

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Kendin'den Denetimler(Paralel) Ondülörler

Fuat Yıldırım

Yüksek Lisans Tezi

152
52

110007

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

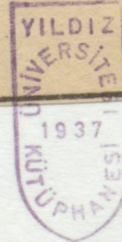
KENDİNDEN DENETİMLİ (PARALEL) ONDÜLÖRLER

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELK.MÜH.FUAT YILDIRMAZ

İSTANBUL 1987

YILDIZ UNİVERSİTESİ
GENEL KİTAPLIĞI

Kot : R 152
Alındığı Yer : Fen Bil. Ens. 52
Tarih : 6.12.1988
Fatura :
Fiatı : 4000 TL
Ayniyat No : 1/21
Kayıt No : 45736
UDC : 378.242
Ek : 621.3



YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
D.B. No 43526

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BÖLÜM-1 : ONDÜLÖRLER	1
1.1: Doğal komütasyonlu ondülörler	1
1.2: Zorlamalı komütasyonlu ondülörler	1
BÖLÜM-2 : KENDİNDEN DENETİMLİ (PARALEL) ONDÜLÖRLER	1
2.1: Akım zorlamalı kendinden denetimli ondülörler	1
2.2: Akım zorlamalı kendinden denetimli ondülörlerin sakıncaları ve montajın geliştirilmesi	14
KENDİNDEN DENETİMLİ (PARALEL) ONDÜLÖRLER	22
BÖLÜM-3 : GERİLİM ZORLAMALI KENDİNDEN DENETİMLİ ONDÜLÖRLER	22
3.1: Yüksek emk ve endüktif olması halinde emk durumu	22
3.2: Sinüsoyidal ve ayarlanabilir gerilimli ondülör	25
3.3: Endirekt ayar metodu	29
3.4: Akımın iletilmesi ve komütasyonu	31
3.5: Pozitif akımda komütasyon	36
3.6: Negatif akımda komütasyon	48
BÖLÜM-4 : LABORATUAR ÇALIŞMASI VE ALINAN SONUÇLAR	60-63
4.1: Osilatör devresinin hesabı	62
4.2: Flip-Flop devresinin hesabı	63-64

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELK.MÜH.FUAT YILDIRMAZ

İSTANBUL 1987

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM-1 : ONDÜLÖRLERİN SINIFLANDIRILMASI	1
1.1: Doğal komütasyonlu ondülörler	1
1.2: Zorlamalı komütasyonlu ondülörler	1
BÖLÜM-2 : KENDİNDEN DENETİMLİ (PARALEL) ONDÜLÖRLER	1
2.1: Akım zorlamalı kendinden denetimli ondülörler	1
2.2: Akım zorlamalı kendinden denetimli ondülörlerin sakıncaları ve montajın geliştirilmesi	14
2.3: Gerilim zorlamalı kendinden denetimli ondülörler	22
BÖLÜM-3 : GERİLİM ZORLAMALI KENDİNDEN DENETİMLİ ONDÜLÖRLER	22
3.1: Yükün omik ve endüktif olması halindeki durum	22
3.2: Sinüsoyidal ve ayarlanabilir gerilimli ondülör	25
3.3: Endirekt ayar metodu	29
3.4: Akımın iletilmesi ve komütasyonu	31
3.5: Pozitif akımda komütasyon	36
3.6: Negatif akımda komütasyon	48
BÖLÜM-4 : LABORATUAR ÇALIŞMASI VE ALINAN DEĞERLER	60-61
4.1: Osilatör devresinin hesabı	62
4.2: Flip-Flop devresinin hesabı	63-64

PREFACE

ÖNSÖZ

Bu tezde önce ondülörler genel olarak sınıflandırılmıştır.

Daha sonra Kendinden denetimli paralel ondülörler incelenmiş akım ve gerilim zorlamalı Kendinden denetimli ondülörlerin fayda ve mahsurları belirtilmiştir. Mahsurların giderilmesi için gerekli düzenlemeler yapılarak izah edilmiştir.

Yükün omik ve kapasitif olması halinde gerekli akım ve gerilim bağıntıları çıkarılmıştır.

Akımın iletilmesi ve komütasyonu açıklanmış, pozitif ve negatif akımda komütasyon, kademe kademe izah edilmiş ve komütasyon süreleri hesaplanmıştır.

Son bölümde ise kendinden denetimli (Paralel) ondülör laboratuvarında gerçekleştirilmiş ve gerekli değerler alınmıştır.

Tezin hazırlanmasında yardımcı olan ve tez çalışmamı yürüten sayın hocam Prof. Yük. Müh. Remzi GÜLGÜN'E, Eşim Gülderen YILDIRMAZ'A, Öğretim görevlisi Hacı BODUR'A , Araştırma görevlisi M. Hadi SARUL'A Sükranlarımı sunarım.

F.YILDIRMAZ

FUAT YILDIRMAZ

PREFACE

At first inverters are generally Classified in this thesis. After wards the one self controlled paralel inverters are examined the advantages and disadvantages of the current and voltage forced one self controlled inverters are explained. For removing the disadvantages,necessary arrangements have been done and explained in detail.

We have obtained the necessary current and voltage relations either the load is resistive or kapasitive conduction ofcurrent and communication and the communication in positive and negative current has been explained.Step by step and the communication time hasbeen calculated.

In the last chapter oneself controlled paralel inverter has been realised in the laboratory and the necessarycurrent and voltages values have been obtained.

I would like to express my gratitude to Prof.Remzi Gülgün (M.S.),to my wife Gülderen Yıldırımaz, to lecture Hacı Bodur, to research assistant M.Hadi Sarul,for their assistance in preparing my thesis and in carrying out my studies on the subject.

FUAT YILDIRMAZ

BÖLÜM-1: ONDÜLÖRLERİN SINIFLANDIRILMASI

Ondülörler doğru akımı alternatif akıma çeviren sistemlerdir. Ondülörler kendi aralarında şu şekilde ayrılırlar.

1.1. DOĞAL KOMÜTASYONLU ONDÜLÖRLER

Şebeke geriliminden veya yükün ürettiği gerilimden faydalanılır. Bu yüzden doğal komütasyonlu ondülörlerde ikiye ayrılır.

a) Şebeke komütasyonlu ondülörler

b) Yük komütasyonlu ondülörler

2.2. ZORLAMALI KOMÜTASYONLU ONDÜLÖRLER

Bu ondülörlerde komütasyonun gerçekleşmesine göre üç gruba ayrılırlar.

a) Şebeke denetimli ondülörler

b) Yük denetimli ondülörler

c) Kendinden denetimli ondülörler

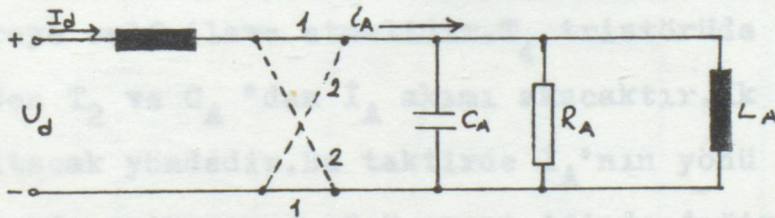
Biz burada kendinden denetimli (Paralel) ondülörleri göreceğiz. Kendinden denetimli ondülörlerde iki gruba ayrılırlar.

1) Akım zorlamalı kendinden denetimli ondülörler

2) Gerilim zorlamalı kendinden denetimli ondülörler

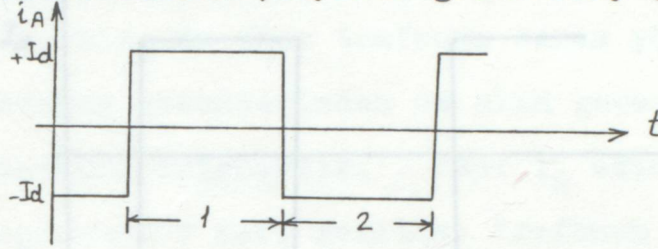
BÖLÜM-2: KENDİNDEN DENETİMLİ (PARALEL) ONDÜLÖRLER

2.1. AKIM ZORLAMALI KENDİNDEN DENETİMLİ ONDÜLÖR

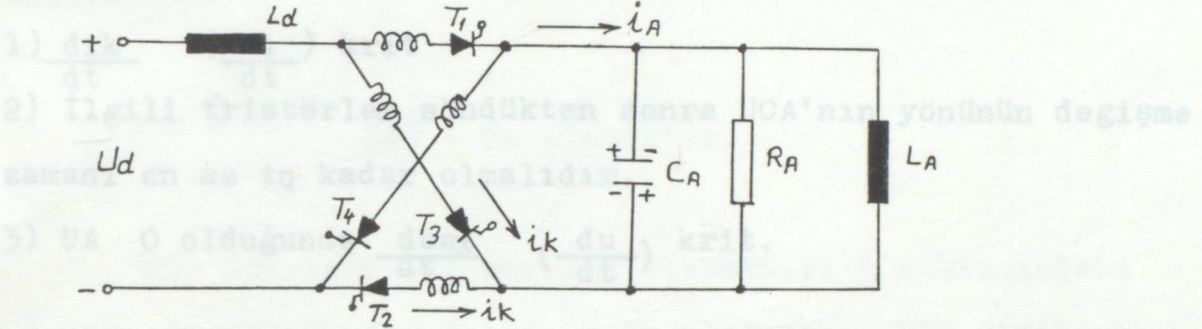


Yükün üç (R-L-C) elemanlarından oluştuğunu düşünelim. Devreye akan akımı sabit tutmak için bir L_d bobini koyulur. Yüke (1) ve (2) deki gibi kare dalga uygulanır. (L_d) değeri ; $I_d = S_{bt} = I_d$ kabul edilecek büyüklükte seçilmiştir.

Bağlantılar sonucu ,meydana gelen olay şudur:

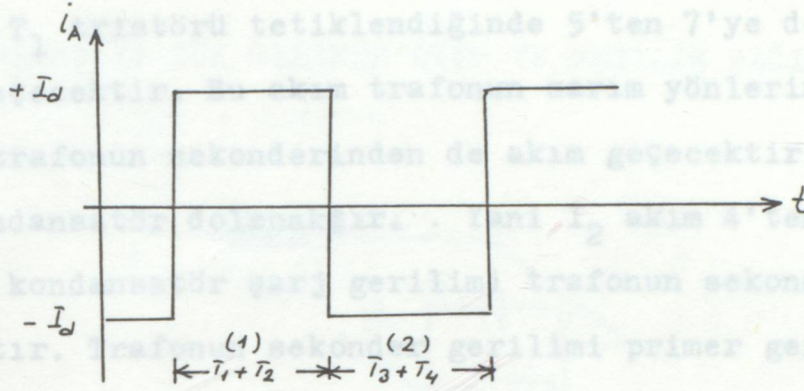


Bu işlem tristörlerle şu şekilde yapılır.



Önce T_1 ve T_2 'nin tetiklendiğini kabul edelim. i_A akımı C_A 'dan R_A 'dan ve L_A 'dan devresini tamamlamış olacak. Dolayısıyla kondansatör dolmuş olacak. Bir süre sonra T_3 ile T_4 'ü tetiklediğimizde T_1 ve T_2 'nin devrede kalıp kalmadığını göz önüne alalım. T_1 tetiklendiğinde C_A ve T_3 üzerinden i_k akımı akacaktır. i_k akımı yükselme hızına bağlı olmak üzere i_A 'ya ulaşacak ve T_1 sönecektir. Bu komütasyonun hızlı olmasını isteriz. Ancak $\frac{di}{dt} < \left(\frac{di}{dt} \right)_{krit}$ olmalıdır. Bu yüzden self yetmiyor ise

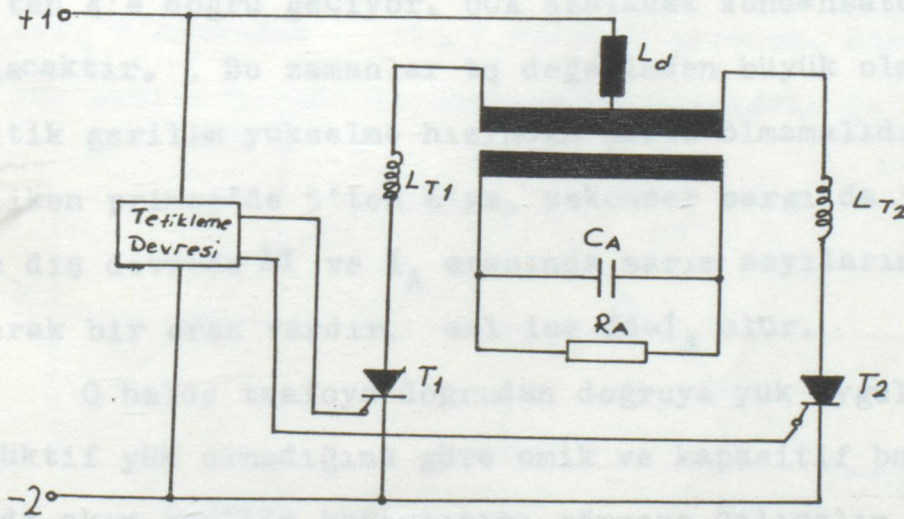
devreye self ilave etmelidir. T_4 tristöründe T_3 ile tetikleneceğinden T_2 ve C_A 'dan i_A akımı akacaktır. i_k akımı T_2 akımını azaltacak yöndedir. Bu taktirde i_A 'nın yönü değişmiş olacak ve kondansatör şarj yönü zaman içinde değişecektir. Bu şarj yönünün çok hızlı değişmesini arzu etmeyiz. En az tristörün serbest kalma zamanı kadar pozitif gerilim uygulanması (beklenilmesi) gerekir. En az (t_q) kadar zaman gereklidir.



- 1) $\frac{di}{dt}$ ($\frac{di}{dt}$) krit
- 2) İlgili tristörler söndükten sonra UCA'nın yönünün değişme zamanı en az t_q kadar olmalıdır.
- 3) UA 0 olduğunda $\frac{du_{ax}}{dt}$ ($\frac{du}{dt}$) krit.

Birinci şart yerine gelmez ise tristör devreden çıkan ikinci ve üçüncü şartlar yerine gelmez ise istenmediği halde tristörler tetiklenecektir. Bu yüzden üç şartın da yerine gelmesi gereklidir.

Bu montaj bir trafo ve 2 trastör ile de gerçekleştirilir. Trafonun a çevirmi oranını bizim için gerekli ayarı yapmamızı sağlar. Bu montaj şu şekilde olmalıdır.



T_1 tristörü tetiklendiğinde 5'ten 7'ye doğru bir akım geçecektir. Bu akım trafonun sarım yönlerine bağlı olmak üzere trafonun sekonderinden de akım geçecektir. Bu I_2 akımı ile kondansatör dolacaktır. Yani I_2 akım 4'ten üçe doğru akan kondansatör şarj gerilimi trafonun sekonder gerilimi olacaktır. Trafonun sekonder gerilimi primer gerilime etki edecektir.

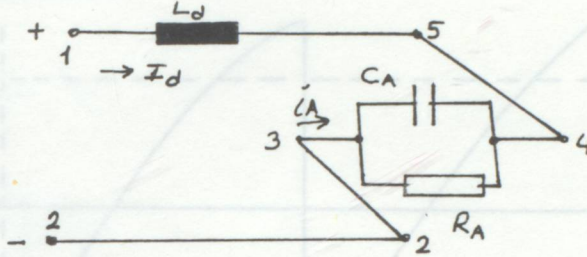
$$\frac{U_{75}}{U_{34}} = a \quad \frac{U_{76}}{U_{34}} = 2a \text{ olacaktır.}$$

U67 üzerinde bir gerilim olacaktır. 6 noktasındaki gerilim 5 noktasından 2 kat büyük olacaktır. U67 gerilimi T_2 tristörü ucundadır. Ve bu gerilim pozitiftir. T_2 tetiklendiğinde iletme geçecek T_2 'nin geçirme T_1 'ün kapama yönünde I_d akımının akmasına sebep olacaktır. Ve T_1 sönecek, T_2 iletme geçecektir. Bu sefer I_d akımı 5'ten 6'ya doğru akmaya başlayacaktır. I_d 'nin akım yönünün değişmesi ile T_2 iletimde iken akım 5'ten 6'ya akıyor ve I_2 'nin de yönünü değiştiriyor. I_2 3'ten 4'e doğru geçiyor. UCA azalacak kondansatör ters yönde dolacaktır. Bu zamanlar t_q değerinden büyük olmalıdır. Kritik gerilim yükselme hızından fazla olmamalıdır. T_2 iletimde iken primer'de 5'ten 6'ya, sekonder sargı da ise 4'ten 3'e dış devrede I_d ve I_A arasında sarım sayılarına bağlı olarak bir oran vardır. $a=1$ ise $I_d=I_A$ olur.

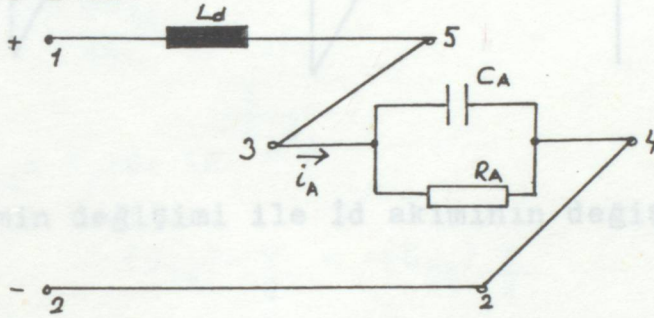
O halde trafoya doğrudan doğruya yük uygulayabiliriz. Endüktif yük olmadığına göre omik ve kapasitif bağlama halinde akım gerilim bağlantısını görmeye çalışalım.

