

T.C
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS BİTİRME TEZİ

ELEKTRİK-ELEKTRONİK PROGRAMI

KONU: D.A SERİ MOTORLARDA , D.A KİYİCİ
İLE HIZ AYARLARI

YÖNETEN: Prof.Dr. ATIF URAL

HAZIRLAYAN: TALAT ÖZMEN

EYLÜL-1986
İSTANBUL

İ Ç İ N D E K İ L E R

	<u>Sayfa</u>
Önsöz	1
Teşekkür	2
BÖLÜM-1	
1- D.A kıyıcılı tahrik sisteminin kullanım alanları	3
1.1. D.A kıyıcılarının ulaşım araçlarında kullanılması	3
1.1.1. Raylı sistem ulaşım araçlarındaki örnekleri	3
1.1.2. Karayolu ulaşım araçlarındaki örnekleri	7
1.2. D.A kıyıcılarının diğer kullanım alanları	7
BÖLÜM-2	
2- D.A seri motorun tanımı ve karakteristikleri	8
2.1. D.A motorlarının genel tanımı	8
2.2. D.A motorlarının sınıflandırılması	8
2.3. Seri uyarmalı motorun tanımı	8
2.4. Seri uyarmalı motorun karakteristikleri	9
2.4.1. Seri motor, $M = f(i_a)$ krk.'leri	9
2.4.2. Seri motor, $n = f(i_f)$ krk.'leri	11
2.4.3. Seri motor, $n = f(M)$ krk.'leri	13
2.5. Tahrik sisteminde d.a seri motor kullanılmasının yararları	19
BÖLÜM-3	
3- D.A kıyıcı devreleri	20
3.1. D.A seri motorlarda tahrik denetimi	20
3.2. Kıyıcı devrelerin tanımı	21
3.3. Kıyıcı devrelerin çalışma ilkeleri	22
3.3.1. Kıyıcı kontrol teknikleri	23
3.3.1.1. Zaman oran kontrolü	23
3.3.1.2. Akım sınır kontrolü	24

3.3.2. Kıyıcı tipleri	25
3.3.2.1. A tipi kıyıcı	25
3.3.2.1.1. A tipi kıyıcı ile d.a seri motor kontrolü	31
3.3.2.1.2. Filtreleme	34
3.3.2.2. B tipi kıyıcı	35
3.3.2.3. 4 bölge kıyıcı	38
3.3.2.4. Kıyıcıların diğer tipleri ve çalışma bölgeleri	40
3.3.3. Gerilim yükseltici kıyıcı	41
3.3.3.1. Gerilim yükseltici kıyıcı devresi	41
3.3.3.2. G.Y kıyıcının analizi	42
3.3.3.3. G.Y kıyıcılı seri motorun moment-hız krk.'leri	50
3.3.3.4. G.Y kıyıcılı seri motor tahriğinin sonuçları	51
3.3.4. D.A kıyıcılarda komütasyon yöntemleri	52
3.3.4.1. Zorlamalı komütasyon yöntemleri	52
3.3.4.1.1. Seri kondansatör komütasyonu	53
3.3.4.1.2. Paralel kondansatör komütasyonu	53
3.3.4.1.3. Tristöre paralel, seri L-C komütasyonu	54
3.3.4.1.4. Dıştan ters gerilim darbeli komütasyon	56
3.3.5. Jones kıyıcısı	56
3.3.5.1. Jones komütasyon devresinin çalışması	56
3.3.5.2. Sonuç	62
3.3.6. İki faz kıyıcı	63
3.3.6.1. giriş	63
3.3.6.2. Çalışma prensibi	63
3.3.7. D.A kıyıcılı sistemlerde frenleme	64
3.3.7.1. Giriş	64
3.3.7.2. Direnimle frenleme	64
3.3.7.2.1. D.A kıyıcılı tahrikte direnimle frenleme	65
3.3.7.3. Faydalı frenleme	66

