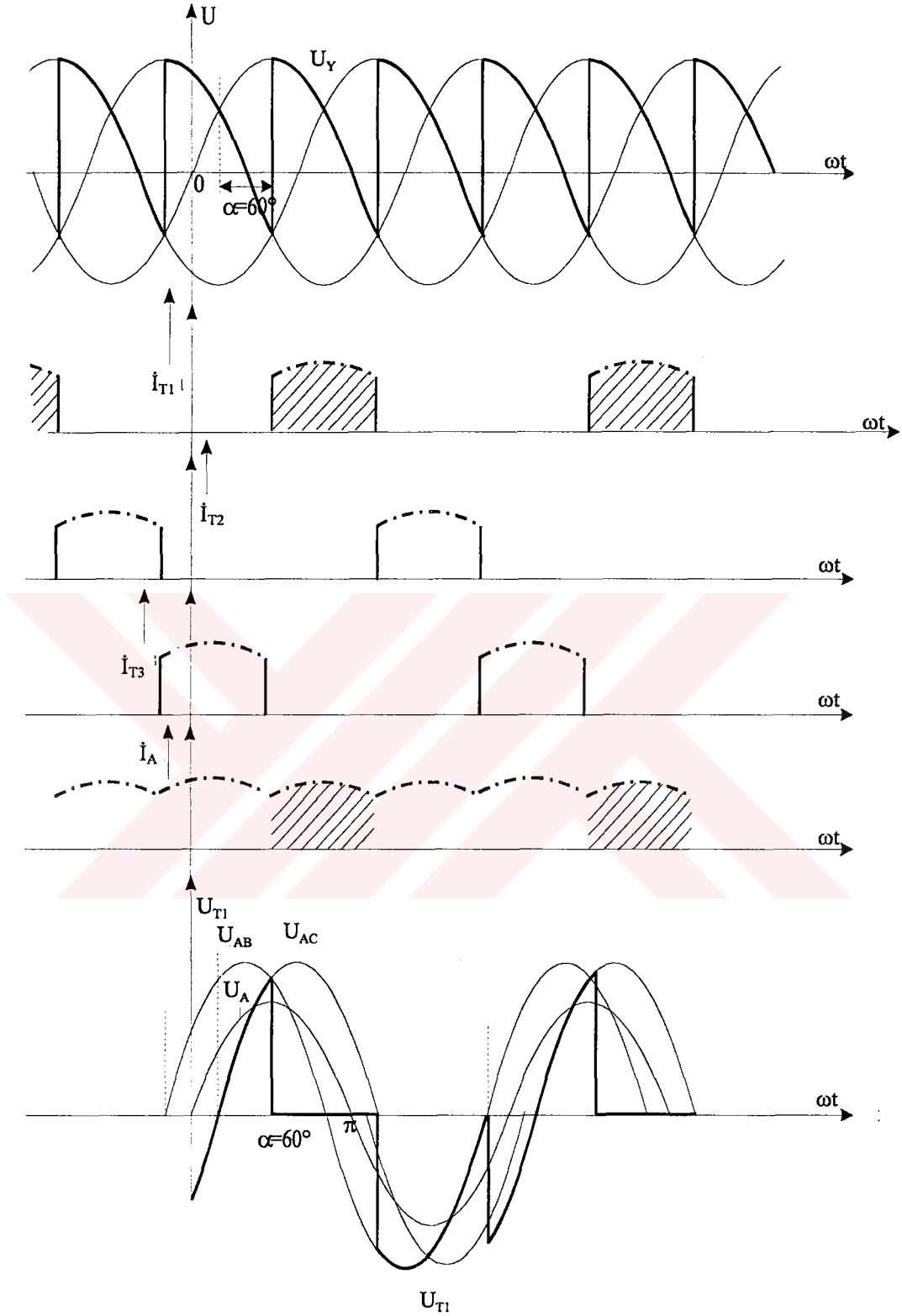
Omik - endüktif yüklü durumda, şekil 1.8' den de anlaşılacağı gibi, tetikleme açısı ne kadar büyük tutulursa, çıkış geriliminin ortalama değeri o kadar küçük olacak, hatta bir noktadan sonra ortalama çıkış gerilimi, negatif eksene inecektir. Gerilimin negatif bölgeye inmesinin sebebi; yük endüktif karakterde olduğundan, bobin üzerinde bir zıt emk. Oluşacaktır. Oluşacak zıt emk tristör kesime sokulacağı an boşalacağından tristörün kesime girme süresini ( serbest kalma süresini ) etkileyecektir. Bu zıt emk tristör kesime sokulacağı an gerilimin sıfırda kalmasını engelleyecektir. Tristör kesime sokulacağı an gerilimin sıfıra düşmesi istenilirse yük üzerine paralel serbest geçiş diyodunun bağlanması gerekir. Serbest geçiş diyodu bağlanırken dikkat edilmesi gereken husus diyodun şebekeden gelen gerilime ters kutuplanmasıdır. Aksi takdirde şebeke gerilimi kısa devre edilmiş olur.

Endüktif yüklerde serbest geçiş diyodu yardımı ile gerilimin değeri sıfıra düşürülebilir; ancak depo edilenn zıt emk. Serbest geçiş diyodu üzerinden ve yük üzerinden boşalacağından yük üzerinnde görülen akımın değişimi tristör kesime girdiği andan itibaren  $\beta$  açısı kadar negatif alternansa inecektir. Tristörün kesime girme süresini bu durum etkilemeyecektir; çünkü yük üzerinden akan akım serbest geçiş diyodu üzerinden akacaktır. Böylece yük üzerinden akan akımdan tristör etkilenmeyecektir. Yani tristör negatif bölgeye sarkan akımdan bağımsız olacaktır.





**Şekil 1.8.** Üç fazlı yarım dalga doğrultucu devresinde, omik endüktif yük durumunda değişik tetikleme açıları için yük uçlarındaki gerilimlerin değişimi.

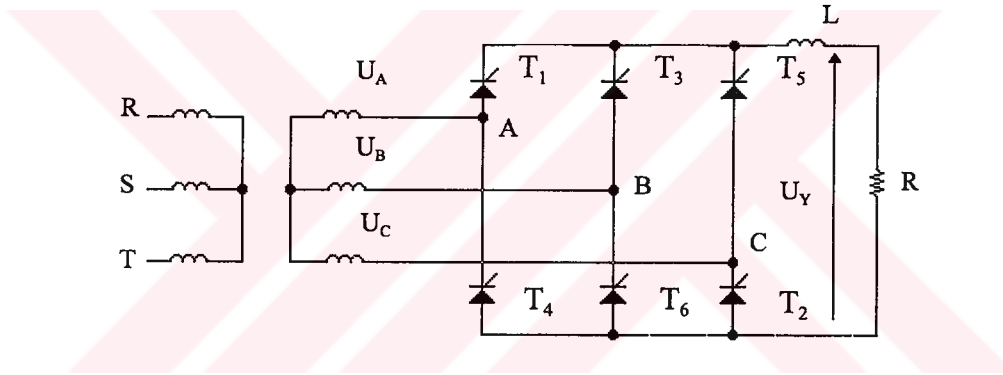


**Şekil 1.9.** Üç fazlı yarım dalga doğrultucu devresinde omik endüktif yük durumunda  $\alpha = 60^\circ$  için yük uçlarındaki gerilimin değişimi, tristör akımları ve  $T_1$  tristörü uçlarındaki gerilimin değişimi .

### 1.3. Üç Fazlı Tam Dalga Doğrultucular (Köprü Montajı)

Üç fazlı doğrultucular, çoğunlukla 120 kW 'ın üzerindeki endüstriyel uygulamalarda, iki bölgeli çalışmanın gerektiği hallerde kullanılır. Köprü montajlı uygulamalarda, doğru gerilimin belirli bir değeri için tristör gerilimi, tek yollu bağlantının yarısı kadar seçilebilir. Diğer taraftan, bağlantı iki yollu olduğundan alternatif akım tarafında, iki yönde akım geçer.

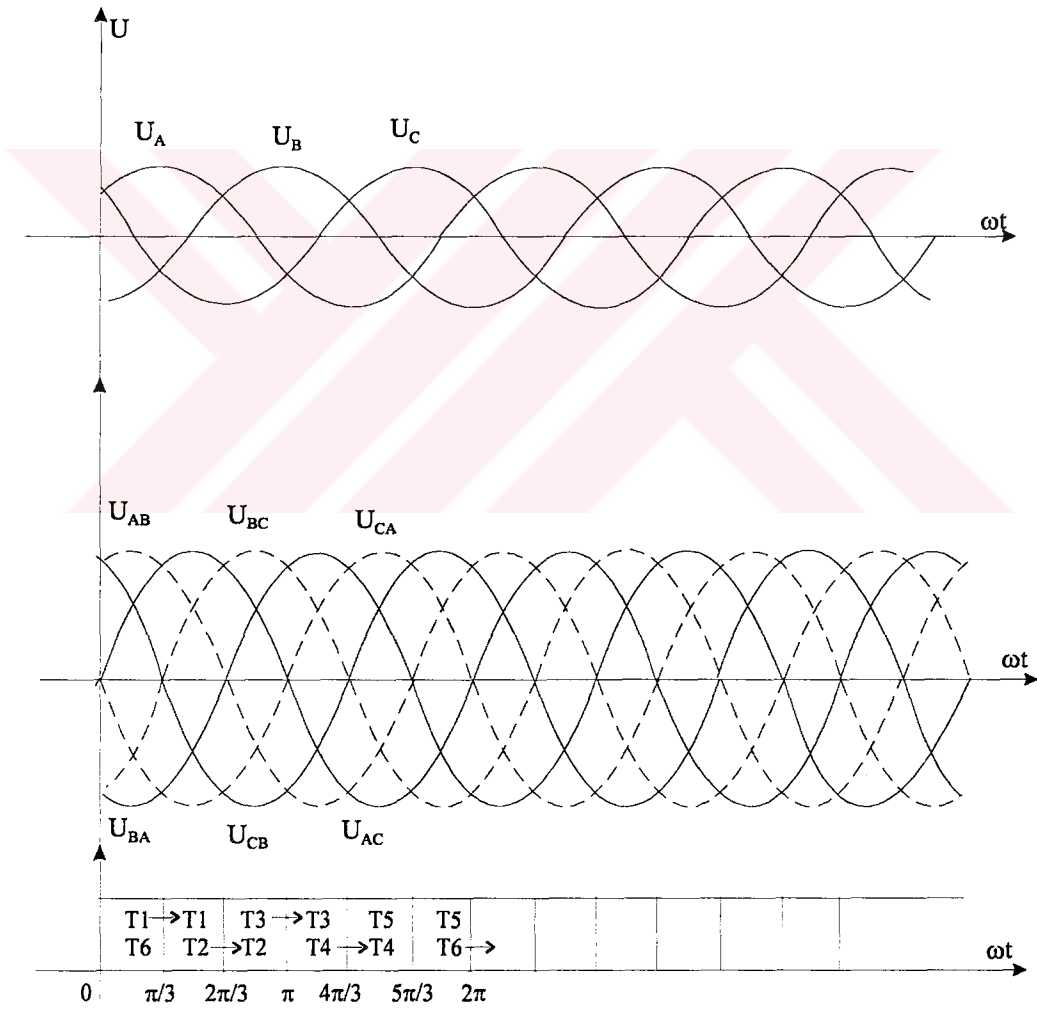
Şebekeden çekilen akımın sinüsoide yakın olması, şebekeye bağlı diğer alıcılar yönünden de faydalıdır. Köprü montajı prensip olarak, tek yollu iki doğrultucunun seri bağlanması ile oluşmuştur. Üç fazlı köprü doğrultucu devresi, şekil 1.10'daki gibidir.



Şekil 1.10. Üç fazlı tam dalga doğrultucu

Daha önceki devrelerde olduğu gibi, ortalama gerilim, geciktirme açısı  $\alpha$  'yı kullanarak, tristörlerin söndürülmesini geciktirerek kontrol edilebilir. Ancak burada, daha önceki devrelerde mevcut olmayan bir problem ortaya çıkmıştır. AA kaynak bağlandığında kapı tetikleme darbeleri, tristöre doğru aralıklarla gönderilir. Eğer tek bir kapı tetikleme darbesi kullanılırsa, hiç bir akım akmayacağı gibi, akım yolu üzerindeki diğer tristörlerde kesimde olurlar. Devre fonksiyonlarını başlatmak için, iki tristör aynı anda tetiklenmelidir. Bu sayede akım akmaya başlar. Kaynak gerilimi yük üzerine uygulanır ve bir, sonraki darbe tetiklemesi  $T_2$  tristörüne doğrudur.  $T_2$  tristörü ancak  $T_1$  ' e darbe geldiğinde ilettime geçer. Dalga şekilleri göstermektedir ki, bunlar aynı anda ilettime geçen iki tristördür. Devrenin normal çalışmasını sürdürebilmesi için, ilk darbeden sonra tetikleme devresi  $60^\circ$  lik bir ateşleme darbesi üretmelidir.

Şekil 1.11 ' den de görüleceği gibi, anotları ortak doğrultucular ile, katotları ortak doğrultucu gurupları, ayrı ayrı yarım dalga doğrultucu gibi çalışmaktadır. Herhangi bir çalışma anında, katotları ortak tristörlerden yalnızca biri ve anotları ortak tristörlerden yalnızca biri iletimde olabilir. A, B ve C noktalarının potansiyellerinin anlık değerleri, devredeki elemanların hangi anda iletime gireceklerini belirler. Hangi nokta en pozitif ise o noktaya bağlı tristörün iletime geçirilmesi gerektiğinden en yüksek pozitif değerde olan noktaya bağlı tristör iletime sokulur.



Şekil 1.11. Üç fazlı tam dalga doğrultucunun çalışma aralıkları

Şekil 1.10' daki tristörlerin  $\alpha = 0$  anında tetiklendikleri kabul edilecek olunursa ( $\alpha$ , Doğal ateşleme anından sonraki tetikleme açısı olarak kabul edilecektir.)

- a)  $0 \leq \omega t \leq \pi/3$  aralığında, potansiyeli en pozitif olan  $T_1$  tristörü  $T_3$  ve  $T_5$  tristörlerine göre daha elverişli olduğundan ilettime girecektir. Bu esnada ortak katot noktası, A noktasının potansiyeline yükselecektir. Anotları ortak olanlardan, katot potansiyeli en küçük olan  $T_6$  diğer tristörlere göre daha elverişli olduğundan ilettime girecek ve ortak anot noktası, B noktasının potansiyeline düşecektir. Bu durumda  $U_Y = U_{AB}$
- b)  $\pi/3 \leq \omega t \leq 2\pi/3$  aralığında en artı potansiyel A noktasında olduğundan  $T_1$  iletimini sürdürecektir ancak en eksi potansiyel C noktasında olduğundan  $T_2$  tristörü akımı  $T_6$  tristöründen devralacaktır. Bu aralıkta çıkış gerilimi;  $U_Y = U_{AC}$  olur.
- c)  $2\pi/3 \leq \omega t \leq \pi$  aralığında;  $T_2$  ve  $T_3$  iletimdedir.  $U_Y = U_{BC}$  olur.
- d)  $\pi \leq \omega t \leq 4\pi/3$  aralığında;  $T_3$  ve  $T_4$  iletimdedir.  $U_Y = U_{BA}$  olur.
- e)  $4\pi/3 \leq \omega t \leq 5\pi/3$  aralığında;  $T_4$  ve  $T_5$  iletimdedir.  $U_Y = U_{CA}$  olur.
- f)  $5\pi/3 \leq \omega t \leq 2\pi$  aralığında;  $T_5$  ve  $T_6$  iletimdedir.  $U_Y = U_{CB}$  olur.

Üç fazlı tam dalga doğrultucuda, yük üzerindeki gerilimin her bir periyodunda 6 tepe mevcuttur. Yani çıkış işaretinin bir darbe dönemi, giriş işaretinin bir döneminin 1/6 sı kadardır. Devredeki tristörler, ilettime girdikleri andan itibaren  $120^\circ$  süreyle devrede kalırlar. Ancak bu sürenin ilk yarısında başka, ikinci yarısında başka elemanla birlikte iletimde olurlar. Bu nedenle, tetikleme devresinin herhangi bir tristör için üreteceği kapı darbesi, ya  $60^\circ$  aralıklarla yinelenen iki darbeden oluşması, yada en az  $60^\circ$  süreli olması gerekmektedir.

Tetikleme devreleri elektronik olarak birbirlerine öyle bir şekilde bağlanır ki; her tetikleme devresi kendi tristörüne bir darbe ürettiğinde, bu darbe önceki tetikleme devresininkine benzer.

### 1.3.1. Omik yük durumu

$\alpha = \pi/3$  ise;  $2\pi/3 < \omega t < \alpha + \pi/3$  aralığında, çıkış gerilimi  $U_Y = 0$  olacak çünkü bu aralıkta tristörlerden hiç biri iletimde değildir.

Şekil 1.10' da gösterilen üç fazlı tam dalga doğrultucu devresindeki omik yük durumu için doğru gerilimin ortalama değeri iki durum göz önüne alınarak incelenecek olunursa ;

sürekli çalışma için;

$$\alpha < \omega t < \alpha + \pi/3 \text{ aralığında } U_Y = U_{AB} \text{ olur.}$$

Sürekli çalışma için;

$$\alpha < \omega t < 2\pi/3 \text{ aralığında } U_Y = U_{AB} \text{ olur.}$$

$2\pi/3 < \omega t < \alpha + \pi/3$  aralığında  $U_Y = 0$  değerini almaktadır. Şekil 1.12' deki dalga şekillerine bakılırsa  $U_Y$ ' ün  $T = \pi/3$  periyotlu bir değişimli dalga biçimi olduğu görülür.

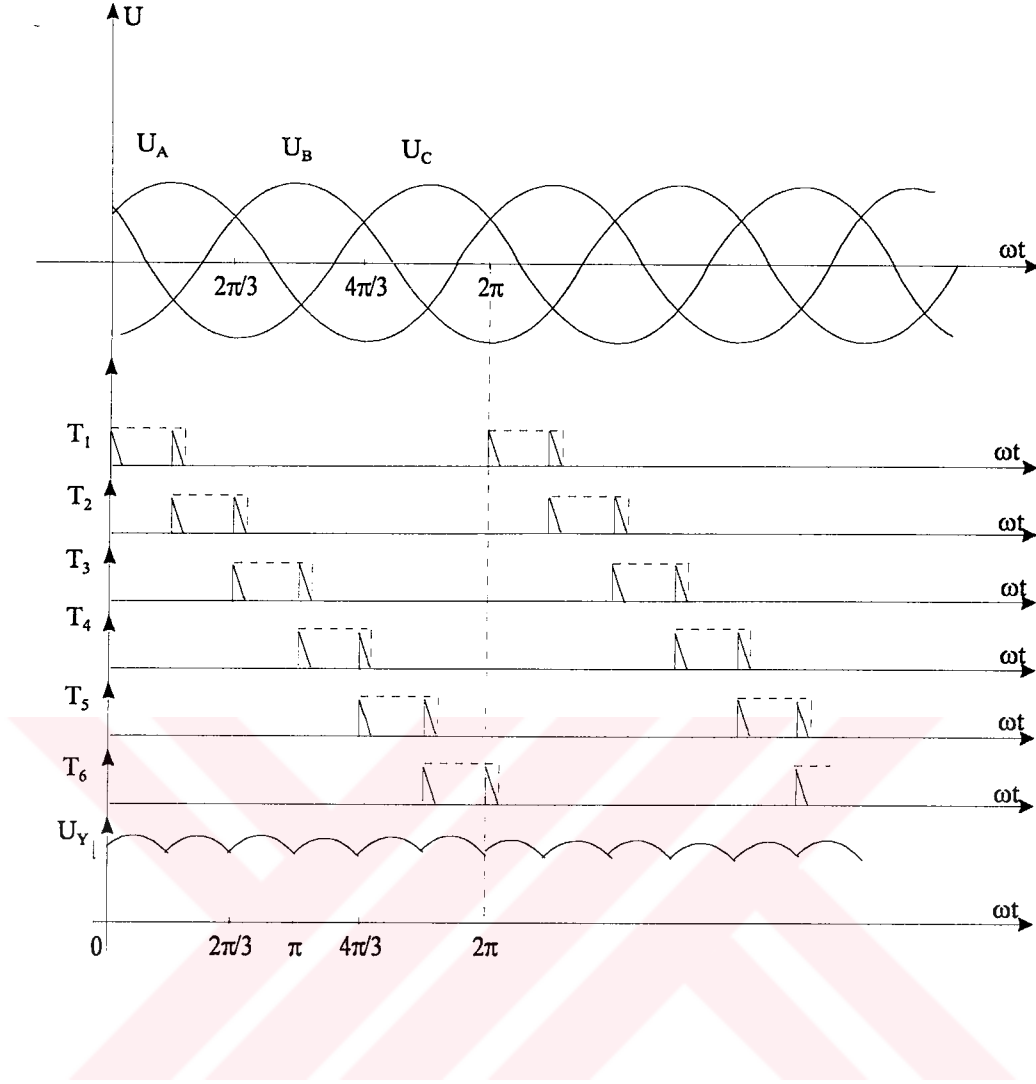
Bu durumda ;

$$\begin{aligned} U_{AB} &= U_A - U_B = \sqrt{2} U_{\text{eff}} \cdot \sin(\omega t + \pi/6) - \sqrt{2} U_{\text{eff}} \cdot \sin(\omega t + \pi/6 - 2\pi/3) \\ &= \sqrt{2} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{eff}} \cdot \sin(\omega t + \pi/6 + \pi/6) \\ &= \sqrt{6} \cdot U_{\text{eff}} \cdot \sin(\omega t + \pi/3) \end{aligned} \quad (1.9)$$

Burada;

$U_{AB}$  : A noktası ile B noktası arasındaki gerilim farkı (V)

$U_{\text{eff}}$  : Faz ile nötr arasındaki gerilim farkı (V)



Şekil 1.12.  $\alpha=0^\circ$  için tetikleme darbelerinin konumu ve çıkış gerilimi

1)  $0 < \alpha < \pi/3$  aralığında ;

$$U_{Y\alpha} = (3/\pi) \int_{\alpha}^{\alpha+\pi/3} \sqrt{6} \cdot U_{\text{eff}} \cdot \sin(\omega t + \pi/3) d\omega t = (3\sqrt{6} \cdot U_{\text{eff}} \cdot \cos \alpha) / \pi \quad (1.10)$$

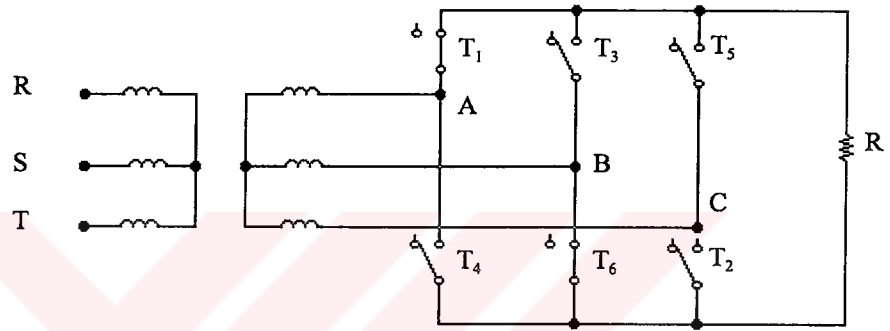
2)  $\pi/3 < \alpha < 2\pi/3$  aralığında ;

$$U_{Y\alpha} = (3/\pi) \int_{\alpha}^{\pi} \sqrt{6} \cdot U_{\text{eff}} \cdot \sin(\omega t + \pi/3) d\omega t = [3\sqrt{6} \cdot U_{\text{eff}} \cdot (1 + \cos(\alpha + \pi/3))] / \pi \quad (1.11)$$

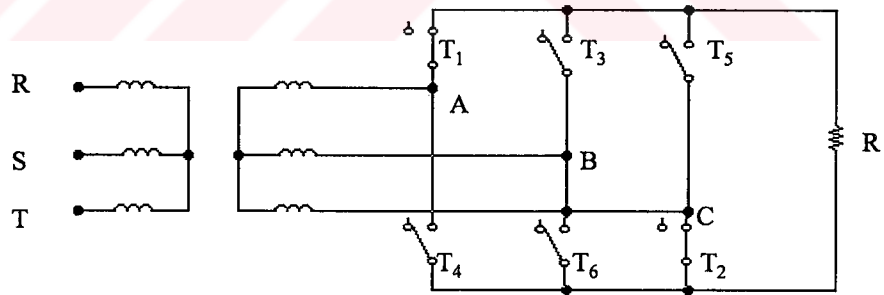
3)  $\alpha \geq 2\pi/3$  aralığında  $U_{Y\alpha} = 0$

$$\alpha = 0 \text{ için; } U_{Y0} = 3\sqrt{6} \cdot U_{\text{eff}} / \pi \quad (1.12)$$

Denetim aralığı  $0 < \alpha < 2\pi/3$  olacaktır. Şekil 1.15' deki dalga şekilleri için  $\alpha = \pi/6$  anı baz alınacak olunursa, bu tetikleme anında anot potansiyeli en pozitif olan  $T_1$  tristörü ile katot potansiyeli en negatif olan  $T_6$  tristörü tetiklenir.  $T_1$  ve  $T_6$  tristörleri  $60^\circ$  boyunca devrede kalırlar. Bu durumda  $T_1$  iletimde olduğundan üzerindeki gerilimin değeri sıfıra düşer  $60^\circ$  sonra en küçük potansiyel C noktasıdır (Şekil 1.12 ).  $T_2$  tristörü iletime  $T_6$  tristörü kesime girer. Anot potansiyeli halen pozitif olan  $T_1$  tristörü iletimde kalacaktır. Bu durumda  $T_1$  iletimdedir  $U_{T_1}$  sıfır potansiyelini koruyacaktır.



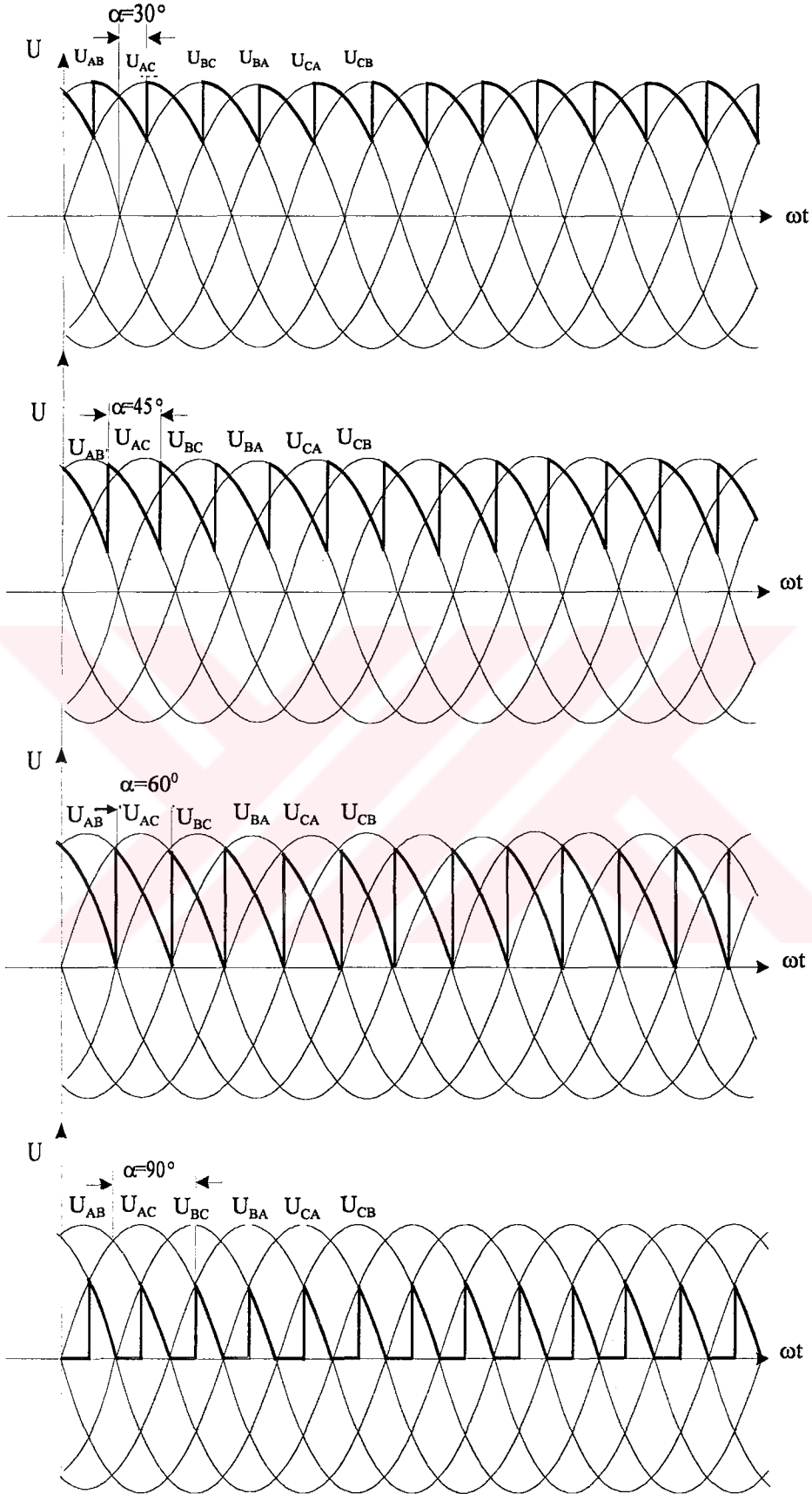
Şekil 1.13. Üç fazlı tam dalga doğrultucu devresinde  $T_1$  ve  $T_6$  tristörleri iletimde



Şekil 1.14. Üç fazlı tam dalga doğrultucu devresinde  $T_1$  ve  $T_2$  tristörleri iletimde

$T_1$  ve  $T_2$  iletime girdikten  $60^\circ$  sonra,  $T_1$  kesime girecek, iletimde olan  $T_2$  tristörü ile beraber  $T_3$  tristöründe anot potansiyeli daha pozitif olduğu için gelen tetikleme darbesi ile iletime girecektir. Bu durumda  $T_1$  tristörünün uçlarındaki gerilim düşümü, bağlı olduğu A noktasının potansiyeli ile iletimde bulunan  $T_3$  tristörünün sahip olduğu B noktasının potansiyelleri arasındaki farka, yani  $U_A - U_B = U_{AB}$ 'ye eşit olacaktır. Bu olay  $60^\circ$  aralıklarla devam edecek ve iletime giren tristör  $120^\circ$  boyunca iletimde kalacaktır.