OMİK-KAPASİTİF YÜK HALİNDE AKIM VE GERİLİM BAĞINTILARI

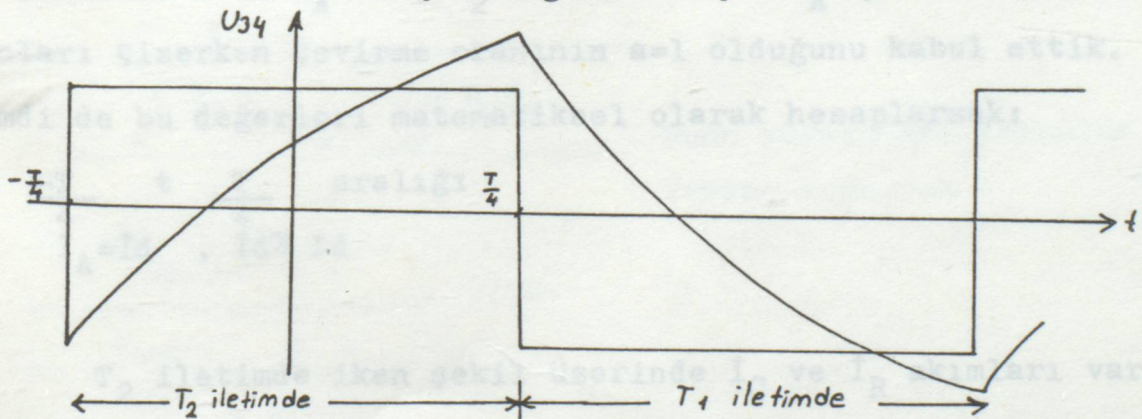
T_1 iletimde iken:



T_2 iletimde iken:



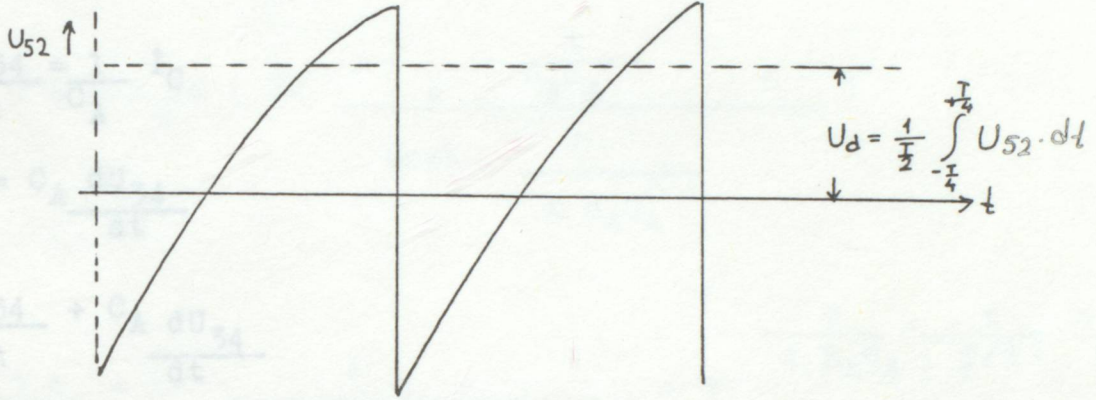
I_d akımı I_A akımı olarak geçiyor. Bu akım C_A kondansatörünü dolmaya çalıştıracaktır. Üstel fonksiyon gösterecektir ilerde bunun değişmesini hesaplıyacağız. T_2 iletimden çıkacak, T_1 iletime geçecek aynı olaylar T_1 de devam edecek, bu sefer T_1 devreden çıkıp T_2 devreye girecek. Böyle olay devam edecektir. Burada meydana gelen olayların şeklini çizersek



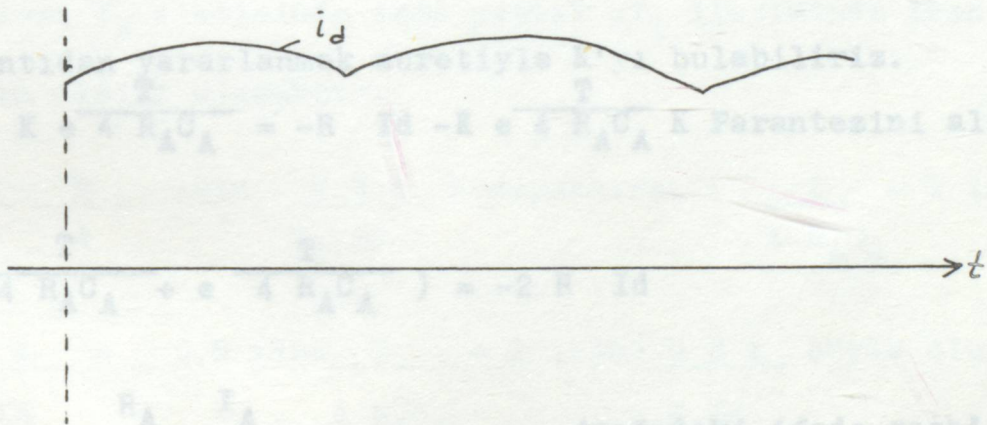
T_1 iletimde iken $U_{52}=U_{43}=U_{34}$

T_2 iletimde iken $U_{52}=U_{34}$

U_{52} ile çizersek:



Bu gerilimin değişimi ile I_d akımının değişimini çizersek



T_1 iletimde iken $I_A = -I_d$, T_2 iletimde iken $I_A = I_d$

Bunları çizerken çevirme oranının $a=1$ olduğunu kabul ettik.

Şimdi de bu değerleri matematiksel olarak hesaplırsak:

$$\frac{-T}{4} \quad t \quad \frac{T}{4} \quad \text{aralığı}$$

$$I_A = I_d, \quad I_d \approx I_d$$

T_2 iletimde iken şekil üzerinde I_C ve I_R akımları vardır. Burada $I_d = I_R + I_C$

$$i_R = \frac{U_{34}}{R_A}$$

$$U_{34} = \frac{1}{C_A} \int i_C dt$$

$$\frac{dU_{34}}{dt} = \frac{1}{C_A} i_C$$

$$i_C = C_A \frac{dU_{34}}{dt}$$

$$I_d = \frac{U_{34}}{R_A} + C_A \frac{dU_{34}}{dt}$$

$$U_{34} = R_A I_d + K e^{\frac{t}{R_A C_A}}$$

$$\text{Max 'da } (U_{34}) - \frac{T}{4} = -(U_{34}) \frac{T}{4}$$

Bu bağıntıdan yararlanmak suretiyle K'yı bulabiliriz.

$$R_A I_d + K e^{\frac{T}{4 R_A C_A}} = -R I_d - K e^{\frac{T}{4 R_A C_A}} \quad K \text{ Parantezini alırsak}$$

$$K \left(e^{\frac{T}{4 R_A C_A}} + e^{\frac{T}{4 R_A C_A}} \right) = -2 R I_d$$

$$K = - \frac{R_A I_A}{\frac{e^{\frac{T}{4 R_A C_A}} + e^{\frac{T}{4 R_A C_A}}}{2}} \quad \text{Aşağıdaki ifade cosh'tir.}$$

$$\frac{\frac{T}{4 R_A C_A}}{e^{\frac{T}{4 R_A C_A}} + e^{\frac{T}{4 R_A C_A}}} = \frac{T}{2 \cosh \frac{T}{4 R_A C_A}}$$

Bunu yukarıdaki formülde
Yerine koyarsak

$$K = - \frac{R_A I_d}{\cosh \frac{T}{4 R_A C_A}} \quad \text{Olur.}$$

$$U_{34} = R_A I_d - \frac{R_A I_d}{\cosh \frac{T}{4 R_A C_A}} \cdot e^{-\frac{t}{R_A C_A}}$$

$$U_{34} = R_A I_d \left(1 - \frac{e^{-\frac{t}{R_A C_A}}}{\cosh \frac{T}{4 R_A C_A}} \right)$$

$$\frac{U_{34}}{R_A I_d} = 1 - \frac{1}{\cosh \frac{T}{4 R_A C_A}} \cdot e^{-\frac{T}{4 R_A C_A} \cdot \frac{t}{T/4}}$$

Bunları T_2 iletiminde iken yaptık T_1 iletiminde iken bunların eksisi olacaktır.

$$t = \frac{T}{4} \text{ için } \frac{U_{34}}{R_A I_d} \text{ hesaplanırsa } \left(\frac{T}{4 R_A C_A} = 1 \text{ için } \right)$$

$$\frac{U_{34}}{R_A I_d} = 0,8 \text{ yine } \frac{T}{4 R_A C_A} = 1 \text{ için } \frac{U_{34}}{R_A I_d} \text{ şöyle olur.}$$

$$t = \frac{T}{4} \text{ için } \frac{U_{34}}{R_A I_d} = 0,8$$

DC için bir bağıntı bulmaya çalışırsak.

$$U_d = \frac{1}{T/2} \int_{-T/4}^{T/4} U_{s2} dt$$

4

Bu aralıkta T_2 iletimdedir. Burada da $U_{52} = U_{34}$ 'tür.

Bunu yerine koyup yazarsak.

$$U_d = \frac{1}{T/2} \int_{-T/4}^{T/4} \frac{T}{4 R_A I_d} \left(1 - \frac{1}{\cosh \frac{T}{4 R_A C_A}} \cdot e^{-\frac{t}{R_A C_A}} \right) dt.$$

Buradan

$$U_d = \frac{2 R_A I_d}{T} \left[t - \frac{1}{\cosh \frac{T}{4 R_A C_A}} \cdot (-R_A C_A) e^{-\frac{t}{R_A C_A}} \right]_{-T/4}^{T/4}$$

$$U_d = \frac{2 R_A I_d}{T} \left[\frac{T}{4} + \frac{R_A C_A}{\cosh \frac{T}{4 R_A C_A}} \cdot e^{\frac{T}{4 R_A C_A}} + T - \frac{R_A C_A}{\cosh \frac{T}{4 R_A C_A}} \cdot e^{-\frac{T}{4 R_A C_A}} \right]$$

$$U_d = \frac{2 R_A I_d}{T} \left[\frac{T}{2} - \frac{R_A C_A}{\cosh \frac{T}{4 R_A C_A}} \left(e^{\frac{T}{4 R_A C_A}} - e^{-\frac{T}{4 R_A C_A}} \right) \right]$$

$T/2$ ile çarparsak

$$U_d = R_A I_d \left(1 - \frac{4 R_A C_A}{T} \frac{1}{\cosh \frac{T}{4 R_A C_A}} \frac{e^{\frac{T}{4 R_A C_A}} - e^{-\frac{T}{4 R_A C_A}}}{2} \right)$$

$$U_d = R_A I_d \left(1 - \frac{4 R_A C_A}{T} \tanh \frac{T}{4 R_A C_A} \right) \text{ Buradan dc. akımı}$$

bulmak istersek

$$I_d = \frac{U_d}{R} \cdot \frac{1}{1 - \frac{4 R_A C_A}{T} \tanh \frac{T}{4 R_A C_A}}$$

U₃₄ değerini bulmaya çalışırsak

U_d

$$\frac{U_{34}}{U_d} = \frac{R_A I_d \left(1 - \frac{\cosh \frac{T}{4 R_A C_A} - e^{-\frac{T}{4 R_A C_A}}}{4 R_A C_A} \cdot \frac{T}{T/4} \right)}{R_A I_d \left(1 - \frac{4 R_A C_A}{T} \tanh \frac{T}{4 R_A C_A} \right)}$$

Gerilim bakımından tristörlerin zorlanmasını incelemek için

T₁iletimde iken $U_{AT2} = U_{67}$

T₂iletimde iken $U_{AT1} = U_{76}$

Tristörlerden biri iletimde iken diğeri trafonun primer gerilimine maruz kalmaktadır.

$$\frac{(U_{57})}{(U_{34})} = a, \frac{(U_{67})}{(U_{34})} = 2a, (U_{67}) = 2a(U_{34})$$

Tristör için bu gerilimin max.değeri tehlikelidir.Bunun max. nu bulmak için t yerine $\frac{T}{4}$ konmalıdır.

$$t = \frac{T}{4} \text{ için } \frac{U_{34}}{U_d} = \frac{(U_{34})_{\max}}{U_d} = \frac{U_{34 \max}}{U_d} \text{ o halde}$$

Yukarıdaki formülde yerine koyarsak.

$$\frac{U_{34 \max}}{U_d} = \frac{1 - \frac{\cosh \frac{T}{4 R_A C_A} - e^{-\frac{T}{4 R_A C_A}}}{4 R_A C_A}}{1 - \frac{4 R_A C_A}{T} \tanh \frac{T}{4 R_A C_A}}$$

O halde belirli parametrik değerler için hesap yapılabilir.

$$\frac{T}{4 R_A C_A} = 1 \text{ için } \frac{U_{34} \max}{U_d} = 3,16 \text{ bulunur.}$$

Yani $U_{34} \max = 3,16 U_d$ olur. Buna göre kullanacağımız tristörlerin kullanılmaları pozitif yöndeki gerilimi U_{DRM} , negatif yöndeki gerilimi U_{RRM} şöyle olmalıdır.

$$U_{DRM}, U_{RRM} > 2 \cdot 3,16 U_d = 6,32 a U_d$$

Uygulanan gerilim U_d olduğu halde tristörlerin uçlarındaki gerilim U_d 'nin 6 katından fazladır.

U_{34} yük geriliminin efektif değerini bulmak için $U_d \cdot I_d = R_A$ $\left(\frac{U_{34}}{R_A} \right)^2$ giriş ve çıkış güçleri birbirine eşittir.

$$U_{34} = \sqrt{R_A I_d U_d}$$

$$U_{34} = R_A I_d \sqrt{1 - \frac{4 R_A C_A}{T} \tanh \frac{T}{4 R_A C_A}}$$

$$\frac{U_{34}}{U_d} = \frac{R_A I_d}{R I_d} \sqrt{1 - \frac{4 R_A C_A}{T} \tanh \frac{T}{4 R_A C_A}}$$

$$\frac{U_{34}}{U_d} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{4 R_A C_A}{T} \tanh \frac{T}{4 R_A C_A}}} \quad a=1 \text{ aldığımız zaman böyledir } a - \text{ birden farklı ise sekondere indirgenmiş değerler}$$

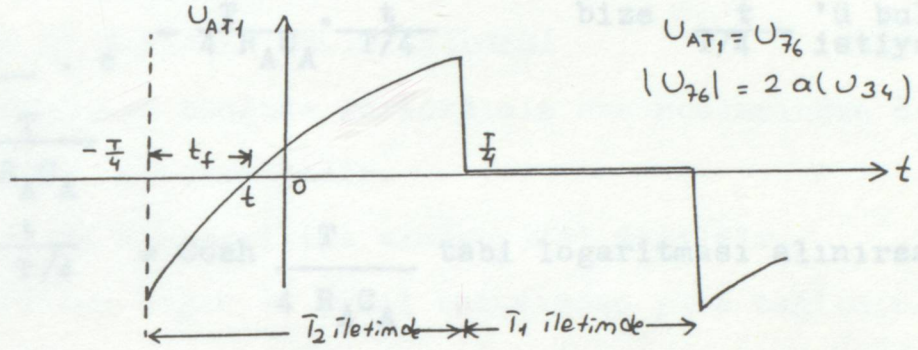
alınmalıdır. Yani U_d 'yi a 'ya bölmek lazımdır.

$$\frac{T}{4 R_A C_A} = 1 \text{ için } \frac{U_{34}}{U_d} = 2,04$$

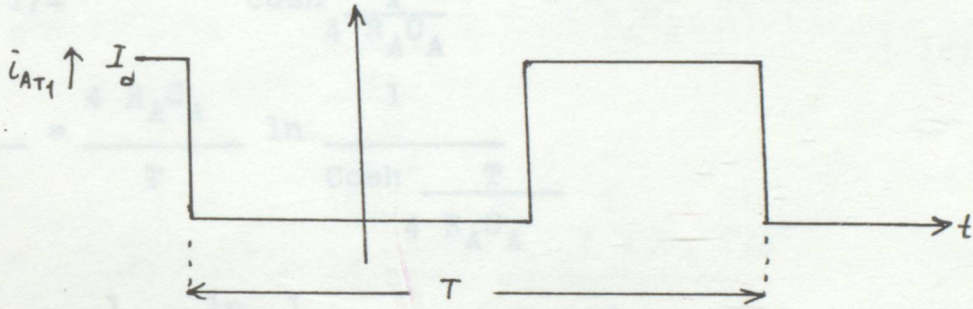
Tristörler için diğer iki önemli husus tristörlerin serbest kalma zamanlarıdır. T_2 tetiklendiğinde T_1 'in anod gerilimi-

negatif olmaktadır. Dolayısıyla zamanla gerilimin yönü değişmektedir. Bu yüzden serbest kalma zamanı uygun olması gerekmektedir. Aksi halde tristör kende kendine devreye girecektir.

T_2 iletiminde iken U_{76} nedir; Şekil çizerek görelim.



I_A 'yı da çizersek yalnız T_1 iletimde iken I_A akacaktır.



Akım ve ısınma bakımından tristör seçimi:

$$I_{A \text{ AV}} = \frac{I_d \frac{T}{2}}{T}$$

$$= \frac{I_d}{2}$$

$$I_{A \text{ Ef}}^2 = \frac{I_d^2 \frac{T}{2}}{T}$$

$$= \frac{I_d^2}{2}$$

t_f iletimden çıkan tristörün anod geriliminin negatif kalma süresidir.

Serbest kalma zamanının bulunması için

$$U_{76} = 2a U_{34} = 0$$

$\frac{T}{4 R_A C_A} = 1$ için $t_f = 0,57$ bulunur.

$$4 R_A C_A \quad T/4$$

Tristörlerin serbest kalma zamanı $t_q < t_f$ olmalıdır.

2.2. AKIM ZORLAMALI KENDİNDEN DENETİMLİ ONDÜLÖRLERİN SAKINCALARI VE MONTAJIN GELİŞTİRİLMESİ

Ondülör montajının aşağıda göreceğimiz sakıncalarından dolayı geliştirilmesi gerekmektedir.

- 1) Elde edilen yük gerilimi sinüsoyidal değildir.
- 2) Yük gerilimi değer ve şekil bakımından yüke bağlıdır.

Bilindiği üzere;

$$U_{34} = R_A I_d \left(1 - \frac{1}{\cosh \frac{T}{4 R_A C_A}} e^{-\frac{T}{4 R_A C_A} \cdot \frac{t}{T/4}} \right) \text{ idi}$$

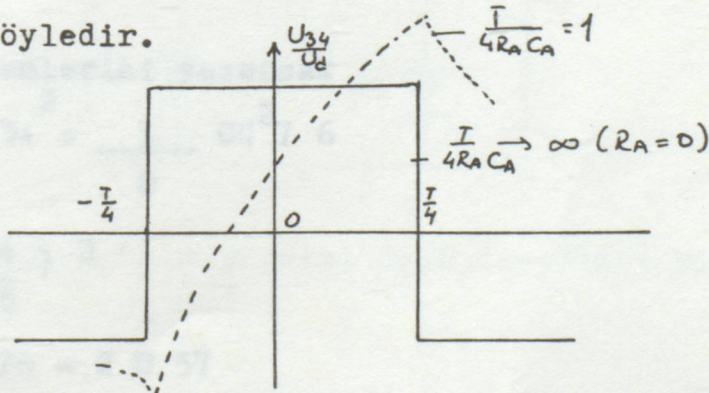
$$U_{34} =$$

$$U_{34} = \frac{1 - \frac{1}{\cosh \frac{T}{4 R_A C_A}} e^{-\frac{T}{4 R_A C_A} \cdot \frac{t}{T/4}}}{1 - \frac{1}{\cosh \frac{T}{4 R_A C_A}} \tanh \frac{T}{4 R_A C_A}}$$

$$t = \frac{T}{4} \text{ için } \frac{U_{34}}{U_d} = \left(\frac{U_{34}}{U_d} \right)_{\max}$$

$$\frac{T}{4 R_A C_A} \nearrow \nearrow , \left(\frac{U_{34}}{U_d} \right)_{\max} \text{ şekilde değişir.}$$

Çizimi ise şöyledir.



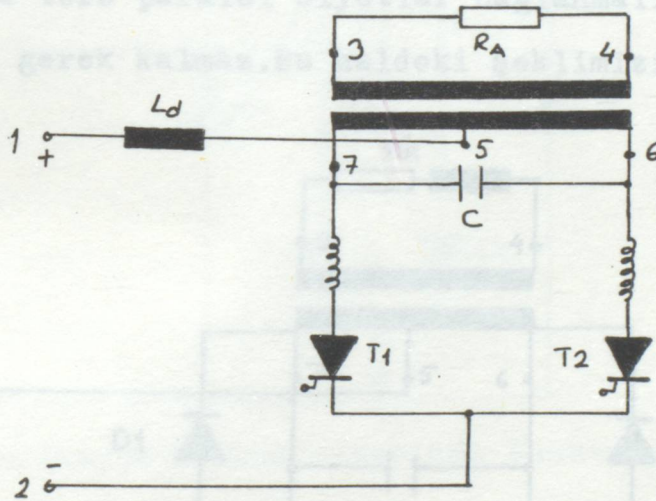
$R_A = 0$ da kısa devre edilmiş oluyor. Eğer gerilim sabit bir değerde tutulmak istenirse ya yeni kumanda düzeni kondansatör gerilimi sabit tutulmalı veya yükün şöntlenmesi gerekmektedir.