3.3.7.3.1. D.A kıyıcılı tahrikte faydalı frenleme	67
3.3.8. D.A kıyıcıları ile yol verme	67
3.3.8.1. D.A motorlarına yol vermenin tanımı	67
3.3.8.2. Yol verme yöntemleri	67
3.3.8.3. Kıyıcı ile seri motara yol verme	68
3.3.8.4. D.A kıyıcı ile yol verme ve frenlemenin yararları	69
BÖLÜM-4	
4- D.A kıyıcılarının sayısal örnekleri	70
4.1. A tipi kıyıcı ile ilgili sayısal örnekler	70
4.2. Jones kıyıcısı ile ilgili örnek	81
BÖLÜM-5	
5- Endüstride d.a kıyıcı uygulamaları	82
5.1. Demiryolu ve karayolu taşıt araçlarında kıyıcı ile tahrik	82
5.1.1. Çalışma ilkeleri	82
5.1.2. Faydalı frenleme	83
5.1.2.1. Kıyıcılı demiryolu uygulamasında faydalı frenleme	84
5.1.2.2. Kıyıcılı karayolu uygulamasında faydalı frenleme	86
5.2. Güç tranzistörlü, 4 bölge çalışmalı d.a kıyıcılı otobüs tahriği	87
5.2.1. Tranzistörlü kıyıcının endüstrideki uygulamaları	87
5.2.2. 4 bölge çalışmalı, d.a kıyıcılı tahriğin analizi	87
5.2.2.1. Saat yönünde dönüş (I. bölge tahrik)	89
5.2.2.2. Ters yönde dönüş (III. bölge tahrik)	89
5.2.2.3. Saat yönünde dönüşle frenleme (IV. bölge tahrik)	90
5.2.2.4. Ters yönde dönüşle frenleme (II. bölge tahrik)	90
5.2.3. Tranzistörlü d.a kıyıcı ile tahrik sonuçları	91

BÖLÜM-6

6- D.A kıyıcılı seri motor tahrik sisteminin,klasik 92
kontrollü seri motor sistemi ile karşılaştırılması

6.1. Klasik,direnç kontrollü seri motor tahrik sisteminin 92
çalışması

6.2. D.A kıyıcılı seri motor tahrik sisteminin,klasik 94
sisteme göre avantajları ve dezavantajları

6.2.1. Avantajları 94

6.2.2. Dezavantajları 95

BÖLÜM-7

7.1. Sonuç 96

7.2. Yararlanılan Kaynaklar 97

ÖNSÖZ

Eskiden beri d.a seri motorların tahrik kontrolü şönt motorlara göre güç ve problemli olmuştur. Şönt motorlarda alan sargısının serbest uyarmalı olarak, sabit bir uyarma akıma değerinde çalıştırılarak, endüvi devresine uygulanan gerilimin değiştirilmesi yöntemi ile istenilen moment değerinde hassas devir sayısı ayarı öteden beri kolaylıkla yapılmıştır.

Seri motorlarda ise motorun alan ve endüvi sargılarının bağlantı şeklinden dolayı, normalde seri motorun hızı, milindeki yüke bağlı olarak "Hız-Moment" karakteristiğinden kontrollü ya da kontrolsüz şekilde belirlenir. Her ne kadar endüvi devresine seri yada paralel bağlanan dirençlerle, elektromekanik veya yarı otomatik kumanda sistemlerinden yararlanarak seri motorda hız ayar ve denetimi yapılmakta isede, uygulamada motorun yol alması, frenlemesi ve çalışma hızının ayarlanması; bakım zorluğu, kontrol kayıplarının çok olması, hızlanmadaki moment darbe leri, faydalı (regeneratif) frenlemede frenleme akımının tam olarak denetlenememesi gibi sorunlar da beraberinde getirmektedir.

Bu çalışmayla seri motorun, d.a kıyıcı ile hız ayarının, eski sistemlerdeki sorunları ortadan kaldıracak şekilde yapılması amaçlanmıştır.

Talat ÖZMEN

ÖZET

Bu tez'de özet olarak d.a kıyıcıların kullanım alanları, seri motor karakteristikleri, d.a kıyıcıların çalışma ilkeleri ve tipleri, d.a kıyıcı ile seri motor kontrolleri incelenmiş ve klasik seri motor kontrolleri ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca endüstrideki uygulamaları da açıklanmıştır.