**Şekil 1.15.** Üç fazlı tam dalga doğrultucu devresinde, omik yük durumunda çıkış dalga şekilleri

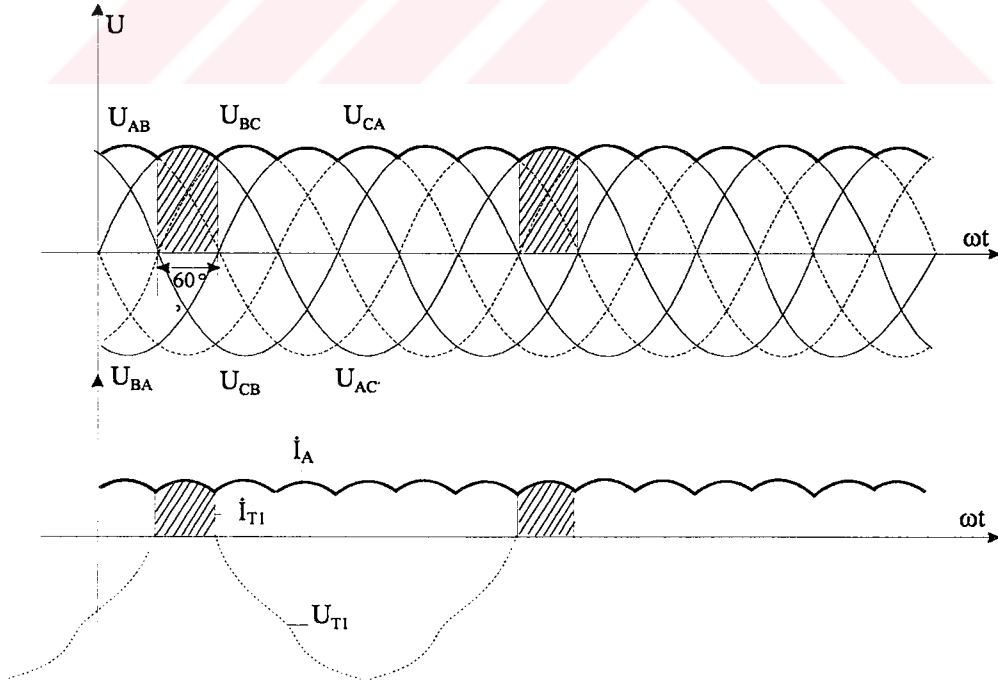
### 1.3.2. Omik - endüktif yük durumu

Yük, endüktans nitelikli olduğundan, yük akımının değişimi gerilimden bağımsızdır. Yani gerilimin sıfır geçişlerinde akım sıfır değerine düşmeyeceğinden tristörler tıkanmayacaktır. Ancak bir sonraki tetikleme anında, iletme yeni giren tristör uygun tristörden yük akımını devralır. Her bir tristör,  $2\pi/3$  süreyle iletimde kalırlar. Şekil 1.10'da gösterilen üç fazlı tam dalga doğrultucu devresindeki omik endüktif yük durumu için doğru gerilimin ortalama değeri:

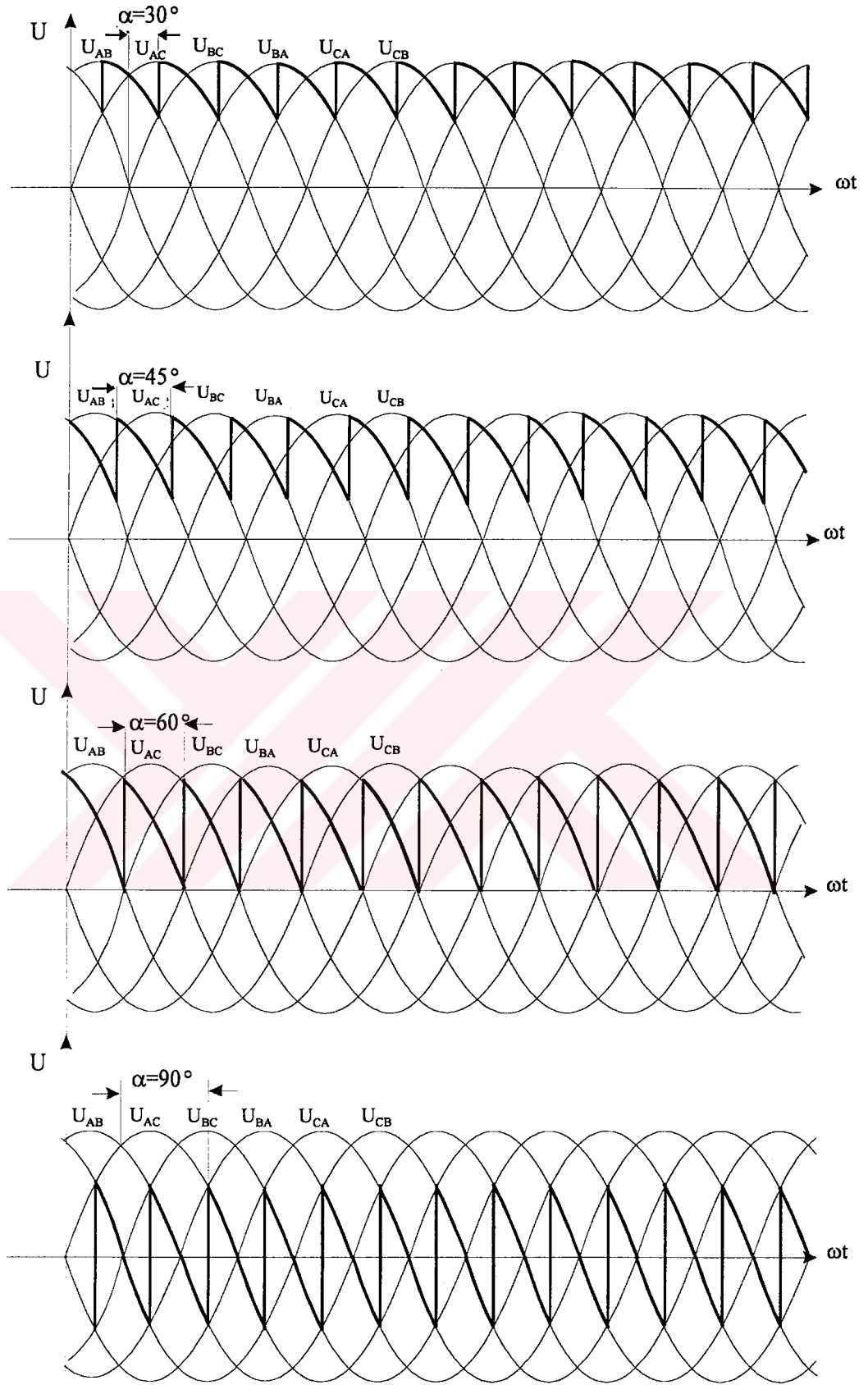
$$U_{y\alpha} = (3/\pi) \int_{\alpha}^{\alpha+\pi/3} \sqrt{6} \cdot U_{\text{eff}} \cdot \sin(\omega t + \pi/3) d\omega t = 3\sqrt{6} \cdot U_{\text{eff}} \cdot \text{Cos}\alpha/\pi \quad (1.13)$$

$$\alpha=0 \text{ için } U_{Y0} = 3 \cdot \sqrt{6} \cdot U_{\text{eff}} / \pi \quad (1.14)$$

Şekil 1.10'daki üç fazlı tam dalga doğrultucu devresinde bulunan bobinden dolayı bir zıt elektromotor kuvveti (zıt emk) oluşacaktır. Tristörlerden herhangi biri kesime kutuplansada, oluşan bu zıt emk'dan dolayı devreden bir miktar daha akım akacaktır (zıt emk sıfır oluncaya kadar). Bu yüzden yük üzerindeki gerilim; bir miktar, negatif alternansa inecektir. Tetikleme açısı büyürse yük üzerindeki negatif gerilim de büyür.



Şekil 1.16. Üç fazlı tam dalga doğrultucuda omik endüktif yük durumunda tristör üzerindeki akım ve gerilimin değişimi



**Şekil 1.17.** Üç fazlı tam dalga doğrultucuda omik endüktif yük durumunda çıkış dalga şekilleri

## BÖLÜM 2

### TASARLANACAK DEVRENİN ELEMANLARININ GÖREVLERİ ve TEKNİK ÖZELLİKLERİ

Her hangi bir elektrik elektronik devresi kurulacağı zaman öncelikle o devre için hangi elemanların kullanılacağı tespit edilir. Tabiki bu devre elemanlarının seçiminin yapılabilmesi için, hangi elemanın ne görev yaptığı bilinmelidir. Bundan dolayı bu çalışmada, kurulacak doğrultucu devresinde kullanılan devrenin elemanlarının işlevlerinin bilinmesi gerekir. Elektrik ve elektronik devreleri kurulurken dikkat edilecek bir diğer özellik de elemanların gerekli özdeğerlerinin çıkarılmasıdır. Çünkü kurulacak her devre için kullanılacak devre elemanlarının değerleri farklıdır. Herhangi bir elektrik veya elektronik devresi kurulurken dikkat edilmesi gereken bazı değerler aşağıda sıralanmıştır.

- 1- Kurulacak devrenin gücü. Maksimum ne kadar güç çektiği .
- 2- Kurulacak devreden çekilen maksimum akım ve çekilecek maksimum akımın süresi.
- 3- Kurulacak devredeki gerilimin ulaşabileceği maksimum değer.
- 4- Kullanılacak devrelerden maksimum akım geçtiğinde ihtiyaç duyulacak soğutucu değeri
- 5- Devre elemanları üzerinde oluşabilecek ters ve zarar verici gerilim veya akımların nasıl etkisiz hale getirileceği.
- 6- Kullanılacak devrenin günlük çalışma süresi.
- 7- Kullanılacak devre elemanlarının çalışma koşulları. Çalışma esnasında alınacak önlemler.

Herhangi bir devre kurulurken belirtilen özellikler gibi dikkat edilmesi gereken değerler göz önüne alınarak doğrultucu tasarlanır. Aksi takdirde kurulacak devrenin çalışma koşulları bilinmediğinden devreden istenilen verim alınamaz. Bu nedenle kurulacak devre elemanlarının tanımları, gerekli özellikleri incelenmiştir.

## 2.1. Tasarılan Devrede Kullanılan Transformator

Transformatorlar hareketsiz elektrik makinalarından olup, belirli bir gerilimdeki elektrik enerjisini diğer bir gerilimdekine çevirmeye yararlar. Özellikle enerji iletimindeki rolleri çok önemlidir. Bunlar endüstride bir ve üç fazlı olarak önemli sayıda kullanılmaktadırlar. Bazı özel hallerde faz sayısı yukarıda söz edilenlerden farklı olarak da yapılırlar. Bir kaç watt'lık en ufak zayıf akım transformatorlarından çok büyük güçte ( 600,000 kVA ) enerji iletiminde kullanılan transformatorlar inşa olunmaktadır. Gerilim bakımından da tatbik alanları çok geniştir. İşletme gerilimleri birkaç volt alçak gerilim transformatorları ve gerilimi milyon volt yüksekliğinde olan yüksek gerilim transformatorları imal olunmaktadır. Transformatorların diğer elektrik makinalarına nazaran en büyük üstünlükleri verimlerinin bütün diğer elektrik makinalarından büyük oluşudur. Büyük transformatorlarda malzemeyi ekonomik olarak kullanarak % 99 ile 99,5 arasında verim elde etmek mümkündür. Verimin bu kadar büyük olmasının nedeni burada sürtünme kayıplarının bulunmayışındadır.

Kullanıldıkları yerler neresi olursa olsun prensip bakımından daima aynıdırlar ve genel olarak toprağa karşı izole edilmiş iki sargı ile üzerinde sargıları taşıyan demir çekirdekten oluşurlar. Uyarılan sargı primer diğeride sekonder dir. Transformatorun yükseltici veya alçaltıcı olmasına göre primer gerilimi sekonderden büyük veya küçük olabilir. Sırf transformatorun ucuza mal olması için ve dağılma kuvvet çizgilerini lüzumsuz yere büyütmemek amacı ile alt gerilim sargısı çoğunlukla iç kısma ve demir çekirdeğe çok yakın olarak yerleştirilir. Üst gerilim sargısı ise dış taraftadır.

Primer sargıya uygulanan gerilim yardımı ile burada bir manyetik alan uyarılır. Primer gerilimin alternatif bir gerilim olmasından ötürü meydana gelen bu alan alternatiftir ve devresini kapamak üzere sekonder sargının bulunduğu demir çekirdekten geçerken sekonder sargıda bir elektro motor kuvvet endükler. Endüklenen bu gerilim, sekonder sarım sayısı, primerde uyarılıp sekonder sargı içinden geçen manyetik akının maksimum değeri ve iki sargıyı kavrayan alternatif alanın frekansına bağlıdır.

Transformatorun primer sarım sayısı  $N_1$ , sekonder sarım sayısı  $N_2$  ve frekansları  $f$ , mağnetik akıları  $\Phi_{\text{mak}}$  primer emk'sı ( $U_1$ ) ve sekonder emk'sı ( $U_2$ ) ifadesi

$$U_1 = 4,44.f.N_1.\Phi_{\text{mak}}.10^{-8} \quad (2.1)$$

$$U_2 = 4,44.f.N_2.\Phi_{\text{mak}}.10^{-8} \quad (2.2)$$

elde olunur. Burada  $f$  ve  $\Phi_{\text{mak}}$  her iki sargıda da sabit kalmaktadır. Bu gerilimler arasındaki oran, sarım sayıları arasındaki orana eşittir, yani

$$U_1/U_2 = N_1/N_2 = \ddot{U} \quad (2.3)$$

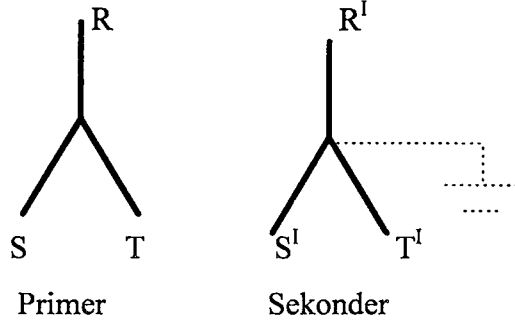
$\ddot{U}$  transformatorun dönüştürme oranıdır. Yüklü transformator da meydana gelen gerilim düşümleri ihmal edilirse, kutup gerilimleri oranı (2.3)'deki oranlara eşittir. Yeni yapılan transformatorlarda değiştirme oranı sarım sayılarının birbirlerine olan oranından hesaplanır. Bunun işletmedeki kontrolü ise, boşa çalışan transformatorun primer ve sekonder kutup gerilimlerinin birbirine olan oranından sağlanır. Primer ve sekonder taraftaki güç faktörlerinin birbirlerine çok yakın olmasından (çünkü hava aralığı yok denecek kadar küçük olduğundan saf endüktif olan mıknatıslama akımı çok küçüktür) ve transformatorların verimlerinin diğer makinalara oranla çok büyük olmasından primer ve sekonder güçler yaklaşık olarak birbirine eşit yazılabilir.

$$U_1 . I_1 . \text{Cos}\omega t = U_2 . I_2 . \text{Cos}\omega t \quad (2.4)$$

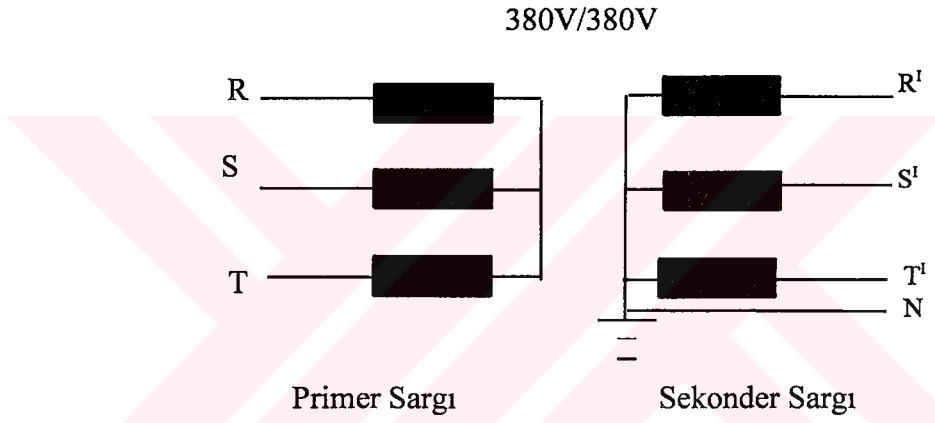
$$U_1/U_2 \cong I_2/I_1 \cong N_1/N_2 = \ddot{U} \quad (2.5)$$

Tasarlanacak devrede kullanılacak transformatorun teknik özellikleri :

Görünen güç	$S = 20 \text{ kVA}$
Güç katsayısı	$\text{Cos } \varphi = 0,75$
Bağıl kısadevre gerilimi	$U_k = \% 4$
Dönüştürme oranı	$\ddot{U} = U_1 / U_2 = (380 \text{ V} / 380 \text{ V}) = 1$
Soğutma şekli	Doğal
Bağlama şekli	Yıldız / Yıldız ( $\lambda / \lambda$ )



Şekil 2.1. Yıldız yıldız bağlı transformator sembolü



Şekil 2.2. Transformatorun sargı bağlantısı

Tasarlanan devredeki transformatorun dönüştürme oranı 1 (bir) olarak alınmıştır. Bu durumda 380 V giriş gerilimine karşı 380 V çıkış vermektedir. Gerilimde herhangi bir düşüş veya yükseliş yok. Transformatorun devredeki görevleri şöyle sıralanabilir.

- 1- Şebekede oluşacak anormal durumların yük üzerindeki etkilerini yok etmek.
- 2- Yük tarafında oluşacak zararlı harmoniklerin şebekeye geçmesini engellemek.
- 3- Yük tarafında oluşabilecek kısa devrenin şebekeye etkisini büyük ölçüde azaltmak.
- 4- Şebekede oluşacak dalgalanmaların yüke etkisini azaltmak.
- 5- Şebekenin kapasitif yüklü durumunda güç katsayısını ayarlamak.

## 2.2. Tasarlanan Devrede Kullanılan Diyodlar

Diyod kontrolsüz yarı iletken elemandır. Atomun dış yörüngesindeki serbest elektron sayısı, üç ile altı arasında değişen maddeler yarı iletken özelliğindedir. Germanyum, silisyum, arsenik, indium, bakır oksit gibi maddeler, yarı iletkenlerdir. Germanyum ve silisyumun dış yörüngesindeki serbest elektron sayısı dördür. Diyod ve transistör yapımında en çok bu maddeler kullanılır. Kristal yapı içerisinde meydana gelecek elektrikli olaylar yalnızca bu dört elektrona etki edecektir. Yarı iletkenler “ N ” ve “ P ” tipi olarak imal edilirler.

### a) ” N ” tipi yarı iletken ve özelliği :

Bir atomun dengesiz haline iyon denir. Buna göre atom bir elektron kaybederse “ + ” yüklü iyon, bir elektron alırsa “ - ” yüklü iyon olur. Son yörüngesinde 4 serbest elektron bulunan germanyuma, son yörüngesinde 5 serbest elektron bulunan arsenik, antimuan veya fosfor karıştırılırsa, germanyumun serbest elektron sayısı artar. arseniğin 4 elektronu, germanyumun 4 elektron ile bağ oluşturur. Kristal yapı içerisinde, arseniğin 5. elektronu serbest olarak hareket eder. Germanyum kristal yapısı içindeki arsenik, bir elektronu kaybettiği için, elektrikli olarak “ + ” yük haline gelmiş olur. İçerisine arsenik karıştırılan germanyum kütlesi elektron kazandığından “ - ” yüklü olur. Bünyesinde serbest hareket eden elektron bulunan germanyuma “N” tipi madde denir. “ N ” harfi serbest elektronların negatif yükünü ifade eder.

### b) ” P ” tipi yarı iletken ve özelliği:

Germanyum ile aynı kristal yapıya sahip, ancak dış yörüngesinde 3 serbest elektron bulunan indium veya galyum, germanyuma enjekte edilirse germanyumun iletkenliğini bir miktar artırılmış olur. Germanyuma, indium veya galyumun enjektisi sonucu, indium veya galyumun 3 serbest elektronu, germanyumun 3 serbest elektronu ile elektron çifti bağı kurarlar. Germanyumun 4. serbest elektronu, bağ kuracak elektron bulamaz. Bir elektron açığa çıkar bu elektrona oyuk denir.

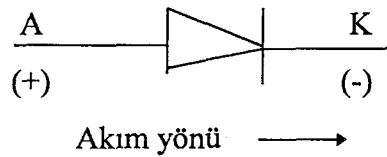


Germenyumdan bir elektron açığa çıktığı için “+” yükle yüklenmiş olur. Bünyesinde pozitif yük oyuk bulunduran germenyumda P tipi yarı iletken denir. “P” harfi oyukların pozitif yükünü ifade eder.

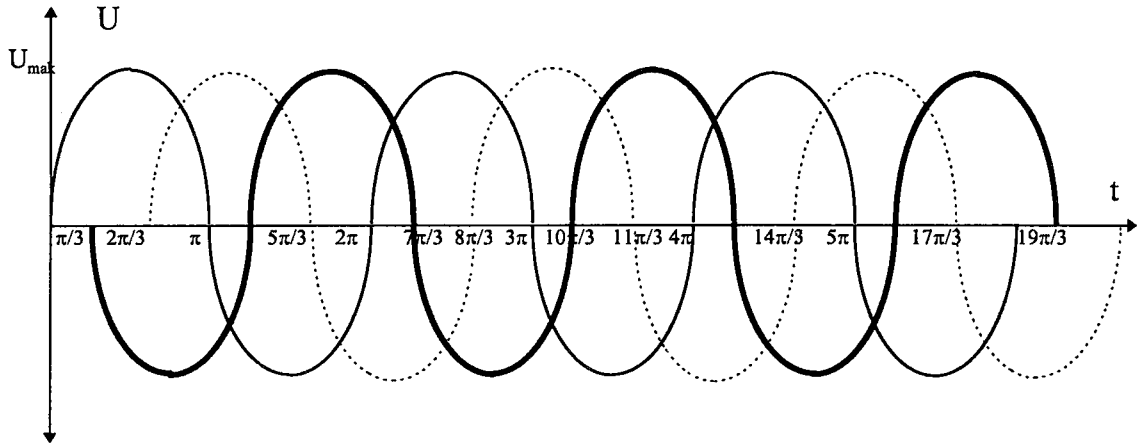
Görülüyor ki, gerek “ N ” tipi madde içinde, gerekse “ P ” tipi madde içinde açığa çıkan serbest elektron yani oyuklar, akım taşıma işlemi yaparlar. “P” tipi germenyum içindeki oyuklara çoğunluk akım taşıyıcıları, serbest elektronlara ise, azınlık akım taşıyıcıları denir. Diyodların doğru polarmadaki dirençleri küçük ters polarmadaki dirençleri büyüktür. Elektrik akımını, bir yönde P(ano) dan N (katot )‘ a doğru geçirirler. Bu özelliğiyle; alternatif gerilimde doğrultmaç görevi yaparlar. Tasarlanan devrede kullanılan diyotlar üç değişik görev üstlenmişlerdir. Bu nedenle diyotlar üç değişik şekilde incelenecektir.

#### **Doğrultucu güç diyotları :**

Transformatordan çıkan gerilim alternatif bir gerilimdir. Diyotların görevi (+) alternansta akımı geçirip (-) alternanstaki akımı geçirmemektir. Bundan dolayı eğer diyotlar (-) alternansa göre kutuplanırsa (-) alternanstaki gerilimler simetrik olarak (+) alternansa taşınır ki yapılmış olan bu işlem sonucu alternatif gerilim tam dalga olarak doğru gerilime dönüştürülmüş olur. Üç fazlı gerilim 6 adet diyot yardımı ile tam dalga gerilime dönüştürülebilir. Dönüştürülen bu doğru gerilimin dalgalanma oranı yüksektir. Bunun için ek devrelere gerek vardır. Bunların başında filtre kondansatörler gelir.



**Şekil 2.3.** Diyodun sembolik gösterimi



**Şekil 2.4.** Diyodlara uygulanan gerilimin dalga şekilleri

Şekil 2.27 (a)' ya bakıldığında üç fazlı tamdalga doğrultucu çıkışındaki gerilimin dalgalı olduğu görülür. Bu dalgalığın giderilmesi gerekir. Genelde gerilim dalgalılığı filtre kondansatörü yardımı ile giderilir.



#### **Serbest geçiş diyodu**

Şekil 2.26' da  $D_7$  ile gösterilen diyot serbest geçiş diyodudur. Bunun görevi yük tarafındaki bobinler üzerinde oluşan zıt emklerin boşalmasını sağlamaktır. Bobinlere uygulanan gerilim kesilirse zıt emk şeklinde depo ettikleri gerilimleri boşaltmak (yok etmek) isterler. Tasarlanan devrede bobinler üzerinde depo edilen zıt emk' nın boşalması sırasında tristörlerin etkilenmemesi için serbest geçiş diyodu yük uçlarına paralel bağlanır. Serbest geçiş diyodunun olmaması halinde;

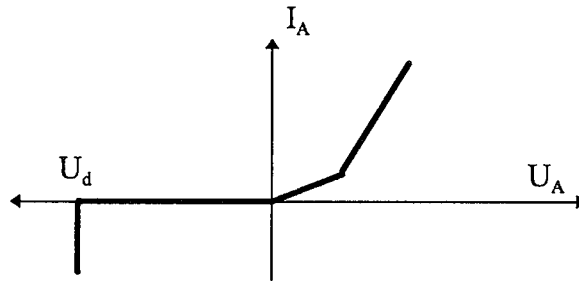
- 1- Bobinler üzerinde depo edilen gerilimler ile şebeke geriliminin toplamı yarı iletken üzerine etki edeceğinden yarı iletken için sakıncalı durumlar olacaktır.
- 2- Tristörün kesime girmesi durumunda yük tarafındaki bobinlerin üzerinde depo edilen zıt emk tristör üzerinden boşalınca kadar tristör iletimde kalacaktır.

## Ters kutuplu diyod

Şekil 2.26' da  $D_8$  ile gösterilen diyot ters kutuplanmıştır. Görevi zorlamalı söndürmeyi gerçekleştirmek için kondansatör üzerine depo edilen gerilimi  $L_1$  bobini üzerine depolanmasına yardımcı olmaktadır. Eğer  $D_8$  diyodu bağlanmasaydı  $L_1$  bobini şebekeden de akım çekeceğinden herhangi bir görev görmez duruma gelecektir. Bundan dolayı  $D_8$  diyodu şebekeye ters bağlanarak şebeke ile  $L_1$  bobinini birbirinden bağımsız kılar. Böylece  $L_1$  bobini şekil 2.26' daki  $T_1$  tristörü tetiklendiği an  $C_2$  kondansatörü üzerinde depo edilen gerilimi kendi üzerine alarak  $C_2$  kondansatörü üzerine bir önceki durumun tam tersi yönde depo eder. Tasarlanan devrede kullanılan diyodların tümü aynı özelliklere sahiptir. Kullanılan diyotlar DSI35 ve DS35 diyotlarıdır. Katalog öz değerleri ve öz eğrileri ;

$I_{\text{eff}} = 80 \text{ A}$	$I_{\text{ort}} = 52 \text{ A}$	$U_{\text{RRM}} = 800 - 1800 \text{ V}$	
$U_{\text{RSM}}$	$U_{\text{RRM}}$	 ortak anot	 ortak katot
V	V	DS35-12A	DSI 35-12A
1300	1200		

Şekil 2.5. Yarı iletken diyotun bazı öz değerleri



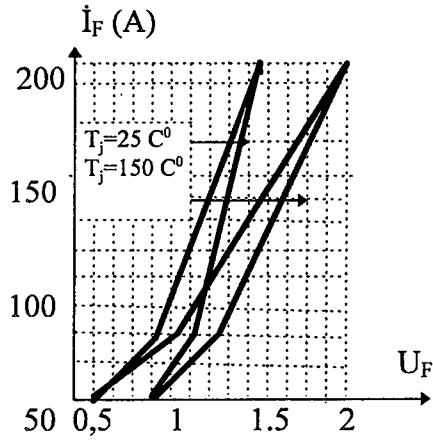
Şekil 2.6. Yarı iletken diyodun öz eğrisi

**Tablo : 2.1.** DS35 ve DSI35 tipi diyotların özdeğerleri

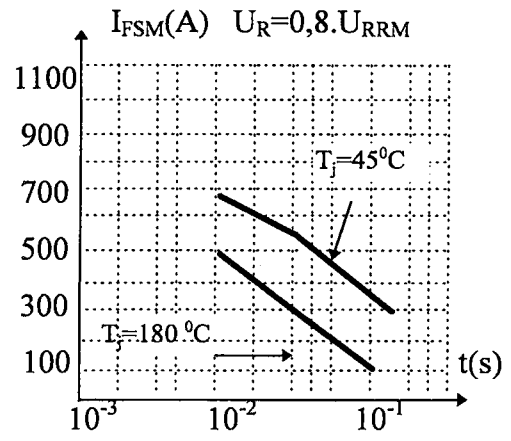
Sembol	Test Koşulları	Maksimum Anmadeğeri
$I_{eff}$	$T_j = T_{jmak}$	80 A
$I_{ort}$	$T_C = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; 180 <sup>0</sup> sine	52 A
$P_{eff}$	DS (AI) Tipi $T_j = T_{jmak}$ , $t_p = 10\text{ }\mu\text{s}$	11 kW
$I_{FSM}$	$T_j = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ $t = 10\text{ ms}$ (50Hz) sine	650 A
	$U_R = 0$ $t = 8,3\text{ ms}$ (60 Hz) sine	690 A
	$T_j = T_{jmak}$ $t = 10\text{ ms}$ (50Hz) sine	600 A
	$U_R = 0$ $t = 8,3\text{ ms}$ (60Hz) sine	640 A
$\int I^2 dt$	$T_j = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ $t = 10\text{ ms}$ (50Hz) sine	2100 A <sup>2</sup> s
	$U_R = 0$ $t = 8,3\text{ ms}$ (60Hz) sine	2000 A <sup>2</sup> s
	$T_j = T_{jmak}$ $t = 10\text{ ms}$ (50Hz) sine	1800 A <sup>2</sup> s
	$U_R = 0$ $t = 8,3\text{ ms}$ (60Hz) sine	1700 A <sup>2</sup> s
$T_j$		-40.....+180 <sup>0</sup> C
$T_{jmak}$		180 <sup>0</sup> C
$T_{stg}$		-40.....+180 <sup>0</sup> C

**Tablo : 2.2.** Diyod'un eşik değerlerini gösteren katalog değerleri

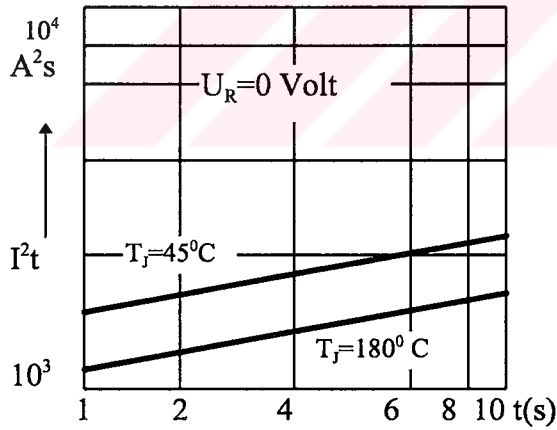
Sembol	Test Koşulları	Karakteristik Değerler
$I_R$	$T_j = T_{jmak}$ ; $U_R = U_{RRM}$	$\leq 4\text{ mA}$
$U_F$	$I_F = 150\text{ A}$ ; $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\leq 1,55\text{ V}$
$U_{TO}$	Yalnız Güç Kayıbı Hesabı İçin	0,85 V
$r_T$	$T_j = T_{jmak}$	4,5 m $\Omega$
$R_{thjc}$	DA Akım	1,05 K/W
$R_{thCA}$	DA Akım	1,25 K/W



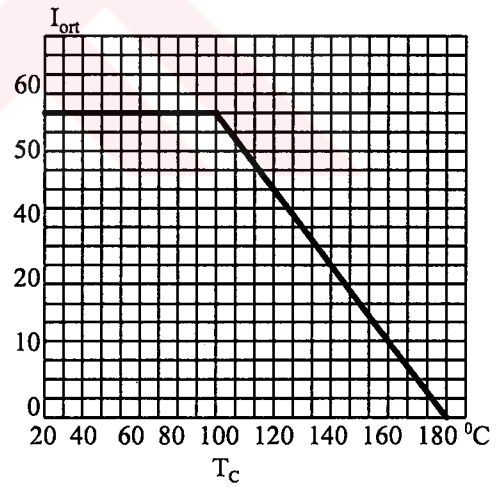
Şekil 2.7. DS35 ve DSI35 diyotlarının ileri karakteristiği



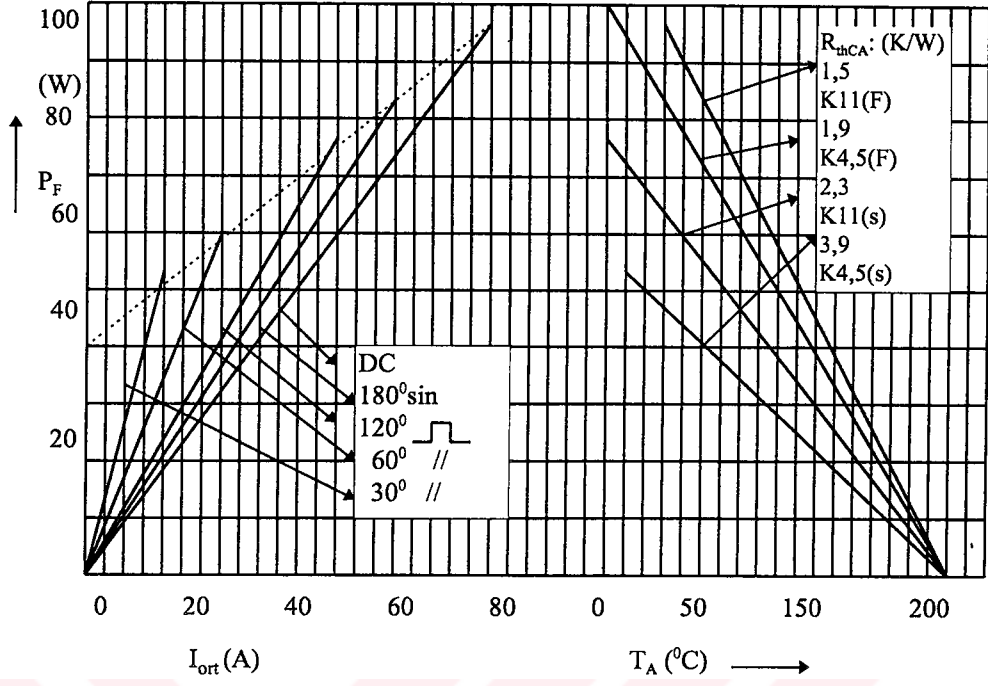
Şekil 2.8. Aşırı yükte akımın ani yükselmesi  $I_{FSM}$ : tepe değer  $t$ : devam süresi



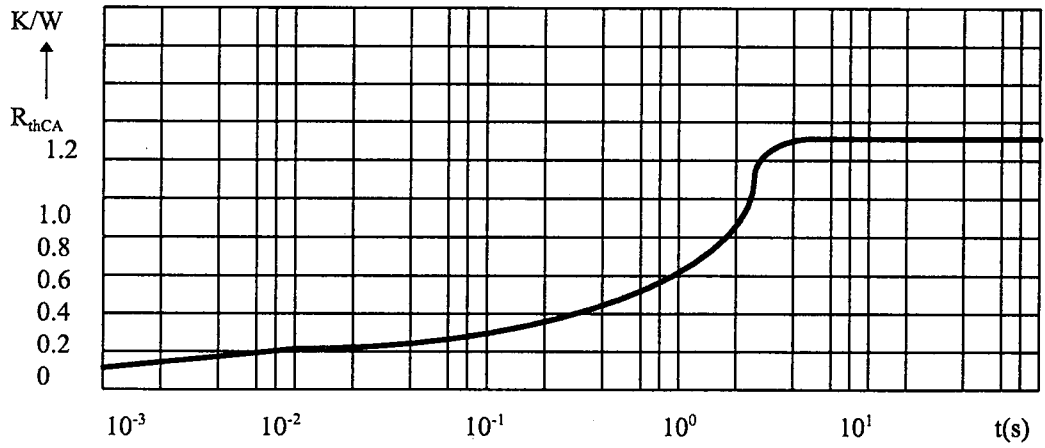
Şekil 2.9. DS35 ve DSI35 diyotlarının  $\int I^2 dt$  'ye karşılık zamanlar



Şekil 2.10. DS35 ve DSI35 diyotlarının gövde sıcaklığına karşı mak. akım değerleri akım değeri



Şekil 2.11. DS35 ve DSI35 diyotlarının ortam sıcaklığına ve yüksek akımlar karşılık gelen güç kaybı



Şekil 2.12. Tasarlanan devredeki diyotların eklem empedansındaki geçici ısııl değerlere göre soğutucu seçimi

### 2.3. Tasarlanan Devrenin Tristörleri

Tristör kontrollü yarı iletken devre elemanıdır. Diyotdan tek farkı iletim ve kesime girmesi kontrol altında yapılmasıdır. Tristörün kapısına belirtilen aralıkta herhangi bir darbe gerilimi uygulandıktan sonra, kendisine uygulanan gerilimin anot tarafının katot tarafına göre daha pozitif olma şartı ile ilettime geçen aksi durumda kapısına darbe gerilimi uygulansa bile ilettime geçmeyen anot, katot ve kapı uçlarından oluşmuş devre elemanıdır. Kısaca tristörü ilettime geçirmek isteğe bağlıdır. Tristör ilettime geçtikten sonra kapısına uygulanan gerilim kesilse bile, tristörün anot tarafı katot tarafına göre pozitif olduğu süre içinde iletimde olur. Şekil 2.26'daki devrede 2 adet IXYS CS35-08İ04 tipi tristör kullanılmıştır.  $T_1$  ile gösterilen tristör ana tristördür. Yani yük üzerine akımın akmasını sağlayan tristördür. Doğru akımda tristör bir defa tetiklense tekrar kesime girmez. Bundan dolayı tristörün söndürülmesi gerekir. Eğer tristör söndürülmezse yük üzerine DA gerilimin tümü uygulanmış olur. Çıkışta ayarlanabilen gerilim gerektiğinden  $T_1$  tristörü istenildiği zaman ilettime sürüp, istenildiğinde söndürülerek DA kıyılır. Bu sebeple tristörü söndürmek için bir çok yöntem bulunmuştur. Bu yöntemlerin biride zorlamalı söndürmedir. Şekil 2.26' daki  $T_1$  tristörünü söndürmek için zorlamalı söndürme yöntemi uygulanmıştır. Şekil 2.26' daki devreye bağlanmış  $T_2$  tristörünün görevi de  $T_1$  tristörünü söndürmektir. Tristörlerin ilettime geçirilmesi ve söndürülmesi koşulları vardır.