3) Enerji akışı tek yönlü olduğundan endüktif bileşeni bulunan yüklerin beslenmesi için elverişli değildir.

U_d sabit olduğundan $U_d, i_d > 0$ olmalıdır.

Halbuki $U_A, i_A > 0$ bazende $U_A, i_A < 0$ dır. Bu gücün geri verilmesi demektir. Bu yüzden kondansatörle paralel bir direkç bağlamak gerekir. Aksi halde i_d 'nin geliştirilmesi icab eder.

Bu sakıncaları ortadan kaldırmak için montajda bazı değişiklikler yapalım. Kondansatörün primer veya sekonder devrede olması bir şey değiştirmez. Bunun için kondansatör primer tarafı alınırsa montajımız şu şekilde olur.



Enerji denklemlerini yazarsak

$$\frac{1}{2} C_A U_{34}^2 = \frac{1}{2} C U_{56}^2$$

$$C = C_A \left(\frac{U_{34}}{U_{56}} \right)^2$$

$$U_{57} = a, U_{76} = 2 U_{57}$$

$$U_{34}$$

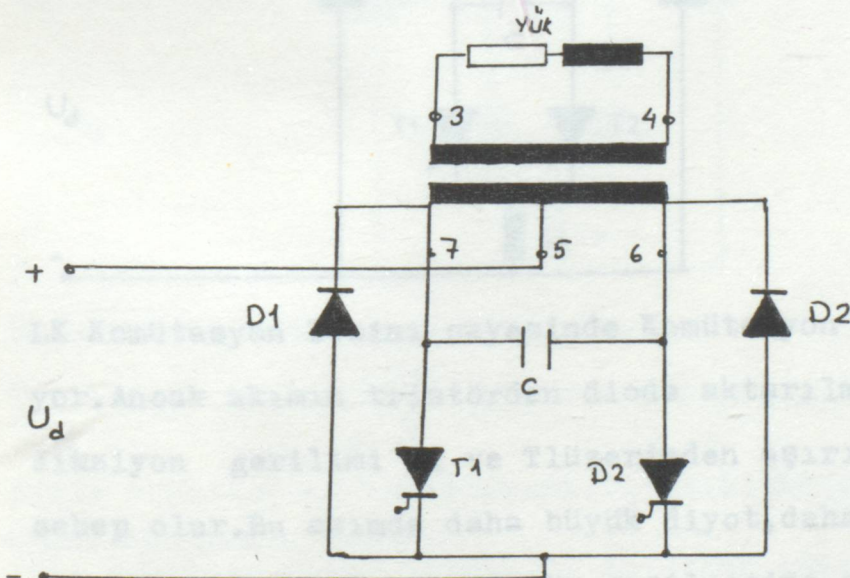
$$\frac{U_{76}}{U_{34}} = 2a$$

$$C = C_A \frac{1}{(2a)^2}$$

Kondansatörün kapasitesi azalmış fakat gerilimi yükselmiş olur. Geriliminde yükseltilmesi sorun değildir. Biz bu tipteki (Bağlantıdaki) Ondülöre PARALEL ONDÜLÖR diyoruz.

Buradan esinlenerek montajı geliştirirsek akım yönünü değiştirmek için gerekli önlem alınmalıdır.

Akım yönüne birer ters diyot bağlanırsa I_d akımında yön değiştirecek o zaman I_d 'ye ihtiyaç kalmayaçaaktır. Çünkü akımın değeri değil yönü bile değişecektir. I_d 'yi, I_d 'nin değerinin artması için koymuştuk. Gerektiğinde $I_d < 0$ olabilmesi için tristörlere ters paralel diyotlar bağlanmalı I_d değiştiğine göre I_d 'ye gerek kalmaz. Bu haldeki şeklimizi çizerseniz şöyle olur.

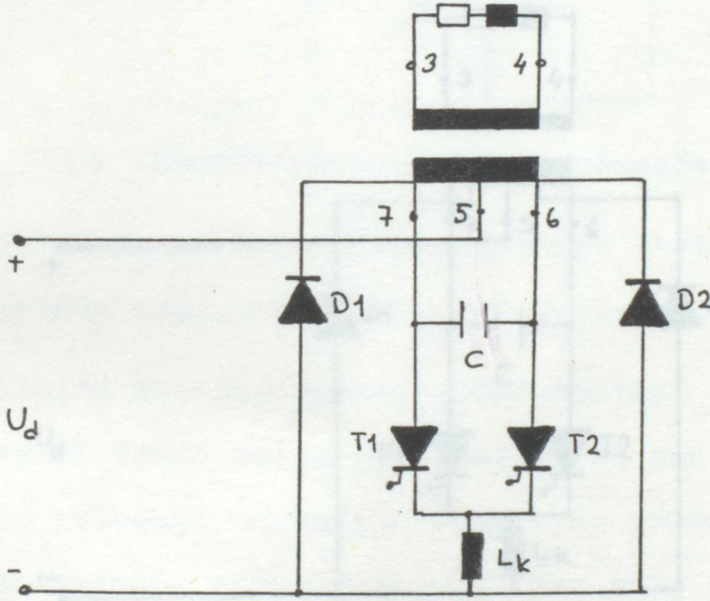


Tristörlere ters yönde paralel D_1, D_2 diyotları bağlanır.

Ancak komütasyon olayı meydana gelir. U_{75} 'e 2 U_d uygulanmış olacak ve kondansatör şarj etmiş olacak.

T_2 ilettime geçince C , T_2 ve T_1 üzerinden bir akım akacak

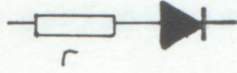
T_1 tristörü sönecek, T_1 söner sönmez D_1 diyotu üzerinden kondansatör çabuçak boşalaçak dolayisiyle 75'deki gerilimin yönü çabuçak değişecek. Bu da T_1 'in anod geriliminin pozitif olmasını sağlayacaktır. Bunun için LK denen komütasyon bobini eklenir. Tristör sönünce, kondansatörün doğrudan diyot üzerinden çok çabuk boşalmasını engellemek için devreye bir LK bobinin eklenir. Ozamanda şeklimiz şöyle olur.



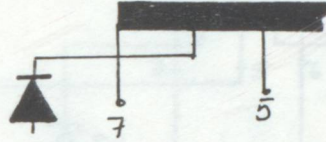
LK Komütasyon bobini sayesinde Komütasyon süresi uzamış oluyor. Ancak akımın tristörden dioda aktarılması sonucu LK indüksiyon gerilimi D_1 ve T_1 üzerinden aşırı akım akmasına sebep olur. Bu akımda daha büyük diyot, daha büyük tristör, daha pahalı diyot ve tristör seçilmesine sebep olacaktır. LK' da akımın azalması ve kesilmesi sonucu oluşan self indüksiyon gerilimi ; $LK - D_1 - T_1 - LK$ üzerinden bir sirkülasyon akımı geçirir. Tabii ki aynı olay $D_2 - T_2$ de de meydana gelir.

Bu akımı sınırlamak için;

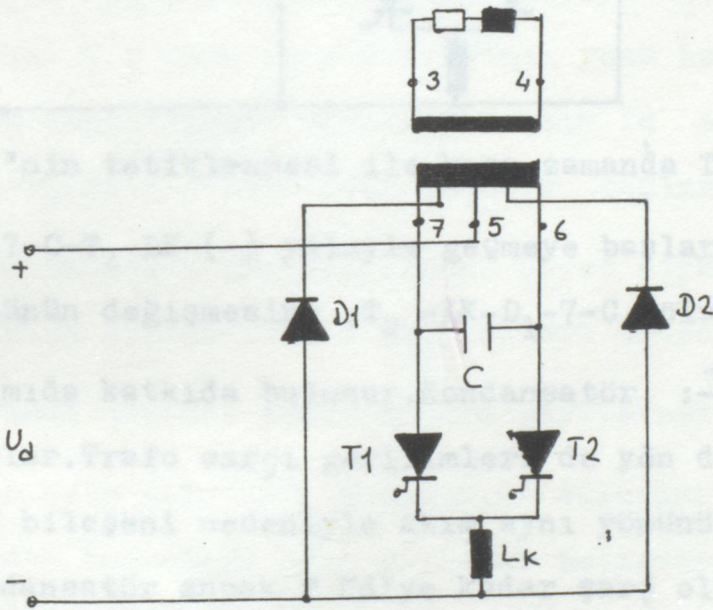
1) Küçük ve orta güçlerde dioda seri bir direnç bağlanır.



2) Orta ve büyük güçlerde devreye bir gerilim katılır.



3) Bu gerilimlerde gözününe alarak montajın son durumunu çizersek;



Bu montajda komütasyon olayı şöyle olur.

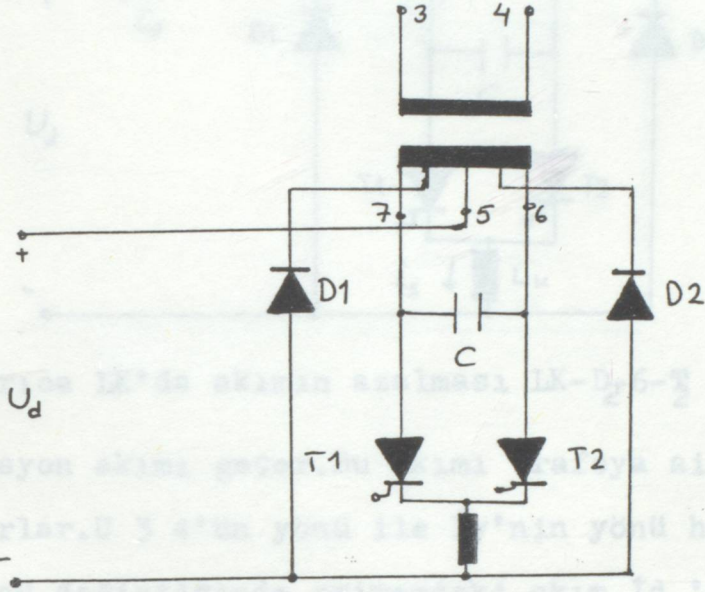
T_1 iletimde iken $\frac{2U_d}{C}$ durumundadır. T_2 'yi tetiklemek vasıta-

sıyla komütasyonu başlatırsak. T_2 tetiklendiğinde devrenin doğal selfinden dolayı,

çok kısa zaman içinde T_1 tristörü sönecek primerdeki akım 7 nolu kondansatör ve T_2 - LK üzerinden akım geçecek kon-
uç

dansatör gerilimi gittikçe azalaçak ve kondansatörün şarj yönü değişecektir.

Bunlarında şeklini çizersek



T_2 'nin tetiklenmesi ile kısa zamanda T_1 söner I_d akımı ;(+)

-5-7-C- T_2 -LK-(-) yoluyla geçmeye başlar.Gittikçe C'nin şarj yönünün değişmesine , T_2 -LK-D₁-7-C yoluyla geçen sirkülasyon

akımında katkıda bulunur.Kondansatör : $\begin{array}{c} + \\ | \\ - \end{array}$ yönde şarj olmaya başlar.Trafo sargı gerilimleri de yön değiştirir.Yükün Endüktif bileşeni nedeniyle akım aynı yönünü korumaktadır.

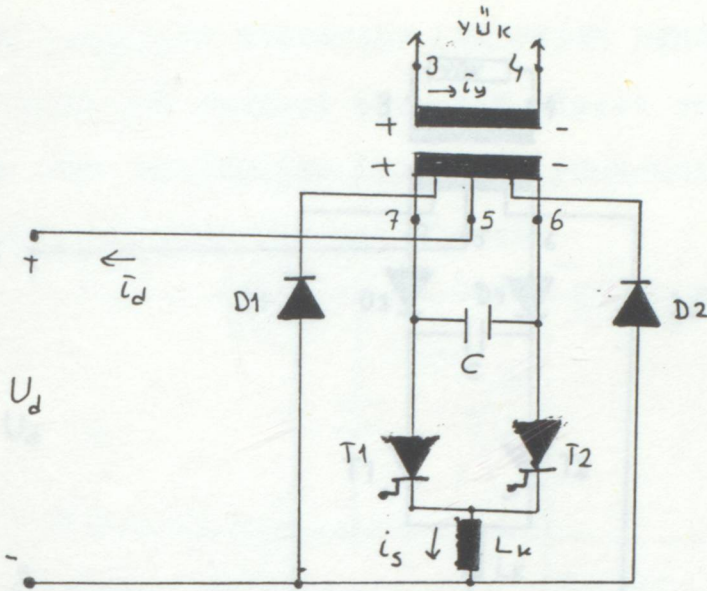
Kondansatör ancak $2 U_d$ 'ye kadar şarj olacaktır. $\begin{array}{c} + \\ | \\ - \end{array}$ şarj olduğun

da 5-7-C- T_2 -LK üzerindeki akım gittikçe azalaçak I_d 'nin yönü-

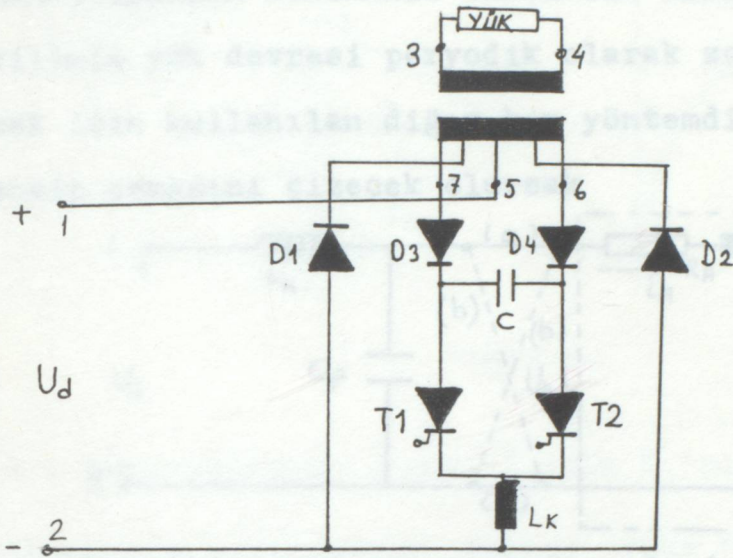
değişecek D_2 üzerinden akaçaktır.C- T_2 üzerinden geçen akım

azalır.Akım yönünü koruduğundan (-)- D_2 -5-(+) üzerinden akım

geçmeye başlar.Bu şekilde çizersek;



Ayrıca LK'da akımın azalması LK-D₂6-T₂ -Lk üzerinden Is sirkü-
lasyon akımı geçer.Bu akımı trafoya ait sargıdaki gerilim sı-
nırlar.U 3 4'ün yönü ile İy'nin yönü halen farklıdır.İy'nin
yönü değiştiğinde primerdeki akım İd 'nin yönünde değişir.İd ;
5-6-T₂-LK(-) üzerinden geçmeye başlar.Komitasyon olayı sona
eren Buradaki incelik şudur: Şayet sirkülasyon akımı çok az
ve kısa sürede olursa T₂ tristörü sönecektir.Bu yüzden T₂ tris-
törünün devamlı tetiklenmesi gerekecektir.D₁ ve D₂ diyotlarına
ters akım diyotları deniyor.Bu diyotlar ilk defa peterson tara-
fından bulunduğu için piyasada peterson diyotları denir.
Kondansatörün başlangıçta şarj olduğu gerilim değerini koruya-
bilmesi için iki adet kapama diyodunun kullanılması gerekir.
O zaman montajımızın son şekli aşağıdaki gibi olur.



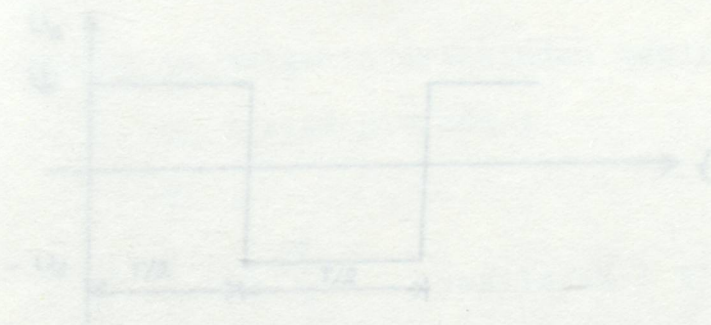
Bu gerilim kaynağıyla bir defasında (a) bağlantısı ile bir defasında (b) bağlantısı ile yük sabit olarak çalışmaktadır. Lk-Besleme kaynağı ve kaynağın self endüktif katsayısı.

Yükte uygulanan gerilimin sabit tutulması gerekir.

(a) bağlantısı yapıldığında $U_A = U_{34} = U_d$

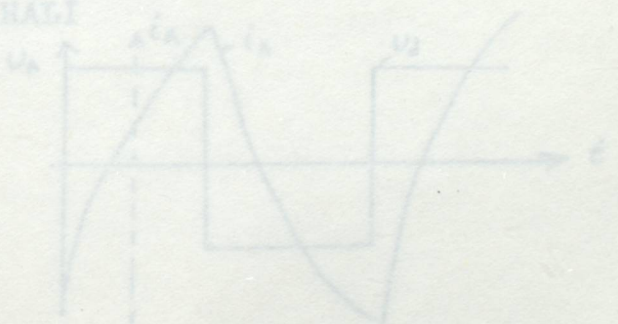
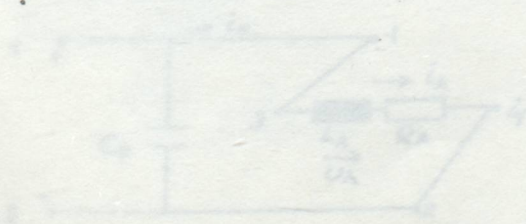
(b) bağlantısı yapıldığında $U_A = U_{34} = -U_d$

Bu şekilde yükte istenilen gerilim elde edilir.



Bu şekilde yükte istenilen gerilim elde edilir.

1.1) YÜKÜN DİKKET-İNDÜKTİF OLMASI HALİ

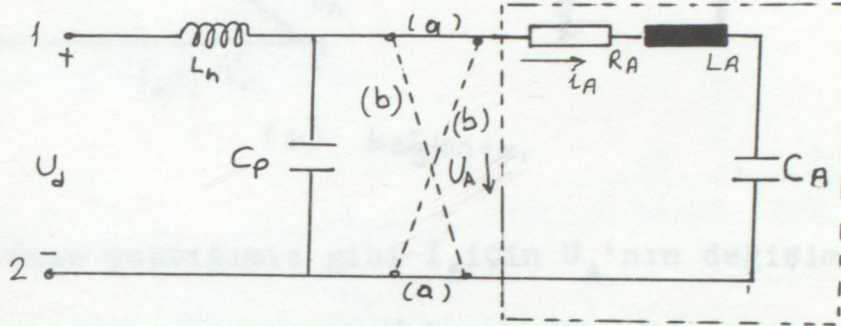


(a) bağlantısı

BÖLÜM-3:GERİLİM ZORLAMALI KENDİNDEN DENETİMLİ ONDÜLÖRLER

Gerilimle yük devresi periyodik olarak zorlanmalıdır.AC elde etmek için kullanılan diğer bir yöntemdir.