TEŞEKKÜR:

Kaynak kitap teminine ve çalışmanın yönlendirilmesine değerli katkıları bulunan, hocam Prof. Dr. Atıf URAL' a, Seka ve Kartonsan kağıt fabrikalarında konu ile ilgili incelemelerde ilgi ve kolaylık gösteren Elk. Müh. Cenap ENSERT ve Elk. Müh. Ahmet SÖZEN'e, kaynak araştırması sırasında ilgi ve yardımlarını esirgemeyen Elektronik Müh. Şevket KOÇAK'a, bu vesileyle teşekkürü bir borç bilirim.

Talat ÖZMEN,

Eylül, 1986

BÖLÜM-1

1-D.A KIIYICILI TAHRİK SİSTEMİNİN KULLANIM ALANLARI

D.A kıyıcılar genel olarak, d.a seri motorla birlikte kullanılmaktadırlar. D.A kıyıcılarının kullanım alanlarının başında ulaşım araçları gelmektedir. Diğer kullanım alanları içinde ise krenler, vinçler, büyük yük kapasiteli asansörler, fork-lift araçları ve gelişmiş, büyük matkap makinaları sayılabilir.

1.1. D.A KIIYICILARININ ULAŞIM ARAÇLARINDA KULLANILMASI

D.A Kıyıcılı taşıt kumandaları 1975'lerden sonra kullanılmaya başlamıştır. (13) Ulaşım araçları, raylı sistem ulaşım araçları ve karayolu ulaşım araçları olmak üzere ikiye ayrılabilir:

1.1.1. D.A kıyıcılarının raylı sistem ulaşım araçlarındaki uygulamaları: (13)

AMSTERDAM METROSU

Besleme gerilimi: 750 Vd.c, %20- -%30

Motor adedi-gücü: 4 -195 kW

Motor akımı :290 A

Frenleme : D.A kıyıcı ile serbest uyarımda, direnimle (dinamik) frenleme

VIYANA METROSU :

Besleme gerilimi: 750 V d.c, %20- -%30

Motor adedi -gücü: 4 - 200 kW

Motor akımı :292 A

Devir sayısı :2800 d/d

Max. hız :80 km/h

Frenleme :D.A kıyıcılı, serbest uyarımlı direnimle frenleme

MELBORN (MELBOURNE) kenti TRAMVAY SİSTEMİ

Besleme gerilimi: 600 V d.c

Motor adedi : 2 adet d.a seri motor, (D.A kıyıcı kontrollü)

Motor akımı : 360 A

Çalışma sahası : İki bölge d.a kıyıcı ve gerilim yön değiştirme şalteri ile 4 bölge çalışma

Hız : 70 km/h

Frenleme : Dinamik ve faydalı frenleme (D.A kıyıcı ile)
(şk.1.1'de tramvay'ın prensip şeması görülmektedir)

1.1.2. D.A kıyıcılarının karayolu ulaşım araçlarındaki uygulamaları: (13)

TROLEYBÜS UYGULAMASI (AVUSTURYA)

Besleme gerilimi : 600 V d.a , %20- -%30

Hız : 70 km/h

a_{ya} : 1,3-1,5 m/s²

a_{fr} : 1,2 m/s²

Motor gücü : 24 km/h için 150 kW, 31 km/h için 185kW

Frenleme : Kendinden uyardırma, direnimsiz frenleme ve pnömatik frenleme

Boş ağırlık : 13 ton

Tam yükte %13'lük bir eğim kapasitesi olup, uyardırma devresine d.a kıyıcısı yerleştirilerek , uyardırma akıma kontrolü yapılmaktadır.

ELEKTRİKLİ OTOBÜS UYGULAMASI

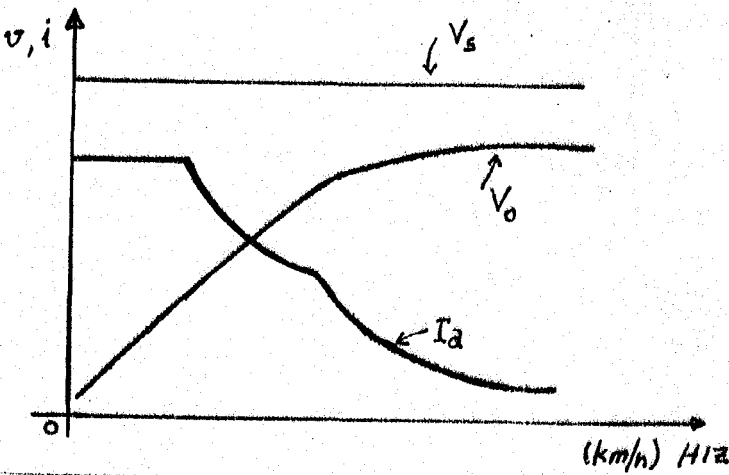
Motor gücü : 115 kW, d.a seri motor, d.a kıyıcılı