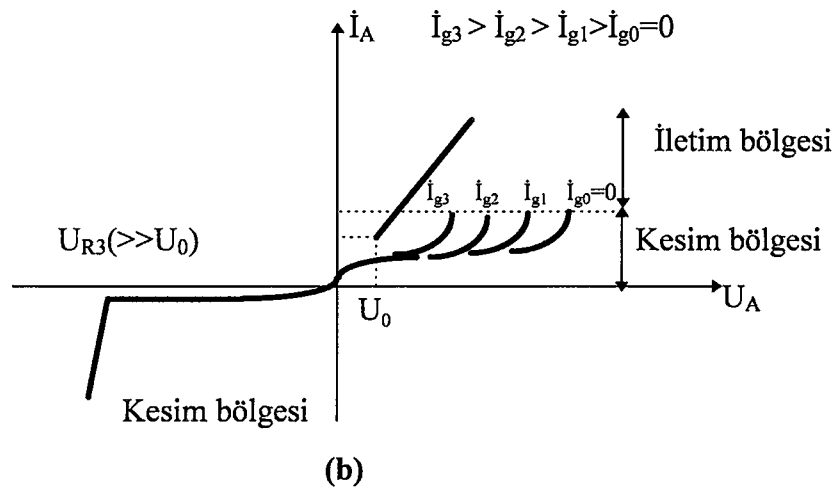
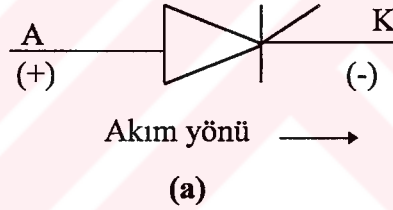
Tristörün ilettime girme koşulları;

- a- Kapı akımı uygulanması : Tristörün anotu katotuna göre pozitif olma koşulu ile tristörün kapı ucuna tutma akımının üzerinde akım verilir ise tristör ilettime girer.
- b-  $U_c$  gerilimin artırılması : Tıkalı bir tristörün anot katot gerilimi (anot katoda göre pozitif olma koşulu ile) iletim yönünde artırılacak olursa tristör'den akacak kaçak akımların belli bir değerin üzerine çıkması ile tristör ilettime girer.
- c-Isı etkisi : Tristörün eklem sıcaklığının artması sonucu tristörden akacak kaçak akımlar artacağından tristör ilettime girecektir.

d- Gerilimin hızlı değişimi: Anot katot gerilimi iletim yönünde olmak koşulu ile çok hızlı değişirse ortadaki eklem sığası üzerinden akan  $I=C.(dU_c/dt)$  akımı yeteri kadar büyükse tristörün iletime geemesini sağlayabilir.

e- Işık Etkisi: Foto elektrik etki ile elektron hareketi başlatılabilir. Tristörü ışık etkisi ile iletime sokma olanağı günümüz teknolojisinde gerçekleştirilebilir. Çok zel uygulamaların dışında pek kullanılmamaktadır.

Ayrıca tristörlerin karakteristik eğrisi ile, anahtarlama eğrileri vardır. Tristörün akım gerilim eğrisi Şekil 2.13(b)'deki gibidir. nemli noktalar Şekil üzerinde gösterilmiştir. Tristör iletim yönünde kutuplanmış iken farklı kapı akımları için farklı anot-katot gerilimlerinde iletime girer. Kapı akımının sıfır olması durumunda iletime geçme gerilimi sıfır devrilme gerilimi adını alır. Tristörden geçen akım belli bir değerin altına indiğinde tristör artık iletim durumunu koruyamaz. Kesime girer. Bu akıma tutma akımı denir.



Şekil 2.13. a) Tristörün sembolik gösterilişi

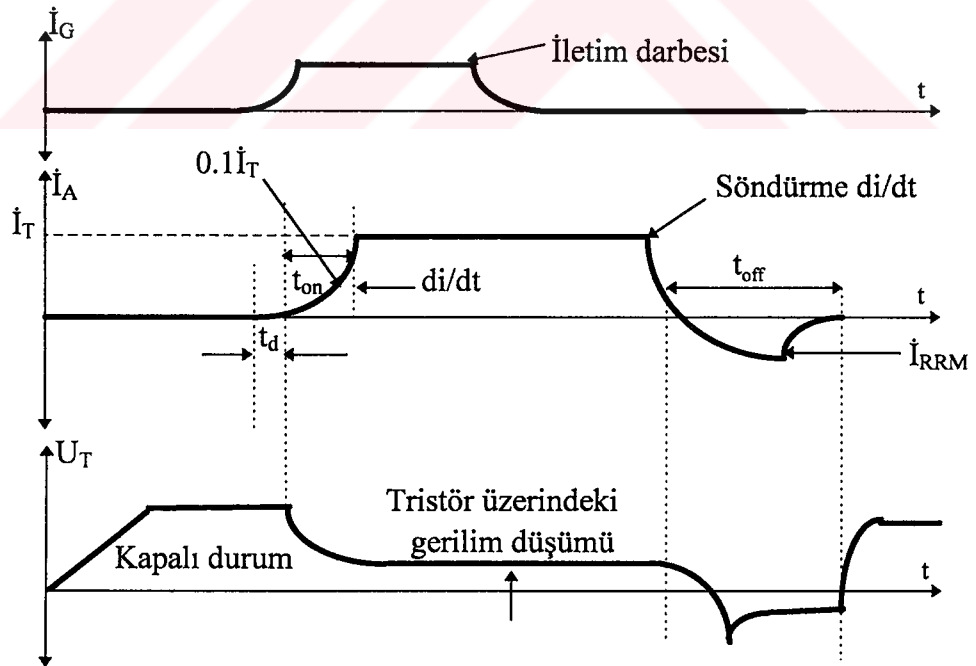
b) Tristörün karakteristik eğrisi



Şekil 2.14' de bir tristörün iletme geçme ve tıkama süreçlerinde akım ve gerilim değişimleri görülmektedir. İletime başladıktan sonra tristörün tekrar tıkama durumu için aşağıdaki koşulların sağlanması lazımdır.

- a- Tristörün uç geriliminin  $V_{ak} \leq 0$  olması
- b- Tristörün kapısından akıtılan akımın tutma akımından küçük olması
- c- Yukarıdaki gerilim ve akım koşulları tıkamaya gitme süresi yada kalma süresi boyunca geçerli kalması gerekir.

Tristörlere soğutucu bağlayarak soğutma yoluna gidilse dahi eklemlerde belirli değerde ısınma olacaktır. Eklem sıcaklığı kaçak akım, devrilme gerilimi ve çalışma güvenilirliği üzerinde olumsuz etki yapacağından eklem sıcaklığının belirli değerde sınırlı kalması zorunludur. Dolayısıyla belirli yüklenme koşullarında tristörün güvenli bir şekilde çalışması için tristörün dış gövdesinin sıcaklığının belli bir sınırın altında kalması istenir. Bu sınır tristörden geçen akımın etkin değeri ile iletim / tıkama oranının ters fonksiyonudur.



Şekil 2.14. Tristörün anahtarlama eğrileri

Tetikleme devrelerinin tasarımında tristörün kapı ucuna ilişkin özelliklerinin bilinmesi gerekir. Tristörleri ilettime geçirmede en çok kullanılan yol kapıdan akım geçirmektir. Bu akım bir doğru akım veya bir darbe olabilir. Yukarıda kısaca açıklanan tristörler şalter tipi çalışmada sağladıkları üstünlük sayesinde geniş uygulama alanı bulmaktadır. Anot akımının kendiliğinden sıfıra indiği alternatif akım uygulamalarında tristörler doğal söndürmeli olarak çalışır. Başka bir tabirle tristörleri söndürmek için ek bir düzeneğe ihtiyaç yoktur. Buna karşı evirici doğru gerilim kısıyıcı gibi devrelerde tristörlerin kesime girebilmesi için özel önlemler alınmalıdır. Bu biçimdeki çalışmaya zorlamalı söndürme denir.

İletimdeki tristörü kesime sokmak için bazı yollar vardır. Bunun için kapıdan söndürülebilir tip tristörler (GTO, Gate Turn Off) geliştirilmiştir. Bunun yanında küçük ve orta güçlerde güç tranzistörü ve MOSFET gibi yarı iletkenlere başvurulur. Şekil 2-26' daki devrenin çalışmasını daha iyi açıklayabilmek için aşağıdaki varsayımlar gözönünde bulundurulacaktır.

a- Devrelerde kullanılan tüm yarı iletken elemanlar idealdir.

b- İlettime geçme ve tıkama süreleri sıfırdır ve söndürme olgusu yoktur.

c- Doğrultucu girişlerinde kullanılan transformatörlerde gerilim düşümü ve manyetik doyma yoktur.

d- Girişine uygulanan gerilim, sürekli, değişmez frekanslı ve sinüs biçimindedir.

Bu tezde tasarlanan 3 fazlı köprü doğrultucu devresinde kısıyıcı görevi yapan tristörler için gerekli olan hesaplamaların yapılabilmesi için tristörlere ait tüm özelliklerin bilinmesi gereklidir. Örneğin tristörler için soğutucu hesaplanacak ise katalog değerlerinden yararlanılır. Yarı iletken elemanların karakteristik değerleri vardır. Bu karakteristik değerleri veri olarak kabul ederek gerekli olan diğer parametreler hesaplanır. Ayrıca kontrol devreleri kurulurken bu karakteristik parametreler göz önüne alınmalıdır. Tristörlerin özdeğerleri ve özgeçirimi imalatçı firmanın çıkarmış olduğu kataloglardan alınarak aşağıda gösterilmiştir.

**Tablo : 2.3.** Tristörün akım, güç ve sıcaklık katalog değerleri

SEMBOL	TEST KOŞULLARI	MAKSİMUM
		ANMA DEĞERİ
$I_{eff}$	$T_j = T_{jmak}$	120 A
$I_{ort}$	$T_C = 85^\circ C$ 180° sine	60 A
	$T_C = 80^\circ C$ 180° sine	75 A
$I_{TSM}$	$T_j = 45^\circ C$ t=10ms(50Hz)sine	1200 A
	$U_R = 0$ t=8,3ms(60Hz)sine	1340 A
$\int i^2 dt$	$T_j = T_{jmak}$ t=10ms(50Hz)sine	1100 A
	$U_R = 0$ t=8,3ms(60Hz)sine	1250 A
	$T_j = 45^\circ C$ t=10ms(50Hz)sine	7200 A <sup>2</sup> S
	$U_R = 0$ t=8,3ms(60Hz)sine	7550 A <sup>2</sup> S
$(di/dt)_{ort}$	$T_j = T_{jmak}$ t=10ms(50Hz)sine	6050 A <sup>2</sup> S
	$U_R = 0$ t=8,3ms(60Hz)sine	6500 A <sup>2</sup> S
$(dU/dt)_{ort}$	$T_j = T_{jmak}$ Tekrarlayan	150 A/ $\mu$ s
	f = 50 Hz tp=200 $\mu$ s $I_T = 500$ A	
	$U_D = 2/3 U_{DRM}$ Tekrarlanmayan	400 A/ $\mu$ s
	$I_G = 0,5$ A $I_T = I_{Tort}$	
	$di_G/dt = 0,5$ A/ $\mu$ s	
$(dU/dt)_{ort}$	$T_j = T_{jmak}$ $U_{DR} = 2/3 U_{DRM}$	1000 V/ $\mu$ s
	$R_{GK} = \infty$ method1 (liner yükselme gerilimi)	
$P_{GM}$	$T_j = T_{jmak}$ tp = 30 $\mu$ s	10 W
$P_{Gort}$	$I_T = I_{ort}$ tp = 500 $\mu$ s	5 W
$V_{RGM}$		10 W
$T_j$		-40 ... +125 °C
$T_{jmak}$		125 °C
$T_{stg}$		-40 .... +125 °C

**Tablo 2.4.** Tasarlanan devrede kullanılan tristörlerin özdeğerleri

$U_{eff}$	$U_{RRM}$	TİPİ
$U_{DSM}$ (V)	$U_{DRM}$ (V)	
1300	1200	CS35-12io4

**Tablo : 2.5.** Tristörün eşik değerlerini gösteren katalog değerleri

SEMBOL	TEST KOŞULLARI	KAREKTERİSTİK DEĞERLER
$I_R, I_D$	$T_j = T_{jmak} ; U_R = U_{RRM}; U_D = U_{DRM}$	$\leq 10$ mA
$U_T$	$I_T = 150$ A $T_j = 25^\circ\text{C}$	$\leq 1,5$ V
$U_{to}$	Yalnız güç kaybının hesaplanması	0,85 V
$r_T$	( $T_{jmak} = 125^\circ\text{C}$ )	3,5 m $\Omega$
$U_{GT}$	$U_D = 6$ V $T_j = 25^\circ\text{C}$	$\leq 1,5$ V
	$T_j = -40^\circ\text{C}$	$\leq 1,5$ V
$I_{GT}$	$U_D = 6$ V $T_j = 25^\circ\text{C}$	$\leq 100$ mA
	$T_j = -40^\circ\text{C}$	$\leq 200$ mA
$U_{GD}$	$T_j = T_{jmak}$ $U_D = 2/3 U_{DRM}$	$\leq 0.2$ V
$I_{GD}$		$\leq 1$ mA
$I_L$	$T_j = 25^\circ\text{C}$ $t_p = 30$ $\mu$ s $I_G = 0.1$ A $dI_g / dt = 0.1$ A/ $\mu$ s	$\leq 100$ mA
$I_H$	$T_j = 25^\circ\text{C}$ $U_D = 6$ V $R_{GK} = \infty$	$\leq 80$ mA
$T_{gd}$	$T_j = 25^\circ\text{C}$ $U_D = 1/2 U_{DRM}$ $I_G = 0.1$ A $dI_g / dt = 0.1$ A/ $\mu$ s	$\leq 2$ $\mu$ s
$t_q$	$T_j = T_{jmak}; I_T = 50$ A , $t_p = 200$ $\mu$ s $dI/dt = -10$ A/ $\mu$ s $U_R = 100$ V ; $dU/dt = 10$ v/ $\mu$ s $U_D = 2/3 U_{DRM}$	100 $\mu$ s
$R_{thjc}$	DA Akım	0,4 K/W
$R_{thCA}$	DA Akım	0,6 K/W

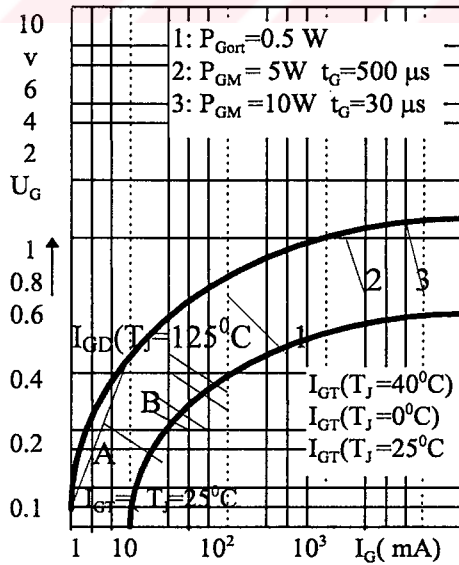
Devre tasarımında tablo 2.3, tablo 2.4 ve tablo 2.5' deki bilgiler göz önüne alınarak tristör seçimi yapılırsa daha verimli devre tasarlanır. Tristörlerin tetikleme devresini kurarken bu tablolar göz önüne alınmalıdır. Eğer tristörleri tetikleyebilecek akım üretilemez ise tristörler tetiklenmez. Bundan dolayı tristörlerden  $I_H$  akımının üzerinde bir akım çekilecek koşul sağlanır. Tristörlerin tetiklenebilmesi için kapılarında tutma akımının ( $I_H$ ) üzerinde akım akıtılması gerekir. Şekil 2.13 (b) 'de bu durum açıkça görülmektedir. Tasarlanan devrede kullanılan tristörler için katalog değerleri aşağıda çıkarılmıştır.

### Çeşitli dereceleri için soğutucu değerleri

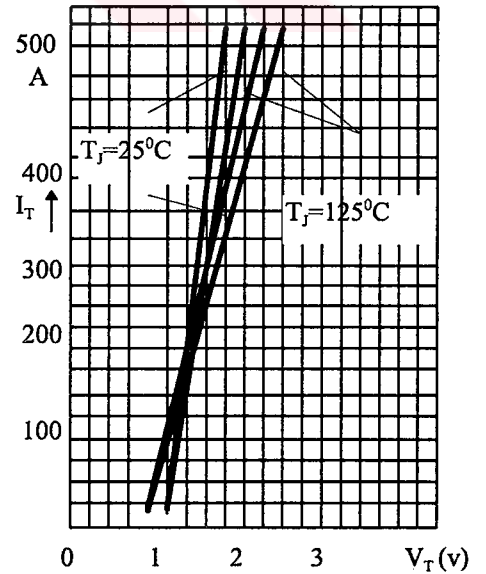
d	$R_{ThCA}$ (K/W)
DA	0,6
180°	0,65
120°	0,677
60°	0,725
30°	0,775

### $R_{thcA}$ için sabit hesaplar

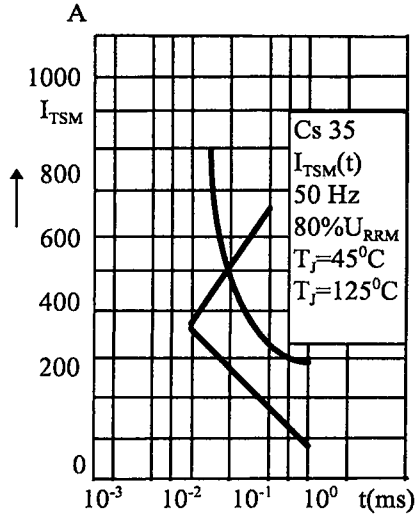
İ	$R_{thi}$ (K/W)	$t_i$ (s)
1	0,01	0,001
2	0,09	0,013
3	0,30	0,3
4	0,20	0,9



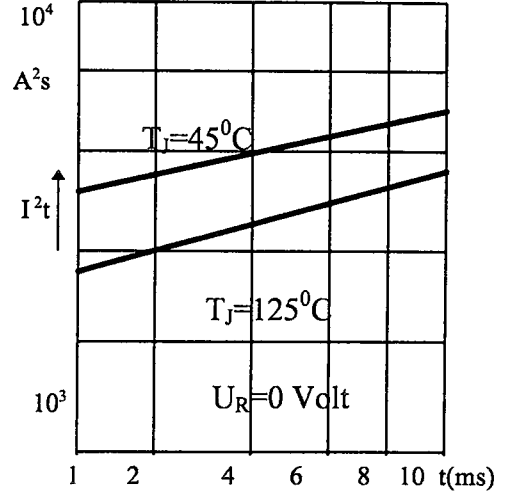
Şekil 2.15. CS 35 Tristörünün kapıdan verilen puls değerlerine göre iletim hali A= Yok  
B= Olabilir C= Kesin



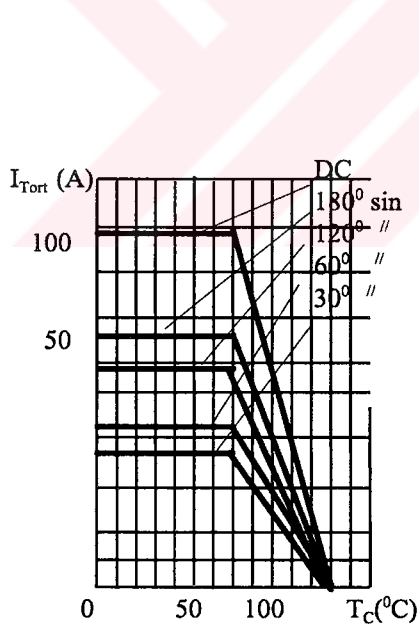
Şekil 2.16. Tasarlanan devredeki tristörlerin Çalışma durumu



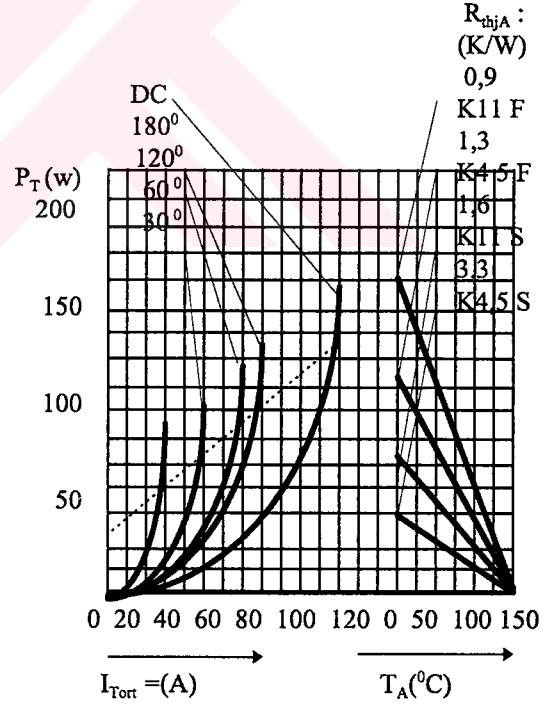
**Şekil 2.17.** Tasarlanan devredeki tristörlerin ani yükselen yük akımı  $I_{TSM}$  : tepe değeri t: devam süresi



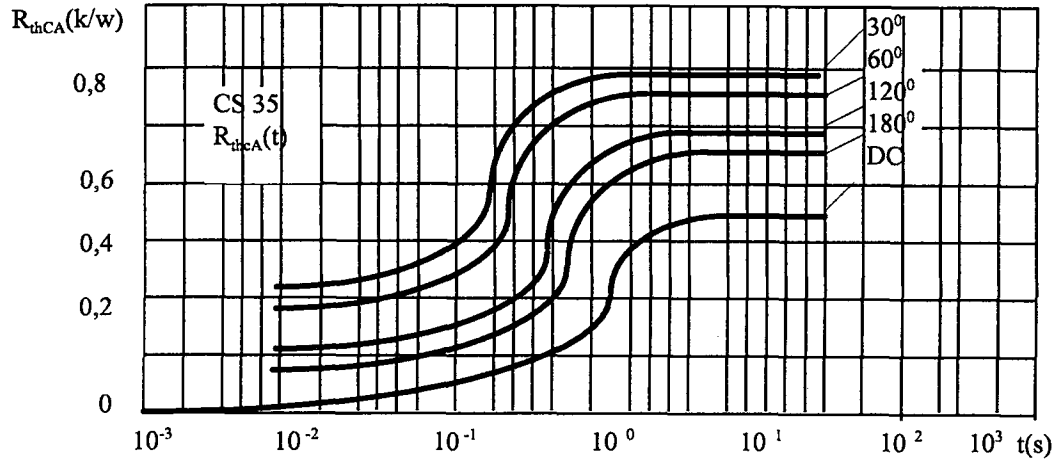
**Şekil 2.18.** Tasarlanan devredeki tristörlerin  $\int i^2 dt$  'ye karşılık zamanlar



**Şekil 2.19.** Tasarlanan devredeki tristörlerin dış kılıfdaki sıcaklığa karşılık mak. akım değeri



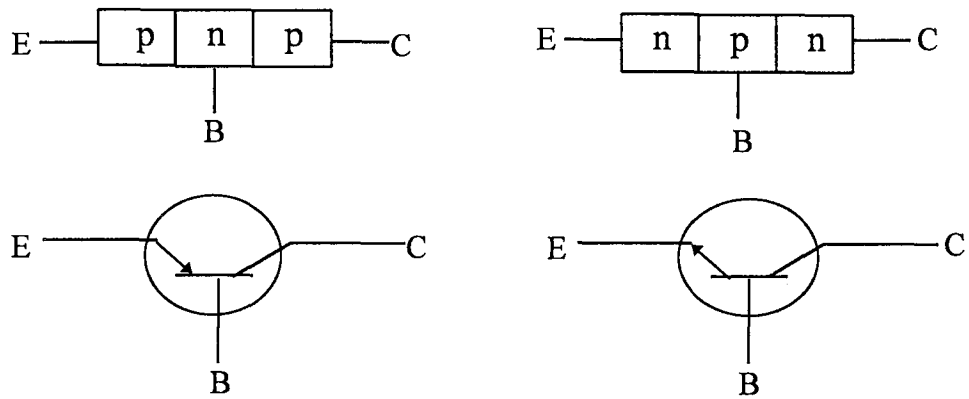
**Şekil 2.20.** Tasarlanan devredeki tristörlerin çalışma akımı ve ortam sıcaklığına göre enerji kaybı



**Şekil 2. 21.** CS35 Tristörünün jonksiyon empedansındaki geçici ısııl değerlere göre soğutucu değerleri

#### 2.4. Tasarlanan Devrenin Tetiklenmesi İçin Kullanılacak Transistör

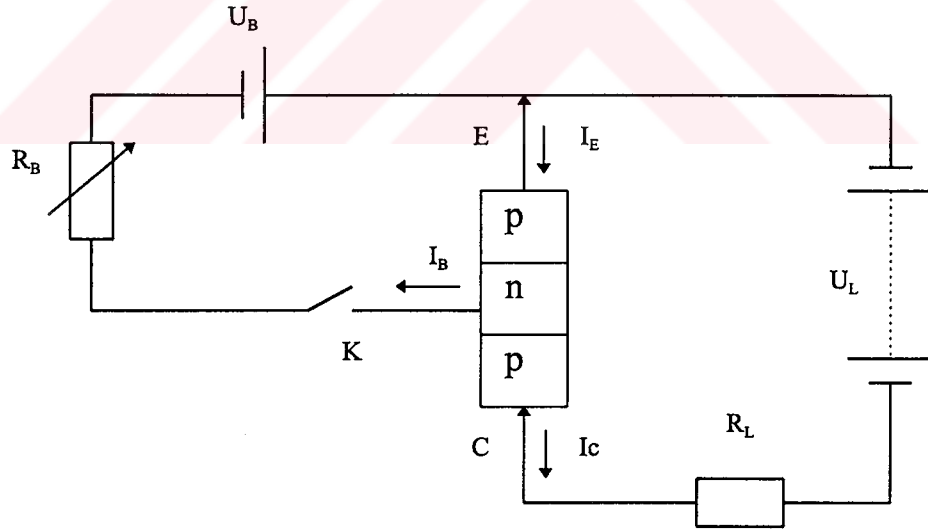
Transistör kontrollü yarı iletken bir elemandır. Transistörler pnp veya npn şeklinde üç tabakadan oluşmuştur. Dış tabakadan yabancı atom yoğunluğu fazla olan tabakaya emiter az olana kollektör adı verilir. Değişik tipte olan orta tabakaya ise taban denir. Transistörde emitör ile taban arasında emiter geçidi ve kollektörle taban arasında kollektör geçidi olmak üzere iki geçid vardır. Transistörlerde yarı iletken olarak germanyum veya silisyum kullanılır. Transistörlerin iç yapısı birbirine ters seri bağlı iki diyota benzetilebilir. Şekil 2.22' de pnp ve npn tipi transistörlerin oluştukları tabakalar şematik olarak gösterilmiş ve sembolleri verilmiştir.



**Şekil 2.22.** Pnp ve npn tipi transistörlerin yapıları ve sembolleri

Transistörün diğer yarı iletkenlerden farkı; transistörün bazına belirtilen aralıktaki darbe gerilimi uygulandığı süre içerisinde iletimde kalır. Bazına uygulanan darbe gerilimi kesildiğinde kesime girer. Baz, kollektör ve emiter uçlarından oluşmuş elemandır. Görüldüğü gibi transistörü ilettime ve kesime sürme istenilen aralıklarda gerçekleşmektedir. Transistörün bazına uygulanan gerilim kesildiği zaman şartlar ne olursa olsun transistör kesime girer. Tasarlanan devredeki tristörlerin tetiklenmesi için 555 entegresinin ürettiği palsların akım değerleri küçük olduğundan, transistörler yükselteç olarak kullanılmıştır.

Şekil 2.23' deki montajdan yararlanarak transistörün iletim mekanizması incelenebilir. K anahtarı açık iken  $R_L$  yük direncinden ihmal edilebilecek kadar küçük bir akım geçer. Kollektör geçidi kapama yönünde kutuplanmıştır. K anahtarı kapatıldığında  $U_B$  gerilimi, ayarlı  $R_B$  direnci üzerinden taban (B) ile (E) arasına uygulanmış olur. Emiter geçidi geçirme yönünde kutuplandığından devreden bir akım geçer. Transistör ilettime sürülmüş olur.



Şekil 2.23. Pnp tipi transistör üzerinde transistörün iletim mekanizmasının açıklanması



Transistörler devreye bağlanacağı zaman aşağıdaki kurallara dikkat edilmelidir.

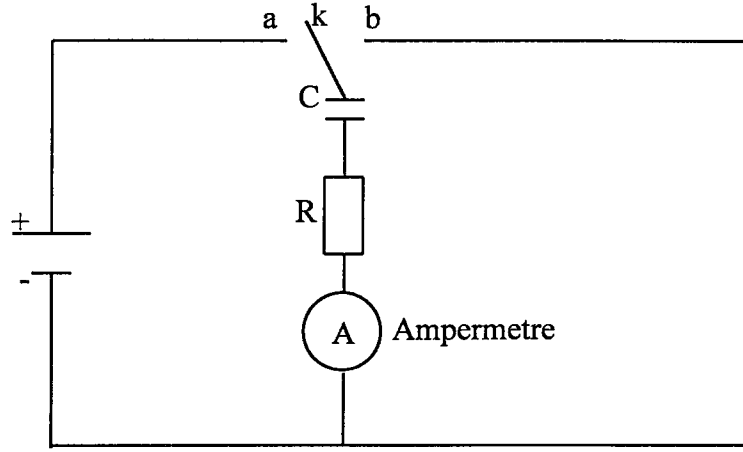
- 1- Transistörlerin tipini gösteren semboldeki ilk harf emitere uygulanan gerilimin polaritesini verir. Pnp tipi transistörün emiteri pozitif npn tipi transistörün emiteri negatiftir.
- 2- Transistörün tipini gösteren semboldeki ikinci harf baza ve kollektöre uygulanan gerilimin polaritesini verir. Pnp tipi transistörde baza ve kollektöre negatif npn tipi, transistörde baza ve kollektöre pozitif polarite uygulanır.
- 3- Bir transistörde, baz düz polarmalandırılır. Kollektör ise, ters polarmalandırılır.
- 4- Devreden geçen akımın yönü (+) dan (-)' ye emiterdeki ok yönündedir. Elektronların yönü bu oka terstir.
- 5- Girişteki sinyal, polarma gerilimi ile aynı yönde ise, emiter ve kollektör akımları artar. Girişteki sinyal, polarma gerilimi ile ters yönde ise emiter ve kollektör akımları azalır.

Tasarlanacak devrede transistör kullanılacağı zaman belirtilen maddeler dikkate alınmalıdır.