Prinsip şemasını çizecek olursak



U_d gerilimi vasıtasıyla bir defasında (a)bağlantısı ile bir defasında (b) bağlantısı ile yük sabit olarak zorlanmaktadır.

L_h =Besleme hattı ve kaynağın self endüktif katsayısı

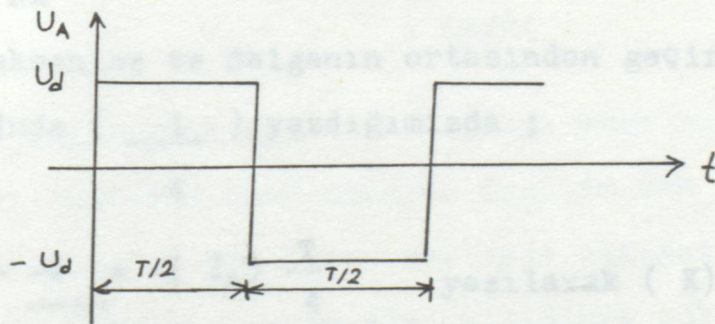
C_p =Tampon Kondansatörü

Yüke uygulanan gerilimin sabit tutulması gerekir.

(a) bağlantısı yapıldığında $U_A = U_{34} = U_d$

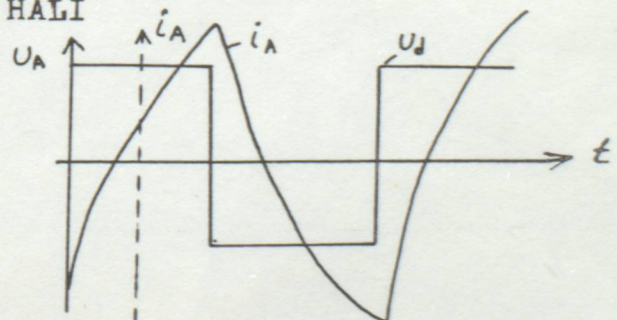
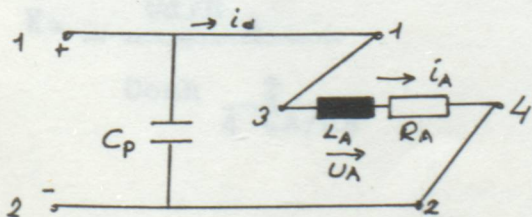
(b)Bağlantısı yapıldığında $U_A = U_{34} = -U_d$

Böylece yükün uçlarında aşağıdaki gibi kare dalge meydana gelir.

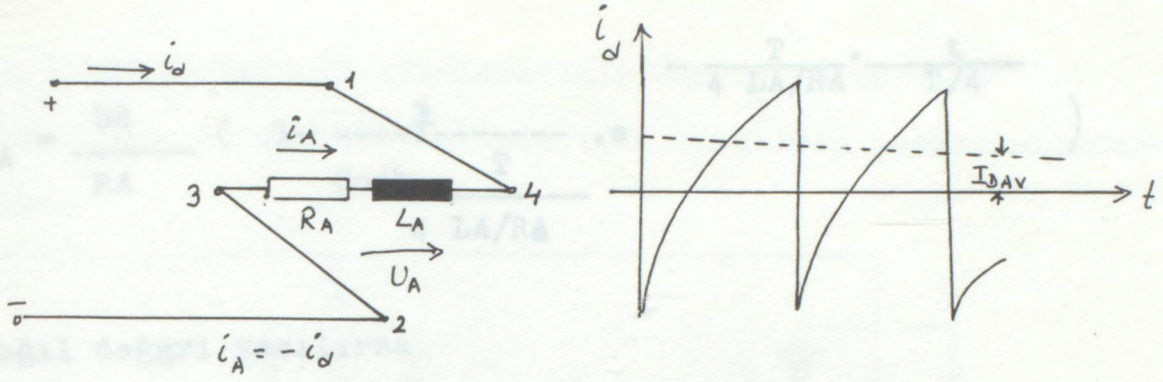


Bilindiği üzere yük omik,endüktif veya kapasitif olabilir.

3.1 YÜKÜN OMİK-ENDÜKTİF OLMASI HALİ



(a) bağlantısı



(b) bağlantısı,

Daha önce yaptığımız gibi i_A için U_A 'nın değişimini çizerek olursak devrenin selfinden dolayı yüke U_d gerilimi uygulandığında akım üstel olarak artacak ve azalacaktır. Gerilim yönü değiştiğinde yukarıdaki şekiller meydana gelecektir. Pozitif Periyotda (a) bağlantısı negatif periyot'ta (b) bağlantısı yapılacaktır.

i_A 'nın değişimi bulunmak istenirse;

$$U_A = L_A \frac{di_A}{dt} + R_A i_A$$

$$i_A = \frac{U_d}{R_A} + K e^{-\frac{R_A}{L_A} t}$$

Sıfır eksenine ve dalganın ortasından geçirmek suretiyle (i_A) ifadesinde (1) yazdığımızda ;

4

$$(i_A) - \frac{-T}{4} = -(i_A) \frac{T}{4}$$

yazılarak (K) yı bulursak

4

$$K = - \frac{U_d / R_A}{\cosh \frac{T}{4 \cdot CA / RA}}$$

$$i_A = \frac{U_d}{R_A} \left(1 - \frac{1}{\cosh \frac{T}{4 LA/R_A}} \cdot e^{-\frac{T}{4 LA/R_A} \cdot \frac{t}{T/4}} \right)$$

Bağıl değeri yazılırsa

$$\frac{i_A}{U_d/R_A} = 1 - \frac{1}{\cosh \frac{T}{4 LA/R_A}} \cdot e^{-\frac{T}{4 LA/R_A} \cdot \frac{t}{T/4}}$$

Diğer değerleride hesaplamak istersek

$$\frac{I_A}{I_{d_{AV}}} = \frac{I_d}{I_{d_{AV}}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{4 LA/R_A}{T} \tanh \frac{T}{4 LA/R_A}}}$$

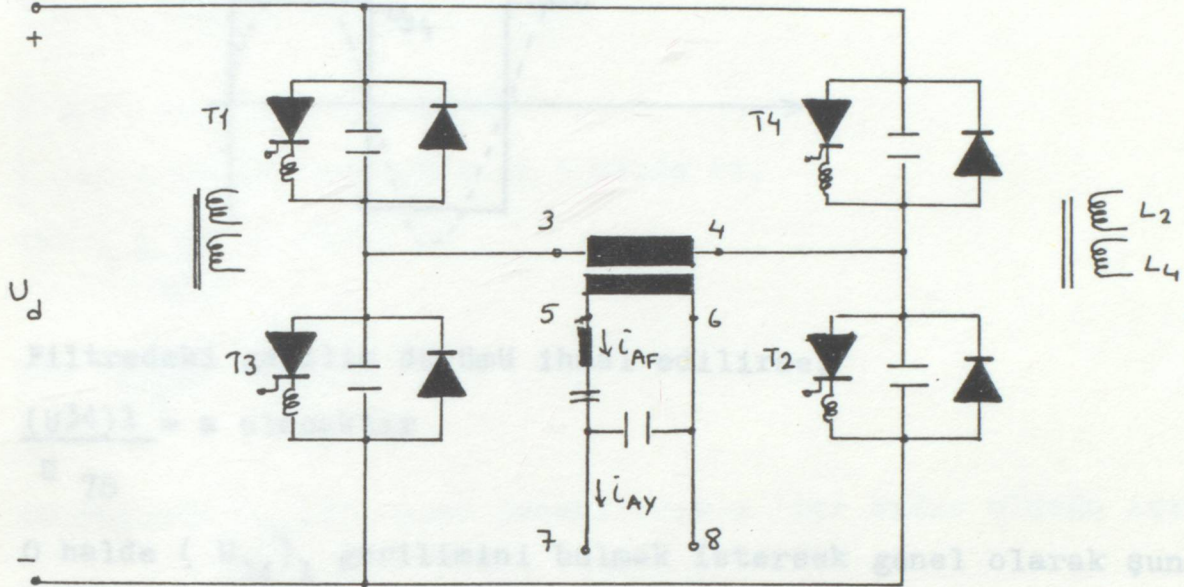
Bağıl değeri olarak

$$\frac{I_{d_{AV}}}{U_d/R_A} = 1 - \frac{4 LA/R_A}{T} \tanh \frac{T}{4 LA/R_A}$$

Buradan geçen akım doğrudan doğruya yüke bağlıdır.Yani LA ve RA'ya bağlıdır.LA=0 olsaydı değişim tam bir kare olacaktı. RA=0 olsaydı değişim üçgen şeklinde olacaktı.Bu arzu edilen bir durum değildir.Bizim arzu ettiğimiz yükte sinüsoyidal akım ve gerilim ve de yüke uyguladığımız gerilimin ayarlanabilir olmasıdır.

3.2 SİNÜSOYİDAL VE AYARLANABİLİR GERİLİMLİ ONDÜLÖR

Gerilimin sinüsoyidal olması için filtreden yararlanılacaktır.



Üst üste olan Ünitelerde sadece bir tanesi iletimde olabilir.

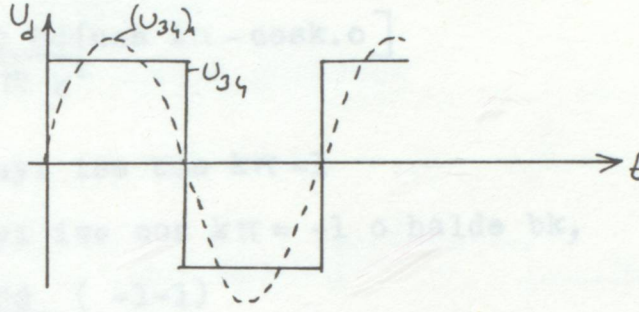
V_1 iletimde ise V_3 kendiliğinden iletimden çıkar, L_1L_3 ve L_2L_4 V_4 iletime girerse V_2 kendiliğinden iletimden çıkar!

aynı bobin üzerine sarılmışlardır. Yani aralarında magnetik bağlantı vardır. V_1 ve V_2 devrede olunca U_{34} , V_4 ile V_3 devrede olunca U_{43} gerilimi meydana (Kare dalga olarak) gelecek.

Trafo vasıtasıyla U_{78} arasında sinüsoyidal bir akım gerilim meydana gelecektir. V_1 , V_2 , V_3 ve V_4 iletimde olmak kaydı ile U_{34} geriliminin değişimini bir tabloda gösterirsek

	V_1	V_2	V_3	V_4	U_{34}
1	x	x			U_d V_1 ile V_2 iletimde
2			x	x	$-U_d$ V_3 ile V_4 iletimde
3				x	0
4		x	x		0

Sadece 1 ve 2 kombinasyonlarını kullanalım;



Filtredeki gerilim düşümü ihmal edilirse;

$$(U_{34})_1 = a \text{ olacaktır}$$

$$U_{78}$$

0 halde $(U_{34})_1$ gerilimini bulmak istersek genel olarak şuna eşit olacaktır.

$$U = \frac{a_0}{2} + a_1 \cos wt + a_2 \cos 2wt + a_k \cos kw + \dots + b_1 \sin wt + b_2 \sin 2wt + b_k \sin kw \text{ buradan genliği bulmak istersek}$$

$$a_k = \frac{2}{T} \int_0^T f(wt) \cos kwt \, d(wt)$$

$$a_k = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} f_d \cos kwt \, d(wt)$$

$$= \frac{2 U_d}{\pi} \cdot \frac{1}{k} \left| \sin kwt \right|_0^{\pi}$$

$$a_k = \frac{2 U_d}{k \pi} (\sin k - \sin k_0) \quad a_k = 0 \text{ olur}$$

Şimdi b_k 'yi bulmak istersek

$$b_k = \frac{2}{T} \int_0^T f(wt) \sin kwt \, d(wt)$$

$$= -\frac{2U_d}{\pi k} \left| \cos k\omega t \right|_0^{\pi}$$

$$b_k = -\frac{2 U_d}{\pi k} [\cos k\pi - \cos k.0]$$

K çift sayı ise $\cos k\pi = 1$

K tek sayı ise $\cos k\pi = -1$ o halde b_k ,

$$b_k = -\frac{2 U_d}{\pi k} (-1-1)$$

$$b_k = \frac{4 U_d}{\pi} \cdot \frac{1}{k}$$

Bu durumda U_{34} için şunu yazabiliriz. a 'lar sıfır olduğu için

(b) lerin tekleri kalacak

$$U_{34} = \frac{4 U_d}{\pi} \left(\sin \omega t + \frac{1}{3} \sin 3 \omega t + \dots \right)$$

Bizim ilgilendiğimiz yükün uçlarındaki $(U_{34})_1$ de şöyle olur.

$$(U_{34})_1 = \frac{4 U_d}{\pi} \sin \omega t$$

$(U_{34})_1$ efektif değeri de şöyle olur.

$$(U_{34})_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{4}{\pi} U_d \text{ hesaplandığında}$$

$$(U_{34})_1 = 0,9 U_d \text{ bulunur.}$$

$$U_{78} \text{ de } U_{78} = \frac{(U_{34})_1}{a} \text{ olur.}$$

a

3 ve 4 kombinasyonları bulmak üzere de gerilimin kombinasyonlarını sağlayabiliriz.

$$b_k = \frac{4 U_d}{\pi} \cdot \frac{1}{k} \cos k\alpha$$

Genel olarak 2α kadar gecikmeli tetiklendiğinde

$$U_{34} = \frac{4 U_d}{\pi} \left(\cos\alpha \sin wt + \frac{1}{3} \cos 3\alpha \sin 3wt + \dots \right)$$

Şeklinde değişim gösterecektir.

$$(U_{34})_1 = \frac{4 U_d}{\pi} \cos\alpha \sin wt$$

$(U_{34})_1$ 'in birinci harmoniğinin efektif değeri

$$(U_{34})_1 = \frac{4}{\pi} \frac{1}{\sqrt{2}} \cos\alpha U_d$$

$$(U_{34})_1 = 0,9 \cos\alpha U_d$$

0 halde α açısını 0 ile $\frac{\pi}{2}$ arasında değiştirebiliriz.

$$0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2}$$

$$0,9 U_d \geq (U_{34})_1 \geq 0 \text{ olur.}$$

2α açısını ayarlamak suretiyle yükün uçlarındaki gerilimi ayarlamış oluruz.

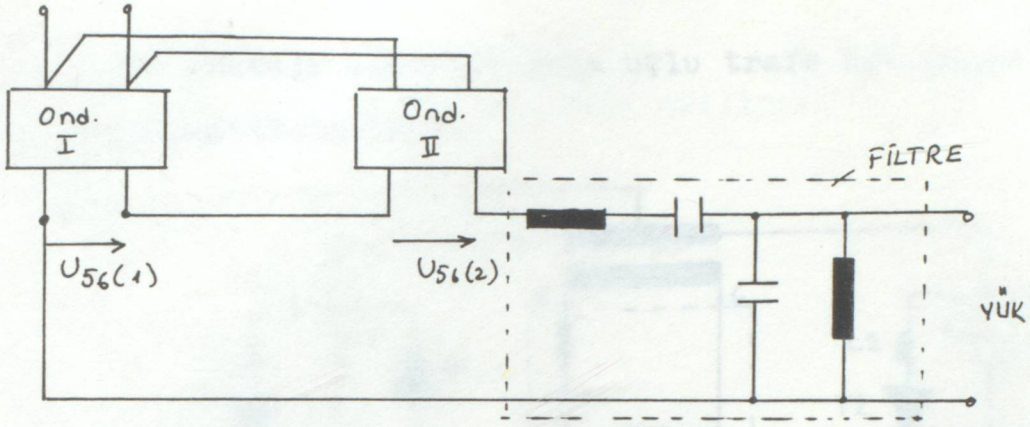
DİREKT AYAR METODU

$$U_{34} = \sqrt{\frac{U_d^2 (\pi - \alpha)}{\pi}}$$

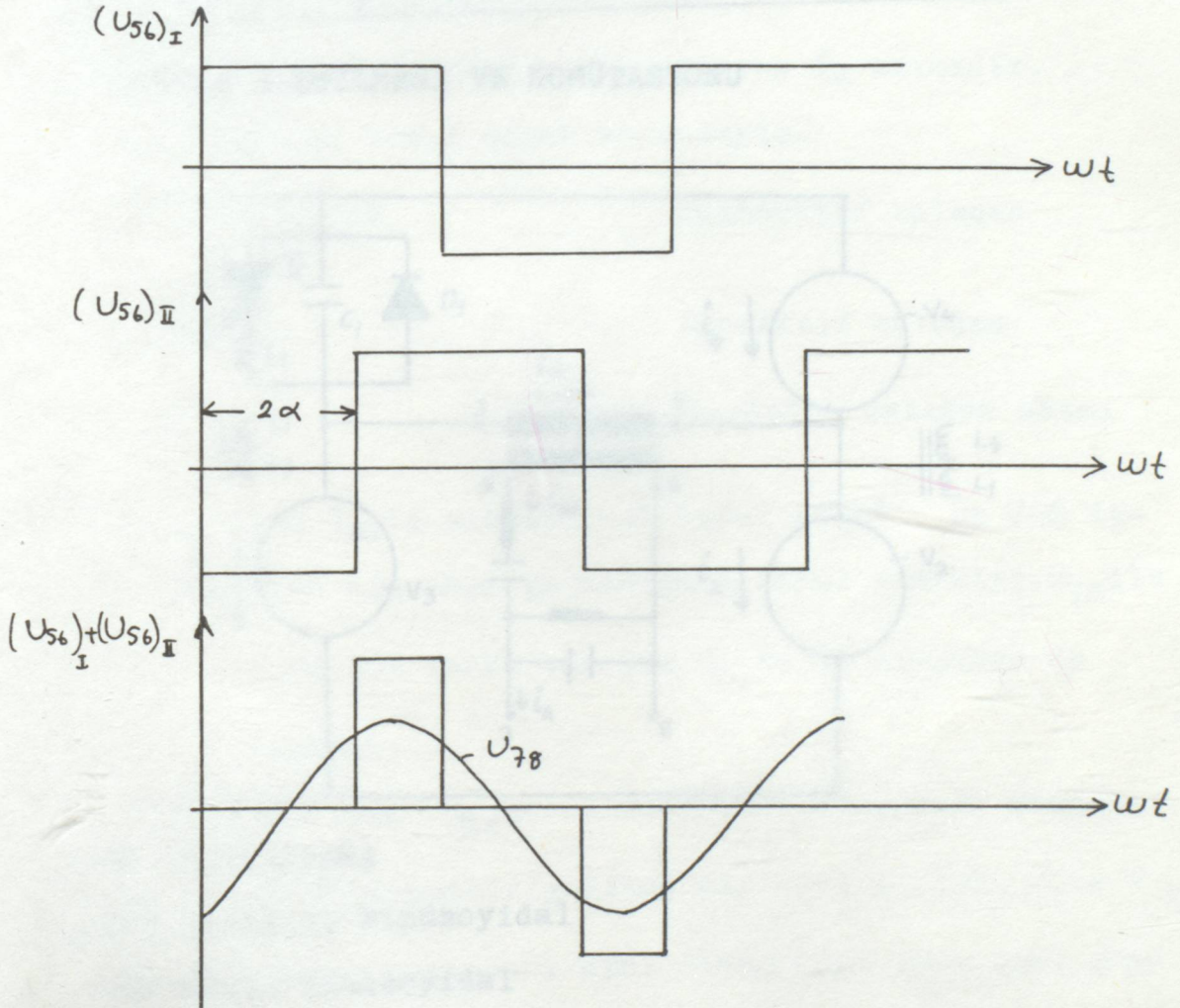
$$U_{34} = U_d \sqrt{\frac{\pi - \alpha}{\pi}}$$

3.3 : ENDİREKT AYAR METODU

İki ondülör kullanılır. Bu iki ondülörün çıkışları birbirleriyle seri bağlanır. Aynı kaynaktan besledikleri için girişleri birbirine paralel olacaktır.