Besleme gerilimi : 360 V, 1455 Ah'lik bataryaya bağlı.

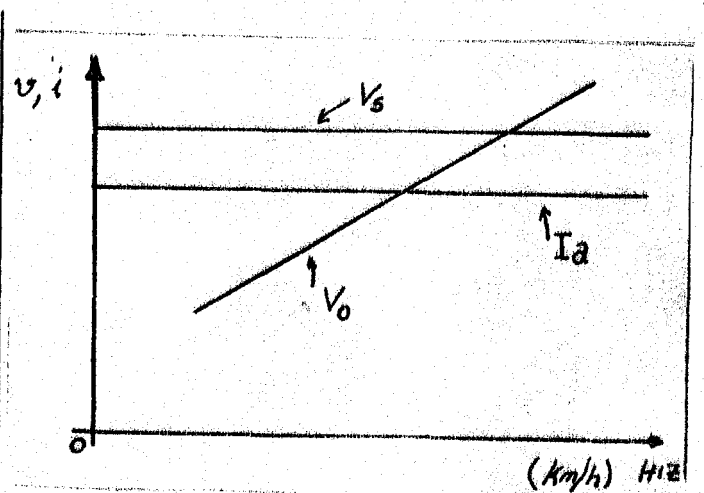
a_{ya}, a_{fr} : 1,1 - 1,2 m/s²

Şk.1.1'deki sistemde 1. ve 2. bölgelerde çalışan d.a kıyıcı ile şebeke geriliminin yönünü değiştiren bir şalter vardır. Bu suretle endüvi akım yönü değişirken, alan akım yönü sbt tutulur.ve 4 bölge çalışma sağlanır.

R_B direncinin değeri zıt emk azaldıkça otomatik olarak azaltılarak frenleme akımı dolayısı ile frenleme momenti sbt tutulur.



Şk.1.2 $I_a \neq \text{sbt}$ için yol alma ve hızlanma durumu



Şk.1.3 $I_a = \text{sbt}$ için yol alma ve hızlanma durumu

V_s = Kaynak(şebeke) gerilimi

V_o = D.A kıyıcının çıkış gerilimi ortalama değeri

I_a = Endüvi akımı ortalama değeri

(1)

DEMİRYOLU ULAŞIM SİSTEMİ UYGULAMASI ($V_s = 1500$ V d.a)

Bu uygulamada motorlar ikişer,ikişer seri bağlıdırılar. Motorların her bir çifti için bir d.a kıyıcı Ünitesi kullanılmıştır.Her Ünitede iki paralel kol olup,her kol 6 seri tristörden oluşmaktadır.Tristerlerin her biri 800 V'luk geçici gerilime dayanacak şekilde seçilmişlerdir ve tristör 100Hz ila 400 Hz değerleri arasında tetiklenmektedirler.

Bu sistemin yerine daha önce kullanılan direnç kontrollü hızlandırma sistemi %67 verimle çalışırken, d.a kıyıcı ile yapılan kontrol ve tahrik işlemi %95 verimle çalışmıştır.(1)

1.2. D.A KIIYICININ DİĞER KULLANIM ALANLARI

D.A kıyıcılar, ulaşım araçlarının dışında genel olarak seri motorla yapılan tahrik içersinde; akım,hız,endüvi gerilimi, moment ya da güç denetimi gereken bütün endüstriyel uygulamalarda kullanılabilmektedir.