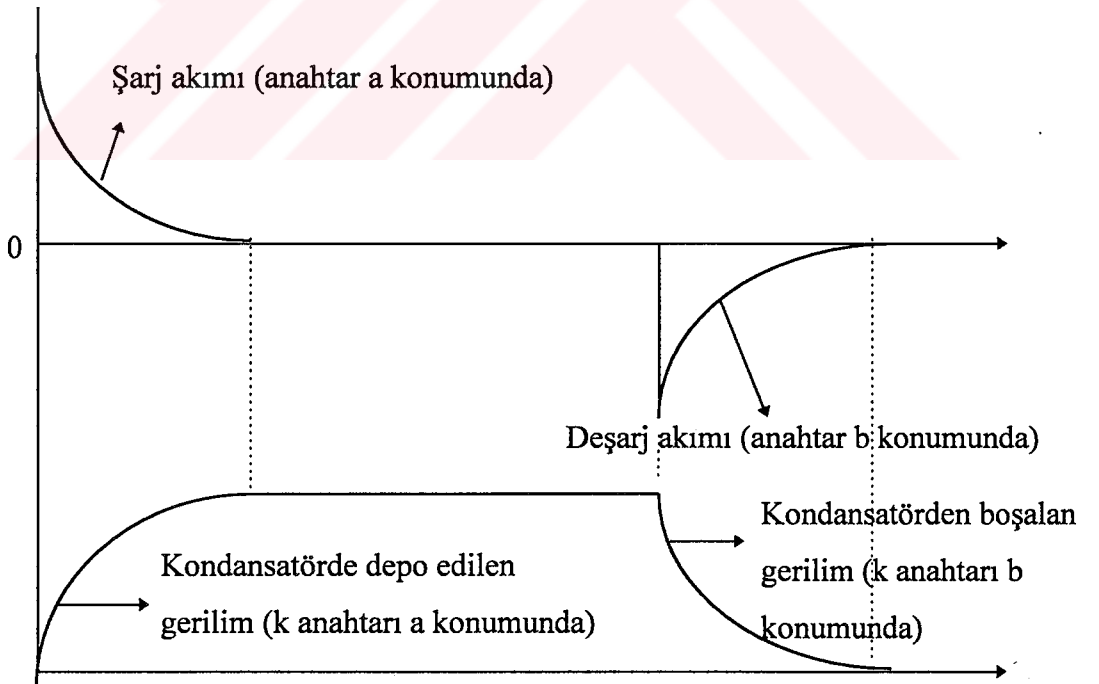
## **2.5. Tasarlanan Devrede Kullanılan Kondansatörler**

Araları bir yalıtkan ile ayrılmış iki metal levha bir kondansatör teşkil eder. Bir kondansatörün, levhasından birinde elektron fazlalığı, öbüründe elektron eksikliği olmak üzere, elektriği depo etme özelliği vardır. Pratikte en çok kullanılan kondansatör tipi, aralarında parafinli kağıt bulunan iki metal şeritten oluşur. Bu iki metal şerit, sipiral biçiminde sarılarak birbirine çok yakın ve geniş iki alan elde edilir. Sonra bu kondansatör erimiş parafine batırılır. Bazı devrelerde ise, yalıtkan olarak aralarında hava bulunan, bir kısmı sabit levhalardan, bir kısmı bu levhalar arasına girip çıkabilen hareketli levhalardan meydana gelmiş değişken kondansatörler de kullanılır.

Şekil 2.24' deki devre incelenirse doğru gerilim için kondansatörün şarj ve deşarj oluşu kolayca anlaşılır.



Şekil 2.24. Kondansatör şarj deşarj devresi

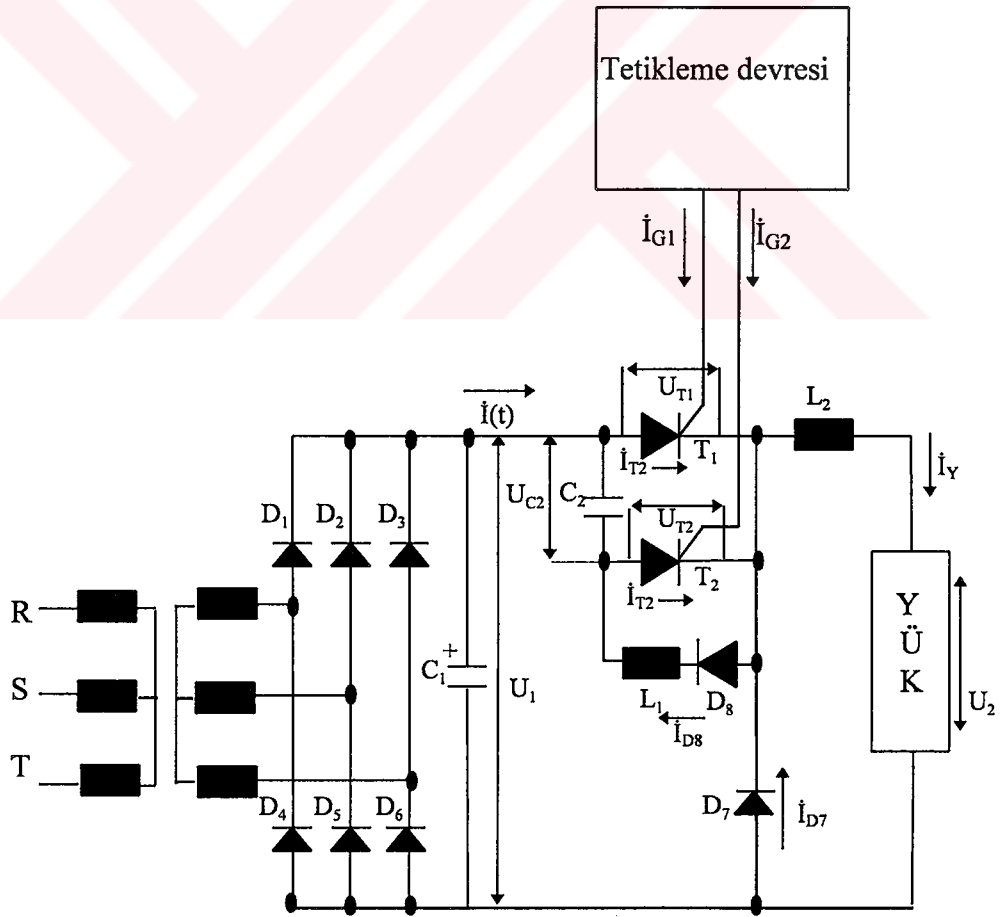


Şekil 2.25. Kondansatörün doğru gerilimle dolma boşalma karakteristiği

Şekil 2.24 'deki K anahtarı öncelikle a konumuna getirilirse kondansatör gerilimi depo eder. K anahtarı b konumuna alındığında kondansatör depo ettiği gerilimi boşaltır. Şekil 2.25' e bakıldığında kondansatörün doğru gerilim ile dolduktan sonra üzerinden akım akıtmadığı açıkça görülür. AA devrelerinde gerilimin değeri değişken olduğundan kondansatör pozitif alternansta doluyor ise negatif alternansta boşalır. Bu nedenle kondansatörler DA da kutuplu AA da kutupsuz olarak kullanılırlar. Tasarlanacak devrede her iki tip kondansatörde kullanılmıştır. Bilindiği gibi kondansatörlerin elektrik ve elektronik devrelerdeki önemi çok büyüktür. Kondansatörü bir çok amaçlar için kullanılabilir. Şekil 2.26 'daki tasarlanan devrede kondansatör iki ayrı amaç için kullanılmıştır.

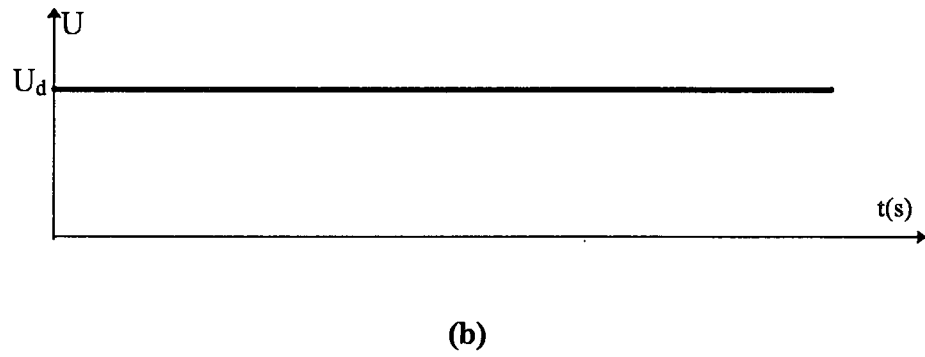
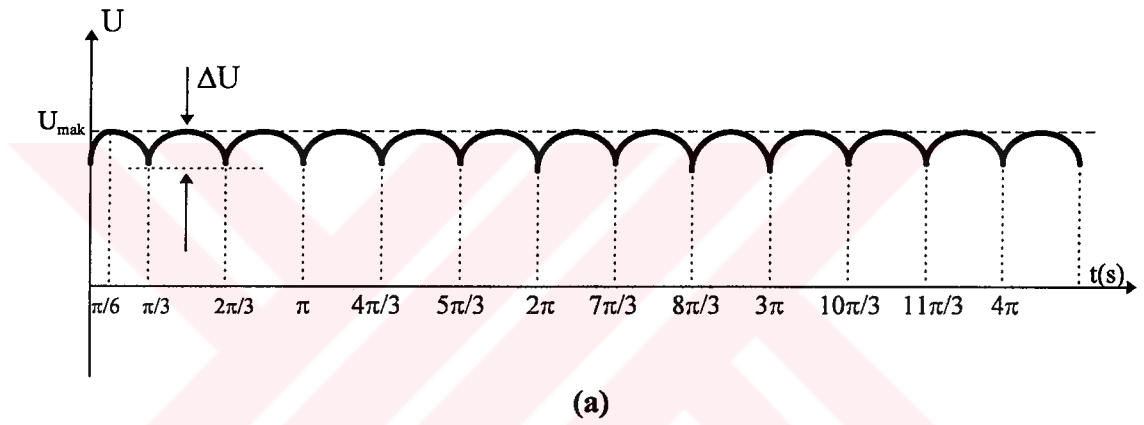
1- Filtre Kondansatörü

2- Söndürme Kondansatörü



Şekil 2.26. Tam dalga kontrolsüz doğrultucuya bağlı DA-DA dönüştürücü devresi

Şekil 2.26 'da kullanılan kondansatörlerden  $C_1$ , filtre kondansatörü olarak,  $C_2$  kondansatöründe söndürme kondansatörü olarak görev yapar. Devrede kullanılan filtre kondansatörünün görevi tristöre uygulanacak gerilimin dalgalanmasını azaltmaktır.  $C_1$  kondansatörü olmasaydı tristörler üzerine uygulanacak gerilimin değişimi Şekil 2.27 (a) ' da gösterildiği gibi olacaktır. Görüldüğü gibi gerilimde  $\Delta U$  kadar bir dalgalanma vardır. Bu dalgalanmadan dolayı elde edilen gerilimin ortalama ve efektif değerleri farklıdır. Kondansatör devrede iken, tristörlere uygulanacak gerilimin değişimi şekil 2.27 (b) ' deki gibidir.



**Şekil 2.27 a)** Filtre kondansatörü devreye bağlı değilken, tristörlere uygulanan gerilimin değişimi.

**b)** Filtre kondansatörü devreye bağlıyken tristörlere uygulanan gerilimin değişimi

Sinüsoidal gerilimin maksimum değerine ulaştığı  $\pi/6$  anına kadar filitre kondansatörü gerilimi üzerine depo eder.  $\pi/6$  anından sonra kaynak gerilimi azalmaya başlar. Bu noktadan sonra kondansatör üzerine depoladığı gerilimi boşaltarak dalgalanmayı azaltır. Filtre kondansatörün kapasitesi yüksek seçilirse gerilimin değişimindeki dalgalanma sifıra yaklaştırılabilir. Devre tasarımı yapılırken devre için gerilimin dalgalanma oranının belirlenmesinden sonra filitre kondansatörünün hesaplanması yapılır. Şekil 2.27 (b)' ye bakılırsa tasarlanan devreye filitre kondansatörü bağlandıktan sonra tristörlere uygulanan gerilimin dalgasız bir doğru gerilim olduğu açıkça görülür.

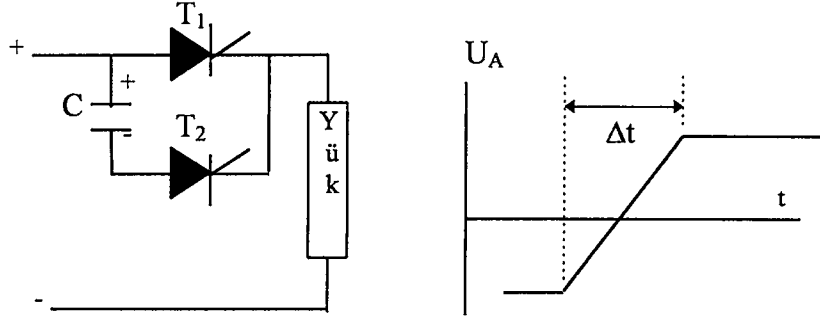
Söndürme kondansatörünün amacı depo ettiği gerilim ile şebekeyi besleyerek, iletimde olan ve ana tristör olan  $T_1$ 'i kesime sokmaktır.  $C_2$ 'nin  $T_1$ ' i söndürebilmesi için, önce  $T_2$ ' tetiklenerek şebeke gerilimiyle kondansatörün şarj olması sağlanır.  $T_1$  iletime alındığında  $C_2$  kondansatörü  $T_1$ - $D_8$  ve  $L_1$  Üzerinden deşarj olacaktır. Bu durumda  $L_1$  'in etkisinden dolayı

$$L_1(d\dot{I}_{C_2}/dt) + (1/C_2)\int \dot{I}_{C_2}(t) dt + U_{C_2}(0) = 0 \quad (2.6)$$

$$U_{C_2}(t) = (1/C_2)\int \dot{I}_{C_2}(t) dt + U_{C_2}(0) \quad (2.7)$$

(2.6) dan  $\dot{I}_{C_2}(t)$  bulunup (2.7)'de yerine koyularak  $U_{C_2} = -U_{C_2}(0)$  bulunur.  $C_2$  üzerindeki gerilim ters işaretli hale gelerek üst (-) alt plaka (+) olacak şekilde şarj olur.  $T_1$ ' i söndürmek amacı ile  $T_2$  tetiklendiğinde  $C_2$  kondansatörü  $T_2$ - $T_1$  üzerinden deşarj olmak isteyeceğinden  $T_1$  kesime girer. Yük akımı  $C_2$  -  $T_2$  -  $L_2$  üzerinden akarak kondansatörün üst plakası (+) alt plakası (-) olarak  $U_c=U_1$  oluncaya kadar şarj olur. Şarj süresi sonunda  $T_2$  kesime girer.  $T_1$  tekrar tetiklendiğinde  $C_2$  şarjı  $C_2$  -  $D_8$  -  $L_1$  üzerinden deşarj olarak kutuplamasını değiştirir. Yani  $U_c=-U_1$  olarak  $T_2$  tetiklendiği taktirde  $T_1$ ' i söndürecek şekle gelmiş olur. Söndürme kondansatörü her iki yönde şarj olacağından AA kondansatörü olması gereklidir. Aksi takdirde kondansatör şebeke gerilimi ile aynı yönde deşarj olamayacağından  $T_1$  tristörü söndürülemez.

### Söndürme kondansatörü ve hesaplanması ;



Şekil 2.28. DA kıyıcı devresi ve çıkış öz eğrisi

Şekil 2.28'de iletimde olan  $T_1$  triyotünün kondansatörle söndürülmesi görülmektedir.  $T_1$  triyotüne  $T_2$  üzerinden paralel bağlı olan C söndürme kondansatörü uç gerilimi ile şekil 2.28'deki yönde şarj edilmiş olsun. Bu durumda  $T_2$  triyotü tetiklenirse kısa zamanda  $T_1$  triyotü söner ve yük akımını söndürme devresi üzerine alır. Triyot söndükten sonra I yük akımı söndürme devresi üzerinden akmaya devam eder. Doğru akım kaynağı, söndürme devresi ve yük üzerinden geçen bu akımın etkisi ile kondansatör boşalır ve ters yönde dolmaya başlar.  $T_1$  triyotünün uçlarında  $\Delta t$  süresi boyunca negatif gerilim vardır.  $\Delta t$  süresi  $T_2$  triyotünün serbest kalma süresinin 1,3 ile 1,5 katı olmalıdır. Aksi halde anot gerilimi  $U_A$  pozitif olur olmaz triyot kendiliğinden iletme geçebilir.

Ayrıca söndürme kondansatörünün hesabı yapılırken yüke seri bağlı bobin varsa bobinde endüklenecek zıt emk' da göz önüne alınmalıdır. Çünkü bobinin depo ettiği zıt emk  $T_1$  triyotüne uygulanan gerilimi (şebeke gerilimini) artıracak yönde olduğundan, söndürme kondansatör öyle seçilmeli ki kondansatörün şarj ettiği gerilim ile şebeke geriliminin toplamı bobinin depoladığı zıt emk ile şebeke geriliminin toplamından büyük olsun. Aksi takdirde  $T_1$  Triyotünün söndürülmesi istenildiği zaman anotu katotuna göre pozitif olacağından söndürülemez.  $T_1$  triyotünü kesime soktukdan sonra, yani anot akımı sıfır olduktan sonra, triyot  $\Delta t$  süresi kadar negatif kapama durumunda kalır. Koruma zamanı adı verilen bu süre hesaplanır.

$$\dot{I}_C = C(dU_c/dt) \quad (2.8)$$

(2.8) 'den  $dU_c/dt$  yalnız bırakılırsa ;

$$(dU_c/dt) = \dot{I}_C / C \quad \text{olur.}$$

Kondansatör akımının  $I$  yük akımına eşit ve sabit olduğu kabul edilirse

$$U_c = (1/C) \cdot \int_0^{\Delta t} I dt \quad (2.9)$$

$$(2.9) \text{ dan} \quad U_c = (I/C) \cdot \Delta t \quad (2.10)$$

$$(2.10) \text{ dan} \quad \Delta t = (C \cdot U_c) / I \quad (2.11)$$

bulunur. Bulunan korunma süresi ( $\Delta t$ ) mutlaka  $t_q$  tristör serbest kalma zamanından büyük olmalıdır. Emniyet yönünden  $\Delta t$  en az  $t_q$  nun 1,3 ile 1,5 katı olmalıdır. Tristörün serbest kalma zamanı bilindiğine göre;

$$\Delta t = K \cdot t_q \quad (2.12)$$

$K$  = Emniyet katsayısı (1,3 ile 1,5 arasında)

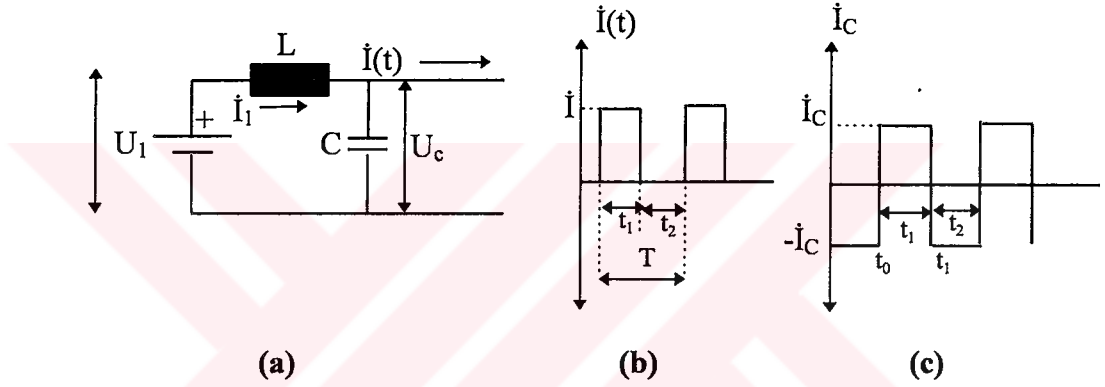
(2.12) bağıntısı (2.11) de yerine konulursa söndürme kondansatörün kapasitesi;

$$C = (I \cdot K \cdot t_q) / U_c \quad (2.13)$$

Denklem (2.13) 'den görüldüğü gibi tristörün söndürülmesi için gerekli kondansatör kapasitesi yük akımı  $I$  ve tristörün serbest kalma süresi  $t_q$  ile orantılıdır. Bu sebeple kendinden denetimli dönüştürücülerde tercihen serbest kalma zamanları çok düşük olan ( $t_q < 60\mu s$ ) hızlı tristörler kullanılır.

## Filtre kondansatörünün hesaplanması

Gerilimdeki dalgalanmayı azaltmak için mutlaka filtre kondansatörüne ihtiyaç vardır. Eğer kullanılan kaynağın bobin endüksiyon katsayısı büyük ise gerilimde oluşacak dalgalanma daha büyük olacağından mutlaka filtre kondansatörüne ihtiyaç vardır. Pratik uygulamada kaynağın bobin endüksiyon katsayısı büyük olduğundan filtre kondansatörü kullanılması zorunludur. Kondansatörün hesabını basitleştirmek için çekilen akımın  $t_1$  genişliğinde  $f_p$  frekansı ile tekrarlanan dikdörtgen biçiminde darbelerden oluştuğu kabul edilmiştir.



Şekil 2.29. a ) DA kıyıcı devresine filtre kondansatörünün bağlanması  
b ) yük akımı değişimi  
c ) Kondansatör akım değişimi

$I$  akımının dalgalı bileşeninin  $C$  kondansatörü, doğru bileşenin ise  $U_1$  gerilimli doğru akım kaynağı tarafından sağlandığı kabul edilebilir. Kaynağın iç endüktansı  $L$  kaynaktan değişken bir akımın çekilmesini engeller.  $U_c$  kondansatör gerilimi,  $\Delta U_c$  kadar dalgalanmaktadır. Gerilimdeki bu dalgalanma kondansatörün kapasitesi  $C$ , yük akımı  $I$  ile tristörün açık ve kapalı kalma süresi  $t_1$  ve  $t_2$ 'ye bağlı olarak hesaplanabilir. Kondansatör yükündeki değişme  $\Delta Q$  ile gösterilirse

$$\Delta U_c = \Delta Q / C \quad (2.14)$$

Olur. Kondansatör deşarj akımı  $I_{C1}$  şarj akımı  $I_{C2}$  alınarak



$$\Delta Q = I_{C1} \cdot t_1 = I_{C2} \cdot t_2 \quad (2.15)$$

Olarak tanımlanabilir. Diğer taraftan  $t_1$  zaman aralığı içinde  $I$  akımı; kaynaktan sağlanan akımın doğru bileşeni ve kondansatör deşarj akımının toplamına eşittir.

$$I = \dot{I}_1 + I_{C1} \quad (2.16)$$

$$\dot{I}_1 = I \cdot [t_1 / (t_1 + t_2)] \quad (2.17)$$

olur. (2.16) ve (2.17) bağıntısından deşarj akımı

$$I_{C1} = (t_2 \cdot I) / (t_1 + t_2) \quad (2.18)$$

olur. (2.14) ve (2.15) bağıntısında  $I_{C1}$  yerine konursa

$$\Delta U_c = (t_1 \cdot t_2 \cdot I) / [C \cdot (t_1 + t_2)] \quad (2.19)$$

olarak bulunur. Denkle (2.19)' dan kondansatör uçlarında müsaede edilen gerilim dalgalanmasının verilmesi halinde gerekli kondansatör kapasitesi  $C$  hesaplanabilir.

$$T = t_1 + t_2 \quad (= \text{Sabit}) \quad (2.20)$$

olur. Darbe periyodu için maksimum gerilim dalgalanması

$$t_1 = t_2 = T/2 \quad (2.21)$$

halinde meydana gelir. Çünkü  $t_1 = t_2$  de  $U_c$  gerilimi kare dalgadır.

$$C = (T \cdot I) / (4 \cdot \Delta U_c) \quad \text{veya} \quad C = I / (4 \cdot f_p \cdot \Delta U_c) \quad (2.22)$$

olarak bulunur. Denklem (2.22)'den müsaede edilen gerilim dalgalanması  $\Delta U_c$  ve  $f_p$  darbe frekansının verilmesi halinde gerekli filtre kondansatörün kapasitesi hesaplanabilir.

## 2.6. Tasarlanan Devrede Kullanılan Söndürme Devresi Bobini ve Şok Bobini

Bobin; üzerine uygulanan gerilimi ters polaritede depo eden (zıt emk) ve kendisine uygulanan gerilim kesilince akım kaynağı gibi davranarak yükü besleyen devre elemanıdır. Kısaca bobin yük üzerindeki akımın değeri sıfıra indiği zaman yükün bu değişimden etkilenmemesini sağladığı gibi şebeke gerilimini dengelemek içinde kullanılır. Bobinler de kondansatörler gibi elektrik devrelerinde çok değişik amaçlar için kullanılmaktadır. Tasarlanan bu devrede bobin iki amaç için kullanılmıştır.

1 - Söndürme kondansatörün depo ettiği gerilimi ters çevirerek tekrar söndürme kondansatörünün depo etmesine yardımcı olmak.

2 - Şok bobini olarak akım sınırlayıcı görevi yapmak.

Şekil 2.26' da gösterilen  $L_1$  bobini söndürme devresi bobinidir. Eğer söndürme devresi bobini tasarlanan devrede kullanılsaydı iletimde olan  $T_1$  tristörü söndürülemezdi. Çünkü  $C_2$  Kondansatörü şebeke ile aynı yönde şarj olacaktır.  $C_2$  kondansatörü şebeke gerilimi ile aynı yönde şarj edildiğinden  $T_2$  Tristörü tetiklendiği an  $T_1$  tristörünün anot tarafındaki gerilimin değeri katot tarafındaki gerilimin değerinden büyük olacağından sönmeyecektir. Eğer tasarlanacak devrede söndürme devresi bobini bağlanırsa  $C_2$  kondansatörünün şebekeden şarj ettiği gerilimi ters kutuplayarak tekrar  $C_2$  kondansatörüne şarj yapacağından  $T_2$  tristörü tetiklendiği an kondansatör şarj ettiği gerilim ile şebeke geriliminin toplamı iletimde olan  $T_1$  tristörünün katot tarafına uygulanacağından  $T_1$  tristörünün katot tarafı anot tarafına göre daha pozitif olacağından sönecektir.

Şekil 2.26'daki devreye  $L_1$  bobini bağlanmış ve  $T_2$  tristörü tetiklenmiş olsun.  $C_2$  kondansatörü şebekeden aldığı gerilimi aynı yönde şarj ederek  $T_2$  tristörünün kendiliğinden kesime girmesini sağlar ( DA da şarj olan kondansatör şarjı bittikten sonra devreyi açar ). Daha sonra  $T_1$  tristörü tetiklendiğinde  $C_1$  kondansatörü depoladığı gerilimi  $L_1$  bobinine aktarır.  $L_1$  bobini depoladığı bu zıt emkyı tekrar  $C_1$  kondansatörüne bir önceki durumunun tam tersi kutuplarda aktarır.

$C_1$  kondansatörü şebeke gerilimini besleyecek yönde kutuplandığından  $T_2$  tristörü tetiklendiği an  $T_1$  tristörü kesime girer. Görüldüğü gibi  $L_1$  bobininin görevi sadece kondansatör gerilimini ters kutuplamaktır.  $L_1$  bobininin hesabı yaklaşık şok bobininin hesabı gibi olur.

Şekil 2.26' daki  $L_2$  bobini şok bobininin görevini üstlenmektedir. Doğru akım ayarlayıcısında gerilim veya akımın ortalama değerinin değiştirilmesi için en az bir gerilim kaynağına ihtiyaç vardır. Bu maksatla gerilim ortalama değerinin küçük olduğu tarafta bir şok bobini kullanılır.

Şekil 2 . 26 ' daki devreden şok bobininin büyüklüğü  $T_1$  tristörü iletimde iken ,

$$L_2 \cdot (di/dt) = U_1 - U_2 \quad (2.23)$$

$$L_2 \cdot (\Delta i / \Delta t) = U_1 - U_2 \quad (2.24)$$

$T_1$  tristörü kesime girdiği zaman

$$L_2 \cdot (\Delta i / \Delta t) = - U_2 \quad (2.25)$$

olarak yazılabilir. Darbe frekansı  $f_p$  ve yük akımındaki müsaede edilen dalgalanma bilindiği takdirde ( 2.24 ) ve ( 2.25 ) bağıntılarından faydalanılarak gerekli şok bobini değeri  $L_2$  bulunabilir.

(2.24) bağıntısına  $t_2 = 0$  olduğundan  $\Delta t = t_1$  konursa,

$$L_2 = [(U_1 - U_2) \cdot t_1] / \Delta i \quad (2.26)$$

yazılabilir. Denklem (2.25) bağıntısında  $t_1 = 0$  olduğundan  $\Delta t = -t_2$  yazılırsa;

$$L_2 = (U_2 \cdot t_2) / \Delta i \quad (2.27)$$

En büyük akım dalgalanması ;

$t_1=t_2=T/2=1/(2.f_p)$  halinde meydana gelir. Bu durumda ;

$$U_2=U_1/2 \quad (2.28)$$

(2.26) bağıntısından

$$L_2=(U_1 \cdot t_1) / (2 \cdot \Delta i) \quad (2.29)$$

(2.27) Bağıntısından ;

$$L_2= (U_1 \cdot t_2) / (2 \cdot \Delta i) \quad (2.30)$$

denklemleri ile hesaplanır. (2.29) ve (2.30) taraf tarafa toplanıp  $t_1+t_2 = T$  olduğu dikkate alınır.

$$2L_2= [U_1 \cdot (t_1 + t_2)] / (2 \cdot \Delta i) \quad (2.31)$$

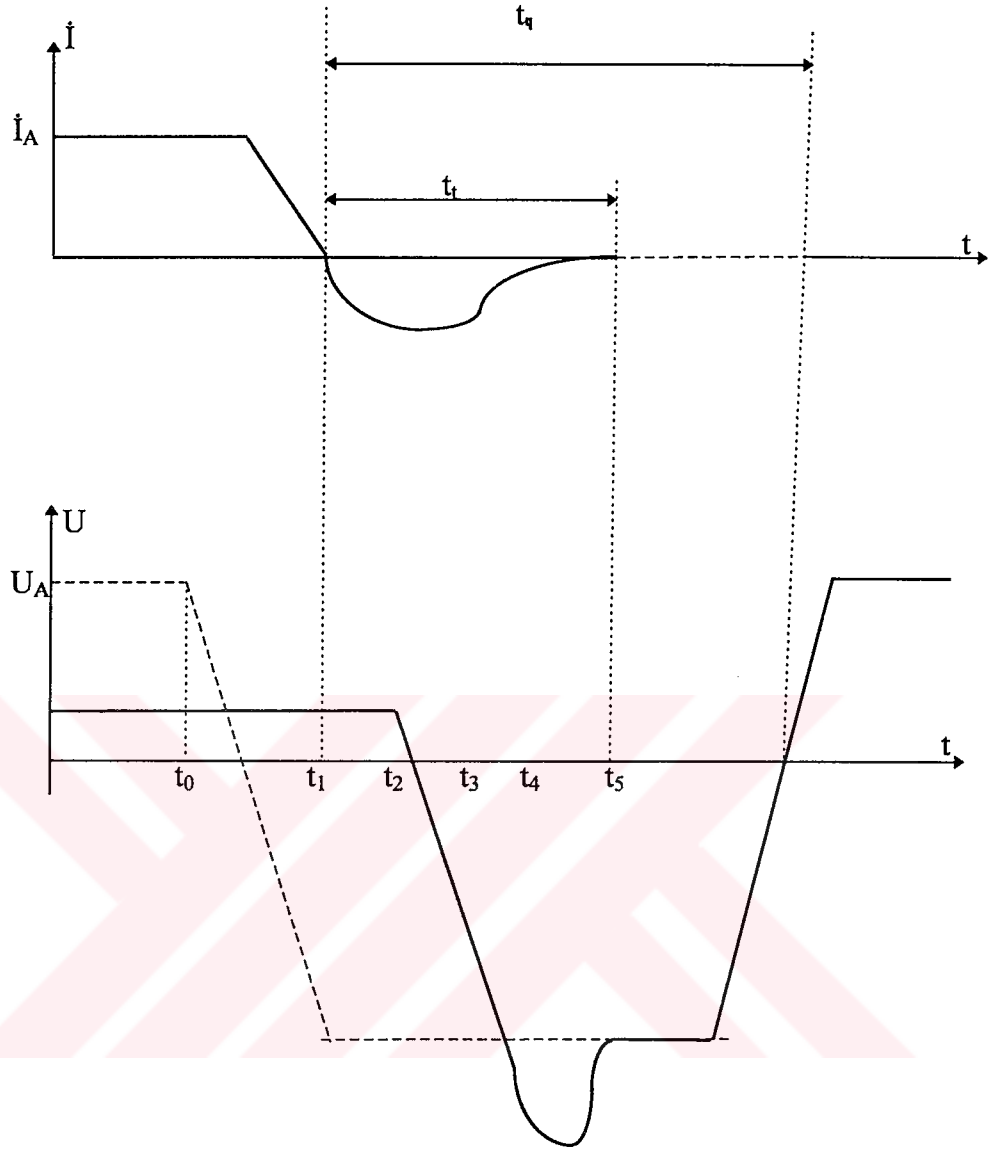
$$L_2=U_1/(4 \cdot f_p \cdot \Delta i) \quad (2.32)$$

Olarak bulunur.

## 2.7. Tasarlanan Devrede Kullanılan Tristörlerin Söndürülme Süresi

Tüm tristörlerin kesime geçebilmesi için belirli bir sürenin geçmesi gerekmektedir. Bu süre iki kısımda incelenebilir.

- a- Tristörler söndürüldüğü zaman kendilerine uygulanan ters polariteli gerilimleri belirli bir süre aralığında iletirler ve sönmeye geçerler ( şekil 2.30 ). Tristörlerin ters yönde gerilimi tutabilme özelliğini yeniden kazanması için geçen zaman tristörleri söndürme zamanını etkiler. Bu zaman, şekil 2.30' da gösterildiği gibi  $t_t$  ile tanımlanabilir.