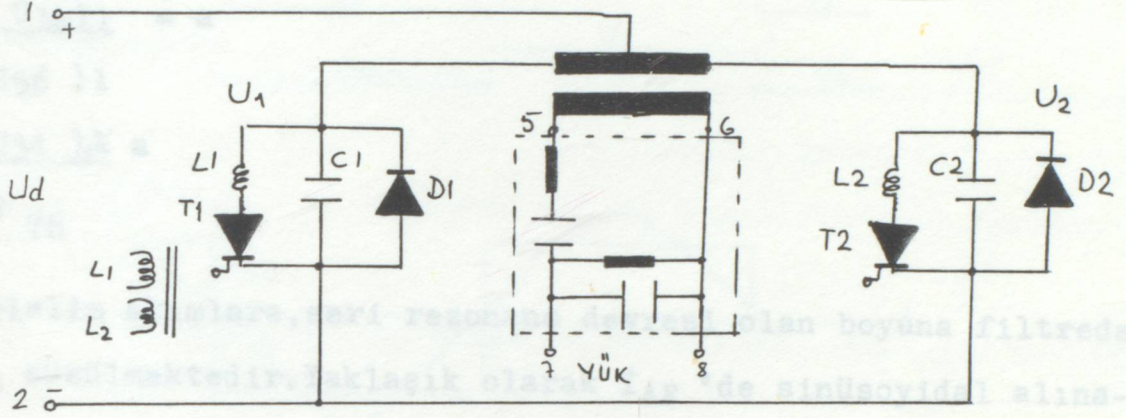


Ayar için ondülörleri gecikmeli olarak tetikliyoruz. II .Ondülör ye göre 2α arası kadar gecikmeli tetiklenir.

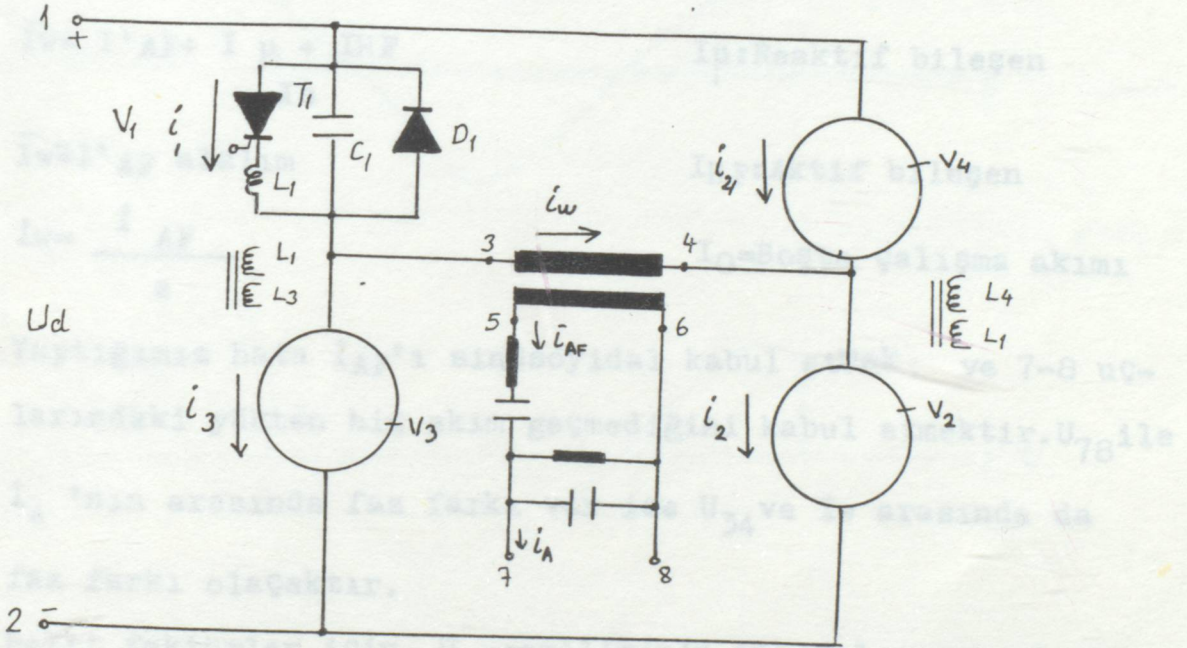


Buradaki ondülörler sargı gerilimli ondülörler olduğu için
Haha basit bir şekilde gerçekleştirilebilirler.

Böyle bir montajı çizersek orta uçlu trafo kullanmak suretiyle gerçekleştirebiliriz.



3.4: AKIMIN İLETİLMESİ VE KOMÜTASYONU



Burada biliyoruz ki

U_{78} -yük gerilimi sinüsoyidal

I_A -yük akımı sinüsoyidal

Eğer filtredeki gerilim düşümü ihmal edilirse U_{78} gerilimi (U_{56})'nın ana dalgasına eşit olacaktır.

$$U_{78} \cong (U_{56})_1$$

U_{56}, U_{34} 'ün ana dalgası ile elde ediliyor.

$$(U_{34})_1 = a$$

$$(U_{56})_1$$

$$(U_{34})_1 \cong a$$

$$U_{78}$$

Gelelim akımlara, seri rezonans devresi olan boyuna filtredede I_A süzölmektedir. Yaklaşık olarak I_{AF} 'de sinüsoyidal alınabilir. Buradan I_{AF} 'nın geçmesini sağlayan I_w akımıdır. I_w 'yı sinüsoyidal kabul etmek zorundayız.

$$\bar{I}_w = I_{AF} + I_{\mu} + I_{HF}$$

I_{μ} :Reaktif bileşen

$$\bar{I}_w \cong I_{AF}$$

I_{HF} :Aktif bileşen

$$I_w = \frac{I_{AF}}{a}$$

I_0 =Boşta çalışma akımı

Yaptığımız hata I_{AF} 'ı sinüsoyidal kabul etmek: ve 7-8 uçlarındaki yükten hiç akım geçmediğini kabul etmektir. U_{78} ile I_A 'nın arasında faz farkı var ise U_{34} ve I_w arasında da faz farkı olacaktır.

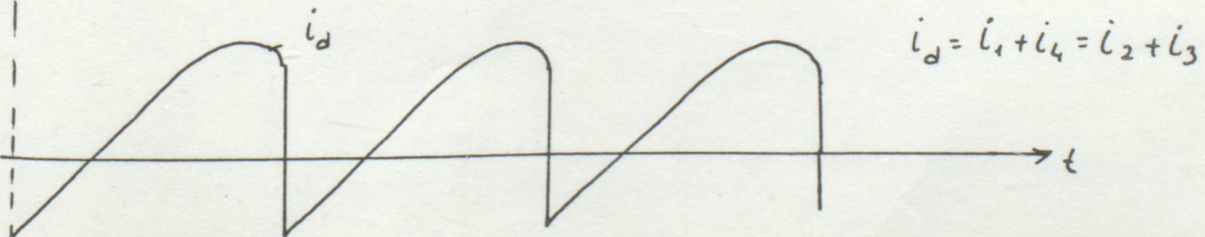
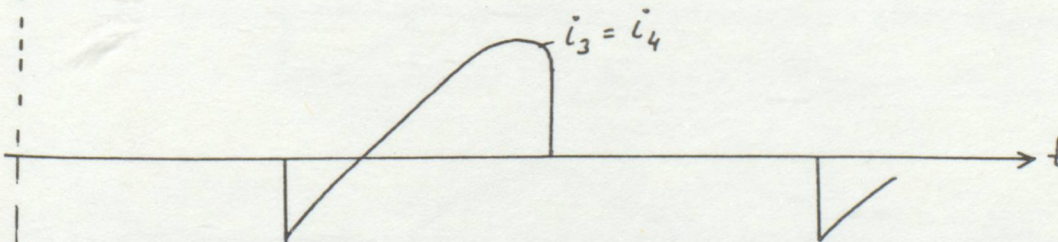
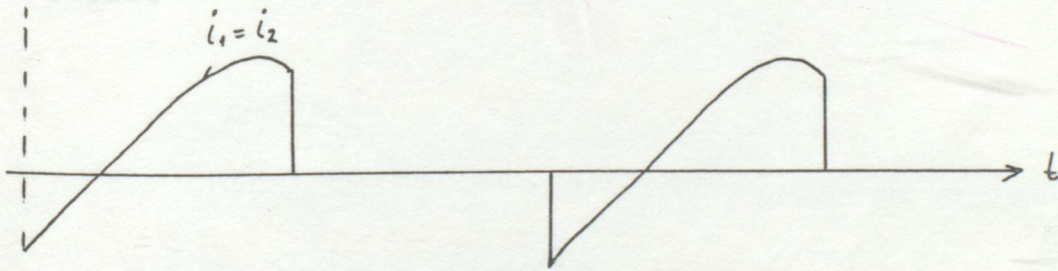
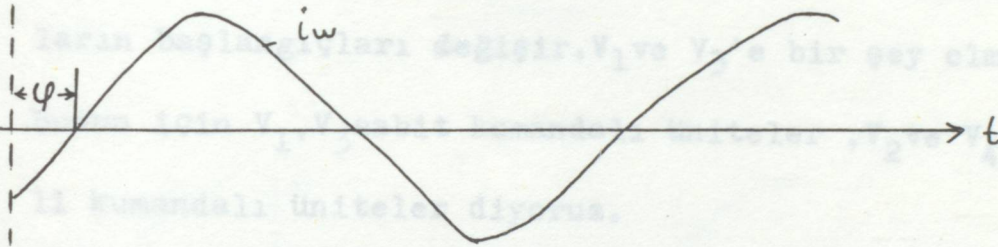
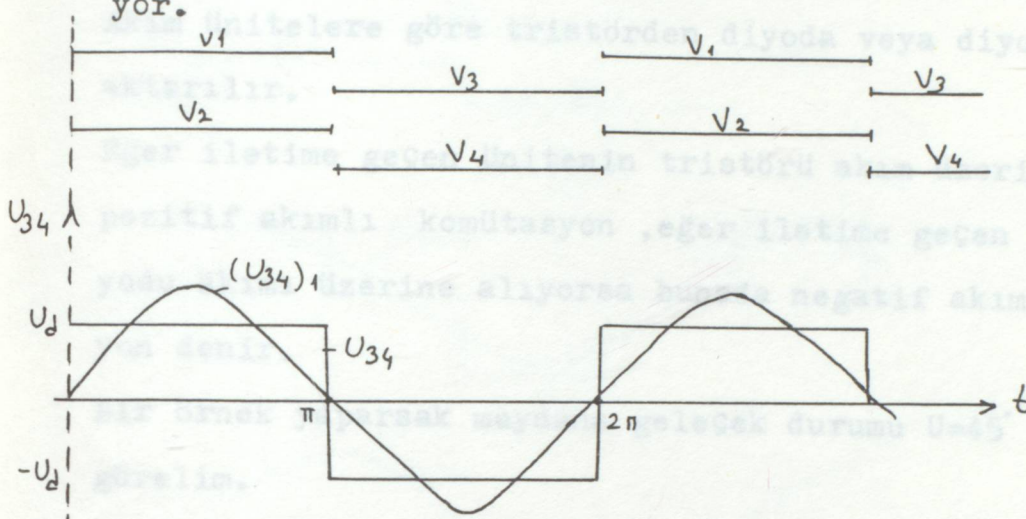
Belli faktörler için U_{34} geriliminin ana dalgasını çizmeye çalışalım. Yani herhangi bir gecikme yapılmamış olsun V_1 ve V_2 nin iletimde kalma zamanları aynı olduğundan ayrı, ayrı göstermeye gerek yoktur.

$$U = 0$$

$$2\alpha = 0$$

Buna göre önce U_{34} geriliminin değişimini çizersek Ünite akım-

Kaynaktan Çekilen Güç $\omega_d \cdot I_d$ 'dir. Bu aynı zamanda trafolarının yönü tristörlerin geçirme yönü (+) yön olarak alınır.



Kaynaktan Çekilen Güç $= U_d \cdot I_d$ 'dir. Bu aynı zamanda trafonun-
primerine verilen güce eşittir. ($U_3 4 X I_w$)

Akım ünitelere göre tristörden diyoda veya diyottan tristöre-
aktarılır.

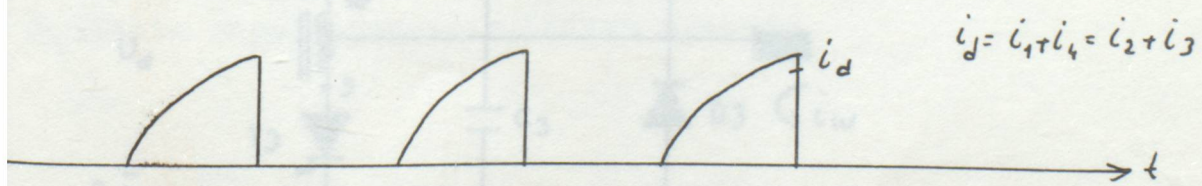
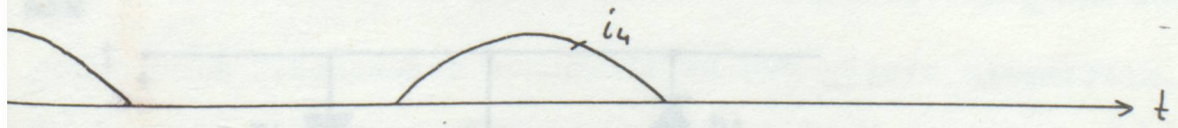
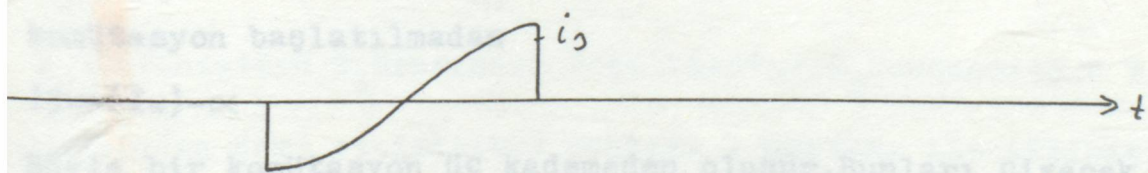
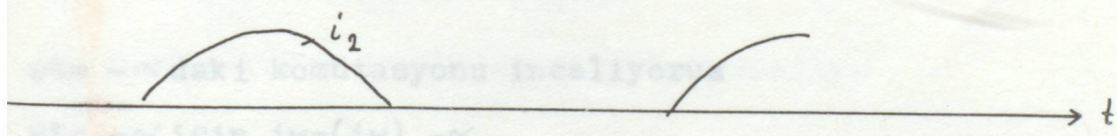
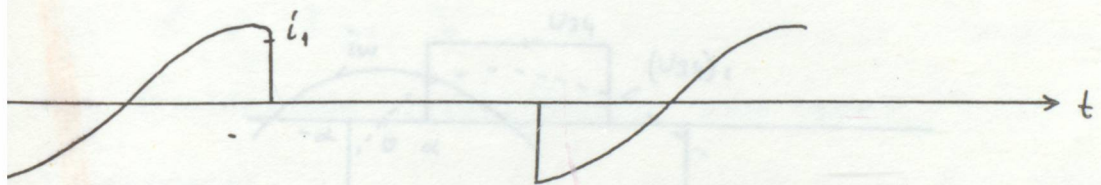
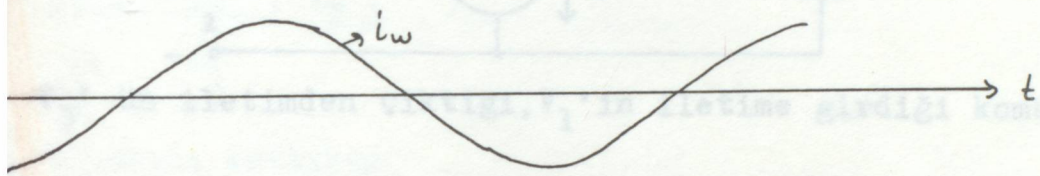
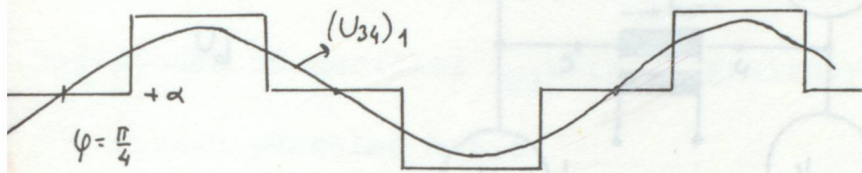
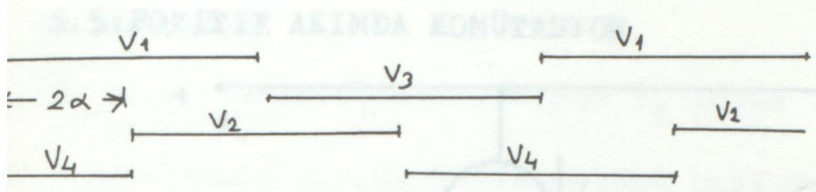
Eğer ilettime geçen ünitenin tristörü akım üzerine alıyorsa
pozitif akımlı komütasyon ,eğer ilettime geçen ünitenin di-
yodu akımı üzerine alıyorsa bunada negatif akımlı komütas-
yon denir.

Bir örnek yaparsak meydana gelecek durumu $U=45^\circ$, $2\alpha= 90^\circ$ için
görelim.

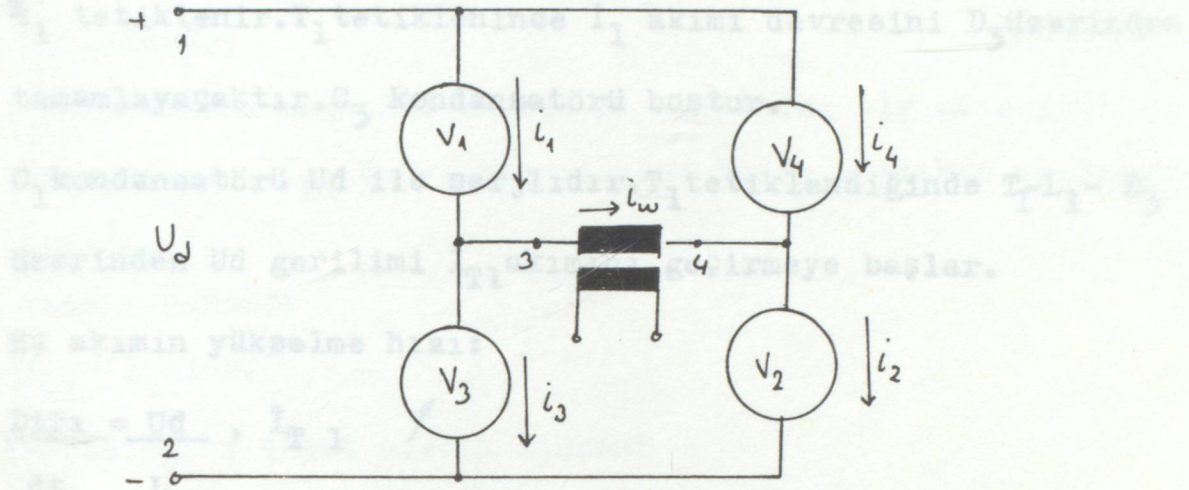
Şekil çizildikten sonra 2α değişince V_2 ve V_4 'den geçen akım-
ların başlangıçları değişir. V_1 ve V_3 'e bir şey olmaz.