Krenlerin,vinçlerin,fork-lift araçlarının,büyük yük kapasiteli asansörlerin ve gelişmiş,büyük matkap tezgahlarının hassas hız ayarında bütün avantajlarıyla kullanılmaktadır.(2)

BÖLÜM- 2

2- D.A SERİ MOTORUN TANIMI VE KAREKTERİSTİKLERİ

2.1.D.A MOTORLARININ GENEL TANIMI

Doğru akım motorları, "elektrik enerjisini mekanik enerjiye çeviren elektrik makineleridir." şeklinde tanımlanabilir.⁽⁹⁾

2.2.D.A MOTORLARININ SINIFLANDIRILMASI

D.A motorları, uyarma sargılarının bağlantılarına göre d.a genaratörlerinde olduğu gibi;

1-Serbest uyarmalı motor

2-Şönt uyarmalı motor

3-Seri uyarmalı motor

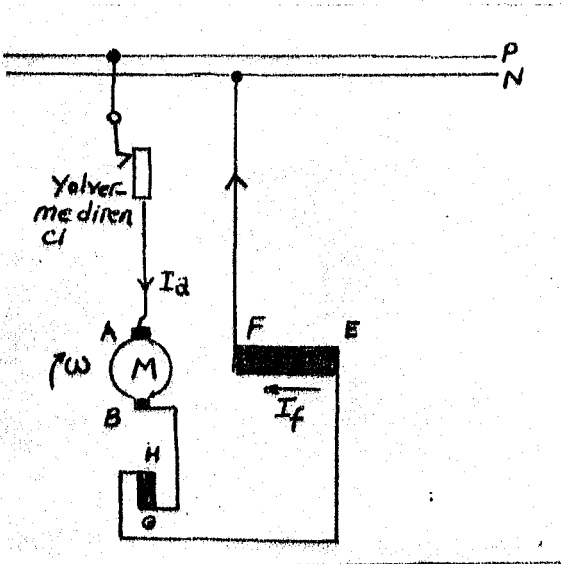
4-Kompund uyarmalı motor

olmak üzere, 4 grupta toplanırlar.

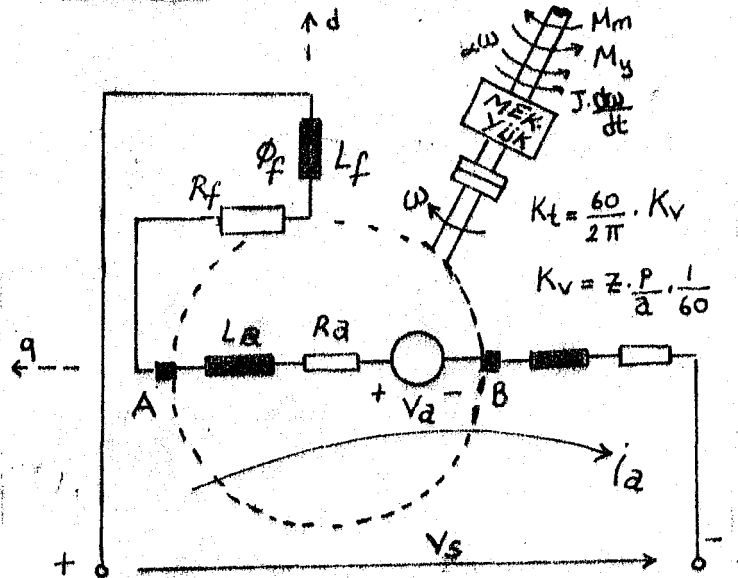
2.3. SERİ UYARMALI MOTORUN TANIMI

Uyarma sargısı, endüvi sargısına seri olarak giren ve endüvinin beslendiği gerilim kaynağından beslenen d.a motordur.⁽⁹⁾

Şk.2.1 ve 2.2'de seri motorun işletme ve eşdeğer devresi gösterilmiştir.



Şk.2.1 D.A seri motor işletme şeması



Şk.2.2 Eşdeğer devresi

2.4. D.A SERİ MOTOR KAREKTERİSTİKLERİ

2.4.1 D.A Seri motorların "MOMENT" karakteristikleri: $M=f(i_a)$

2.4.1.1. Tanım:

D.A motorlarında,"endüklenen momentin uyarma akımı sbt. bırakılmak şartı ile rotor akımına göre değişimini"gösteren, karakteristiğe "MOMENT"krk.'i denir.⁽⁹⁾ $M=f(i_a)$ ile ifade edilir.