**Şekil 2. 30.** Tristörün kesim anahtarlama özeğrisi

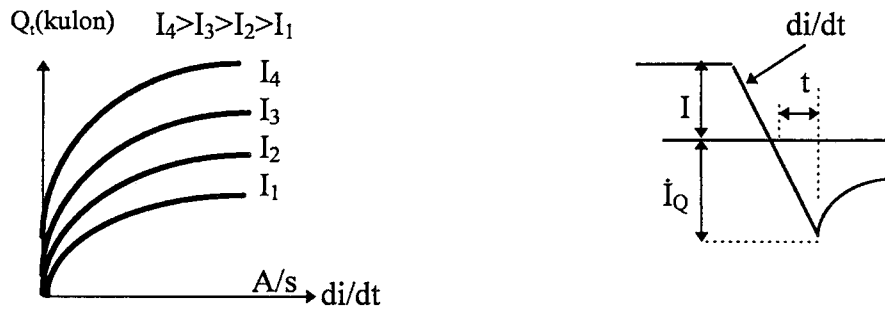
Şekil 2.30' dan görüldüğü gibi  $t_t$  süresi tristörden geçen akım sıfıra indiği andan itibaren başlayıp negatif bölgede belirli bir sürenin geçip tekrar akımın sıfıra gelmesi için geçen süredir.

**b-** İletimde olan tristörün kapısına puls uygulanmassa bile tristörün anodu katoduna göre pozitif olduğu süre içinde iletimde kalır. Tristörün katodu anotuna göre pozitif olduğu an hemen sönmez kısa bir süre sonra söner ve kapıya puls uygulanmassa anodu katoduna göre pozitif olsa bile tristör iletime geçmez. Tristör doğru kutuplansa dahi gerilimi iletmemeye özelliğini yeniden kazanması ( serbest kalma süresi  $t_q$  )

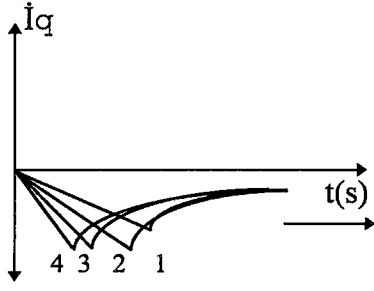
Eğer devrede yük direncine ilave olarak bir bobin mevcutsa bobinin depoladığı zıt emk nedeni ile tristör uclarında yüksek gerilimler oluşabilir. Devredeki bu gerilim yükselmelerini önlemek için tristör uclarına koruyucu R-C elemanı bağlanır. R-C elemanını boyutlandırmak için yarı iletken tabakalarda biriken  $Q_t$  yükünün büyüklüğünü bilmek gerekir.  $Q_t$  tristör kesime geçmeden evvelki akımın büyüklüğüne ve akımın düşme hızı  $di/dt$  ' ye bağlıdır.

$Q_t'$  yi ve akımın düşüş hızını bilmek süreti ile yaklaşık olarak  $t_t'$  yi bulmak mümkündür Ters akımın tepe değeri bilhassa ters akımın düşüş hızındaki değişmelere bağlıdır. Ters akımın tepe değeri ne kadar büyükse  $t_t$  zamanında o kadar küçüktür. Tristörlerin seri çalıştırılmalarında bilhassa bu  $t_t$  önemlidir. Zira  $t_t$  zamanı küçük olan tristör büyük ters gerilim yükselmelerine karşı koymak zorundadır. Tristörün kesime geçişi esnasında en fazla güç kaybı  $t_t$  zaman aralığında olur (Şekil 2.30 ). Fakat bu tristörün esas güç kaybına tesir etmez çünkü  $t_t$  zaman aralığı tristörün ilettime geçmemesi için geçen zamanından kısadır.

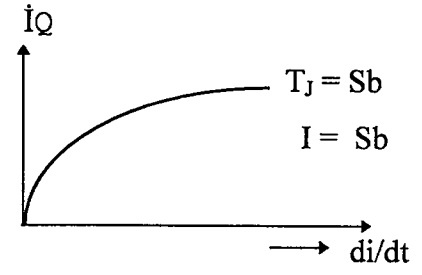
Tristör akımının sıfırdan geçişinden, tekrar geçirme yönünde gerilimi tutma kabiliyetini kazanması için geçen zaman süresi ( $t_q$ ) öncelikle tasarlanan devre elemanının karakteristiğine bağlıdır. Jonksiyon sıcaklığı arttıkca bu zaman süresi artar ayrıca  $t_q$  zamanı kesime geçmeden önceki anot akımına ve  $t_t$  zamanından sonra tristöre gelen ters gerilim değerine bağlıdır. Kapı devresine tatbik edilecek bir ters gerilim bu zamanı azaltır. Bu süre günümüzde üretilen tristörlerde 5-100  $\mu s$  aralığında değişmektedir.



**Şekil 2.31.** Çeşitli kesim öncesi akımlar için akım düşüş hızına karşı tristörde depo edilen yük miktarı değişimi



**Şekil 2.32.** Tristörün söndürülmesindeki çeşitli akım düşüş hızları için, ters akımların değişimleri



**Şekil 2.33.** Sabit akım ve sıcaklıktaki tristörün söndürülmesindeki ters akımın ve akımın düşüş hızıyla değişimi

## 2.8. Tristörlerin Kayıpları

- a- Tetikleme kayıpları
- b- Anahtarlama kayıpları
- c- Pozitif ve negatif kapama kayıpları
- d- İletim kayıpları

### a-Tetikleme kayıpları

Tristörün kapı ile katot arasına uygulanan gerilim  $U_G$  ve kapı ile katot arasından geçen akım da  $I_G$  olursa. Tristörün tetikleme kaybı

$$P_G = I_G \cdot U_G \quad (2.33)$$

Tetikleme kayıp gücünün değişimi belirli bir işletme için tristör özgeçiricisinden yararlanılarak bulunabilir. Böylece tetikleme kayıp gücünün ortalama değeri hesaplanabilir. Fakat çoğunlukla bu güç toplam kayıp gücün yanında ihmal edilebilecek kadar küçüktür.

### **b - Anahtarlama kayıpları**

Tristörün iletme geçmesi ve sönmesi esnasında meydana gelen ek kayıplar olan anahtarlama kayıpları tristörün çalışma frekansına ve yük devresine bağlıdır. İşletme frekansının büyük değerlerinde ve yük devresi endüktif bileşenin küçük olması halinde anahtarlama kayıpları yüksek değerler alır. Bu nedenle toplam kayıplar hesaplanırken bu kayıp göz önüne alınmak zorundadır. Özellikle orta frekans bandının üst bölgelerinde birkaç yüz Hz ile 10 KHz arasındaki işletme frekansında ön plana geçer. Bu kayıplar kapı irtibatının bulunduğu yerde bölgesel ısınmalara sebep olurlar. Fakat şebeke frekansı civarındaki frekanslarda pratik bir önem taşımazlar.

### **c - Pozitif ve negatif kapama kayıpları**

Tristörün pozitif ve negatif kapama durumunda üzerindeki  $U_D$  ve  $U_R$  gerilimleri ile geçirdiği  $I_D$  ve  $I_R$  akımlarına bağlı olarak ;

$$P_D = U_D \cdot I_D \quad (2.34)$$

$$P_R = U_R \cdot I_R \quad (2.35)$$

Şeklinde kapama kayıpları oluşur. Gerilimlerin değişimi bilinirse kapama karakteristiklerinden gidilerek  $I_D$  ve  $I_R$  nin değişimi bulunabilir. Çarpım teşkil edilerek elde edilen güçlerdende ortalama değer hesaplanabilir.

### **d - İletim kayıpları**

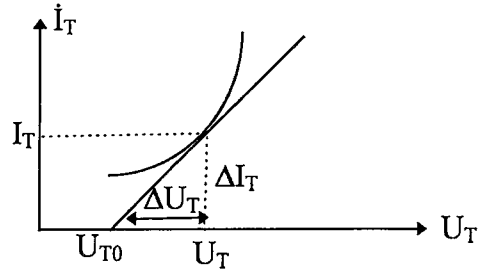
İletim kayıp gücü tristör iletimde iken akıttığı  $I_T$  akımının sebep olduğu kayıptır.  $I_T$  akımının değişiminin bilinmesi halinde geçirme karakteristiğinden yararlanılarak tristördeki gerilim düşümü  $U_T$  bulunabilir. Tristör kayıp gücünün ani değeri

$$p_T(t) = u_A(t) \cdot i_A(t) \quad (2.36)$$

Olarak tanımlanır.



Bunun bir periyot boyunca ortalaması alınarak  $P_T$  geçirme kayıp gücü hesaplanabilir. Hesabı kolaylaştırmak için bir p-n yarı iletken bölgenin iletim karakteristiğinin doğrusal kısmına çizilen doğru alınabilir. Böylece geçirme karakteristiği  $U_{T0}$  'Eşik Gerilimi' ve  $r_T$  'Eşdeğer direnci' ile tarif edilebilir.



$$r_T = (\Delta U_T / \Delta I_T) = (\Delta U_T / I_T) \quad (2.37)$$

$$U_T = U_{T0} + \Delta U_T \quad (2.38)$$

$$\Delta U_T = r_T \cdot I_T \quad (2.39)$$

$$U_T = U_{T0} + (r_T \cdot I_T) \quad (2.40)$$

$$P_T = U_T \cdot I_T \quad (2.41)$$

$$p_T = [U_{T0} + (r_T \cdot I_T)] \cdot I_T \quad (2.42)$$

ortalama değer hesaplanırsa ;

$$P_T = (1/T) \cdot \int_0^T (U_{T0} \cdot \dot{I}_T) dt + (1/T) \cdot \int_0^T (r_T \cdot \dot{I}_T^2) dt \quad (2.43)$$

burada ;

$$I_{ort} = (1/T) \cdot \int_0^T \dot{I}_T dt \quad (2.44)$$

kısmi aritmetiksel ortalama değer,

$$(\dot{I}_{Teff})^2 = (1/T) \cdot \int_0^T (\dot{I}_T)^2 dt \quad (2.45)$$

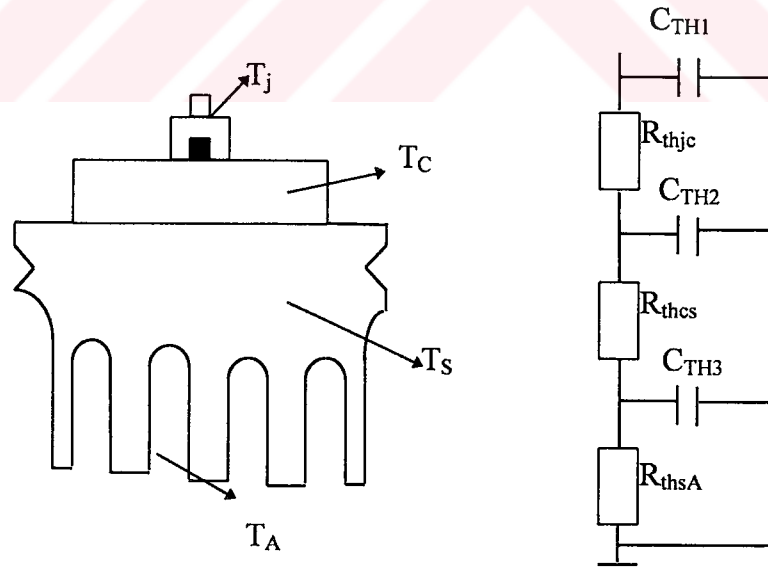
kısmi efektif değerin karesi,

$$P_T = U_{TO} \cdot I_{Tot} + r_T \cdot (I_{Teff})^2 \quad (2.46)$$

Tristöre ait  $U_{TO}$  eşik gerilimi ve  $r_T$  eşdeğer dirençleri imalatçı firmalarının kataloglarında verilmiştir.

## 2.9. Yarı İletken Elemanların Soğutulması

Yüksek güçte çalışan tüm yarı iletkenlerin soğutulması gerekmektedir. Tüm yarı iletkenlerin dayanabileceği bir eklem sıcaklığı vardır. Eğer eklem sıcaklığının sınırları aşılsa yarı iletken aşırı ısınmadan dolayı bir daha çalışmayabilir. Tasarlanan devrede yarı iletken olarak diyot ve tristör kullanıldığından bunların soğutulması incelenecektir. Bir tristör veya diyotta kayıplar sonucu ortaya çıkan ısınma olayı termik eşdeğer devreden yararlanılarak yaklaşık olarak hesaplanabilir. Şekil 2.34' de bir tristörün soğutucusunun hesaplanması için gerekli olan ısıl eşdeğer devre verilmiştir.



Şekil 2.34. Tristörün ısıl eşdeğer devresi

$T_j$  =Tristörün Jonksiyon Sıcaklığı (Temperature of Junction)

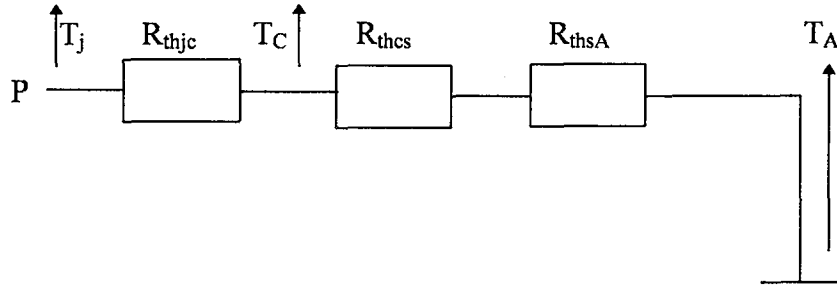
$T_C$  =Tristörün Gövde Sıcaklığı (Temperature of Case)

$T_S$  = Soğutucu Sıcaklığı (Temperature of Sink)

$T_A$  = Çevre Sıcaklığı (Temperature of Ambient)

Tristörün soğutucusunun her noktasında sıcaklık aynı değildir. Örneğin tristörün gövdesinden uzaklaştıkça sıcaklık azalır. Bu nedenle gösterilen sıcaklıklar sembolik olarak kabul edilmiştir. Soğutucuya ısı güç geçerken bir dirençle karşılaşır. Diğer taraftan bu elemanlar kütleleri ve özgül ısınma ısılarına bağlı olarak bir ısı depo eder . Isıl güç elektrik akımına benzetilirse bir elemandan diğerine geçerken karşılaşılan ısıl direnci bir elektriksel direnç ile ve elemanların ısı depo etme özellikleri de bir kondansatörle gösterilebilir. Isıl gücün akması için iki nokta arasındaki sıcaklıklar farklı olmalı. Elektrik akımının geçmesi için ise potansiyeller farklı olması gerekir. O halde eşdeğer devrede sıcaklık gerilime takabül etmektedir.

Eğer tristör sürekli işletilecek ise, geçici rejim atlatıldıktan sonra çalışma akımı sabit olacaktır. Çalışma akımı sabit olduğundan işletme kayıp gücünde sabit olacaktır. Tristör sabit akımda çalıştığından eklem sıcaklığı belirli değere ulaşarak sabit kalacaktır. Sıcaklık sabit kaldığına göre depolanmış olan ısıl gücün değişmesi söz konusu değildir. Bu nedenle kondansatörler kaldırılarak eşdeğer devre sadece dirençlerden ibaret hale getirilebilir.



**Şekil 2. 35.** Tristörün basitleştirilmiş ısı eşdeğer devresi

Jonksiyondan gövdeye olan termik direnç  $R_{thjc}$  tristörün iç termik direnci olup sadece tristörün yapısına bağlıdır. Bu değer tristörün katalogunda verilmiştir. Tristör gövdesinden çevreye geçişi ise :

$$R_{thcA} = R_{thcs} + R_{thsA} \quad (2.47)$$

$R_{thcA}$  'ya dış direnci denir.

Dış direnci yalnız tristörün yapısına değil özellikle tristörün üzerine tesbit edildiği soğutma elemanına, kullanılan soğutucu malzemesinin cinsine ve ısı akış hızına bağlıdır. Birlikte kullanılan soğutma elemanı ve soğutma şekli kataloglarda verilmiştir. P kayıp gücünün bilinmesi halinde eklem sıcaklığı;

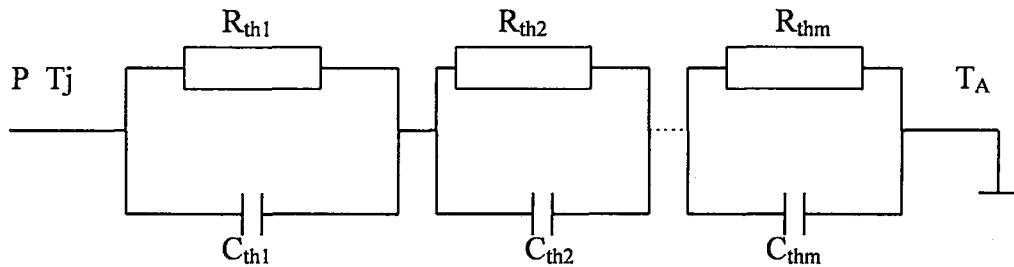
$$T_j = P \cdot (R_{thjc} + R_{thcA}) + T_A \quad (2.48)$$

şeklinde tanımlanabilir.

Tristörün darbeli yüklenmesi halinde şekil 2.35' deki eşdeğer devre yararlı olamaz. Bu durumda farklı eşdeğer devre kullanılır. Eşdeğer devre paralel bağlı direnç ve kondansatörlerin seri bağlanmasından oluşur. Her R-C elemanı kendisine özgü ;

$$\tau = R_{th} \cdot C_{th} \quad (2.49)$$

şeklinde bir zaman sabiti tanımlanabilir.

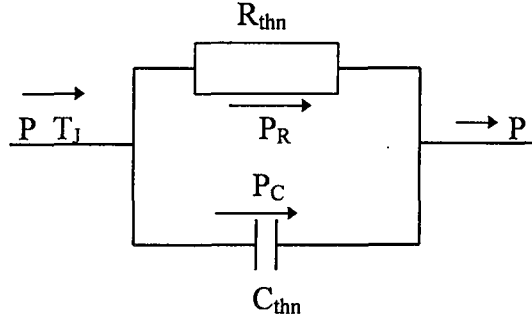


**Şekil 2.36.** Darbe gerilimi uygulanan tristörün ısı eşdeğer devresi

Sadece bir R-C elemanı için sıcaklık farkı  $\Delta\theta$  hesaplanırsa eklem sıcaklığı;

$$T_j = T_A + \sum_{n=1}^{n=m} (\Delta\theta)_n \quad (2.50)$$

bağıntısından hesaplanabilir. R-C elemanını sıcaklık farkı hesaplanması ise,



$$(\Delta\theta)_n = R_{thn} \cdot P_R \quad (2.51)$$

$$(\Delta\theta)_n = (1/C_{thn}) \cdot \int P_C dt \quad (2.52)$$

$P = P_R + P_C$  ise  $P_C = P - P_R$  ve  $P_R = (\Delta\theta)_n / R_{thn}$  Olduğuna Göre;

$$(\Delta\theta)_n = (1/C_{thn}) \cdot \int (P - [(\Delta\theta)_n / R_{thn}]) \quad (2.53)$$

$$d(\Delta\theta)_n / dt = (1/C_{thn}) \cdot (P - [(\Delta\theta)_n / R_{thn}]) \quad (2.54)$$

şeklindedir. Burada;

$$\tau_n = C_{thn} \cdot R_{thn} \quad (2.55)$$

olarak tanımlanırsa,

$$[d(\Delta\theta)_n / dt] + (\Delta\theta)_n / \tau_n - (P / C_{Thn}) = 0 \quad (2.56)$$

Bu diferansiyel denklem çözülerek  $(\Delta\theta)_n$  bulunabilir. Burada P nin değişiminin bilinmesi gerekir. Diferansiyel denklem çözüldüğünde,

$$\Delta\theta_n = [\Delta\theta_{n0} \cdot e^{(-t/\tau)}] + P \cdot R_{thn} \cdot (1 - e^{(-t/\tau)}) \quad (2.57)$$

olarak bulunur.

$$\Delta\theta_{n0} = \text{Tristörün başlangıç sıcaklığı } (^{\circ}\text{C})$$

$$R_{thn} = \text{Tristörün ısı eşdeğer devreye ait değerleri } (^{\circ}\text{C/W})$$

$$\tau_n = \text{tristörün ısı eşdeğer devreye ait zaman sabiti. (s)}$$

$$P = \text{Kayıp güç (W)}$$

Bu durumda tristörün eklem sıcaklığı hesaplanırken yük darbeleri olduğundan her darbe hali için ayrı ayrı hesap yapılır. İlk önce tristörün ilk çalıştığı frekanstaki güç için  $\Delta\theta$  hesaplanır. Daha sonra tristörün çalışma frekansı değiştirilirse değiştirildiği frekanstaki güç içinde  $\Delta\theta$  hesaplanır. Tristörün çalıştığı her frekans için  $\Delta\theta$  hesaplanarak bulunan  $\Delta\theta$  ler toplanarak tristörün toplam eklem sıcaklığı hesaplanmış olur.

Diyotlarda da soğutucu hesaplaması aynen tristörlerdeki gibi olur. Yani diyotlar için soğutucu hesaplaması yapılırken bulunan bu bağıntılardan yararlanır. Ayrıca tasarlanan devrede en büyük akımı akıtan yarı iletken için soğutucu hesaplanıp diğer yarı iletkenlerde bulunan bu soğutucu değerindeki soğutucu bağlanırsa tasarlanan devre emniyetli bir şekilde çalışır. Soğutucunun büyüklüğü yarı iletkenin akıttığı akımla doğru orantılı olduğundan en büyük akım değeri için soğutucu hesaplanarak tüm yarı iletkenlere aynı soğutucudan bağlanabilir. Bu şekilde yapılan soğutucu hesabı tasarlanan devrenin maliyetini artırdığı gibi güvenli bir şekilde çalışmasını da artırır. Tasarlanan devrenin maliyetini aşırı derecede artırmadığından böyle bir uygulama pratikte iyi sonuç verir.

Tasarlanan devrede kullanılan yarı iletkenler ortak anot veya ortak katot olarak bağlanacak ise bulunan soğutucu değeri ile ortak bağlanacak yarı iletken sayısı çarpılarak toplam soğutucunun değeri bulunur.

## BÖLÜM 3

### DA AYARLAYICISI İÇİN KARE DALGA ÜRETECİ HESABI

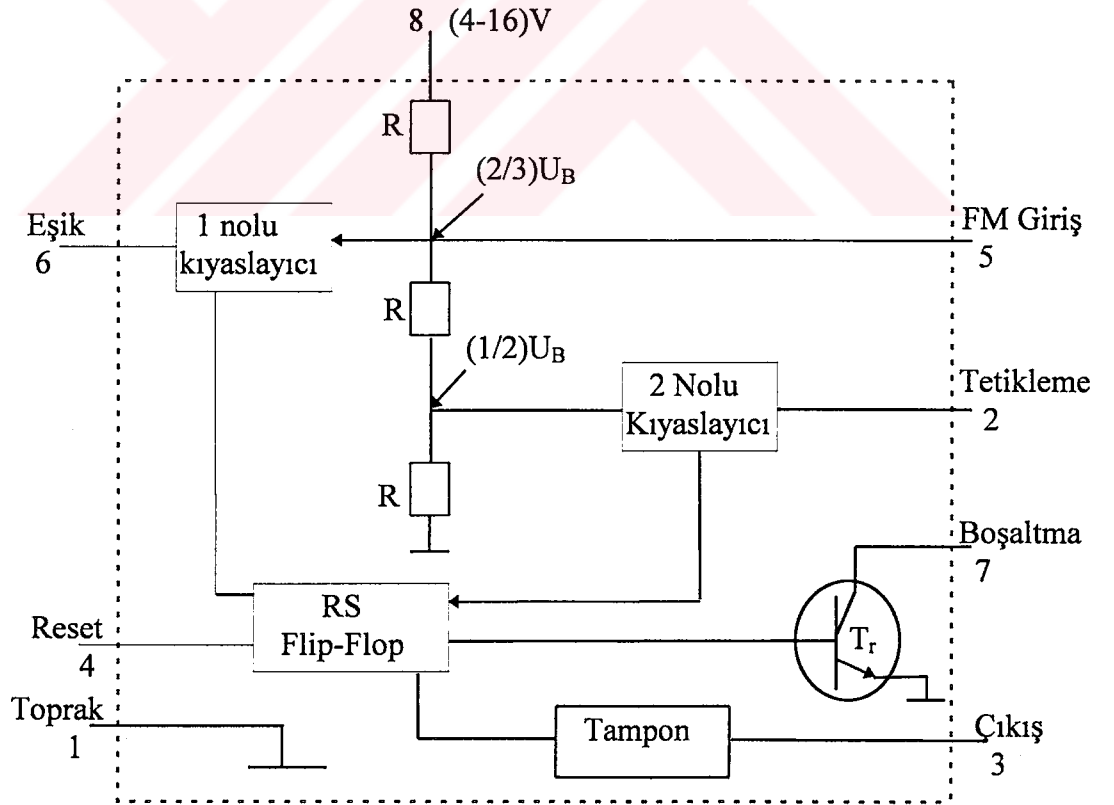
Tristör, transistör gibi yarı iletken elemanlar ile bir elektrik devresi kurulurken tetikleme devreleri ile birlikte çalıştırılacağından ana devreden başka birde tetikleme devresi de kurulmalıdır. Tasarlanan ana devrenin tetiklenmesi için 555 entegresi kullanıldı. Tetikleme devrelerinin çok çeşitleri vardır. Tetiklemede önemli olan üretilen darbelerin frekansının ayarlanabilir olmasıdır. Ayrıca tetiklenecek tristörlerin sayısında önemlidir. Çünkü tüm tristörlerin birbiri ile zamanlamalı çalışması gerekmektedir. Tasarlanan devrede 2 adet tristör olduğundan bu tristörlerin zamanlamalı çalışması için 555 entegresi ana entegre olarak kullanılmıştır.

555 entegresi ile frekansı değişen bir kare dalga üretilir . Daha sonra üretilen bu kare dalganın evrilmiş hali alınır. Bu durumda simetrik iki kare dalga elde edilmiştir. 555 entegresinin ürettiği darbelerin değeri bir kaç yüz mili amperdir. Kullanılacak tristörler güç tristörleri olduğundan yaklaşık 0,6 ile 1 amper arasındaki akımlarla tetiklenmesi üretici firma katalogunda belirtmiştir. Görüldüğü gibi 555 entegresinin ürettiği darbelerin akım değeri tasarlanan devredeki tristörleri tetiklemek için yetmemektedir. Dolayısıyla 555 entegresinden alınan iki simetrik kare dalganın güçlendirilmesi gerekir. 555 entegresinin ürettiği akımlar küçük güçteki transistörleri tetikleyebileceğinden, bu transistörleri kullanarak 555 entegresinin ürettiği darbeler güçlendirilir. 555 Entegresinden üretilen kare dalganın evriğide alındığından iki adet kare dalga oluşturulur. İki tane transistör kullanılarak güçlendirme işlemleri gerçekleştirilebilir. Tasarlanan devredeki tristörlerin tetiklenmesi için 0,6A ile 1A arasında akıma ihtiyaç olduğundan seçilecek transistörlerin kollektör ile emitör arasında 0,6A ile 1 amper arasında akım akıtılmalıdır. Güçlendirilmiş olan bu iki darbenin kaynağı aynı olduğundan iki darbenin frekansı eş zamanlı değişerek kendi arasında eşzamanlı çalışır. Eğer darbeler eşzamanlı çalıştırılmazsa istenilen tetikleme sağlanamayacaktır. Bu durumda gerilimin değeri gerekli sınırlar arasında değiştirilemez.

### 3.1. 555 Entegresinin Çalışma Prensipleri

Ucuz basit ve kullanımının kolay olması nedenlerinden dolayı 555 entegre devresi kendisine geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Uçlarının harici devre elemanlarına bağlanış durumuna göre dengesiz iki duraklı veya tek dengeli duraklı olarak çalıştırılabilir. Çalışma gerilimi genellikle 4-16 volt arasında seçilebilir. Bu gerilim 5 V olarak seçildiğinde 555 entegre devresi TTL entegre devreleriyle tam bir uyum içinde kullanılabilir. Çıkış akımı birkaç yüz mA civarındadır. Şekil 3.1' de bir 555 entegre devresinin blok şeması görülmektedir. Bu şemada görüldüğü gibi 555' in yapısında 2 kıyaslayıcı 1 RS flip-flop , 1 tampon ve 1 boşaltma transistörü bulunur.

6 nolu uca uygulanan gerilim kaynak geriliminin üçte ikisine eşit veya büyük olduğunda 1 nolu kıyaslayıcı çıkış değiştirir ve RS flip-flop tetikler. Buna bağlı olarak çıkış (3 nolu uç) '0' olur ve boşaltma transistörü çalışır.



Şekil 3.1. 555 Entegresinin iç yapısı

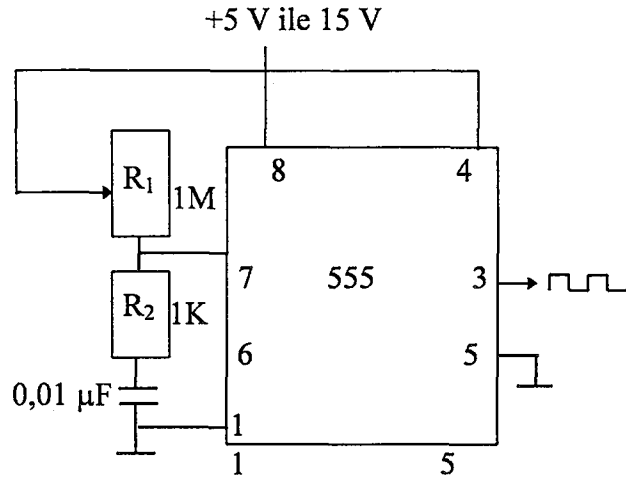


2 Nolu uca uygulanan gerilim kaynak gerilimin üçte birine eşit veya küçük olduğunda 2 nolu kıyaslayıcı çıkış değiştirir ve RS flıp - flopu tetikler sonuçta 3 nolu uç '1' olur ve boşaltma transistörü kesime girer.

4 Nolu uç reset ucudur kullanılmadığında '1' ' e bağlanmalıdır. 5 Nolu uç ise 555 entegresinin dengesiz duraklama olarak çalıştırılmasında çıkış frekansının değiştirilmesi istenilen uygulamalarda kullanılır. Çıkış frekansının harmoniklerinin başka devreleri etkilememesi için değiştirilmesi gerekirse 5 numaralı uç kullanılarak çıkış frekansı değiştirilir.

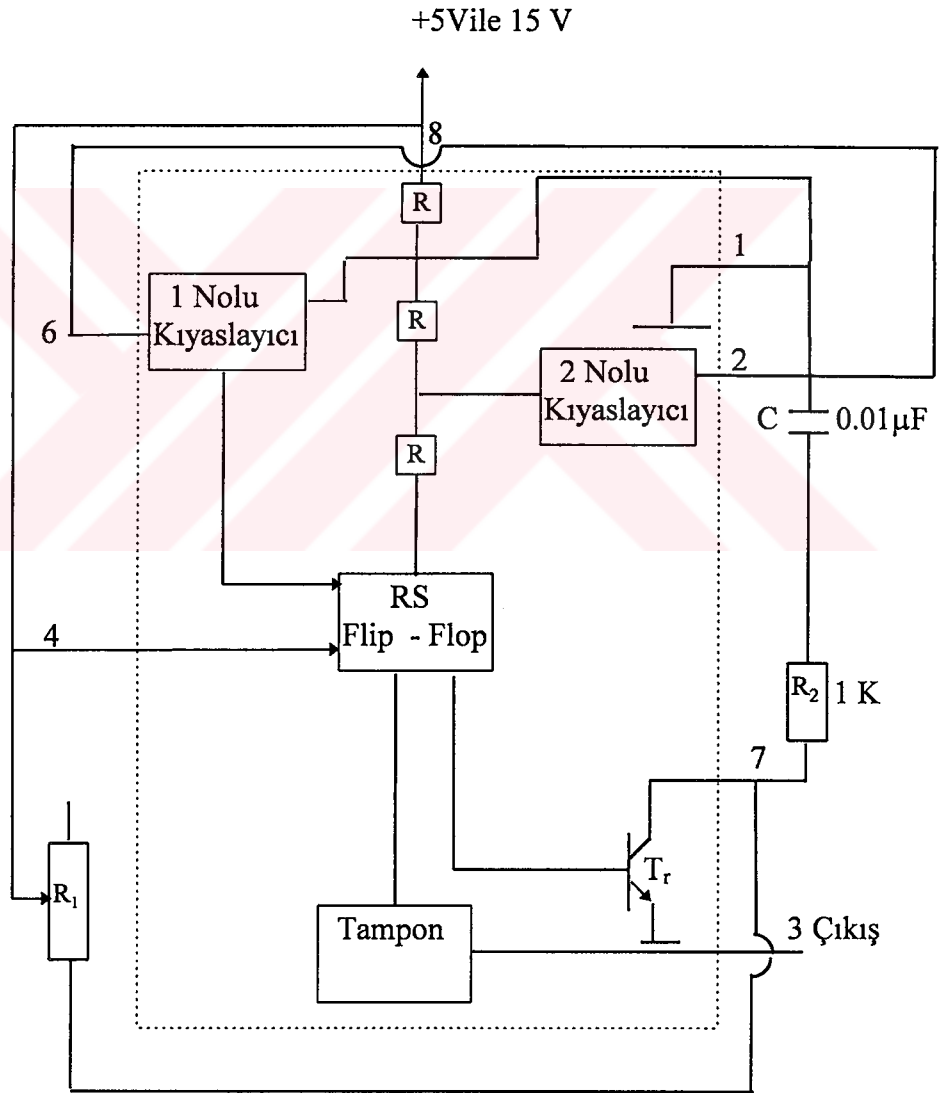


Şekil 3.2. 555 Entegresinin görünüşü



Şekil 3.3. 555 Entegresinin kare dalga osilatörü olarak kullanılışı

Şekil 3.3' deki kare dalga osilatör devresinde tetikleme girişine kısa bir süre için '0' (sıfır) geldiği kabul edilirse 2 nolu uç kıyaslayıcı çıkışı değişir ve RS flip-flop tetiklenerek  $T_r$  transistörünü kesime sokar. Bu durumda C kondansatörü potansiyometre üzerinden dolmaya başlar. 3 Nolu çıkış ucunda ise '1' mantık işareti görülür. C kondansatörü üzerindeki gerilim (5 voltluk kaynak gerilimi için) 3,3 volta ulaştığında 1 nolu kıyaslayıcı gerilimi ile RS flip-flop tetiklenir.  $T_r$  transistörü doyuma giren C kondansatörünü boşaltır. Bu sırada 3 nolu çıkış ucu sıfır olmuştur. Şekil 3.3 deki blok diyagramının detayları şekil 3.4' te gösterilmiştir.