Bunun için V_1, V_3 sabit kumandalı üniteler , V_2 ve V_4 'de hareket-
li kumandalı üniteler diyoruz.

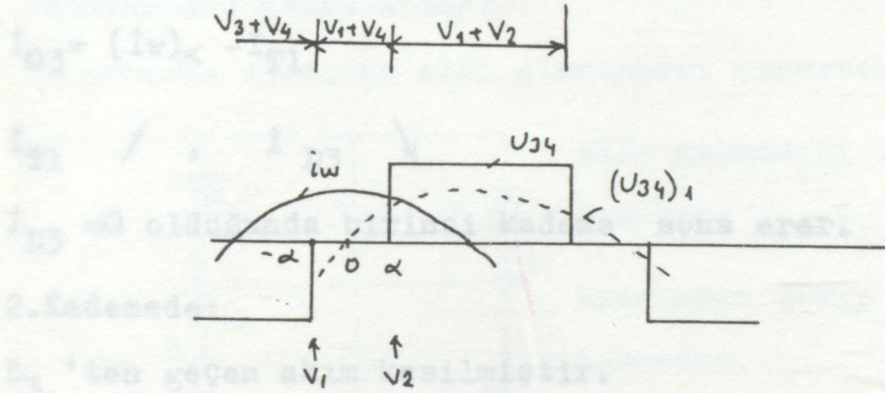
Aynı durum sabit ondülörler ve hareketli ondülörlede gerçek-
leşir.



3.5: POZİTİF AKIMDA KOMÜTASYON



V_3 'ün iletimden çıktığı, V_1 'in iletime girdiği komütasyon



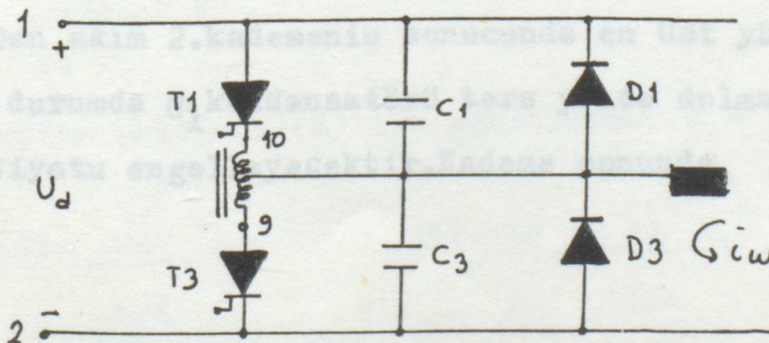
$\omega t = -\infty$ daki komütasyonu inceliyoruz

$\omega t = -\infty$ için $i_w = (i_w)_{-\infty}$

komütasyon başlatılmadan

$i_3 = -(i_w)_{-\infty}$

Böyle bir komütasyon üç kademedен oluşur. Bunları çizerek olursak



1.Kademede:

T_1 tetiklenir. T_1 tetiklenince I_1 akımı devresini D_3 üzerinden tamamlayacaktır. C_3 kondansatörü boştur.

C_1 kondansatörü U_d ile şarjlıdır. T_1 tetiklendiğinde $T_1-L_1-D_3$ üzerinden U_d gerilimi I_{T1} akımını geçirmeye başlar.

Bu akımın yükselme hızı:

$$\frac{dI_{T1}}{dt} = \frac{U_d}{L_1}, \quad I_{T1} \nearrow$$

I_{T1} akımı arttıkça

$$I_{D3} = (I_w)_{\alpha} - I_{T1}$$

$$I_{T1} \nearrow, \quad I_{D3} \searrow$$

$I_{D3} = 0$ olduğunda birinci kademe sona erer.

2.Kademede:

D_3 'ten geçen akım kesilmiştir.

C_3 kondansatörü şarj olmaya başlayacaktır.

$$U_{C3} \nearrow, \quad U_{C1} \searrow$$

C_1 kondansatörü T_1 üzerinden boşalacaktır. C_3 kondansatörü T_1-C_1

üzerinden şarj olacaktır. 3 noktası 1 noktası ile irtibatlanmış ve 3 noktasındaki gerilimin yönü değişmiştir. T_1 üzerinden

geçen akım 2.kademenin sonucunda en üst yüzeye ulaşmıştır.

Bu durumda C_1 kondansatörü ters yönde dolmak isteyecek fakat

D_1 diyotu engelleyecektir. Kademe sonunda

$$U_{C3} = U_d, U_{C1} = 0 \text{ olur}$$

3.Kademede;

L_1 'de biriken mağnetik enerji $D1$ üzerinden bir akım geçirir.

Dolayisiyle i_{T1}, i_w 'yı karşılayana kadar gittikçe azalaçaktır. $i_{T1} \downarrow$

Kademe sonunda

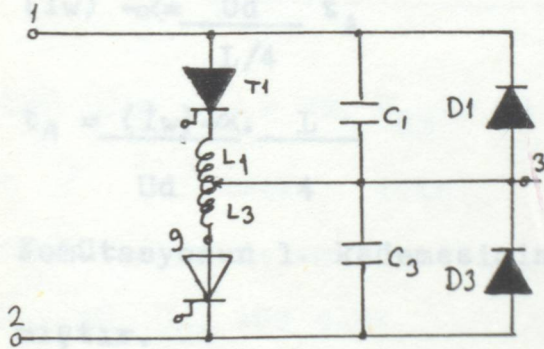
$$i_{T1} = i_w \text{ olur.}$$

Şayet i_{T1} 'i ihmal edecek olursak

$$i_{T1} = i_w \approx (i_w) - \infty \text{ olur.}$$

Komütasyonu hesaplırsak:

1.Kademede iletimde olan elemanları çizersek:



AKIM geçmediği için çizmedik.

1.Kademe $i_{T1}-L_1$ ve D_3

üzerinden geçip sıfır olana

kadardır.

Zaman $t=0$ da T_1 tetiklensin.

$$t=0 \text{ için } i_{T1} = 0, i_{D3} = i_w = (i_w) - \infty$$

Buna göre $U_{D3} = 0$ alınır, aynı zamanda T_1 'deki gerilim düşümü ihmal edilirse;

$$L \frac{di_{T1}}{dt} = U_d$$

Toplam selfleri (L) ile gösterirsek $L_1 = \frac{L}{4}$ olur.

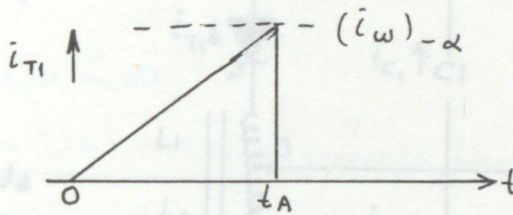
$$di_{T1} = \frac{U_d}{L/4} dt \quad i_{T1} = \frac{U_d}{L/4} = \frac{U_d}{L/4}$$

$$i_{T1} = \frac{U_d}{L/4} t + K'$$

$$t=0 \text{ için } i_{T1}=0$$

$$i_{T1} = \frac{U_d}{L/4} t \quad K=0$$

yatay eksenini t olarak alırsak



$t=t_A$ için $i_{T1} = (i_w) - \alpha$ olur. 1. Kademe sona erer.

$$(i_w) - \alpha = \frac{U_d}{L/4} t_A$$

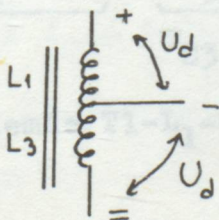
$$t_A = \frac{(i_w) - \alpha \cdot L}{U_d \cdot 4}$$

Komütasyonun 1. kademesinin t_A aralığı içinde $i_w = (i_w) - \alpha$ alınmıştır.

Bu zaman aralığı içinde iletimden çıkan tristörün zaman aralığına ve iletimden çıkan V_3 'ün tristörün anot geriliminin

ne olduğuna bakarsak

1. Kademe sonunda D_3 'ten akım geçecek C_3 boşalaçak U_d gerilimi L_1 'in uçlarında olacaktır.

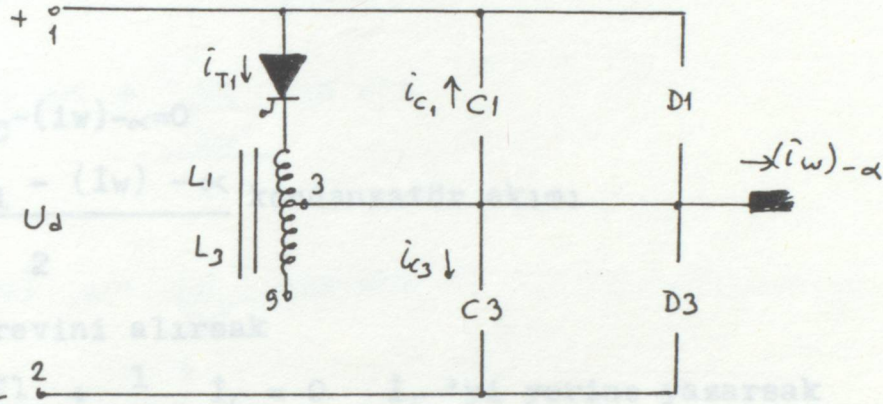


(Mağnetik kuplajlı olduğu için U_1 geriliminden 2 defa eksidir.)

0 taktirde $U_{T3} = U_{g2} = -U_d$ olur.

2.Kademe;

Bunuda hesap kolaylığı bakımından 2.Kademenin başlağı anı sıfır olarak kabul edersek :Zamanı sıfırdan başlatalım.İkinci kademe süresince $i_w \approx (i_w) - \alpha$ alalım.Aynı şekilde bu kademe de de akım geçen elemanları çizersek



$t=0$ için , $U_{C1} = U_d$, $U_{C3} = 0$ t ilerledikçe

$t \nearrow$, $t=t_k$ için

$t_k=2.$ kademe devam süresi

$U_{C1} = 0$, $U_{C3} = U_d$ olur

3.Noktasına gelen ve giden akımların toplamı sıfırdır.

$$i_{T1} - i_{C1} - i_3 - (i_w) - \alpha = 0 \quad (1)$$

Birde kondansatörlerin gerilimleri toplamı U_d 'ye eşit olduğunu yazarsak $(U_{13})_0 =$ başlangıçtaki gerilim

$$(U_{13})_0 - \underbrace{\frac{1}{C_1} \int i_{C1} dt}_{U_{C1}} + \underbrace{\frac{1}{C_3} \int i_{C3} dt}_{U_{C3}} = U_d \quad (2)$$

Bir denklemde $T1-L1-C3$ üzerinden yazarsak $\frac{L}{4} \frac{di_{T1}}{dt} + \frac{1}{C_3} \int -$

$$i_3 dt = U_d \quad (3)$$

2'nin türevini alırsak

$$-\frac{1}{C_1} i_{C1} + \frac{1}{C_3} i_{C3} = 0$$

$$C_1 = C_3 = C$$

$$i_{C1} = i_{C3} = i_C \text{ olacak.}$$

1'den

$$i_{T1} - 2i_C - (i_w) - \alpha = 0$$

$$i_C = \frac{i_{T1} - (i_w) - \alpha}{2} \text{ kondansatör akımı}$$

3'ün türevini alırsak

$$\frac{L}{4} \frac{d^2 i_{T1}}{dt^2} + \frac{1}{C} i_C = 0 \quad i_C \text{ 'yi yerine yazarsak}$$

$$\frac{L}{4} \frac{d^2 i_{T1}}{dt^2} + \frac{1}{2C} (i_{T1} - (i_w) - \alpha) = 0$$

$$\frac{L}{4} \frac{d^2 i_{T1}}{dt^2} + \frac{1}{2C} i_{T1} = \frac{(i_w) - \alpha}{2C}$$

Bu diferansiyel denklemin özel çözümü olarak

$$i_{T1} = (i_w) - \alpha + k_1 \sin w't + k_2 \cos w't$$

$$w' = \frac{1}{\sqrt{\frac{L}{4} \cdot 2C}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{LC}{2}}}$$

Başlangıç şartlarından yararlanmak suretiyle

$$t=0 \text{ için } i_{T1} = (i_w) - \alpha$$

$$(i_w) - \alpha = (i_w) - \alpha + k_1 0 + k_2$$

$$k_2 = 0 \text{ olur}$$

$$t=0 \text{ için } (U_{13})_0 = U_d$$

0 halde ifadenin türevini alıp yerine sıfır koyacağız.

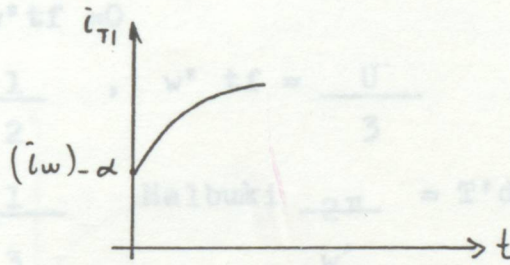
$$\frac{d i_{T1}}{dt} = k_1 w' \cos w't - k_2 w' \sin wt$$

$$\left(\frac{d i_{T1}}{dt} \right)_0 = k_1 w' \text{ yerine koyarsak}$$

$$\frac{L}{4} K_1 w' = U_d, K_1 = \frac{U_d}{\frac{L w'}{4}}$$

$$i_{T1} = (i_w) - \alpha + \frac{U_d}{\frac{L w'}{4}} \sin w't$$

$$i_{T1} = (i_w) - \alpha + \frac{U_d}{\frac{L w'}{4}} \sin w't$$



İletimden çıkan ünitenin tristör anot gerilimini bulalım.

$$U_{13} + U_{39} + U_{92} = U_d$$

$$\text{Halbuki } U_{13} = U_{39}$$

$$0 \text{ halde } U_{92} = U_d - 2U_{13}$$

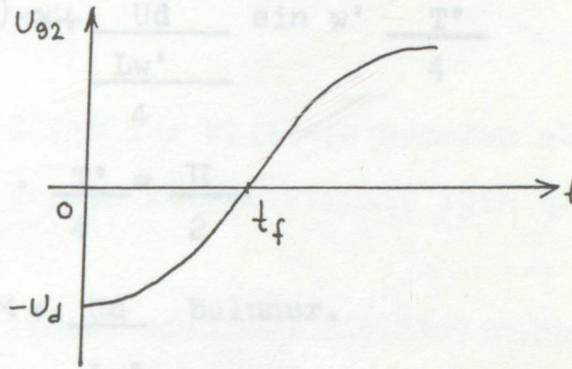
$$U_{13} = \frac{L}{4} \frac{d i_{T1}}{dt}$$

$$U_{13} = \frac{L}{4} \frac{U_d w' \cos w't}{L w'}$$

$$U_{13} = U_d \cos w't$$

$$U_{92} = U_d - 2U_d \cos w't$$

Değişimini çizersek $t=0$ için $-U_d$



t_f 'yi bulmak için U_{92} 'yi sıfıra eşitlemek gerekir.

$$U_{92} = 0 \text{ için } t = t_f$$

$$U_d - 2U_d \cos w't_f = 0$$

$$\cos w't_f = \frac{1}{2}, \quad w't_f = \frac{\pi}{3}$$

$$t_f = \frac{\pi}{w'} \cdot \frac{1}{3} \quad \text{Halbuki } \frac{2\pi}{w'} = T' \text{dür.}$$

$$\text{Buradan } t_f = \frac{T'}{6} \text{ bulunur.}$$

2.Kademenin ne zaman sona erdiğini de bulabiliriz. 2.Kademe süresine t_k dersek

$$t = t_k \text{ için } U_{13} = 0 \text{ olur.}$$

C_1 'in boşalması C_3 'ün tamamen dolması demektir.

$$U_{13} = \frac{L}{4} \cdot \frac{U_d}{Lw'} \cdot w' \cos w't_k = 0$$

$$U_d \cos w't_k = 0$$

$$w' tk = \frac{\pi}{2}, \quad tk = \frac{\pi}{w'} \cdot \frac{1}{2}$$

$$\frac{2\pi}{w'} = T', \quad tk = \frac{T'}{4} \text{ bulunur.}$$

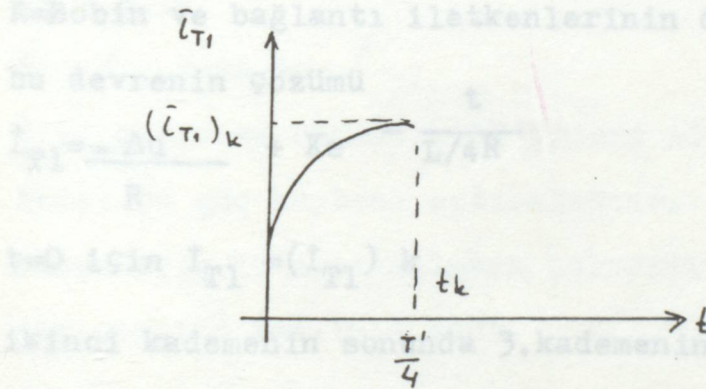
$t=tk$ için $i_{T1} = (i_{T1})_k$ olur.

$$(i_{T1})_k = (i_w)_{-\infty} + \frac{U_d}{Lw'} \sin w' \frac{T'}{4}$$

$$w' tk = 2\pi \frac{1}{T'} \cdot \frac{T'}{4} = \frac{\pi}{2}$$

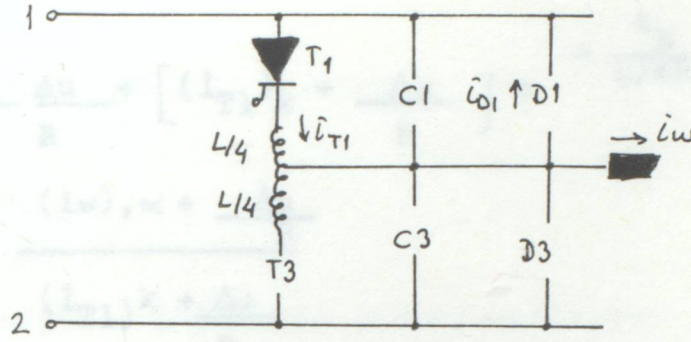
$$(i_{T1})_k = (i_w)_{-\infty} + \frac{U_d}{Lw'} \text{ bulunur.}$$

i_{T1} akımı 2.kademe sonunda max.olur.



3.Kademede:

Akım devresini $T_1-L_1-D_1$ üzerinden tamamlıyor ve i_w üzerinden tamamlıyor ve i_w üzerinden devam ediyordu.Buna göre bu devreyi çizersek



Zaman olarak diğer iki kademeye nazaran oldukça uzun zaman oluyor. Fakat hesabı kolaylaştırmak için takriben $i_w \approx (i_w) - \infty$ alalım.