Endüklenen moment;

$$M=K_{a,f} \cdot i_f \cdot i_a = \quad (\text{lineer makina}) \quad (2.1)$$

$$M = K_t \cdot i_a \cdot \phi_f = \quad (\text{lineer olmayan makina}) \quad (2.2)$$

$$\phi_f = f(i_f)$$

Bağıntıları ile belirlenir.

$K_{a,f}$, K_t : Motorun imalatında belirlenen şartlardan gelen sabit, moment katsayısı

i_a : Endüvi akımı....A

i_f : Alan(uyarma) akımı ...A

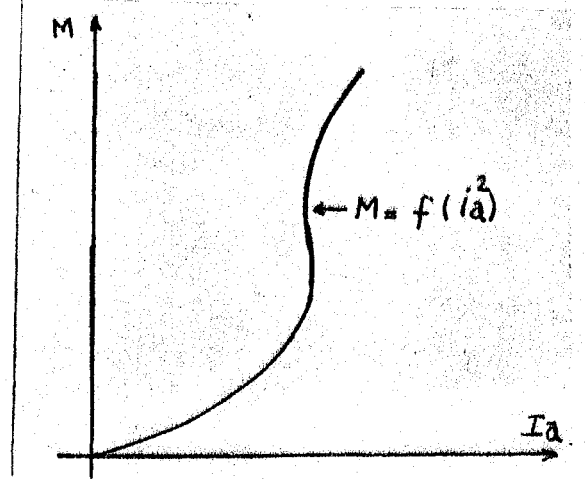
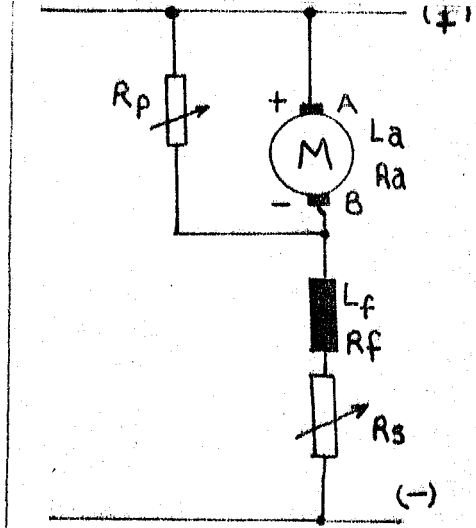
ϕ_f : Magnetik akı.....wb

Bu karakteristikte moment i_a ve i_f gibi iki bağımlı değişkenin fonksiyonudur. $M=f(i_a)$ karakteristiğinin çıkarılmasında , krk. tanımından dolayı i_f sabit tutulur.

2.4.1.2 D.A seri motorlarda $M=f(i_a)$ krk.'i:

D.A seri motorlarda $i_a = i_f$ olduğu için normal olarak, $i_f = \text{sbt}$ için $M=f(i_a)$ krk.'i mümkün olmaz.ve moment $M = K_{a,f} \cdot i_a^2$ denklemine bağlı olur(lineer makina için).Bu ise başlangıçtan geçen parabolüdür.(Lineer makina deyiminden, $B = f(H)$ krk.'i doğrusal olan makina kastedilmektedir.).

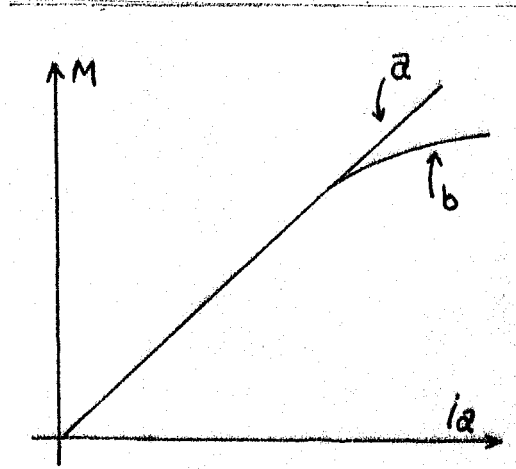
Ancak özel uygulamalarda endüvi uçlarına paralel bağlanan ayarlı dirençle (şk.2.4) $M = f(i_a)$ krk.'leri elde edilebilir. (10)



şk.2.4 D.A seri motorun endüvisine paralel,uyarma sargısına seri direnç bağlanması

şk.2.3 $M = f(i_a^2)$, seri motorda akım-moment krk.'i

Böylece elde edilen, $M=f(i_a)$ krk.'leri şönt ve serbest uyarmalı motorların $M=f(i_a)$ krk.'lerine (şk.2.5) benzetilebilir.