Şekil 3.4. 555 Entegresinin kare dalga osilatörü olarak kullanılmasının açık şeması

Şekil 3.4' ten görüldüğü gibi başlangıçta C kondansatörü boş ve 3 nolu çıkış ucu '1' durumda olsun. +5 Volt besleme gerilimi devreye bağlandığında C kondansatörü potansiyometre ve  $R_2$  direnci üzerinden dolmaya başlar C kondansatörü üzerindeki gerilim  $5 \cdot (2/3) = 10/3$  volta ulaştığında 1 nolu kıyaslayıcı çıkışı değişir ve RS flip - flopu tetiklenir, çıkış '0' olur,  $T_1$  transistörü çalışır. Bu durumda  $10/3$  volta ulaşmış olan C kondansatörü  $R_2$  direnci ve transistör üzerinden boşalmaya başlar. C üzerindeki gerilim  $5/3$  volta indiğinde 2 nolu kıyaslayıcı çıkışı değişir ve RS flip - flop tetiklenir; çıkış 1 olur. Transistör kesime girer C tekrar dolmaya başlar. Üzerindeki gerilim  $10/3$  volta ulaştığında çıkış tekrar '0' olur. Transistör çalışır ve C' yi boşaltmaya başlar. Bu şekilde sürüp giden çalışma sonunda çıkışta kare dalga veya (rectangular) elde edilir. Çıkışın kare dalga şeklinde olabilmesi için dolma ve boşalma yollarındaki direnç miktarının aynı olması gerekir. Devreye bakıldığında dolma yolu üzerinde  $R_1+R_2$  boşalma yolu üzerinde ise  $R_2$  direnci olduğu görülür.

Şu halde  $R_2$  direncinin  $R_1$  den çok daha büyük seçilmesi halinde çıkışta kare dalgaya oldukça yakın bir şekil elde edilir. Şekil 3.4 ' deki devrenin çalışma frekansı;

Dengesiz multivibratörde [1982 YÜCEÖZSOY Muammer /Aselsan]

$$\text{Kondansatör dolma süresi ; } t_{CS} = 0.69 \cdot (R_1 + R_2) \cdot C \quad (3.1)$$

şeklinde ve

$$\text{Kondansatör boşalma süresi ; } t_{Cd} = 0.69 \cdot C \cdot R_2 \quad (3.2)$$

olarak bulunur. Kare dalga periyodu ise;

$$T = 0.69 \cdot (R_1 + R_2) \cdot C + (0.69 \cdot R_2) \cdot C = 0.69 \cdot (R_1 + 2 R_2) \cdot C \quad (3.3)$$

verilmiştir. Denklem (3.3)' den dalga periyodu;

$$T = 1 / f \quad \text{ise} \quad f = 1/T \quad (3.4)$$

$$f = 1/T = 1/[0.69 \cdot (R_1 + 2R_2) \cdot C] \quad (3.5)$$

$$f = 1.44 / [(R_1 + 2R_2) \cdot C] \quad (3.6)$$

Olarak bulunur.  $R_1$  ,  $R_2$  ve  $R_1+R_2$  değerleri belirli sınırlar arasında alınırsa 555 entegresi çıkışına düzgün kare dalga verir. [1982 YÜCEÖZSOY Muammer/Aselsan]

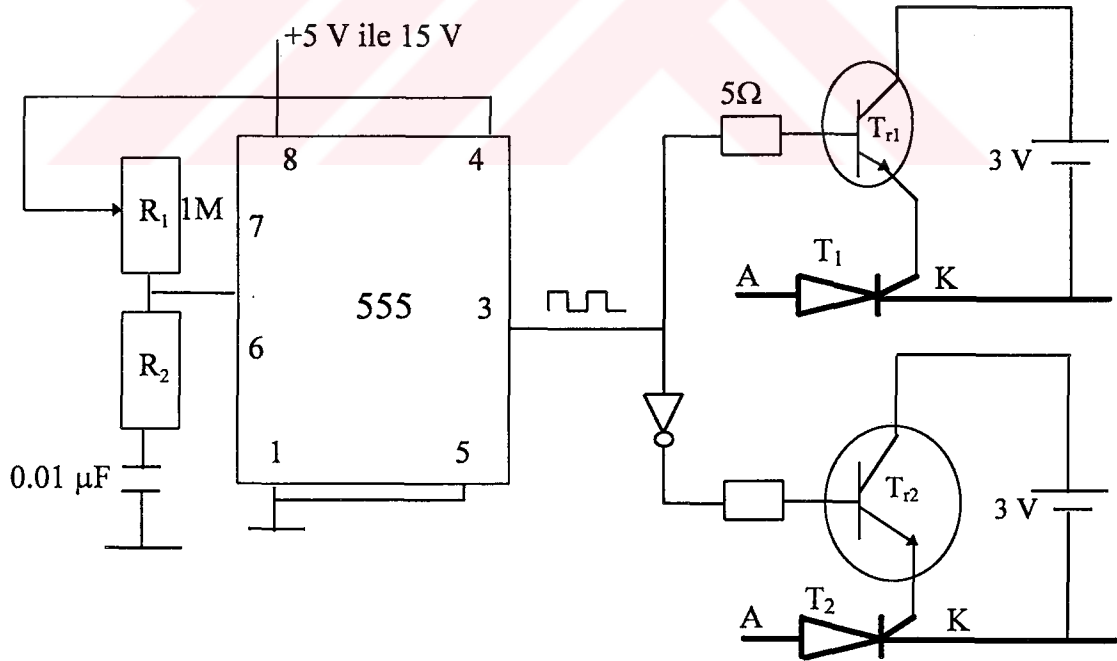
$$R_1 + R_2 < 3.3 \text{ m}\Omega.$$

$$R_1 > 1 \text{ k}\Omega.$$

$$R_2 > 1 \text{ k}\Omega.$$

Kondansatörün minimum değeri 500 pF alınır ve diğer değerler eğer bu sınırlar arasında seçilirse 555 entegresinin ürettiği dalganın, tam bir kare dalga olması sağlanabilir. Demekki kare dalga elde edilebilmesi için kullanılan direnç ve kondansatör belirli değerler arasında seçilmelidir.

### 3.2. Tetikleme Devresinin Tasarlanması



Şekil 3.5. Tristörleri tetikleme devresi

Şekil 4.3' deki devre DA kıyıcı devresinin kontrolünü yapmak için tasarlanmıştır. Çalışması, 555 entegresinin çıkışındaki kare dalga 5  $\Omega$  direnç üzerinden  $T_{r1}$  transistörünün baz'ına uygulanır. Ayrıca 555 entegresinin çıkışındaki kare dalganın evrilmiş  $T_{r2}$  transistörünün baz'ına uygulanır. Bu şekilde transistörlerin ikiside birbiriyle senkron çalışır.  $T_{r1}$  iletimde olduğu zaman  $T_{r2}$  kesimde olacak,  $T_{r2}$  iletimde olduğu zaman  $T_{r1}$  kesimde olacaktır. Transistörlerin iletim ve kesim süresini  $R_1$  ayarlı direnci ile oynayarak değiştirilebilir. Ayarlı dirençte değişiklik yapıldığında, çıkıştaki kare dalganın frekansı değişir. 555 entegresinin çıkış akımı bir kaç yüz mA olduğu için çıkışı direk tristörlerin kapısına uygulanmamıştır. Eğer tristörlerin kapısına kare dalga direk uygulanırsa tristörler tetiklenmeyecektir.

Tasarlanan devrede kullanılan tristörleri tetiklemek için kapısından 0,6-1 A arası akımın akıtılması üretici firma tarafından katalogta belirtilmiştir. Transistörler kullanılarak 555 entegresinden çıkan akım değeri yükseltilmiştir. 555 entegresinin üretmiş olduğu kare dalga 3-5 volt arası olduğundan transistörlerin bazına direnç bağlanarak transistörlerin emniyetli çalışması sağlanmıştır.

## BÖLÜM 4

### TASARLANAN DEVRE İÇİN GEREKLİ HESAPLAMALAR

Bu bölümde tasarlanan devrenin eleman seçimleri için gerekli hesaplar yapılacaktır. Elektrik devreleri tasarlanırken elemanların hesaplanarak seçilmesi gerekmektedir. Tezdeki devre tasarımında bazı bilgileri baz seçerek eleman seçimine gidilecektir. Tasarlanan devre 20 kVA'lık bir 3 fazlı kontrolsüz tam dalga doğrultucu ile çalışacak DA ayarlayıcısı devresidir. Yani AA-DA dönüştürücüsü ve DA-DA dönüştürücüsü birlikte tasarlanmaktadır. Şebekeden devreye uygulanacak gerilim 380 V dur. Şebeke frekansı 50 Hz dir. Bu bilgileri baz aldıktan sonra diğer elemanların seçilmesi gerekir. Ana devrede kullanılan elemanlar sıralanırsa.

- 1- Transformator
- 2- Doğrultucu diyotlar , Söndürme diyodu ve Serbest geçiş diyodu
- 3- Tristörler
- 4- Filtre kondansatörü, Söndürme kondansatörü
- 5- Şok Bobini , Söndürme bobini

Devrede kullanılan transformator 380/380 dönüşümü yapan Y-Y bağlı 20 kVA gücünde, kuru tip hava soğutmalı üç fazlı tipte bir transformatordur. Transformator üreten bir firmaya, istenilen özelliklere sahip transformator sardırılabilir. Devre tasarımında transformator için herhangi bir hesap yapılmamıştır.

Bu bölümde devrede oluşacak kayıplarda hesaplanacaktır. Yarı iletkenler için soğutucu hesaplamaları yapılırken. Ortak bağlı yarı iletken elemanların sadece birisi için hesaplama yapılacaktır. Bulunan soğutucunun değeri ortak çalışan yarı iletken sayısı ile çarpılarak toplam soğutucunun değeri bulunmuştur.

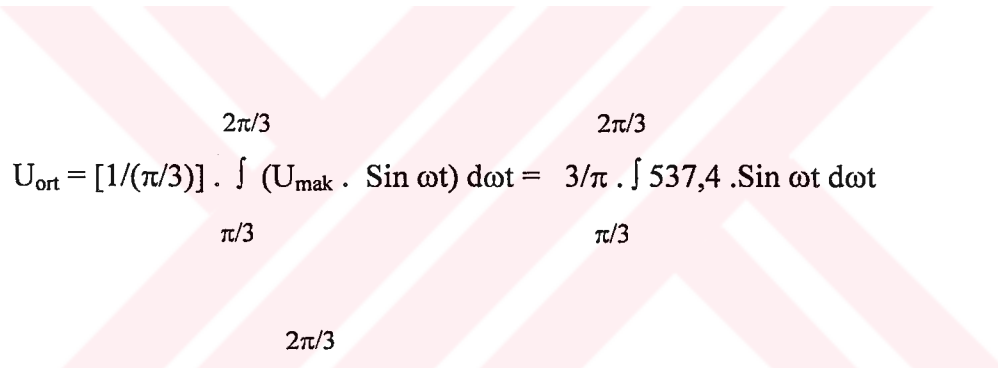
Tasarlanan devrede soğutucu hesaplanması, devrede üzerinden en yüksek akım akıtan yarı iletken için yapılmıştır. Bu şekilde yapılan soğutucu hesaplanması devrenin emniyetli bir şekilde çalışmasını sağlayacaktır.

#### 4.1. Tristörlerin Seçimi

Tasarlanan DA kıyıcı devresi için bilinen veriler  $S=20$  kVA şebeke gerilimi 380 Volt şebeke frekansı 50 Hz dir. Şebeke gerilimi doğrultulduğu için tristörlere uygulanacak gerilimin değeri yükselmektedir. Öncelikle şekil 2.27 (a)' dan yararlanarak tristörlere uygulanacak gerilimin değeri bulunursa [Şekil 2.27 (b)]

$$U_{\text{mak}} = 380 \cdot \sqrt{2} = 537,4 \text{ V olur.}$$

Tasarlanacak devrede filitre kondansatörü olmasaydı, tristörlere uygulanacak gerilimin değişimi Şekil 2.27 (a) 'daki gibi olurdu. Tasarlanan devrede filitre kondansatörü olmadığı düşünülürse gerilimin ortalama değeri ;


$$U_{\text{ort}} = [1/(\pi/3)] \cdot \int_{\pi/3}^{2\pi/3} (U_{\text{mak}} \cdot \sin \omega t) d\omega t = \frac{3}{\pi} \cdot \int_{\pi/3}^{2\pi/3} 537,4 \cdot \sin \omega t d\omega t$$
$$U_{\text{ort}} = 513,4 \cdot \left[ -\cos \omega t \right]_{\pi/3}^{2\pi/3} = 513,4 \cdot [-\cos(2\pi/3) + \cos(\pi/3)]$$

$$U_{\text{ort}} = 513,4 \cdot (0,5+0,5) = 513,4 \text{ V}$$

Tasarlanan devrede filitre kondansatörü olmadığı kabul edilerek gerilimin ortalama değeri bulundu. Tasarlanan devreye yeterli kapasitede filitre kondansatörü bağlanırsa gerilimin değişimi şekil 2.27 (b)'deki gibi olacaktır. Şekil 2.27 (b)'den yararlanarak tristörlere uygulanacak gerilimin değeri bulunacak olunursa;

$$U_{\text{mak}} = U_{\text{ort}} = U_{\text{eff}} = \sqrt{2} \cdot 380 = 537,4 \text{ V bulunur.}$$

Tasarlanan devre için ;

$$S = 20 \text{ kVA} \quad \text{Cos } \varphi = 0,75 \text{ ise} \quad P = S \cdot \text{Cos } \varphi = 20 \cdot 0,75 = 15 \text{ kW}$$

Tasarlanan devre için iki çalışma gerilimi hesaplandı. filtre kondansatörü devreye bağlı deyilken  $U = 513,4 \text{ V}$  ve filtre kondansatörü devreye bağlı iken  $U = 537,4 \text{ V}$  bu her iki gerilimler için tristörler seçilirse;

$$U = 513,4 \text{ V için} \quad S = U \cdot I \text{ ise} \quad I = 20000 / 513,4 = 38 \text{ A}$$

$$U = 537,4 \text{ V için} \quad I = 20000 / 537,4 = 37,2 \text{ A}$$

Bulunan her iki akım değerleri yaklaşık eşit olduğu sonuçlardan görülmektedir. Tasarlanan devrenin emniyetli çalışması için büyük olan akım gözönüne alınmalıdır.

Tristörleri emniyetli çalıştırmak için emniyet katsayısı 1,3 seçilirse ;

$$U = 513,4 \text{ Volt için} \quad I_T = 38 \cdot 1,3 = 49,4 \text{ A}$$

$$U_T = 513,4 \cdot 1,3 = 667,4 \text{ V}$$

$$\text{Emniyet katsayısı 2 için} \quad U_{RRM} = 667,4 \cdot 2 = 1334 \text{ V}$$

$$U = 537,4 \text{ Volt için} \quad I_T = 37,2 \cdot 1,3 = 48,3 \text{ A}$$

$$U_T = 537,4 \cdot 1,3 = 698 \text{ V}$$

$$\text{Emniyet katsayısı 2 için} \quad U_{RRM} = 698 \cdot 2 = 1396 \text{ V}$$

Tasarlanan bu devrede kullanılan tristör CS 35 tipinde olup akım ve gerilim değerleri,

$$I_{Teff} = 120 \text{ A}$$

$$I_{Tort} = 75 \text{ A}$$

$$U_{RRM} = 800 - 1400 \text{ V}$$

şeklindedir.



Görüldüğü gibi tasarımda kullanılan tristör akım ve gerilimleri hesaplanan her iki değerinde üzerinde olduğundan bu tristörler devrede emniyetli bir şekilde kullanılabilir. Tasarlanan devrede akabilecek maksimum akım göz önüne alınarak tristör seçimi yapıldığından, bulunan değerler diyodlar içinde kabul edilebilir. Devrede kullanılacak diyodun tipi ise DS 35 'dir . Akım ve gerilim değerleri ;

$$I_{\text{eff}} = 80 \text{ A}$$

$$I_{\text{ort}} = 52 \text{ A}$$

$$U_{\text{RRM}} = 800 - 1800 \text{ V}$$

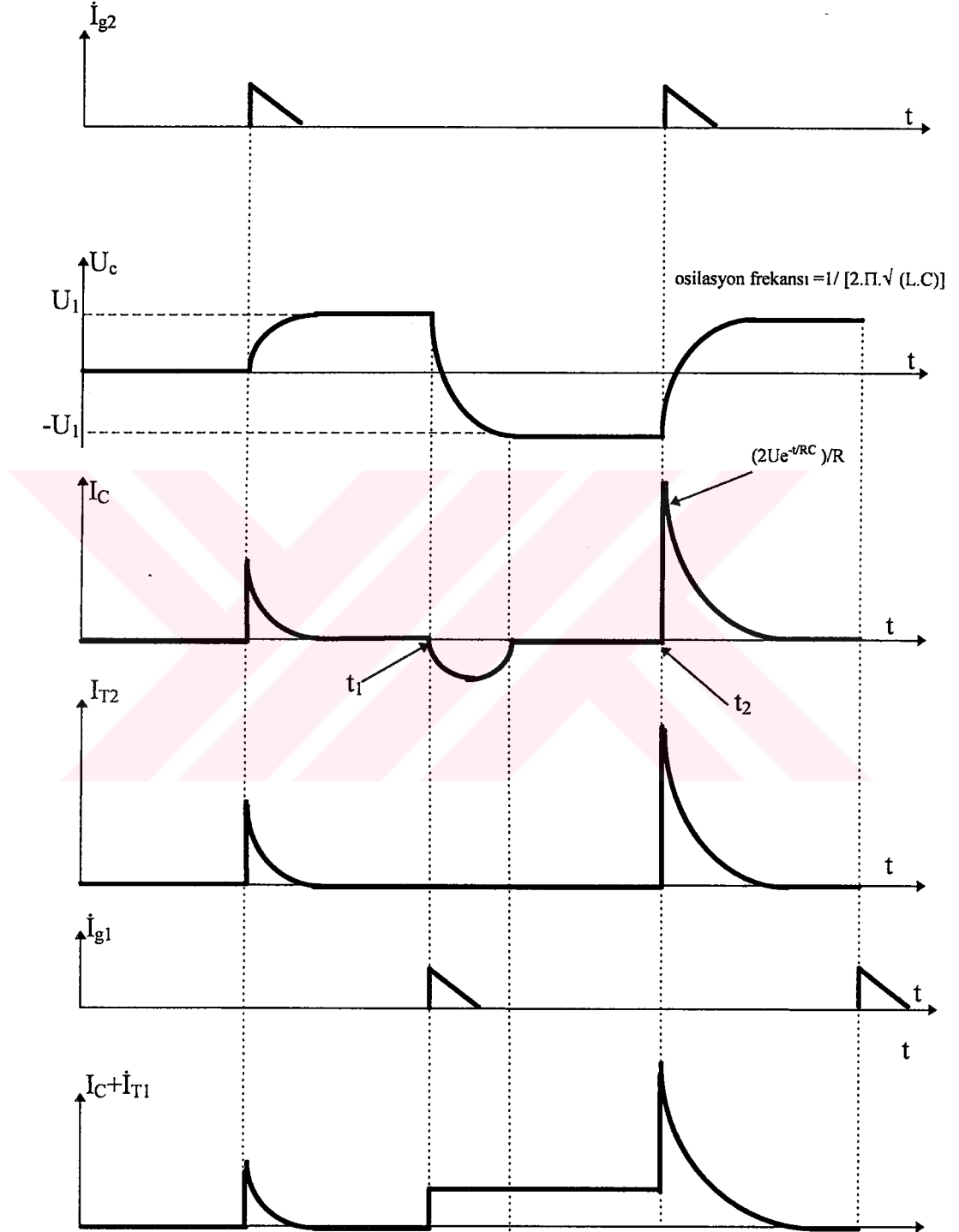
şeklindedir.

Hesaplamalardan diyodların emniyetli bir şekilde çalışabilmesi için üzerinden akıtılacak akımın değeri 50 amperdir. Dayanabileceği gerilimin değeride 500 V olmalıdır. Kullanılacak diyodlar bu değerlerin üzerinde olduğundan, güvenli olarak çalışırlar.

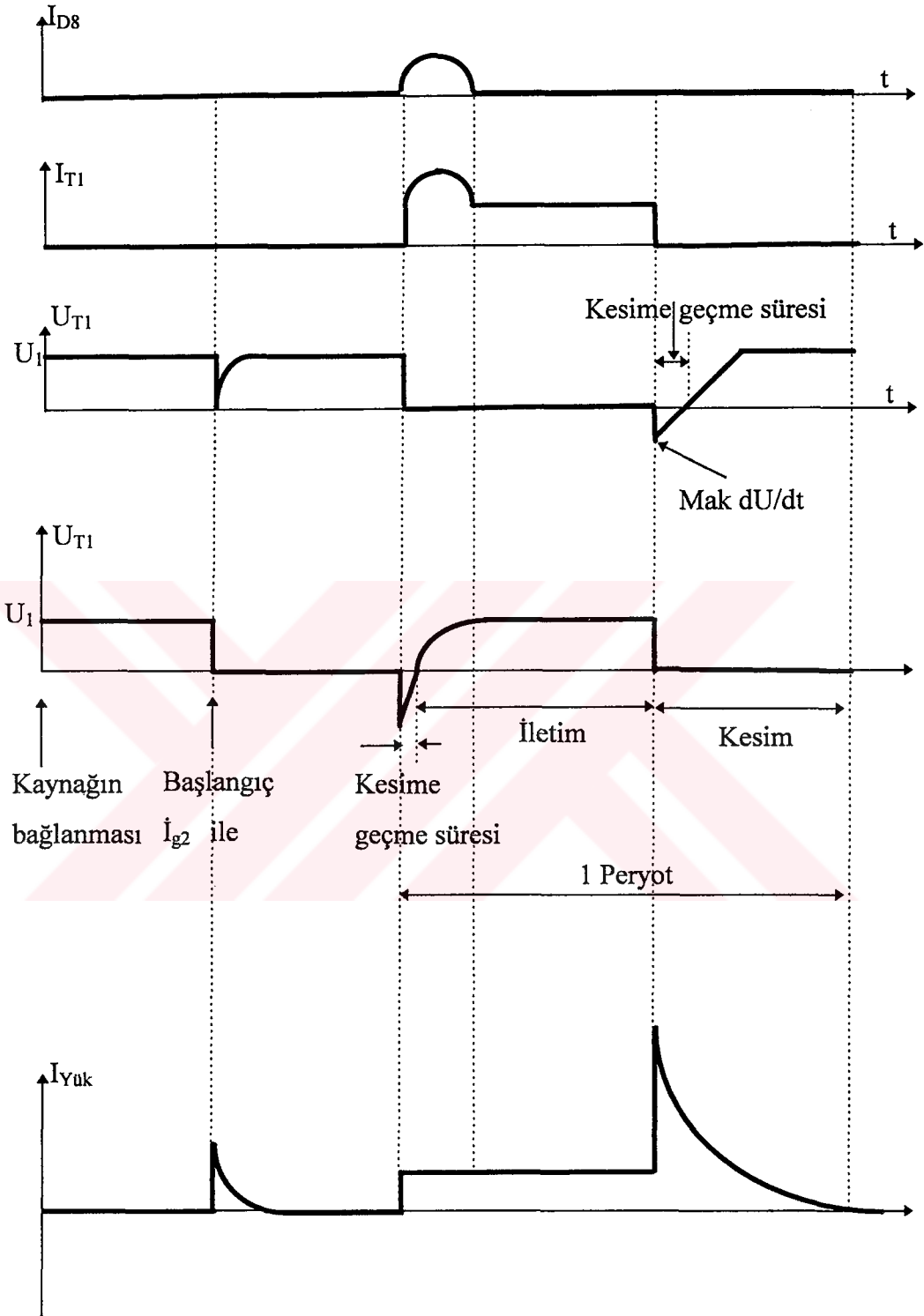
Genelde 1,1 olan emniyet katsayısı yerine, tasarlanan devrenin daha güvenli bir şekilde çalışmasını sağlamak amacıyla emniyet katsayısı 1,3 alınmıştır. Emniyet katsayısı ne kadar büyük alınırsa devre o kadar emniyetli çalışır. Fakat emniyet katsayısının büyük alınması kurulacak devrenin maliyetini artıracaktır. Bu nedenle emniyet katsayısı için optimum bir değer alınır. Tasarlanacak devrenin sorunsuz çalışabileceği enküçük emniyet katsayısı alınabilir. Böylece hem maliyet düşürülmüş ve hemde devrenin emniyetli bir şekilde çalışması sağlanır.

Devreye ait yarı iletkenlerin seçimi yapıldıktan sonra, Yarı iletkenler için gerekli olan hesaplamaların yapılabilmesi için devreye ait elemanlar üzerinde görülen dalga şekilleri şekil 4.1' de çizilmiştir. Böylece hesaplamalar için gerekli olan bazı bilgileri çizilecek dalga şekillerinden yararlanılarak elde edilebilir.

## 4.2. Devreye Ait Dalga Şekilleri



Şekil 4.1. Tasarlanan devre elemanları üzerindeki dalga şekilleri



Şekil 4.1. Tasarlanan devre elemanları üzerindeki dalga şekilleri

### 4.3. Tasarlanan Devre İçin Gerekli Hesaplamalar

$C_2$  söndürme kondansatörünün hesaplanması için,  $T_2$  tristörünün tetiklendiği an göz önüne alınırsa bu durumda  $U_{c2} = -U_1$ 'dir. Kapasite uçlarındaki gerilim şekil 2.26' dan

$$U_{c2} = U_1 + (A \cdot e^{-t/\tau}) \quad (4.1)$$

dir.  $t=0$  olarak alınırsa ;

$$U_{c2} = U_1 + A \quad (4.2)$$

$T_2$  tristörü tetiklendiğinde  $U_{c2} = -U_1$  olacağından;

$$-U_1 = U_1 + A \quad (4.3)$$

olur. Buradan  $A = -2U_1 = -2 \cdot 537,4 = -1074,8$

bulunur.

Tristörlerin kesime girme süresi  $t_q = 100 \mu s$  (katalogtan) dir.

$t = 100 \mu s$  sonra  $U_{c2} = 0 V$  olur. Denklem (4.1)' den

$$0 = 537,4 - (1074,8 \cdot e^{-0,0001/\tau})$$

$$537,4 = 1074,8 \cdot e^{-0,0001/\tau}$$

$$e^{-0,0001/\tau} = 0,5$$

$$\ln 0,5 = 0,0001/\tau$$

$$\tau = 0,0001/0,69 \quad \text{ise} \quad \tau = 1,4 \cdot 10^{-4}$$

$\tau = R \cdot C$  dir. Devreye bağlanacak yükün direnci yaklaşık  $12 \Omega$  alınırsa;

$$1,4 \cdot 10^{-4} = 12 \cdot C \quad \text{Buradan ; } C = 11 \mu\text{F} \text{ bulunur.}$$

$T_1$  tristörünün tetiklendiği andan itibaren  $C_1$ ,  $T_1$ ,  $L_1$  ve  $D_8$  elemanlarından oluşan bir osilasyon devresi çalışmaya başlar.  $T_2$  tristörünün kesime geçme zamanı bu osilasyon periyodunun yaklaşık  $\frac{1}{4}$  ' ü kadar olmalıdır [KASAPOĞLU 1989]. Aksi takdirde  $T_2$  tristörü sönmeyeceğinden tasarlanan devredeki  $L_1$  bobinini oluşturduğu zıt emk  $T_2$  tristörü üzerinden boşalacaktır. Bu bilgilerden devredeki  $L_1$  bobinini değeri bulunabilir.

$$\text{Osilasyon frekansı } (f_{os}) = 1/[2 \pi \cdot \sqrt{(L_1 \cdot C_2)}] \quad (4.4)$$

$$\text{Periyot } (T_{os}) = 1/f_{os}$$

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{(L_1 \cdot C_2)}$$

$$t_q = 100 \mu\text{s} \text{ olduğundan;}$$

$$2\pi \cdot \sqrt{(L_1 \cdot C_2)} = 4 \cdot 10^{-4} \quad \text{Buradan} \quad \sqrt{(L_1 \cdot C_2)} = (4 \cdot 10^{-4}) / 2\pi$$

$$\sqrt{(L_1 \cdot C_2)} = 0,636 \cdot 10^{-4} \quad \text{ise} \quad (L_1 \cdot C_2) = 0,4 \cdot 10^{-4}$$

$$L_1 = (0,4 \cdot 10^{-8}) / (12 \cdot 10^{-6}) = 0,033 \cdot 10^{-2} \text{ mH. olur.}$$

$L$ ,  $C$  devresindeki osilasyon akımının tepe değeri ; enerji sakınımı prensibine göre;

$$\frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2 \quad (4.5)$$

$$12 \cdot 10^{-6} \cdot (537.4)^2 = 0.33 \cdot 10^{-3} \cdot I^2$$

$$12 \cdot 10^{-3} \cdot 288798 = 0.33 \cdot I^2$$

$$I^2 = 10501$$

$I = 102$  Amper olarak bulunur.

Osilasyon akımları çok kısa süreli geçerlidir. Normalde devrenin kararlı çalışma akımı

$$I = 537.4 / 12 = 44.7 \text{ Amperdir.}$$

Osilasyon akımı tüm devrelerde vardır. Çünkü kondansatörlerin ani devreye girmesi veya çıkması, anahtarların ani kapanması veya açılması bir osilasyon akımı oluşturur. Bu osilasyonlardan dolayı oluşan akım veya gerilimlerin süreleri çok kısa olduğu için genelde cihazlara zarar vermez. Eğer osilasyondan dolayı oluşan akım veya gerilimin devre üzerindeki etkisi uzun sürerse devrelere aşırı değerlerde zarar verir, hatta devreyi yakabilir.

Devre için hesaplama yaparken tristörlerin teker teker iletimleri göz önüne alınır. Bundan dolayı Öncelikle  $T_1$  tristörünün iletimde olduğu düşünülürse gerekli olan hesaplamalar;

### **$T_1$ Tristörü için**

$T_1$  tristörünün kararlı halde 44.7 Amper akım akıttığı bulunmuştu.  $T_1$  üzerinden geçecek maksimum akım ise osilasyon akımı ile kararlı haldeki akımın toplamıdır.

$$\text{Kararlı Hal Akımı} = 44,7 \text{ Amper.}$$

$$\text{Maksimum Akım} = 44,7 + 102 = 146,7 \text{ Amperdir.}$$

LC osilasyon esnasında ilave kayıplar için, enerji

$$\text{Isıl enerji} = (R \cdot I^2 \cdot t) \quad (4.6)$$

dir.