Aynı şekilde zamanı sıfırdan başlatalım. Bu taktirde kapalı devre için çevre denklemini yazarsak

$$\frac{L}{4} \frac{d i_{T1}}{dt} + R i_{T1} + \Delta u = 0$$

Δu = Tristör ve diyottaki gerilim düşümü

R = Bobin ve bağlantı iletkenlerinin direnci

bu devrenin çözümü

$$i_{T1} = -\frac{\Delta u}{R} + K e^{-\frac{t}{L/4R}}$$

$t=0$ için $i_{T1} = (i_{T1})_k$

ikinci kademenin sonunda 3.kademenin başlangıcındaki durumu

$$(i_{T1})_K = -\frac{\Delta u}{R} + K$$

$$K = (i_{T1})_k + \frac{\Delta u}{R}$$

$$i_{T1} = -\frac{\Delta u}{R} + \left[(i_{T1})_k + \frac{\Delta u}{R} \right] e^{-\frac{t}{L/4R}}$$

Bizim için gerekli olan $t_E = 3$.kademe süresi

$t=t_E$ için $i_{T1} = (i_w) - \infty$ yerine yazarsak

$$(I_w) - \alpha = -\frac{\Delta u}{R} + \left[(I_{T1})_k + \frac{\Delta u}{R} \right] e^{-\frac{t_E}{L/4R}}$$

$$e^{-\frac{t_E}{L/4R}} = \frac{(I_w) - \alpha + \frac{\Delta u}{R}}{(I_{T1})_k + \frac{\Delta u}{R}}$$

$$e^{-\frac{t_E}{L/4R}} = \frac{(I_{T1})_k \cdot R + \Delta u}{(I_w) - \alpha \cdot R + \Delta u}$$

$$t_E = \frac{L}{4R} \ln \frac{(I_{T1})_k \cdot R + \Delta u}{(I_w) - \alpha \cdot R + \Delta u}$$

Biz mümkün olduğu kadar t_E 'yi kısaltmaya çalışırız.

t_E 'yi azaltmak için

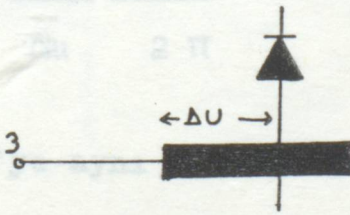
$t_E \searrow$ için

$R \nearrow$,veya $\Delta u \nearrow$

R 'yi artırmak demek D_1 'e direnç ilave etmek demektir.

Fakat bu güç kaybını artıracaktır.

Bunun için Δu 'arttırılmaya çalışılır. Bunun içinde devreye bir gerilim katılmış olur.



Şeklinde devreye Δu katılır.

Bu taktirde Δu 'nun yanında $R \cdot I_{T1} \cong 0$ alınabilir.

$$d i_{T1} = - \frac{\Delta u}{L/4} dt$$

$$i_{T1} = K - \frac{\Delta u}{L/4} t$$

Yine başlangıç şartından gitmek kaydıyla

$$t=0 \text{ için } i_{T1} = (i_{T1})_k$$

$$i_{T1} = (i_{T1})_k - \frac{\Delta u}{L/4} t \text{ burada}$$

$$t=t_E \text{ için } i_{T1} = (i_w) - \alpha$$

$$(i_w) - \alpha = (i_{T1})_k - \frac{(\Delta u)}{L/4} t_E$$

$$\frac{\Delta u}{L/4} t_E = (i_{T1})_k - (i_w) - \alpha$$

$$t_E = \frac{L/4}{\Delta u} \left[(i_w) - \alpha + \frac{U_d}{\frac{Lw'}{4}} - (i_w) - \alpha \right]$$

$$t_E = \frac{L/4}{\frac{Lw'}{4}} \cdot \frac{U_d}{\Delta u} = \frac{U_d}{\Delta u} \cdot \frac{1}{w'}$$

$$w' = 2 \pi \frac{1}{T'} \text{ olduğuna göre}$$

$$t_E = \frac{U_d}{\Delta u} \frac{T'}{2 \pi} \text{ bulunur.}$$

t_E 'ye aynı zamanda gevşeme zamanı da denilir.

Komütasyon öncesi V_3 iletimde ,komütasyondan, Sonra V_1 ile-

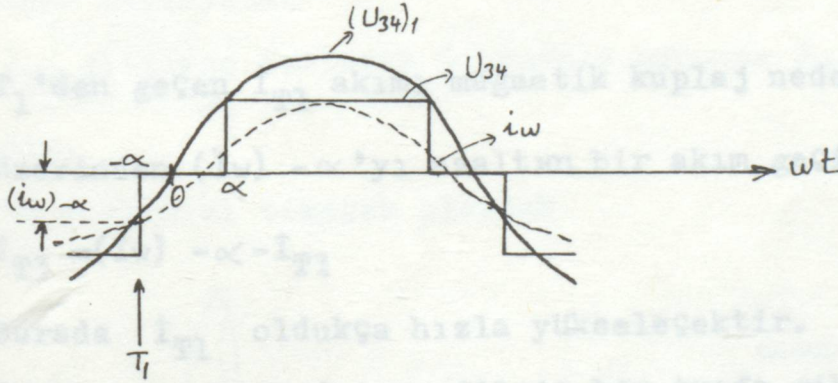
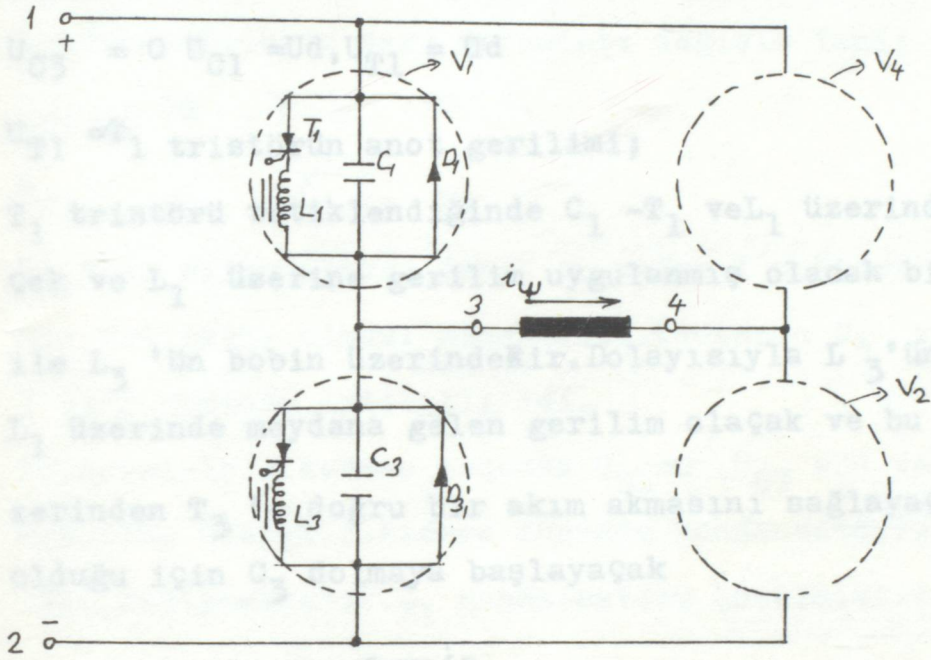
timde şekilde görüldüğü gibi

$wt - \alpha$ için $i_w < 0$ dir.

3.6. NEGATİF AKIMDA KOMÜTASYON

Akımı;Üzerine iletme geçen tristörün diodu olmaktadır.

Bu şeklimizi çizersek;



Komütasyon öncesi V_3 iletimde ,komütasyondan.Sonra V_1 ile-

timde şekilde gördüğümüz gibi

$\omega t = -\alpha$ için $i_w < 0$ dir.

Akım T_3 tarafından geçirilmektedir.

Yani $i_{T3} = (i_w) - \alpha$ olur.

T_1 'i tetiklemek suretiyle komütasyonu başlatalım. V_3 ünitesi iletimde (Devrede) olduğuna (Akımı geçirdiğine) göre

$$U_{C3} = 0 \quad U_{C1} = U_d, \quad U_{T1} = U_d$$

$U_{T1} = T_1$ tristörün anot gerilimi;

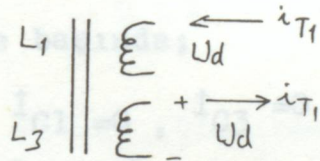
T_1 tristörü tetiklendiğinde $C_1 - T_1$ ve L_1 üzerinden akım geçirecek ve L_1 üzerine gerilim uygulanmış olacak biliyoruz ki L_1

ile L_3 'ün bobin üzerindekir. Dolayısıyla L_3 'ün üzerinde

L_1 üzerinde meydana gelen gerilim olacak ve bu gerilim L_3 ü-

zerinden T_3 'e doğru bir akım akmasını sağlayacak $U_{C3} = 0$

olduğu için C_3 dolmaya başlayacak



T_1 'den geçen i_{T1} akımı manyetik kuplaj nedeniyle $T_3 - C_3$

üzerinden $(i_w) - \alpha$ 'yı azaltmış bir akım geçirir. O halde

$$i_{T3} = (i_w) - \alpha - i_{T1}$$

Burada i_{T1} oldukça hızla yükselecektir.

(Sekonderi kısa devre edilmiş bir trafo gibi olduğu için)

$$\frac{di_{T1}}{dt} = \frac{U_d}{2 L w}$$

$L\omega$ = Bir bobinin kaçak endüktansı

$i_{T1} \nearrow$, $i_{T3} \searrow$, $i_{T3} = 0$ T_3 söner.

Böylece komütasyonun 1.kademesi sona erer.

Birinci kademenin sonunda T_3 iletimden çıkıyor. Dolayısıyla C_3 kondansatörü halendeşarj durumundadır. 2.Kademe süresinde kondansatörlerin şarj durumları değişir Yani;

U_{C1} , $U_d \searrow$ 0

U_{C3} , 0 $\nearrow$ U_d

U_{C1} ' in sıfır olması demek bu sefer 1 noktası ile 3 noktasının irtibatlı olması demektir. 1.Kademe C_3 sıfır olduğu için 3 ve 2 noktası irtibatlı idi.

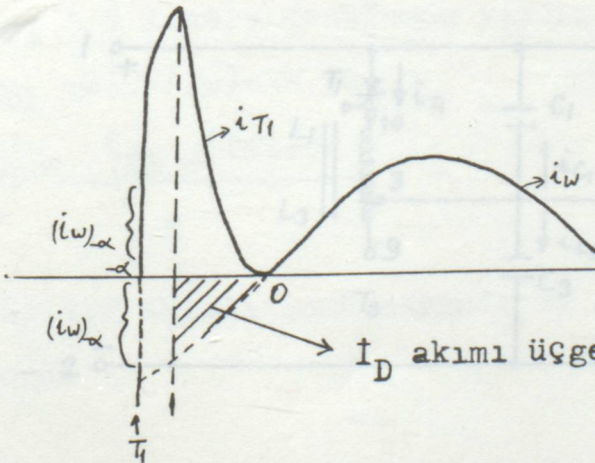
Dolayısıyla 2.kademe sonunda $U_{C1}=0$, $U_{C3}=U_d$ ve i_{T1} en büyük değerine ulaşır. 2.Kademe sonunda kondansatörlerin şarj durumları değişmektedir. C_1 kondansatörü boşalmıştır.

3.Kademe başında;

$U_{C1}=0$, $i_{C1}=0$, $i_{C3}=0$ olacak, dolayısıyla D_1 den akım geçmeye başlayacak

i_{T1} gittikçe azalaçak 3 .Kademe sonunda $i_{T1} = 0$ $i_{D1} = |i_w|$ olacak.

Bu şeklimizi çizecek olursak



zaman kısa olduğu için i_{T1} sıfır olmadan daha yukarda (i_w) karışacaktır.

i_D akımı üçgenin çevresi boyunca geçecek.

NEGATİF AKIMDA KOMÜTASYONUN HESABI

1.KADEME :

$i_{T1} : 0 \nearrow (i_w) - \alpha$ (i_{T1} , sıfırdan itibaren artmakta ve $(i_w) - \alpha$ 'ye ulaşmaktadır.Yani

$i_{T1} = |(i_w) - \alpha|$ olduğunda 1.Kademe sona erer.

$$\frac{d i_{T1}}{dt} = \frac{U_d}{2 L \omega}, \quad d i_{T1} = \frac{U_d}{2 \omega} dt$$

$$i_{T1} = \frac{U_d}{2 L \omega} t + K \quad t=0 \text{ için (Başlangıç şartı) } i_{T1}=0, K=0$$

$$i_{T1} = \frac{U_d}{2 L \omega} t, \text{ 1.Kademe devam süresine } t_A \text{ denirse}$$

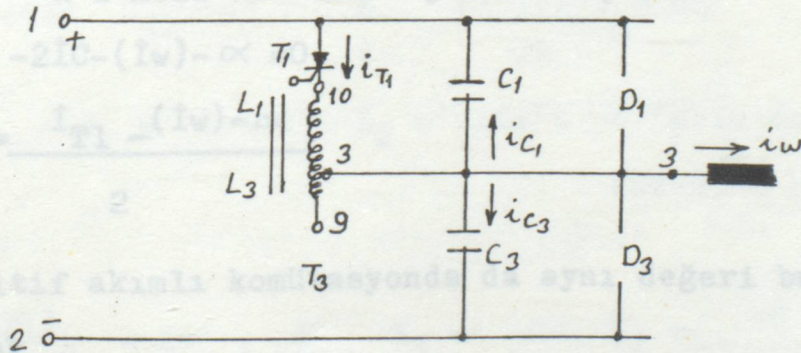
$$t=t_A \text{ için } i_{T1} = |(i_w) - \alpha|$$

$$|(i_w) - \alpha| = \frac{U_d}{2 L \omega} t_A, \quad t_A = \frac{|(i_w) - \alpha|}{U_d} 2 L \omega$$

$t_A \approx 0$ Olduğu için ihmal edebiliriz.

2.KADEME :

Elemanları çizersek



C_1 Kondansatörü boşalaçak, C_3 Kondansatörü dolacak zamanı sıfırdan başlatalım.

$i_w = (i_w) - \alpha$ kaldığını varsayalım.

3 noktasına gelen ve giden akımların toplamının sıfır olduğunu yazarsak

$$i_{T1} - i_{C1} - i_{C3} - (i_w) - \alpha = 0 \quad (1)$$

U_{13}, T_1 in $t=0$ hali

$$(U_{13})_0 - \frac{1}{C_1} \int i_{C1} dt + \frac{1}{C_3} \int i_{C3} dt = U_d \quad (2)$$

$U_{C1} \qquad U_{C3}$

Birde üstteki kapalı devreden bir denklem çıkartılırsa

$$L_1 \frac{di_{T1}}{dt} - (U_{13})_0 + \frac{1}{C_1} \int i_{C1} dt = 0 \quad (3)$$

2 Nolu denklemin türevini alacak olursak

$$\frac{1}{C_1} i_{C1} = \frac{1}{C_3} i_{C3} \text{ Olacak.}$$

$$C_1 = C_3, i_{C1} = i_{C3} = i_C \text{ Olacak.}$$

i_{C3} ü 1 nolu denklemde yerine koyarsak

$$i_{T1} - 2i_C - (i_w) - \alpha = 0$$

$$i_C = \frac{i_{T1} - (i_w) - \alpha}{2}$$

2

Pozitif akımlı komütasyonda da aynı değeri bulmuştuk.

Ancak

$$(i\omega) - \alpha < 0, i_C = \frac{i_{T1} + (i\omega) - \alpha}{2}$$

Negatif akımlı komütasyonda i_C büyüktür.

3 nolu denklemin türevini alıp i_C 'yi yerine koyalım.

$$\frac{L}{4} \frac{d^2 i_{T1}}{dt^2} + \frac{1}{C} \frac{i_{T1} - (i\omega) - \alpha}{2} = 0$$

$$\frac{L}{4} \frac{d^2 i_{T1}}{dt^2} + \frac{1}{2C} i_{T1} = \frac{(i\omega) - \alpha}{2C}$$

Bu diferansiyel denklem daha önce bulduğumuz denklemin aynı-sıdır. Dolayısıyla;

$$i_{T1} = (i\omega) - \alpha + K_1 \sin w't + K_2 \cos w't \quad (4)$$

$$w' = \frac{1}{\sqrt{\frac{L}{4} \cdot 2C}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{LC}{2}}}$$

Başlangıç değerlerinden yararlanmak suretiyle

$$t=0 \text{ için } i_{T1} = -(i\omega) - \alpha$$

$$i_{T1} = (i\omega) - \alpha + K_1 \sin w't + K_2 \cos w't \text{ te yerine koyarsak}$$

$$-(i\omega) - \alpha = (i\omega) - \alpha + K_2 \text{ 'den } \Rightarrow K_2 = -2 (i\omega) - \alpha \text{ bulunur.}$$

$$t=0 \text{ için } U_{C1} = U_d, \frac{L}{4} \left(\frac{d i_{T1}}{dt} \right)_0 = U_d$$

$$\frac{d i_{T1}}{dt} = K_1 w' \cos w't - K_2 w' \sin w't \quad 4 \text{ 'nolu denklemin türevini alırsak}$$

$$\left(\frac{d i_{T1}}{dt} \right)_0 = K w', \frac{L}{4} K_1 w' = U_d, K_1 = \frac{U_d}{\frac{L w'}{4}}$$

$$i_{T1} = (i_w) - \alpha + \frac{U_d}{\frac{Lw'}{4}} \sin w't - 2(i_w) - \alpha \cdot \cos w't$$

T₃ Tristörünün anot gerilimini bulmak istersek

$$U_{T3} = U_{92} = ?$$

$$U_{13} + U_{39} + U_{92} = U_d$$

$$U_{92} = U_d - 2U_{13}$$

$$U_{13} = \frac{L}{4} \frac{di_{T1}}{dt} = \frac{L}{4} \left(\frac{U_d}{Lw'} w' \cos w't + 2(i_w) - \alpha \cdot w' \sin wt \right)$$

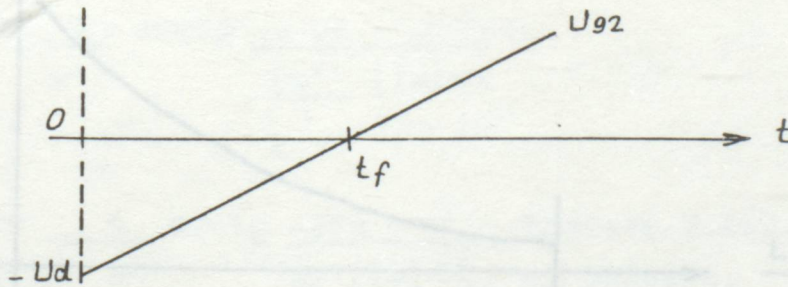
$$U_{13} = U_d \cos w't + \frac{Lw'}{2} (i_w) - \alpha \cdot \sin w't$$

$$U_{92} = U_d - 2U_{13}$$

$$U_{92} = U_d - 2U_d \cos w't - Lw' (i_w) - \alpha \cdot \sin w't$$

$$t=0 \text{ için } U_{92} = U_d - 2U_d = -U_d$$

Bu değişimi çizersek;



$t = t_f$ için $U_{g2} = 0, t > t_f$ için $U_{g2} > 0$

$t_q < t_f$ olmalı

t_f 'i bulmak için U_{g2} 'yi sıfıra eşitleyip t 'yerine t_f yazmalıyız.

$$U_{g2} = U_d - 2U_d \cos w't - Lw'(I_w) - \alpha \cdot \sin w't$$

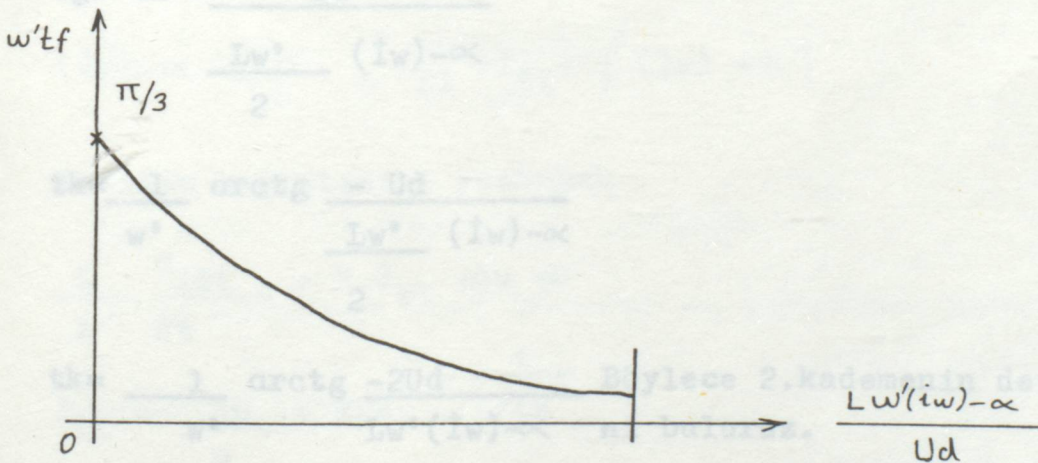
$$0 = U_d - 2U_d \cos w't_f - Lw'(I_w) - \alpha \cdot \sin w't_f$$

$$Lw'(I_w) - \alpha \sin w't_f = U_d (1 - 2 \cos w't_f)$$

$$\frac{Lw'(I_w) - \alpha}{U_d} = \frac{1 - 2 \cos w't_f}{\sin w't_f}$$

Burada umumiyetle yapılan ,yatay eksen olarak $\frac{Lw'(I_w) - \alpha}{U_d}$ alınıp dikey eksen olarak $w't_f$

$w't_f$ değeri alınıp t_f değeri çizilir.