Minimum iletim süresi osilasyon periyodunun yarısıdır.

$$T/2 = 4 \cdot 10^{-4} / 2 = 2 \cdot 10^{-4}$$

$$= R_T \cdot \int_0^{2 \cdot 10^{-4}} [(44,7 + 102 \cdot \sin \omega t)^2 - 44,7^2] dt$$

$$= R_T \cdot \int_0^{2 \cdot 10^{-4}} (1998 + 9118 \cdot \sin \omega t + 10404 \sin^2 \omega t - 1988) dt$$

$$= R_T \cdot \left[ (-9118 \cdot \cos \omega t) / \omega + 5202 \cdot \left[ t - (\sin 2\omega t) / 2\omega \right] \right] \Big|_0^{2 \cdot 10^{-4}}$$

Burada :  $\omega = 1/\sqrt{L \cdot C}$  ise  $\omega = 1/\sqrt{(0,33 \cdot 12 \cdot 10^{-9})}$

$$\omega = 10^5 / \sqrt{39,6} = 15873 \text{ rad/sn Olur.}$$

$$= R_T \cdot [-0,57 \cdot \cos 3,1 + 5202 \cdot [2 \cdot 10^{-4} - (\sin 6,3) / 31746]]$$

$$= R_T \cdot (0,56 + 1 - 0,0000005)$$

$$= 3,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5 = 5,2 \cdot 10^{-3} \text{ joule}$$

Tristörün kontrol ettiği akımın frekansının 200 Hz olduğu çalışma için ilave kayıp güç;

$$P_{\text{ilave}} = 5,3 \cdot 10^{-3} \cdot 200$$

$$P_{ilave} = 1 \text{ watt}$$

$T_1$ ' in sürekli iletimde bulunmasında kayıp güç;

$$P_{kayıp} = I^2 \cdot R_T \quad (4.7)$$

$$P_{kayıp} = 44,7^2 \cdot 3,5 \cdot 10^{-3} = 7 \text{ Watt}$$

$T_1$  tristörünün sadece iç direncinden dolayı meydana gelen kayıp güç 7 watttır. İlave kayıplarda hesaplanıp, 7 W güç kaybı ile toplanarak tristör için toplam kayıplar bulunmuş olur. Tristör için  $dU_A/dt$  ise, tristöre iletim ve tıkama yönünde gelecek tepe gerilim değeri 537,4 volt olursa, tristör için  $dU_A/dt$  ;

$$dU_A/dt = (2U/\tau) \cdot e^{-t/\tau} \quad (4.8)$$

$$U=537,4 \text{ Volt ;}$$

$$\tau = R \cdot C \text{ olduğundan} \quad \tau = 12 \cdot 12 \cdot 10^{-6}$$

$$\tau = 1,44 \text{ ms} = 1440 \mu\text{s} \quad t = 100 \mu\text{s} \text{ olduğunda ;}$$

$$dU_A/dt = (2 \cdot 537,4 \cdot e^{-100/1440}) / 1440$$

$$dU_A/dt = 1152/1440 = 0,8 \text{ V}/\mu\text{s} \text{ bulunur.}$$

Tasarlanan devrede kullanılan tristörün  $di/dt = 150 \text{ A}/\mu\text{s}$  olduğu ilgili üretici kataloglarından belirlenmiştir. Akımın yükselmesini engellemek için kaynak tarafına bağlanması gerekli olan bobinin değeri;

$$i(t) = U/R (1 - e^{-t/\tau}) \quad (4.9)$$

$$L = U / (di/dt)_{t=0} \quad (4.10)$$

$$L = 537,4 / 150 = 3,5 \mu\text{H}$$



## T<sub>2</sub> Tristörü İçin ;

Kararlı akım T<sub>2</sub> tristörü için hesaplandığında, T<sub>1</sub> tristöründen geçen kararlı akımın iki katı olduğu görülür (Şekil 4.1 ). Bu nedenle T<sub>2</sub> tristörünün kararlı akımı

I<sub>T2</sub> = 2 . 44,7 = 89,4 Amper olur. Bir periyot için tristördeki enerji kaybı ise;

$$E_k = R_T \cdot \int_0^{\infty} (89,4 e^{-t/\tau})^2 dt = R_T \cdot (-7992,36 \cdot (\tau/2) \cdot e^{-t/\tau} \Big|_0^{\infty})$$
$$= R_T \cdot 0,58 \quad \text{Joule}$$

200 Hz'de çalışmada ortalama kayıp güç

$$0,58 \cdot R_T \cdot 200 = 116 \cdot R_T$$

$$116 \cdot 3,5 \cdot 10^{-3} = 0,4 \quad \text{watt olur.}$$

$$\text{Efektif akım} = \sqrt{116} = 10,77 \text{ Amper}$$

$$U = -537,4 \cos \omega t \quad \text{olduğundan.}$$

$$dU/dt = 537,4 \cdot \omega \cdot \sin \omega t = [537,4 / (\sqrt{L \cdot C})] \cdot \sin \omega t$$

$\omega t = \pi/2$  de maksimum değere ulaştığından ;

$$dU/dt = 537,4 / \sqrt{(0,33 \cdot 12 \cdot 10^{-9})} = 537,4 / (6,3 \cdot 10^{-5}) = 8,5 \text{ V}/\mu\text{s}$$

İlgili üretici kataloğundan  $di/dt = 150 \text{ A} / \mu\text{s}$  olduğu belirlenmiştir. Kaynak tarafına bağlanacak bobinin değeri ;

$$2U = L \cdot di/dt$$

$$di/dt \text{ maksimum} = 150 \cdot 10^{-6} = (2 \cdot 537,4) / L$$

$$L = 1074,8 / (150 \cdot 10^{-6}) = 7 \mu\text{H} \text{ değerinde endüktans bulunmalıdır.}$$

**D<sub>7</sub> Diyodu için:**

$$\begin{aligned} E_K &= R_D \cdot \int_0^{2 \cdot 10^{-4}} (102 \cdot \sin \omega t)^2 dt = R_D \cdot 10404 \cdot \int_0^{2 \cdot 10^{-4}} \sin^2 \omega t dt \\ &= R_D \cdot (10404/2) \cdot \left[ t - (\sin 2\omega t) / 2\omega \right]_0^{2 \cdot 10^{-4}} \\ &= R_D \cdot 5202 \cdot [2 \cdot 10^{-4} - (\sin 31746 \cdot 2 \cdot 10^{-4}) / (2 \cdot 15873)] \\ &= R_D \cdot 5202 \cdot (2 \cdot 10^{-4} - 0,0000005) = 1,03 \cdot R_D \\ &= 1,03 \cdot 4,5 \cdot 10^{-3} = 0,0046 \text{ Jole} \end{aligned}$$

Diyodun ilettiği akımın frekansı, 200 Hz çalışma durumunda ortalama güç kaybı;

$$P_{\text{kayıp}} = 1,03 \cdot R_D \cdot 200 = 206 \cdot 4,5 \cdot 10^{-3} = 0,9 \text{ Watt olur.}$$

$$I_{\text{eff}} = \sqrt{206} = 14,3 \text{ Amper.}$$

DA kıyıcısının minimum iletim ve kesim süreleri minimum iletim süresi LC osilasyon periyodunun yarısı olduğundan;

$$T/2 = \pi \cdot \sqrt{L \cdot C} = \pi \cdot \sqrt{(12,3 \cdot 3 \cdot 10^{-10})} = 19,76 \cdot 10^{-5} = 200 \mu\text{s}$$

Minimum kesim süresi C kapasitesinin 0,8.U değerini alması için geçecek zaman kadardır. Yani

$$U - 2U \cdot e^{-t_q/\tau} = 0,8 \cdot U \quad (4.11)$$

$$537,4 - 2 \cdot 537,4 \cdot e^{-t_q/0,00144} = 0,8 \cdot 537,4 \text{ ise } 107,4 = 1074,8 e^{-t_q/0,0014}$$

$$t_q = 139 \mu\text{s bulunur.}$$

#### 4.4. Tristör Kayıplarının Hesaplanması

Tristör Özdeğerleri :

$$U_{T1} = 1.5 + (0.0035 \cdot i) \text{ Volt}$$

$$U_{T2} = 1.5 + (0.0035 \cdot \dot{I}) \text{ Volt}$$

$$I_H = 80 \text{ mA}$$

Diyodların Özdeğerleri :

$$U_D = 1.55 + (0.0045 \cdot i) \text{ Volt}$$

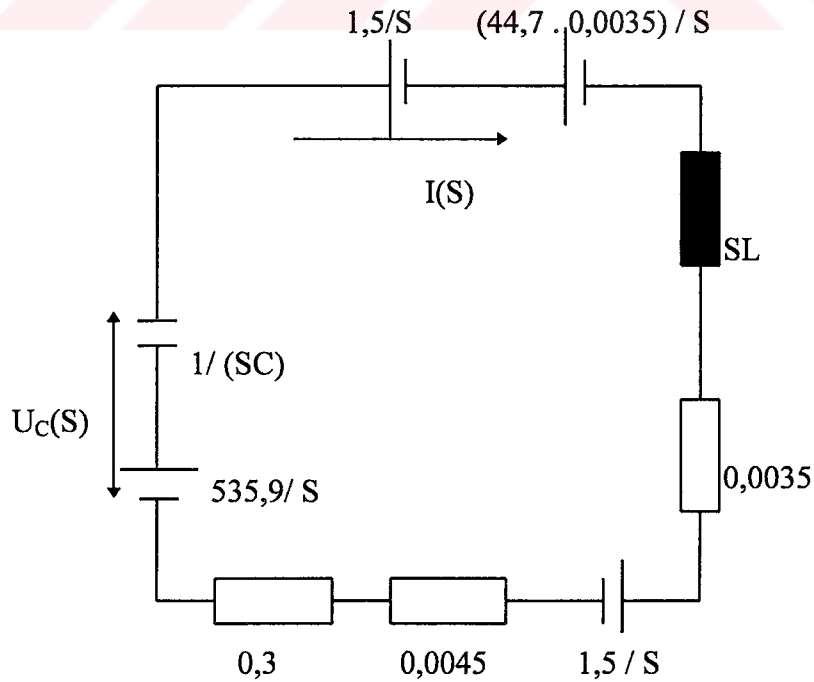
$$R_L = 0,3 \Omega$$

Burada ;  $U_{T1}$  ,  $U_{T2}$  : Tristörler üzerindeki toplam gerilim düşümü;  $I_H$  : Tutma akımı  $U_D$ : Diyod üzerindeki toplam gerilim düşümü  $R_L$ : Tasarlanan devredeki bobinlerin omik bileşen direncidir.

Önce  $T_2$  ' nin tetiklendiği kabul edilirse, kapasite uçlarındaki gerilim .

$$U_c = 537.4 - 1.5 = 535,9 \text{ Volt ;}$$

Daha sonra  $T_1$  tetiklendiğinde  $C_2$  ,  $T_1$  ,  $L_1$  ve  $D_8$  ' den oluşan devre için, Şekil 2.26' dan görüldüğü gibi, devre denklemleri S domeninde yazılırsa ;



Şekil 4.2. Şekil 2.26'daki devrede  $T_1$  ilettiği durumda eşdeğer devre modeli

Şekil 4.2' den S domeninde çevre denklemi yazılırsa

$$(-535,9/S) + (3,156 / S) + [LS + (1/SC) + 0,308]. I(S) = 0$$

$$I(S) = (532,7.C) / (L.C.S^2 + 0,308CS + 1) \quad (4.12)$$

$$U_c(S) = (535,9 / S) - I(S) / (C.S) \quad (4.13)$$

(4.12), (4.13)' de yerine konulursa;

$$U_c(S) = (535,9 / S) - I(S) / CS$$

$$U_c(S) = (535,9/S) - (1/CS) \cdot [532,7C / (L.C.S^2 + 0,308.S.C + 1)]$$

$$U_c(S) = (535,9/S) - [(532,7) / S.(L.C.S^2 + 0,308.C.S + 1)]$$

$$U_c(S) = (535,9/S) - [(532,7/L.C) / S.(S^2 + (0,308.S/L) + 1/L.C)]$$

$$U_c(S) = (535,9/S) - [(532,7/33.10^{-5}.12.10^{-6}) / S.(S^2 + (0,308.S/33.10^{-5}) + 1/(33.10^{-5}.12.10^{-6}))]$$

$$U_c(S) = (535,9/S) - 134.10^9 / S.(S^2 + 933.S + 252525252)$$

$$S^2 + 933S + 252525252 = 0$$

$$S_1 = -466 + 15884j \quad a = 466$$

$$S_2 = -466 + 15884j \quad \omega = 15884$$

$$134.10^9 / S.(S^2 + 933S + 252525252) = A/S + B/(S^2 + 933S + 252525252)$$

$$A = 134.10^9 / 252525252 = 530,6$$

$$B = 134.10^9 / (-466 + 15884j) = 134.10^9 / 15890 \angle -89^0 = 8432976 \angle 89^0$$

$$m = 8432976 \quad \theta = 89^0$$

$$f(t) = (m / \omega) \sin(\omega t + \theta) \cdot e^{-at} \quad (4.14)$$

(4.14)' bağıntısından

$$f_B(t) = (8432976 / 15884) \sin(15884t + 89^0) \cdot e^{-466 \cdot t}$$

$$f_B(t) = 531 \cdot \sin(15884t + 89^0) \cdot e^{-467t}$$

$$U_c(t) = 535,9 - 530,6 - 531 \cdot \sin(15884t + 89^0) \cdot e^{-466 \cdot t}$$

$$U_c(t) = 5,3 - 531 \cdot \sin(15884 \cdot t + 89^0) \cdot e^{-466 \cdot t}$$

$$\omega = 15884 \quad \omega t = \pi \text{ için } t = \pi / 15884 = 0,00019$$

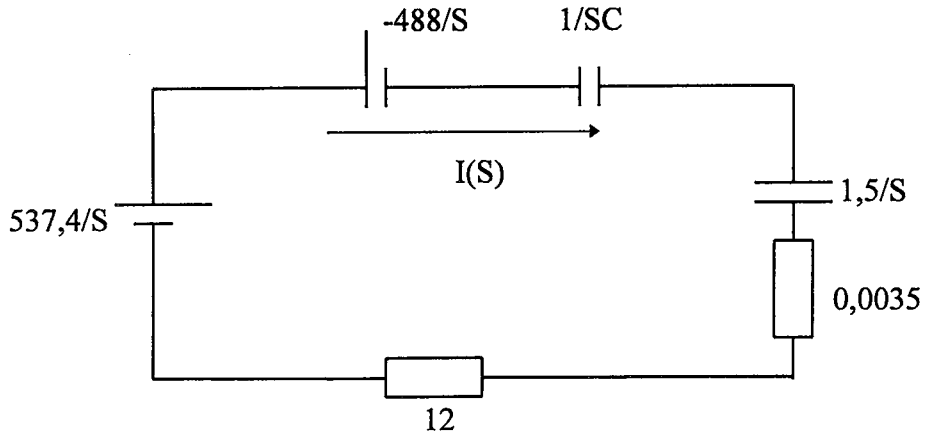
$$U_c(t) = 5,3 - 531 \cdot (\sin(15884 \cdot (\pi / 15884) + 89^0)) \cdot e^{-466 \cdot 0,00019}$$

$$U_c(t) = 5,3 - 531 \cdot (-0,9999) \cdot (0,92)$$

$$U_c(t) = 488 \text{ V}$$

bulunur.

$T_2$ ' nin tetiklendiği kabul edilirse şekil 2.26'dan  $U$ ,  $C_2$ ,  $T_2$  ve  $R$  'den oluşan devreden geçen akım



Şekil 4.3. Şekil 2.26'daki devrede  $T_2$  ilettiği durumda eşdeğer devre modeli

$$(537,4 / S) + (488/S) - (1,5/S) = [ (1/ SC) + 12,0035 ] \cdot I(S) = 0$$

$$1024/S = [(1+12,0035CS)/C.S] \cdot I(S)$$

$$I(S) = 1024.C / (12,0035CS+1)$$

$$I(S) = 1024.12.10^{-6} / (12,0035.12.10^{-6}.S + 1)$$

$$I(S) = 12288.10^{-6} / (144.10^{-6}.S + 1)$$

$$I(S) = 85 / (S+6944)$$

$$i(t) = 85.e^{-6944.t}$$

$T_1$  tristörüne uygulanan gerilim;

$$e = 537,4 - (12 \cdot i(t)) = 537,4 - (12 \cdot 85 \cdot e^{-6944 t})$$

$e = 0$  olacağı  $t$  değeri;

$$0 = 537,4 - (1020 \cdot e^{-6944.t})$$

$$537,4 = 1020 \cdot e^{-6944 \cdot t} \quad \text{ise} \quad e^{-6944 \cdot t} = 0,5$$

$$\ln 0,5 = -6944 \cdot t \quad \text{ise} \quad t = 0.0001 \text{ s}$$

bulunur.

T<sub>1</sub> ilettime geçtiğinde yük gerilimi ise

$$U_{\text{yük}} = [(U - U_T) / R_{\text{yük}} + R_T] \cdot R_{\text{yük}} \quad (4.15)$$

$$[(537.4 - 1.5) / (12 + 0.0035)] \cdot 12 = 537.7 \text{ Volt}$$

Kontrollü yarı iletken elemanlarında kayıplar çalışma frekansına göre değişir. Dolayısıyla, sadece bir çalışma frekansı için kayıplar hesaplanacaktır .

$\theta = 30^\circ$  'de tristörün tetiklendiği kabul edilirse ;

T<sub>1</sub> Tristörü İçin Kayıpların Hesaplanması

$$P_T = U_{T0} \cdot I_{\text{ort}} + R_T \cdot I_{\text{eff}}^2 \quad (4.16)$$

$$I_{\text{eff}} = \left[ \frac{1}{2\pi} \int_0^\theta I_{\text{mak}}^2 d\phi \right]^{1/2} \quad (4.17)$$

$$I_{\text{eff}} = I_{\text{mak}} \cdot (\theta / 2\pi)^{1/2} \quad (4.18)$$

$$I_{\text{ort}} = (I_{\text{mak}} \cdot \theta) / 2\pi \quad (4.19)$$

$I_{\text{mak}} = 146,7$  bulunmuştur;

$$I_{ort} = (146,7 \cdot 30^0)/6,28 = 11,6 \text{ A}$$

$$I_{eff} = 146,7 (30^0 / 6,28)^{1/2}$$

$$I_{eff} = 41 \text{ A}$$

(4.16) bağıntısından;

$$P_{T1} = 1,5 \cdot 11,6 + 3,5 \cdot 10^{-3} \cdot 41^2$$

$$P_{T1} = 17,4 + 5,8 = 23,2 \text{ W}$$

T<sub>2</sub> tristörü için kayıpların hesaplanması;

T<sub>2</sub> tristöründen geçecek akım, T<sub>1</sub> tristöründen geçecek akımın iki katıdır; çünkü kondansatörün depo ettiği gerilimde yaklaşık şebeke gerilimi kadardır. Bu nedenle gerilimin değeri iki katına çıkmıştır.

(4.16)bağıntısından;

$$P_{T2} = 1,5 \cdot 23,2 + 3,5 \cdot 10^{-3} \cdot 82^2$$

$$P_{T2} = 34,8 + 23,5 = 58 \text{ W bulunur.}$$

D<sub>8</sub> Diyodundaki Kayıp :

I<sub>eff</sub> = 14,3 A bulunmuştu. D<sub>8</sub> diyodu T<sub>1</sub> tristörü tetiklendiği anlarda iletme girecektir. T<sub>1</sub> tristörünün  $\theta=30^0$  'de tetiklendiği kabul edilerek kayıp hesaplandı. D<sub>8</sub> diyodu içinde aynı  $\theta$  değeri alınırsa;

(4.18) bağıntısından



$$14,3 = I_{\text{mak}} \cdot (30^0 / 6,28)^{1/2} \quad \text{ise} \quad I_{\text{mak}} = 51 \text{ A}$$

(4.19) bağıntısından

$$I_{\text{ort}} = (51 \cdot 30^0) / 6,28 = 4,23 \text{ A}$$

bulunur.

(4.16) bağıntısından;

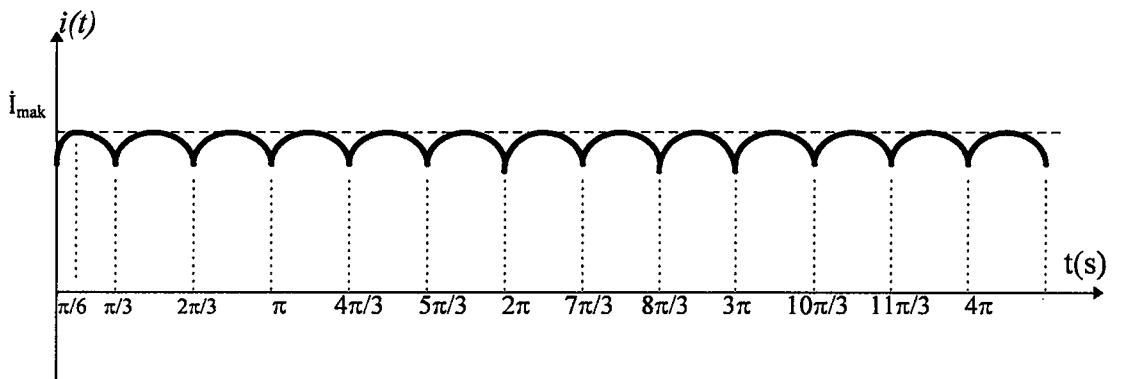
$$P_{D8} = 1,55 \cdot 4,23 + 0,0045 \cdot 14,3^2$$

$$P_{D8} = 6,55 + 0,9 = 7,45$$

bulunur.

$$P_{L1} = 14,3^2 \cdot 0,03 = 6,1 \text{ W.} \quad \text{Bulunur.}$$

Doğrultucu kısmında bulunan  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$ ,  $D_4$ ,  $D_5$ ,  $D_6$  diyotlarındaki kayıpları hesaplanırsa, bu diyotların özellikleri aynı olduğundan oluşacak kayıp değerinin birtanesinin bulunması yeterlidir. Çünkü diğerlerinde de aynı miktar kayıp olacaktır. Şekil 4.4'den yararlanarak diyotlarda oluşacak kayıplar bulunursa;



Şekil 4.4. Altı diyotlu 3 fazlı denetimsiz köprü doğrultucudan akan akım değişimi

$$U_{D0} = 1,55$$

$$R_D = 0,0045$$

$$I_{\text{ort}} = \frac{3}{\pi} \cdot \int_{\pi/3}^{2\pi/3} 44,7 \sin \omega t \, d\omega t$$

$$I_{\text{ort}} = \left[ \frac{3 \cdot 44,7}{\pi} \right] \cdot \int_{\pi/3}^{2\pi/3} \sin \omega t \, d\omega t$$

$$I_{\text{ort}} = \left( \frac{134}{\pi} \right) \cdot \left( -\cos \omega t \Big|_{\pi/3}^{2\pi/3} \right) = 21,38 [ (-\cos 2\pi/3) + (\cos \pi/3) ]$$

$$I_{\text{ort}} = 42,67 \cdot (0,49 + 0,5)$$

$$I_{\text{ort}} = 42 \text{ A}$$

$$I_{\text{eff}}^2 = \frac{3}{\pi} \cdot \int_{\pi/3}^{2\pi/3} [(44,7)^2 \cdot \sin^2 \omega t] \, d\omega t$$

$$I_{\text{eff}}^2 = \frac{3}{\pi} \cdot 1998 \cdot \int_{\pi/3}^{2\pi/3} \sin^2 \omega t \, d\omega t$$

$$I_{\text{eff}}^2 = 954 \cdot \int_{\pi/3}^{2\pi/3} [1 - \cos 2\omega t] \, d\omega t$$

$$I_{\text{eff}}^2 = 954 \cdot \left[ \omega t - \frac{1}{2} \sin 2\omega t \right] \Big|_{\pi/3}^{2\pi/3}$$

$$I_{\text{eff}}^2 = 954 \cdot [(2\pi/3) - (\sin 4\pi/3)/2 - (\pi/3) + (\sin 2\pi/3)/2]$$

$$I_{\text{eff}}^2 = 954 \cdot [2,1 + 0,43 - 1 + 0,43]$$

$$I_{\text{eff}}^2 = 1869,8$$

$$I_{\text{eff}} = 43 \text{ A.}$$

$$P_D = (R_D \cdot I_{\text{eff}}^2) + (V_D \cdot I_{\text{ort}}) \quad (4.20)$$

$$P_D = 0,0045 \cdot 43^2 + 1,55 \cdot 42$$

$$P_D = 8,3 + 65 = 73 \text{ W}$$

bulunur.

#### 4.5. Şok Bobininin Hesaplanması

Tasarlanan devrenin çalışma şartları sürekli değiştiğinden burada sadece çalışma şeklinin bir değeri için şok bobini hesaplaması yapılacaktır. Bu değer ortalama değerlere yakın bir büyüklük alınrsa; ideal bir sonuç elde edilebilir.

(2.32) bağıntısı ve şekil 2.26' dan

$$L_2 = U_1 / (4 \cdot f_p \cdot \Delta I)$$

$$U_1 = 537.4 \text{ Volt}$$

$$\text{Darbe frekansı ; } f_p = 200 \text{ Hz}$$

$$\text{Nominal akım; } I_n = 146.7 \text{ A.}$$

$$\text{Akım dalgalanma oranı; } \Delta I = \% 20$$

$$L = U / (4 \cdot f_p \cdot \Delta I) = 537.4 / (4 \cdot 200 \cdot 0.2 \cdot 146,7)$$

$$L = 537,4 / 23472 = 22 \text{ mH.}$$

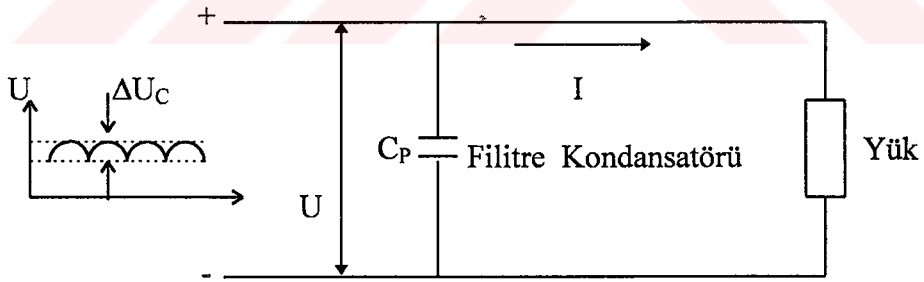
Yük devresinin mevcut bobini bu değeri karşılıyor ise ek bir bobin koymaya gerek yoktur. Eğer yük bobininin mevcut değeri 22 mH' den küçükse 22 mH' yi tamamlamak şartı ile ek bir bobin koyulabilir. Eğer yük sadece omik dirençten oluşmuş ise çıkışa 22 mH' lik bir bobin bağlanması gerekir. Şok bobini bölüm (2)' de bahsedildiği gibi akımın sıfıra düştüğü anlarda yük üzerinden akım akıtarak yükün daha kararlı çalışmasını sağlamaktadır.

#### 4.6. Filtre Kondansatörü ( Tampon Kondansatörü )' nün Hesaplanması

Bölüm (2)'de anlatılan ve şekil (2.29) ile (4.5)' da gösterilen filtre kondansatörünün görevi şebeke gerilimindeki dalgalanmayı azaltmaktır. Gerilimin dalgalanması % 15 ile % 30 arasında normal kabul edilir. Bu değerlerin ortalaması olan % 20 dalgalanma normal değer alınmıştır.

(2.22) bağıntısından;

$$C_p = I / (4 \cdot f_p \cdot \Delta U_C)$$



Şekil 4.5. Filtre kondansatörü ve yük eşdeğer devresi

Devrede;  $I_{ort}=21A.$  ,  $f_p=200Hz.$  ,  $\Delta U_C = \%20$

$$C_p = 21 / (4 \cdot 200 \cdot 20)$$

$$C_p = 21 / 16000$$

$$C_p = 1,3 \text{ mF}$$

Gerilim dalgalanmasına göre kondansatörün değeri değişir. Eğer gerilimin dalgalanması daha az istenirse bağlanacak filitre kondansatörün değeri de o ölçüde büyüyecektir. Eğer dalgalanma büyük alınırsa, filitre kondansatörünün değeri bu defa küçülecektir. Bundan dolayı tasarlanan sistemin dalgalanma faktörü sistemi çalışmasında, dalgalanmadan etkilenilmeyecek şekilde seçilmelidir.

#### 4.7. Yarı İletken Elemanları İçin Soğutucu Hesabı

İşletme esnasında yarı iletken elemanlar ısınacağından bunların soğutulması gereklidir. Eğer yarı iletken elemanlar soğutulmazsa iletilebilecek akım değeri, çok küçülecektir. Tasarlanan devredeki yarı iletken elemanlar için soğutucu hesaplanması gereklidir. Tasarlanan devreden görüldüğü gibi yarı iletken eleman olarak diyot ve tristör kullanılmıştır. Kullanılan bu yarı iletken elemanlar da kendi aralarında ortak anot ve ortak katot olarak bağlandığından, ortak bağlı yarı iletkenler için tek soğutucu kullanılabilir. Bölüm (2.1.9)' da bahsedildiği gibi, soğutucu hesaplanması için sabit ve darbeli akım durumlarına göre hesaplama yapılır. Eğer devreden geçen maksimum akıma göre soğutucu hesabı yapılırsa emniyetli şekilde çalıştırılabilir. Tasarlanan devrede soğutucu hesabı denklem (2.48) ile hesaplanabildiği gibi denklem (2.57) ile de hesaplanabilir.

(2.48) bağıntısından;

$$T_j = P \cdot (R_{thjC} + R_{thCA}) + T_A$$

Tasarlanan devrede diyodlar için soğutucu hesabı;

$$P_T = 73 \text{ W.}$$

$$T_A = 35^0 + 273^0 = 308 \text{ }^0\text{K} \quad \text{Olarak düşünülmekte}$$

Üretici kataloğundan alınan değerler;

$$T_j = 180^0 + 273^0 = 453^0 \text{K} \quad \text{diyodların iletim sıcaklığı}$$

$$R_{thJC} = 1,05 \text{ K/W}$$

$$453 \geq 308 + 73 \cdot (1,05 + R_{thCA})$$

$$145 \geq 73 \cdot (1,05 + R_{thCA})$$

$$1,98 \geq 1,05 + R_{thCA}$$

$$0,93 \geq R_{thCA}$$

Bu değere uygun soğutucu ısıl direnci tasarlanan devre için  $R_{thCA} = 1,25 \text{ K/W}$  alınmıştır. Yarı iletken gövde ve eklem sıcaklığı;

$$T_C = T_A + P_T \cdot R_{thCA}$$

$$T_C = 308 + 40,8 \cdot 1,25 = 359^0 \text{K}$$

$$T_C = 359 - 273 = 86^0 \text{C}$$

bulunur.

$$T_j = T_C + P \cdot R_{thJC}$$

$$T_j = 359 + 40,8 \cdot 1,05 = 401^0 \text{K}$$

$$T_j = 401 - 273 = 128^0 \text{C}$$

Tristörler için soğutucu hesaplanması;

$$T_j = P \cdot (R_{thJC} + R_{thCA}) + T_A$$

$$T_A = 35^0 + 273^0 = 308^0 \text{K}$$

$$T_j = 125^0 + 273^0 = 398^0 \text{K}$$

$P_T = 58 \text{ W}$ . (en büyük kayıp  $T_2$  tristöründe olduğundan),  $R_{thJC} = 0,4 \text{ K/W}$

$$398 \geq 308 + 58 \cdot (0,4 + R_{ThCA})$$

$$90 \geq 58 \cdot (0,4 + R_{ThCA})$$

$$1,55 \geq 0,4 + R_{ThCA}$$

$$1,15 \geq R_{ThCA}$$

Bu değerler içinde olmak üzere  $R_{thCA} = 0,8$  alınırsa, tristör gövde ve eklem sıcaklığı;

$$T_C = 308 + 0,8 \cdot 58 = 354 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$T_C = 354 - 273 = 81 \text{ } ^\circ\text{C}$$

bulunur.

$$T_J = 354 + 58 \cdot 0,4 = 377 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$T_J = 377 - 273 = 104 \text{ } ^\circ\text{C}$$

bulunur.

Görüldüğü gibi yarı iletkenlere bağlanacak olan soğutucu tristörlerin emniyetli bir şekilde çalışmasını sağlamaktadır. Bu da soğutucu seçiminin doğru yapıldığını gösterir.

## BÖLÜM 5

### DA MAKİNALARININ DA KIYICISI İLE KONTROLÜ

Günümüz endüstrisinde DA kıyıcı devrelerinin kullanım alanları git gide artmıştır. Bu bölümde pratik olarak gerçekleştirilen DA kıyıcı devresinin kullanıldığı yerler anlatılacaktır. DA kıyıcı devrelerinin kullanım alanları çok geniştir. Bu bölümde örnekler verilerek DA kıyıcı devrelerinin kullanım yerleri açıklanacaktır.

DA kıyıcıları adındanda anlaşıldığı gibi doğru akımla çalışan tüm makinaların kontrolü için kullanılabilir. Doğru akımla çalışan makinalar incelendiği zaman, doğru akım makinalarının kontrolünün yapılabilmesi için makinaya uygulanacak gerilimin veya akımın değerinin değiştirilmesinin gerekli olduğu görülür. DA kıyıcı devrelerinin amacı da gerilimin değerini belirli aralıkta değiştirmek olduğundan tüm doğru akım makinalarının kontrolünde kullanılabilir.

Günümüz endüstrisinde DA kıyıcıları genellikle doğru akım motorlarının veya servo motorlarının kontrolünde kullanılmaktadır. Eğer doğru akım motorlarına uygulanan gerilimin veya uyarma sargılarına uygulanan gerilimin değeri değiştirilirse motorun hızı, momenti değiştirilmiş olur. Genellikle doğru akım makinalarının kontrolü motora uygulanan gerilimle uyarma sargılarına uygulanan gerilimin değerini değiştirme prensibiyle motorlar kontrol edildiği bu bölümde örneklerle açıklanacaktır.

Teknoloji ilerledikçe DA kıyıcı devrelerine ihtiyaç daha çok artacaktır. Tabii ki gelişen teknoloji ile beraber kullanılan DA kıyıcı devreleri isteklere ve ihtiyaçlara cevap veremez şekle gelecektir. Bundan dolayı teknolojinin ilerlemesine paralel olarak DA kıyıcı devrelerinin değişik şekillerde tasarlanması gereklidir. Güç elektroniği devreleri kurulurken kullanılacak elemanların çalışma hızları ve üzerinden akıtacakları akımın büyüklükleri önemlidir. Eğer şu anki teknolojiye çalışma hızı çok yüksek olan ve üzerinden 100 A civarında akım akıtan transistör imalatı yapılabilseydi bu tezde tasarlanan DA kıyıcı devresine ek bir devre olan zorlamalı söndürme devresine ihtiyaç kalmayacaktı.