$(\dot{I}w) - \alpha = 0$ için $\frac{1-2 \cos w'tf}{\sin w'tf} = 0$ alır.

$\sin w'tf$

$\cos w'tf = \frac{1}{2}$ için $w'tf = \frac{\pi}{3}$ dâkey ekseninde işaretlenir.

$(\dot{I}w) - \alpha \neq 0$ için $w'tf$ değerleri bulunmuş olur.

2. Kademenin devam süresi T_k 'yı hesaplamak istersek

İkinci kademenin sonunda

$t = t_k$ için $U_{C1} = 0$, $U_{13} = 0$

$$U_{13} = U_d \cos w't + \frac{Lw'}{2} (\dot{I}w) - \alpha \sin w't$$

$$0 = U_d \cos w't_k + \frac{Lw'}{2} (\dot{I}w) - \alpha \sin w't_k \quad \text{Cos } w't \text{ 'ye bölersek}$$

$$0 = U_d + \frac{Lw'}{2} (\dot{I}w) - \alpha \operatorname{tg} w't_k$$

$$\operatorname{tg} w't_k = \frac{-U_d}{\frac{Lw'}{2} (\dot{I}w) - \alpha}$$

$$t_k = \frac{1}{w'} \arctg \frac{-U_d}{\frac{Lw'}{2} (\dot{I}w) - \alpha}$$

$$t_k = \frac{1}{w'} \arctg \frac{-2U_d}{Lw'(\dot{I}w) - \alpha} \quad \text{Böylece 2.kademenin devamsüresi - ni buluruz.}$$

Başlangıç şartından gitmek suretiyle 3.kademe de zamanı sıfırdan başlatılır.

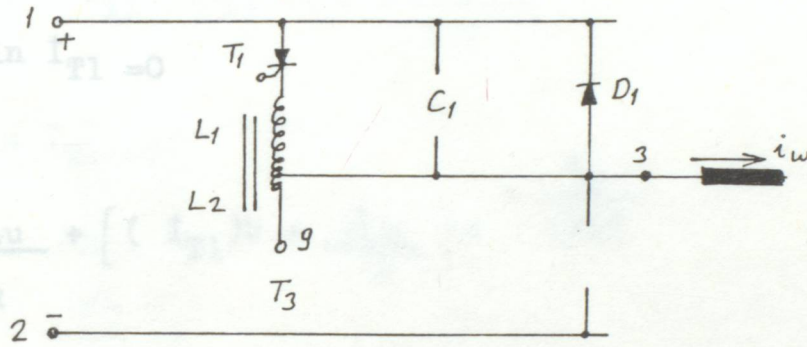
$t=0$ için $i_{T1} = (i_{T1})_{\max}$
 $t=tk$ için, $i_{T1} = i_{T1k}$ max değerini alır.

i_{T1} 'de t 'yerine tk kondu.

$$i_{T1k} = (i_w) - \alpha + \frac{U_d}{Lw} \sin w'tk - 2(i_w) - \alpha \cos w'tk$$

$$\frac{Lw}{4}$$

3.KADEME : devan süresi (Geçeme zamanı) $= t_3$



Akım bağıntısı yazarsak

$$i_{T1} - i_{D1} - i_w = 0$$

$i_w \approx (i_w) - \alpha$ kabul edilirse

$$i_{T1} - i_{D1} - (i_w) - \alpha = 0$$

$$(i_w) - \alpha < 0, \quad i_{D1} = i_{T1} + |(i_w) - \alpha|$$

Gerilim bağıntısını yazarsak

$$\frac{L}{4} \frac{di_{T1}}{dt} + R i_{T1} + \Delta u = 0$$

$$i_{T1} = -\frac{\Delta u}{R} + K.e^{-\frac{t}{L/4R}}$$

Başlangıç şartından gitmek suretiyle, 3 kademede de zamanı sıfırdan başlatalım.

$$t=0 \text{ için } i_{T1} = (i_{T1})_k$$

$$(i_{T1})_k = -\frac{\Delta u}{R} \Rightarrow K = (i_{T1})_k + \frac{\Delta u}{R} \text{ formülde yerine koyarsak.}$$

$$i_{T1} = -\frac{\Delta u}{R} + \left[(i_{T1})_k + \frac{\Delta u}{R} \right] e^{-\frac{t}{L/4R}}$$

3. Kademe devam süresi (Gevşeme zamanı) = t_E

$$t=t_E \text{ için } i_{T1} = 0$$

0 halde

$$0 = -\frac{\Delta u}{R} + \left[(i_{T1})_k + \frac{\Delta u}{R} \right] e^{-\frac{t_E}{L/4R}}$$

$$e^{-\frac{t_E}{L/4R}} = \frac{\Delta u/R}{(i_{T1})_k + \frac{\Delta u}{R}} = \frac{\Delta u}{(i_{T1})_k \cdot R + \Delta u}$$

Ters çevirip , tabi logaritması alınıp , t_E yalnız bırakılırsa

$$t_E = \frac{L}{4R} \ln \frac{(i_{T1})_k \cdot R + \Delta u}{\Delta u}$$

t_E için , R veya Δu gerekir.

Δu 'yu arttırmak için trafodan uç çıkartmak gerekir. Şayet

Δu artırılırsa

BÖLÜM 4. LABORATUAR ÇALIŞMASI VE ALINAN DEĞERLER

$$\frac{L}{4} \frac{d i_{T1}}{dt} = -\Delta u, \quad \frac{d i_{T1}}{dt} = -\frac{\Delta u}{L/4}$$

almıştır.

$$i_{T1} = \int -\frac{\Delta u}{L/4} dt + K = K - \frac{\Delta u}{L/4} t$$

$$t=0 \text{ için } i_{T1} = (i_{T1})_K$$

$$(i_{T1})_K = K, \quad i_{T1} = (i_{T1})_K - \frac{\Delta u}{L/4} t$$

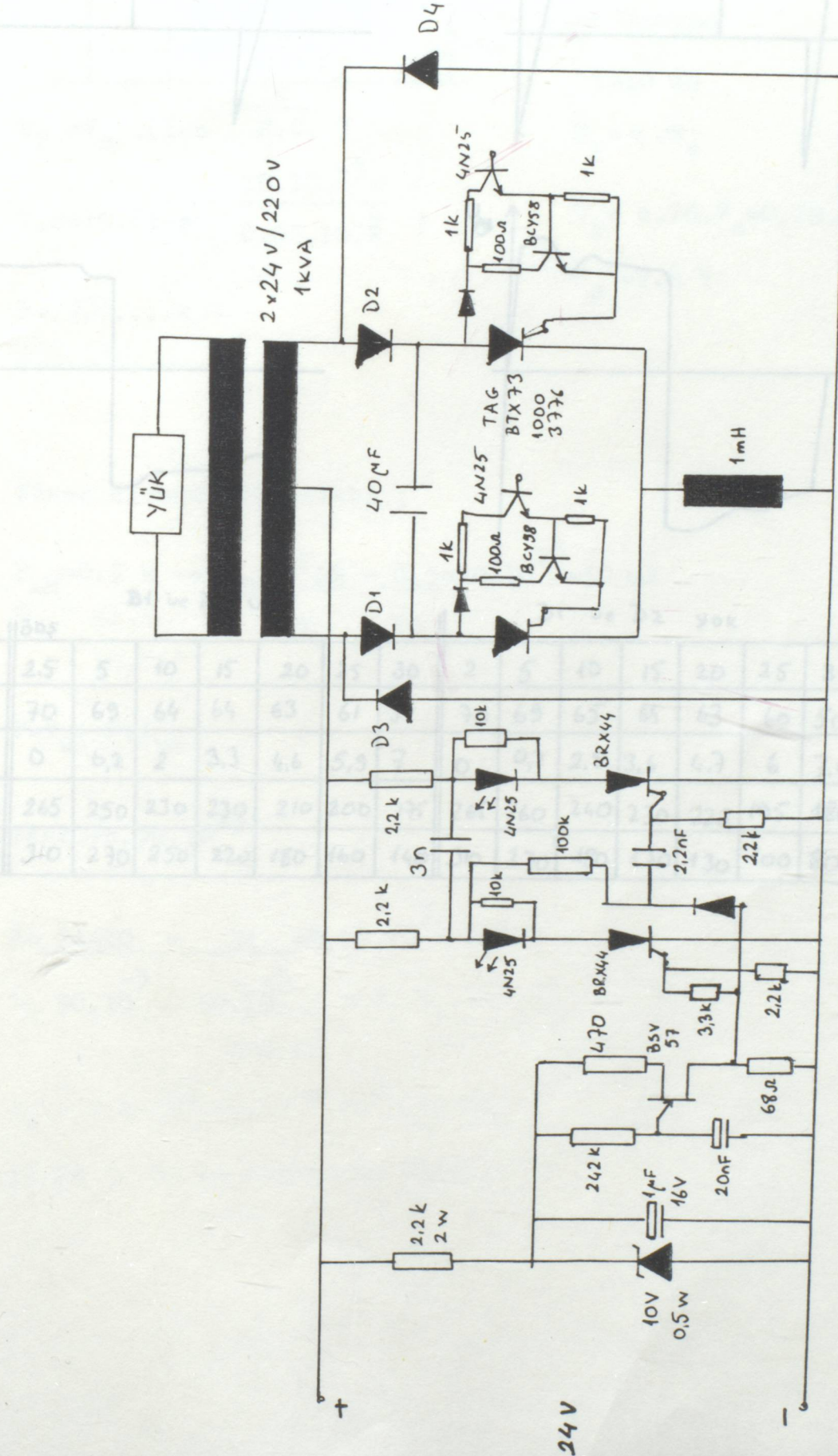
$$t=t_E \text{ için } i_{T1} = 0$$

$$0 = (i_{T1})_K - \frac{\Delta u}{L/4} t_E$$

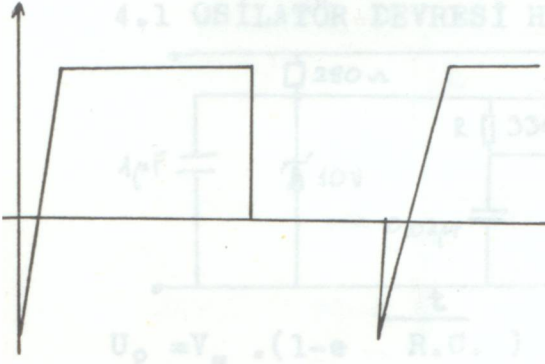
$$t_E = \frac{(i_{T1})_K}{\Delta u} \cdot \frac{L}{4} \quad 3. \text{ kademenin devam süreside bulunmuş olur.}$$

BÖLÜM-4.LABORATUAR ÇALIŞMASI VE ALINAN DEĞERLER

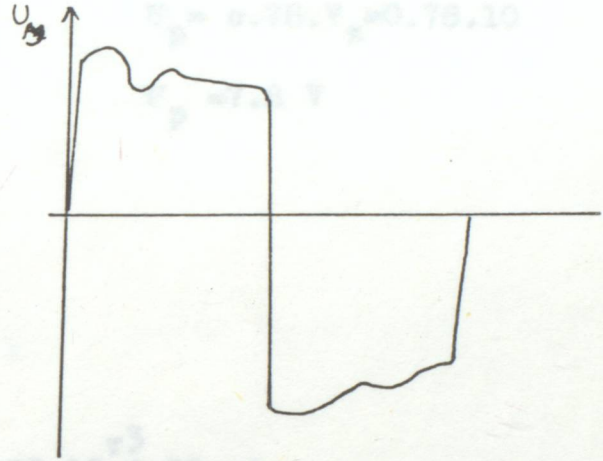
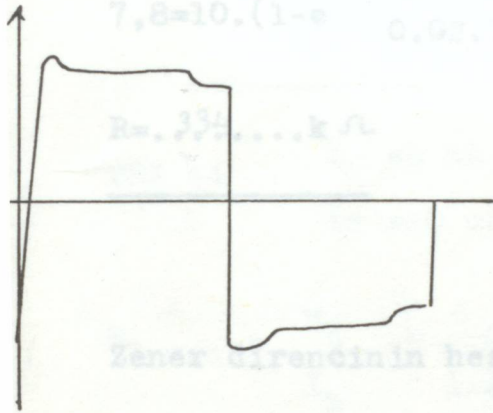
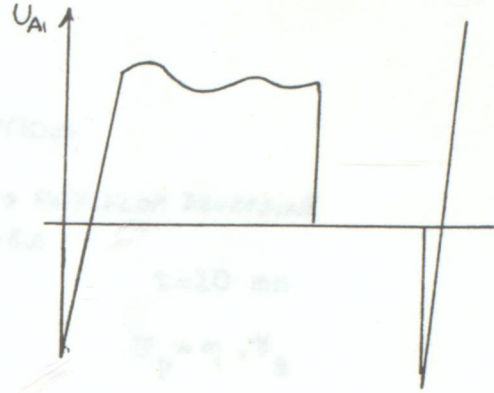
Aşağıdaki devre laboratuarda kurulmuş olup gerekli değerler alınmıştır.



D₁ ve D₂ var



D₁ ve D₂ yok



D₁ ve D₂ var

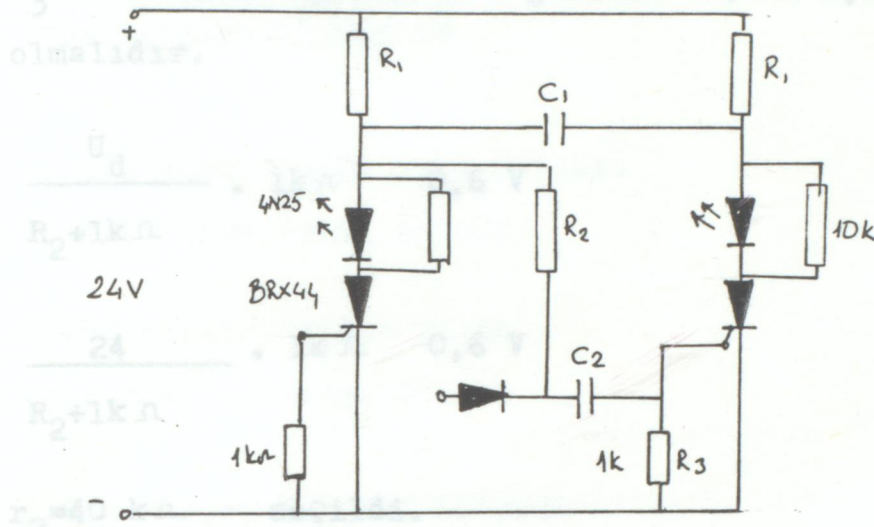
D₁ ve D₂ yok

	2.5	5	10	15	20	25	30	2	5	10	15	20	25	30	
I _r	70	69	64	64	63	61	57	70	69	65	64	63	60	50	
I ₂	0	0.2	2	3.3	4.6	5.9	7	0	0.2	2.5	3.4	4.7	6	7.4	
I _L	265	250	230	230	210	200	175	265	260	240	230	220	195	180	
I _N	310	270	250	220	180	160	140	310	270	180	170	130	100	80	

$$R = \frac{24 \cdot 10^{-3}}{0.25 \cdot 10^{-3}} = 96 \, \Omega$$

$$50 \cdot 10^{-3} \quad 50 \cdot 10^{-3}$$

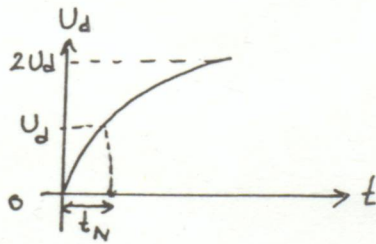
4.2. FLİP-FLOP DEVRESİ HESABI



BRX 44 $I_H = 1 \text{ mA}$
 $t_q = 10 \text{ us}$

$$R_1 \text{ max} = \frac{U_d}{I_h} = \frac{24}{1 \cdot 10^{-3}} = 24 \text{ k}$$

$$R_1 = \frac{24 \text{ V}}{10 \cdot 10^{-3}} = 2,4 \text{ k} \quad R_1 = 2,4 \text{ k} \text{ seçildi.}$$



$$t_N > t_q$$

$$t_N = R_1 \cdot C_1 \cdot \ln \frac{2 U_d}{2 U_d - U_d} = R_1 \cdot C_1 \cdot \ln^2$$

$$t_N = 2,4 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-9} \ln^2 = 16 \text{ us}$$

16 μs > 10 μs sağlanmış oldu

R_3 direncinin uçlarındaki gerilim düşümü 0,6 V'tan küçük olmalıdır.

$$\frac{U_d}{R_2 + 1k\Omega} \cdot 1k\Omega = 0,6 \text{ V}$$

$$\frac{24}{R_2 + 1k\Omega} \cdot 1k\Omega = 0,6 \text{ V}$$

$r_2 = 40 \text{ k}\Omega$ seçildi.

$$= (R_2 + R_3) \cdot C_2$$

C_2 Kondansatörünün dolma süresini = 100 μ s seçersek

$$C = \frac{100 \cdot 10^{-6}}{41 \text{ k}\Omega} = 2,4 \text{ nF} \Rightarrow C = 2,2 \text{ nF} \text{ seçildi.}$$

YARARLANILAN KAYNAKLAR

1) Güç elektroniği ders notları

Prof.Yük.Müh.Remzi GÜLGÜN

2)Güç elektroniğine giriş

Prof.Yük.Müh.Remzi GÜLGÜN

3)SCR Manual GENERAL ELCTRIC

4)Güç elektroniği ders notları

Doç.Dr.F.Y.ERALP

5)Lisans üstü tez çalışması

Öğretim görevlisi Hacı BODUR

6)Lisans üstü tez çalışması

Araştırma görevlisi M.Hadi SARUL