## 5.1. DA Makinalarını Dışardan Uyarma İle Kontrol Etme

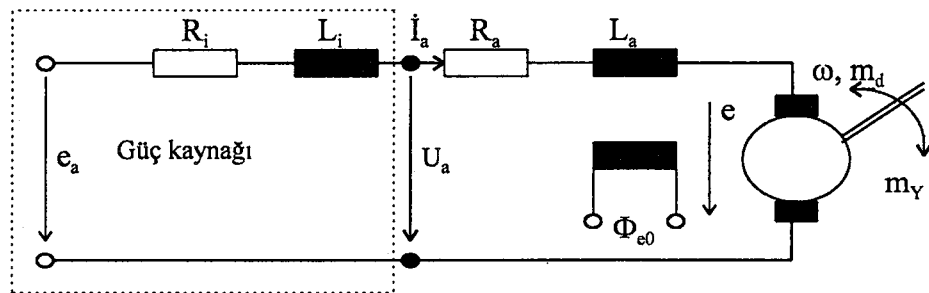
### 5.1.1. DA motorlarda kaskat bağlantı yardımı ile motor kontrol oranı

İlk olarak basit bir blok içerisinde motorun referans hızı kontrol edilmiş olsun.  $-\omega_0 < \omega < \omega_0$  aralığında olmak üzere esas alınan  $\Phi_{e0}$  nominal değerini endüvi akımının en düşük seviyesinde korumaktadır. Burada  $\omega_0$ : motorun boştaki açısal hızı,  $\omega$ : motorun açısal hızı,  $\Phi_{e0}$ : boşta çalışan motorun uyarma akısıdır. Şekil 5.1' deki devrede DA motor eşdeğer devresi gösterilmektedir.  $e_a$  kaynak gerilimidir. Bu yapay gerilimin kontrolü değişken endüvi geriliminin  $U_a$  değerinde iken  $R_i$ ,  $L_i$  değerlerini uygulayarak elde edilir. Nominal bir motorun parametreleri için ;

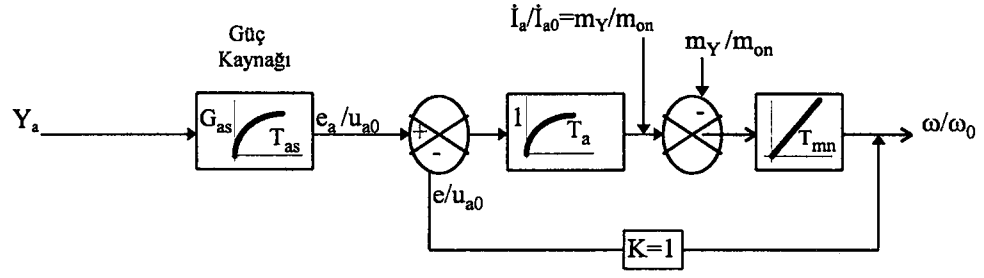
$$i_{a0} = U_{a0} / (R_a + R_i) \quad T_a = (L_a + L_i) / (R_a + R_i) \quad (5.1)$$

Burada  $i_{a0}$ : boşta çalışan motorun endüvi akımı  $U_{a0}$ : boşta çalışan motorun endüvi gerilimi,  $R_a$ : endüvi direnci,  $R_i$ : kaynak iç direnci,  $T_a$ : endüvi zaman sabitesidir bunun değeri yaklaşık 10 ile 100 milisaniye arasındadır. Endüvi devresi üzerinde bulunan DA kıyıcı devresinin oluşturduğu akım dalgalılığını azaltmak için kullanılır.  $L_a$ : endüvi endüktansı,  $L_i$ : kaynak iç endüktansıdır.

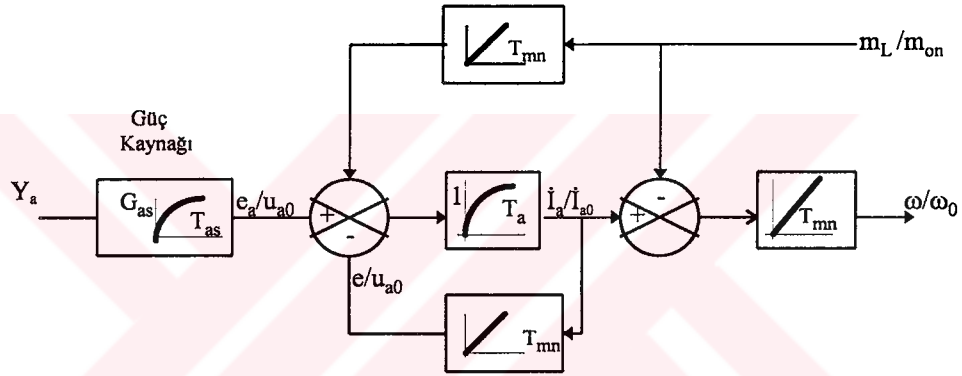
$K=1$  iken var sayılan motorun blok diyagramı şekil 5.2' (a) da gösterildiği gibi olacaktır. Burada  $K$ : motorun geri besleme kazancıdır. Şekil 5.1' deki devrede  $e_a$  gerilimi ayarlı bir gerilimdir.  $e_a$  gerilimi  $G_{as}$  gerilim kazancı yardımı ile ayarlanır. Gerilimi ayarlama süresi motorun şebekeye bağımlı çalışma anındaki zaman sabiti olan  $T_{as}$  süresi kadar olmalıdır. Bu süre 1 ile 5 mili saniye arasındadır.



Şekil 5.1. DC motor endüvisi ile güç kaynağı blok diyagramı



(a)



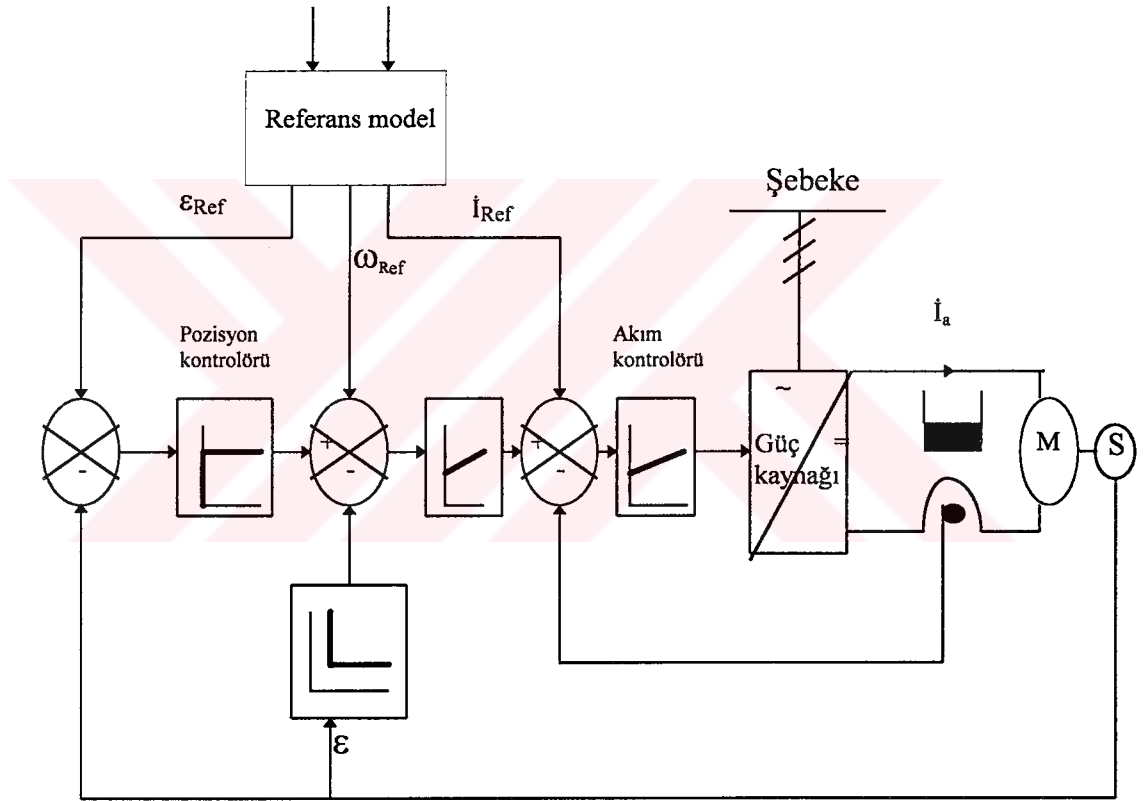
(b)

Şekil 5.2. a) DA motor blok diyagramı ile güç kaynağı blok diyagramı

b) Kapalı çevirim ile geçici rejim durumunda hatayı düzelten DA motor blok diyagramı ile güç kaynağı blok diyagramı

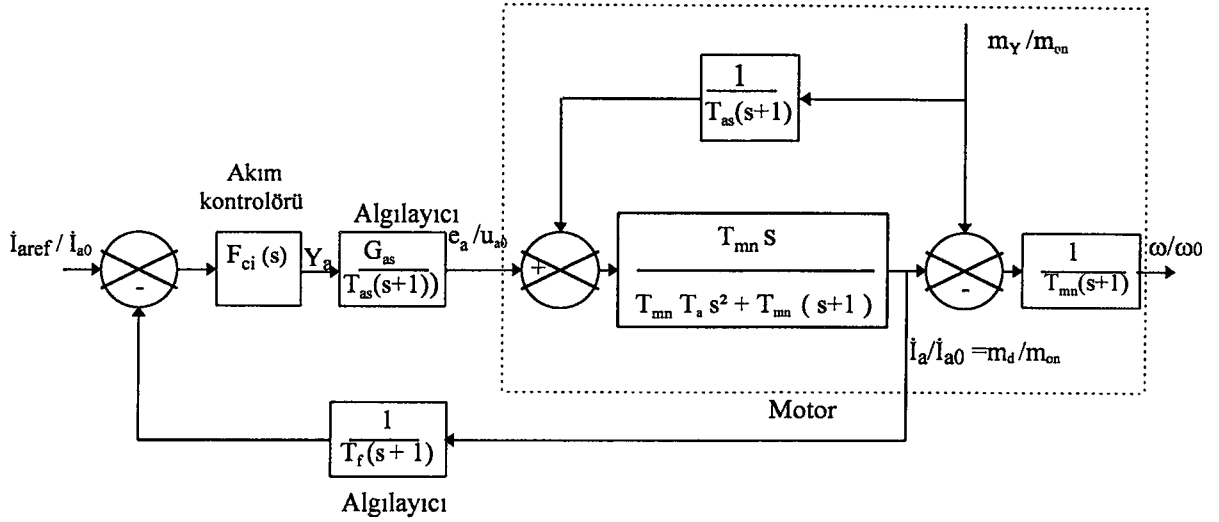
Burada  $T_{mn}$ : mekanik zaman sabitesini gösterir ve sürücü atalet momentini karşılaştırır.  $m_Y$ : yük momentini,  $m_d$ : döndürme momentini,  $m_{on}$ : motor üzerine gerilimin uygulandığı andaki momenttir.

Şekil 5.3' de gösterilen blok diyagram yüksek dinamik performanslı sürücülerle kontrolü sağlanan servo motor kontrolörü gözükmektedir. Bu kontrolle yük momentinin geniş aralıkta değişmesi sağlanmaktadır. Burada referans değer  $\dot{I}_{ref}$  olarak alınmıştır. Hız kontrolü kapalı çevirim içerisinde bulunan bir kapalı entegral alıcı devre ile daha iyi bir şekilde ( referans değerine bağlı bir şekilde ) ayarlandığı gözlenmektedir. Hız kontrolü ancak belirli aralıklarda yapılır. Bundan dolayı motorların hızlarının ayarlanması yapılırken minimum hız ve maksimum hız aralığı belirtilmelidir.



**Şekil 5.3.** Sürücülerde kaskat kontrol yöntemi yardımı ile geri beslemeli pozisyonla, hız ve akım kontrolü

Akımla kontrol tasarımı şekil 5.4' de gösterilmiştir. Geri besleme devresi olan çevirici tarafından sinyalin türevi alınarak akımın düşük bir seviyede filtresi sağlanır. Bu filtre 2 ile 5 ms arasındadır.



Şekil 5.4. Akım kontrolörü tasarımının blok diyagramı

## 5.2.Kaskat Bağlı DA Motorlarda Kademeli Olarak Alan Ayarı

Şekil 5.5' de gösterilen kontrol devresi DA makinasının alan akısı ile kontrolünü göstermektedir. DA makinası uyarım devresine uygulanan gerilim kademeli olarak ayarlanır, sonra karşılaştırma yapılır. Kontrol çevrimlerinde alan gerilimi ayarı yapılır. Burada endüvi gerilimi referans hız sınırına yükselmesine kadar ayarlanır. Gerilim kaynağından uygulanan gerilim bir DA-DA dönüştürücü üzerinden ayarlanır. Geri besleme sinyali endüktans gerilimini ve endüvi gerilimini ölçer.

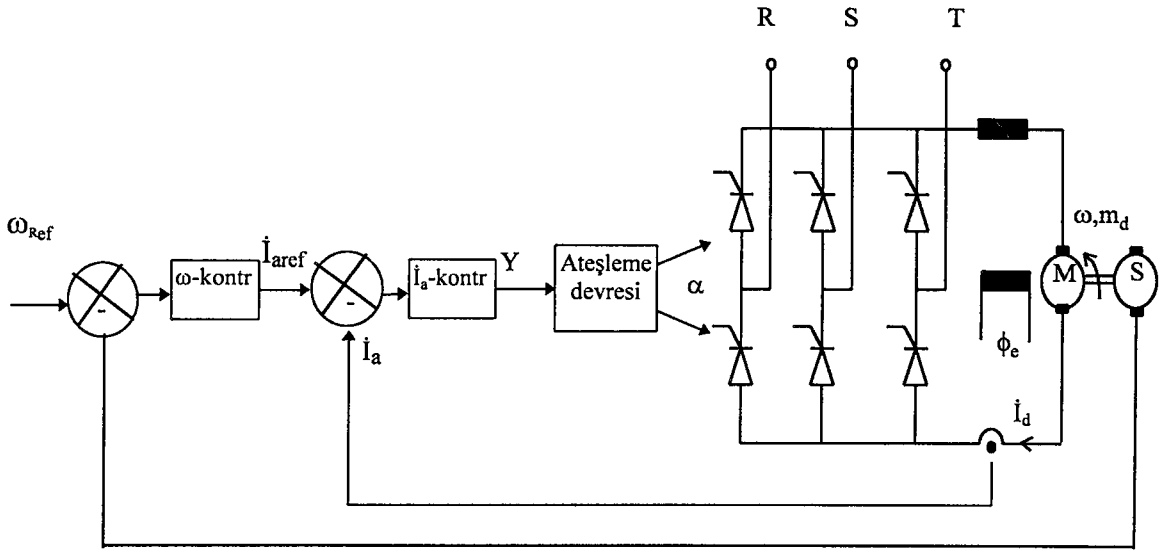
$$e = U_a - R_a \cdot I_a - L_a \cdot (d\dot{I}_a/dt) \quad (5.3)$$

şeklindedir.

Şekil 5.5' de gösterilen devre bilgisayarla motor kontrolünün yapıldığı devrelere benzemektedir. Kontrol devresinde entegral alan devre yardımı ile doyma değerine kadar maksimum alan geriliminin değeri ayarlanır. Hız yükselirken  $|e|$  gerilimi yaklaşık olarak  $|e_{mak}|$  değerine eşit olacaktır.

$$(\Phi_e/\Phi_{e0}) \approx |\omega/\omega_0|^{-1}, \quad |\omega/\omega_0| > 1 \quad (5.4)$$

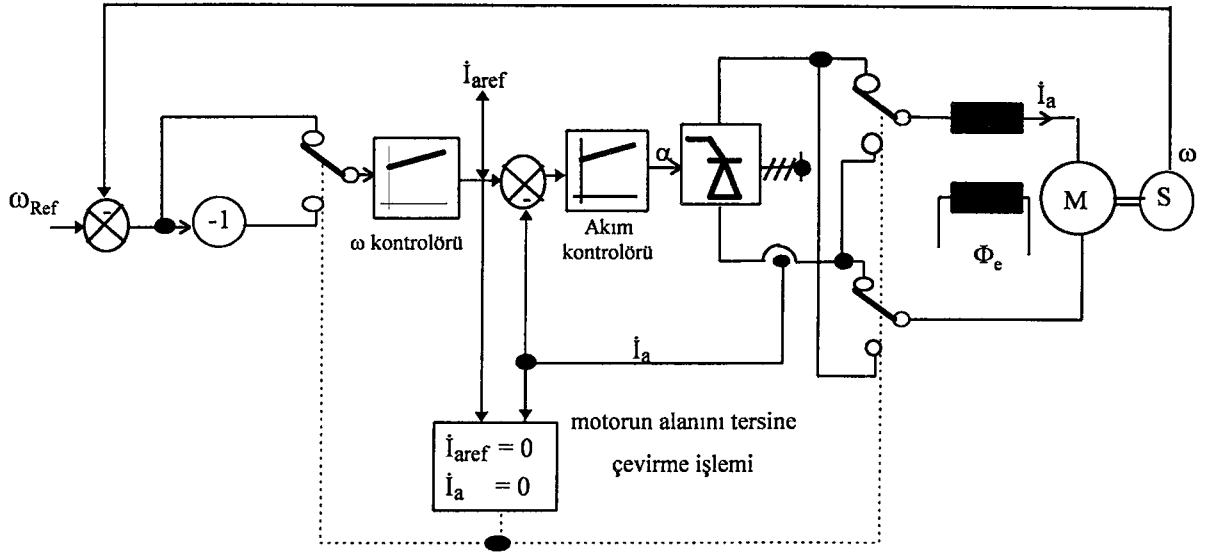




**Şekil 5.6.** Kapalı çevrim düzenekli söndürme kontrollü doğrultucu devresi

Hızın kontrolü sayesinde moment değerleride kontrol edilmiş olur. DA motorlarının endüvi sargısına veya uyarma sargılarına uygulanan gerilimin değeri değiştirilirse hızıyla birlikte motorun momentide kontrol edilmiş olur. Blok diyagramlar üzerindeki referans değerler kontrol esnasında oluşacak hataları gidermek için kullanıldığı gibi motorun kontrol edilmesinde de büyük önem taşırlar. Tasarlanan kıyıcılarda anahtarlama yüksek hızlarda yapılırsa kontrol performansı aynı ölçüde artmış olur. Büyük momentler oluşturmak için motorun uyarma sargılarından büyük akımlar akıtılmalıdır. DA motorun  $\Phi_e$  akısı değiştirilirse endüvi akımında değişecektir. Endüvi akımının değişmesi sonucu motorun hızı ve momentide değişecektir.

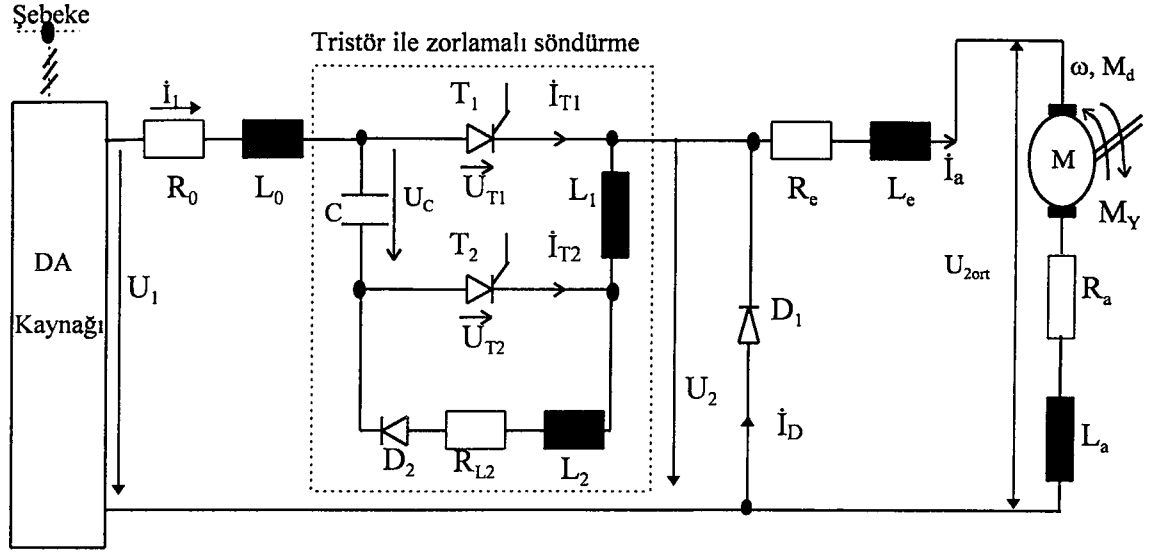
Şekil 5.7' de gösterilen kontrol devresi prensip olarak endüvi gerilimini tersine çevirmek için kullanılır. Bu şekilde yapılan kontrol genellikle motorun dönüş yönünü değiştirmek veya motoru frenlemek içindir. Şekil 5.7' deki devrede motor üzerine uygulanan gerilimin değeri de kıyıcı yardımı ile değiştirilebileceğinden motorun hızı ve momentide kontrol edilmiş olacaktır.



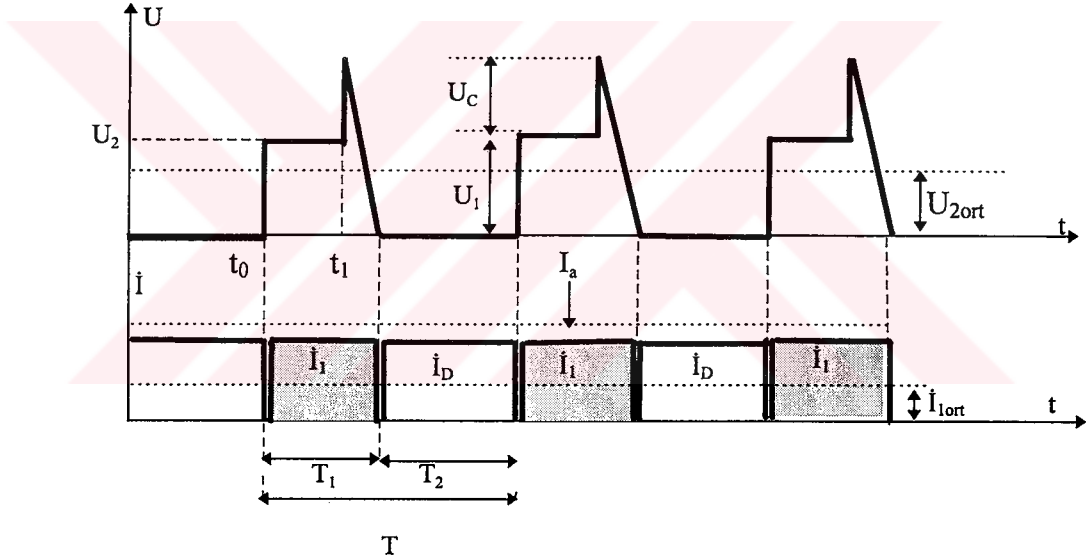
**Şekil 5.7.** Dört bölgede çalışan DA kıyıcı yardımı ile motorun yönünü ters çevirmek

#### 5.4. DA Kıyıcı İle DA Motorunun Kontrolü

DA kıyıcılar ile motor kontrolü yapılırken DA' ı kıyacak tristörlerin tetikleme açıları değiştirilir. Tristör belirli süre içerisinde iletimde, belirli süre içerisinde kesimde olacaktır. Tristörün iletimde ve kesimde kalma süresi değiştirildiğinde gerilimin değerinde de değişme olacaktır. Burada frekansı PWM ile ayarlandıktan sonra geri besleme yapılarak PI kontrolörü sayesinde hız ayarı yapılır. Sabit hız değerlerinde maksimum momentte geçici durum koşullarına uygun ayarlama yapılır. Şekil 5.8 (a)' da doğru akım ayarlayıcısı ile motor kontrolü gösterilmiştir. Şekil 5.8 (b)' de ise motor uçlarındaki gerilim ve devredeki akımların değişimi görülmektedir. Gerilimi sabit ve  $U_1$  değerinde olan bir doğru akım kaynağından motorun çektiği güç transistörler yardımı ile ayarlanır.  $T_1$  tristörün söndürülmesi sırasında kondansatör üst plakası (+) ve alt plakası (-) olmak üzere şarj olmuştur. İki tristörde de kapama durumunda kaldığı sürece kondansatör şarj durumunu korur.  $t_0$  anında  $T_1$  tristör tetiklendiğinde ise, şalter içindeki bobin ve ona seri bağlı olan diyot üzerinden boşalır ve ters yönde şarj olur. Kondansatör ve bobin bir rezonans devresi oluşturur. Devredeki  $D_2$  diyodu kondansatörün tekrar boşalmasını engeller. Böylece kondansatör,  $T_1$  tristörün söndürülmesi için gerekli olan yönde şarj olur.



(a)



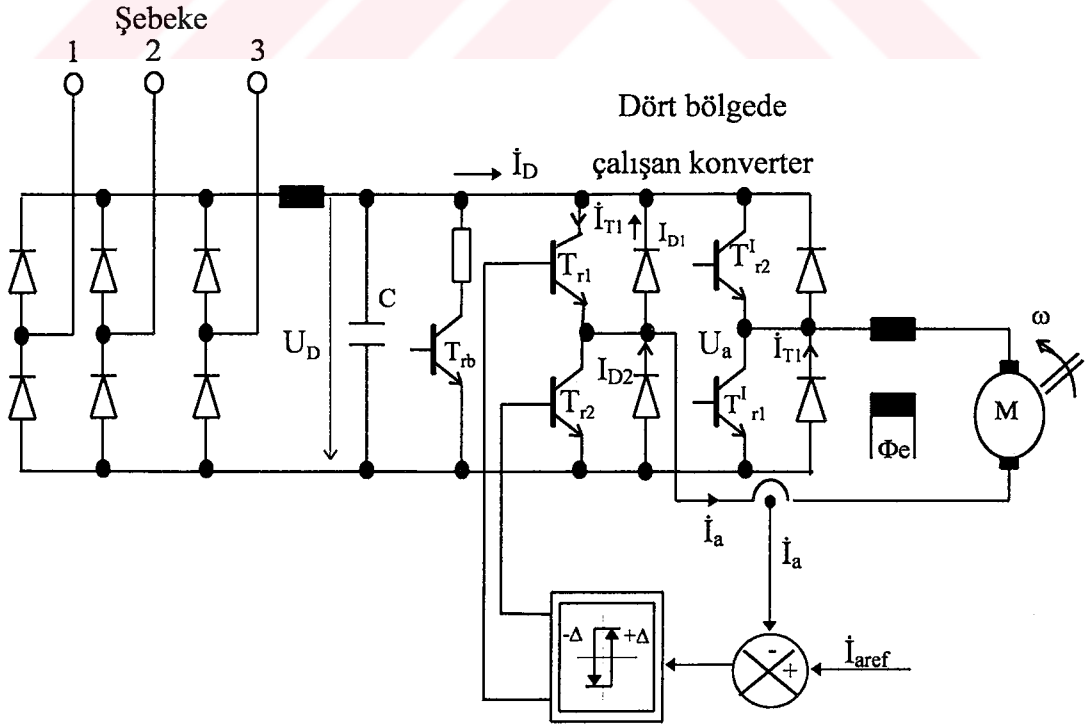
(b)

Şekil 5.8. a) DA kılıcı ile motorun beslenmesi  
b) Gerilim ve akımların değişimi

$t_0$  anında  $T_1$  tristör,  $t_1$  anında  $T_2$  tristör periyodik olarak tetiklenerek motor üzerine gerilimin aralıklarla uygulanması sağlanır. Şekil 5.8 (b) de Yük tarafında darbe biçiminde bir  $U_2$  geriliminin meydana geldiği gösterilmiştir.  $T_1$  tristöründeki gerilim düşümü ihmal edilebileceğine göre  $t_0$  ile  $t_1$  zaman aralığında  $U_2=U_1$  olur.  $T_1$  anında  $T_2$  tristörünün tetiklenmesi ve  $T_1$  tristörünün sönmesi ile bir an için  $U_2 = U_1 + U_C$  değerini alır. Kaynak ve kondansatör seri bağlandığından toplam gerilim yükün uçlarına uygulanmış olur.  $T_1$  zaman aralığında  $U_2 = U_1$ .  $T_2$  aralığında ise  $U_2=0$  kabul edilebilir.



Bir doğru akım ayarlayıcısında, gerilim ve akımın ortalama değerleri elde edilerek motorun kararlı çalışma değerleri hesaplanır. Gerilimin daha büyük olduğu taraftaki akım ( $\dot{I}_1$ ) darbe şeklinde dikdörtgen biçimli bloklardan oluşmuştur. Diğer tarafta ise  $U_2$  gerilimi darbe şeklinde, buna karşılık  $I_2$  akımı sürekli. Girişteki  $\dot{I}_1$  akımının şekil 5.8 (b)' deki gibi darbeleri olabilmesi için,  $U_1$  gerilimli doğru akım kaynağının iç endüktansı çok küçük olmalıdır. Şekil 5.9' da şebeke geriliminin doğrultulduktan sonra transistörler yardımı ile kıyılması gösterilmiştir. Dört adet transistör köprü devresi ile PWM devresi köşegen çifti ile hattın kontrolü sağlanmaktadır. Transistörlerin kollektör ile emiter arasına bağlanan diyotlar transistörlerin sağlıklı çalışmasını sağlayacaktır. Bu transistörler için çok önemli bir konudur. Diyotlar ters bağlandığından yük akımlarının üzerlerinden geçmelerine izin vermeyeceklerdir. Ancak transistörlerin anahtarlama sonucu yük üzerinden akımın akması DA gerilimin kıyılması sonucunu ortaya çıkaracaktır. Diyotların transistör kollektör emiter arasına bağlanması gereklidir, çünkü kapasite ve bobin üzerinde depo edilecek gerilimler bu diyotlar yardımı ile boşalacaklardır. Şekil 5.9 da gösterilen devrede endüktif kaçaklar ve kapasitif durumların oluşmasından dolayı bazı transistör kayıpları oluşmaktadır.



Şekil 5.9. Dört bölgede çalışan DA-DA dönüştürücü

## SONUÇLAR ve ÖNERİLER

AA-DA dönüştürücüleri ve DA kısıyıcı devrelerinin günümüz teknolojisinde kullanılması kaçınılmazdır. Bundan dolayı bu tür devrelerin tasarımları sürekli ilerleyen teknolojiye göre değişmelidir. Günümüzde tasarlanan AA-DA çeviricileri veya DA kısıyıcıları ileride ihtiyaca cevap veremez duruma gelebileceğinden gelişen teknolojiye göre yeni tasarımların yapılması gereklidir.

Günümüz teknolojisine bakıldığında gerilimi ayarlama yöntemleri için çok farklı yöntemlerin kullanıldığı görülür. Bu yöntemlerden birtanesi pratik olarak tasarlandı. Gerilimin ayarlanması için izlenen yola bakıldığında; öncelikle şebeke gerilimi doğrultuldu ve tristörler yardımı ile gerilim kısıldı. Böyle bir yöntemle gerilimin ayarlanması kolay olduğundan en çok kullanılan yöntemlerden birtanesidir. Bu yöntemle gerilimi ayarlama aralığı sınırlı olduğundan tüm ihtiyaçlara cevap veremez. İstekler arttıkça daha karmaşık devrelere ihtiyaç olacaktır. Eğer şebeke gerilimi direkt kontrollü doğrultucular yardımı ile kısılsaydı gerilimi ayarlama aralığı daha geniş olacaktı. Bu şekilde tasarlanan devre için fazlar arasında senkronizasyonun sağlanması gerekli olduğundan ek düzeneklere ihtiyaç vardır.

Devre tasarımları yapılırken çalışma alanları gözönünde bulundurulmalıdır. Tasarımlarda devrenin çalışma alanlarının artması maliyetide artıracığından devre tasarımı yapılırken sadece ihtiyaçlara cevap verecek şekilde yapılması devrenin ekonomik şekilde tasarlanması demektir.

Devre tasarımı yapılırken ihtiyaca cevap verecek ve kalitesini düşürmeyecek şekilde maliyetinin en ucuz olmasına dikkat edilmelidir.

## KAYNAKLAR

- 1- GÜLGÜN, R, 1990. Güç Elektronikğine Giriş. Beta Yayın Evi, S. 29-58, S.108-125, S.182-184, İstanbul.
- 2- KASAPOĞLU, A, 1989. Güç Elektronikği. Birsen Yayın Evi, S.5-21, S.253-261, İstanbul.
- 3- BUXBAUM, A,und SCHIERAU, K, 1991, Berechnung Von Regelkreisender Antriebstechnik. AEG, S. 137-163, Almanya.
- 4- YÜCEÖZSOY, M, 1982. Tümleşik TTL Devreleri. Aselsan Matbaası, S.159-170, Ankara.
- 5- YÜCEÖZSOY, M, 1989. Yarı İletken Güçkaynakları ve Yükselteçler. Aselsan Matbaası, S.53-75, Ankara.
- 6- BODUROĞLU, T, 1981. Transformatörler. Beta Yayın Evi, S.27-49, İstanbul.
- 7- AKBAY, S, 1989. Dijital Elektronik ve Uygulamalar. Kipaş Dağıtımçılık, S.163-178, İstanbul.
- 8- EDMINISTER, J, 1979, Electric Circuit. Schaums Outline Series. S.16-24,
- 9- TÜRKMEN, Y, ve GEÇTAN C, Kumanda Devreleri, 2, Atik Ofset, S.89-146, İzmir.
- 10- ERALP, F.Y, 1990. Geçici Olaylar ve Laplace Transformasyonu. İ.T.Ü. Deniz Bilimleri Fakültesi Matbaası, S.1-97, İstanbul.
- 11- "Kocaeli Üniversitesi Güç Elektronikği Ders Notları," 1994.

- 12- "K.T.Ü. Güç Elektroniği Seminer Notları", 1989. K.T.Ü., Trabzon.
- 13- RASİD, M. H, 1992. Power Electronics. Prentice Hall Book Co , 378 pp , S.11-30.
- 14- ROBİNS, U.M, 1995. Power Electronics. John Wiley A Son Inc. S.213-243.
- 15- BURWEN, S. R, 1993. IIE Spectrum . S.32-37.
- 16- PARR,E.A, 1994. Endüstriyel Kontrol El Kitabı. Evren Offset A.Ş, Cilt 1, S.264-271.
- 17- BOYLESTAD, R and NASHELSKY, 1994. Elektronik Elemanlar ve Devre Teorisi. Evren Offset A.Ş. S.127,197,268,611.

## ÖZGEÇMİŞ

1972 Yılında Sarıkamış' ta doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Sarıkamışta tamamladı. 1989 yılında Sarıkamış ayakkabı fabrikasında teknisiyen olarak görev yaptı. 1990 yılında bu görevinden ayrılarak Kars TRT' de teknisiyen olarak göreve başladı. 1991 yılında Yıldız Üniversitesi Kocaeli Mühendislik Fakültesi Elektrik mühendisliği Bölümün' den 1995 yılında elektrik mühendisi olarak mezun oldu. Öğrenimi süresince İzmit Türk Telekom A.Ş de teknisiyen olarak görev yaptı.

1995 yılından beri İzmit Türk Telekom A.Ş de elektrik mühendisi olarak görev yapmaktadır.