Şk.2.5 Şönt ve serbest uyarmalı motorlarda

$M=f(i_a)$ krk.'leri

a- lineer motor

b- lineer olmayan motor

2.4.2. D.A seri motorlarda / devir sayısının, uyarma akımı ile değişimi:

2.4.2.1. Tanım:

D.A motorlarında sabit endüvi akımı (I_a) ve sbt. endüvi geriliminde (V_s), devir sayısının uyarma akımı ile değişimini gösteren karakteristiğe "HIZ" karakteristiği denir⁽⁹⁾ ve $n=f(i_f)$ ile ifade edilir.

Hız;

$$n = (V_s - R_A \cdot i_a) / K_v \cdot \emptyset_f = \quad (2.3)$$

$$\emptyset_f = f(i_f)$$

$$n = (V_s - R_A \cdot i_a) / K_v \cdot f(i_f) = \quad (2.4)$$

(K_v = Motorun imalatında belirlenen şartlardan gelen sabit, moment katsayısıdır.)

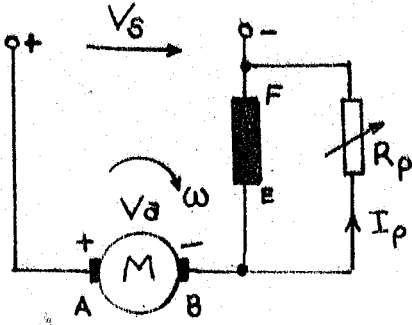
2.3 ve 2.4 denklemleriyle belirlenir.

(R_A ; Motorun endüvi devresine seri olan bütün dirençlerin toplam değeridir.)

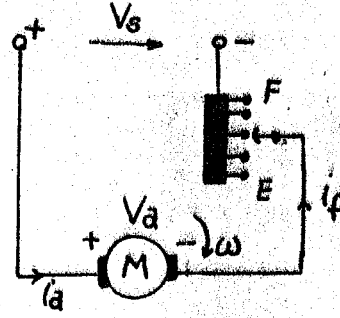
Bu denklemler (2.3 ve 2.4) serbest ve şönt uyarmalı motorlar için, $n = f(i_f)$ değişiminin bir hiperbol olduğunu gösterir.⁽⁹⁾

2.4.2.2. Seri motorun $n = f(i_f)$ krk.'i:

Seri motorun $n=f(i_f)$ krk.'i, "Hız" krk.'i tanımına uyamaz. Çünkü i_f aynı zamanda endüvi akımıdır. Bununla birlikte özel uygulamalarda seri sargı uçlarına paralel olarak ayarlı, kademeli direnç bağlamak suretiyle (şk.2.6), $i_a = \text{sbt.}$, $V_s = \text{sbt.}$ koşulları için seri motorun $n = f(i_f)$ krk.'leri şönt ve serbest uyarmalı motorların $n=f(i_f)$ krk.'lerine benzer şekilde elde edilebilir (şk.2.8)



şk.2.6 Uyarma sargısının
şöntlenmesi

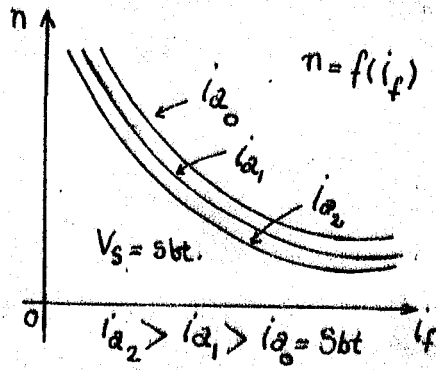


şk.2.7 Uyarma sargısından
uç çıkarılması

Şk.2.6'da hem i_a , hemde V_s sabitliği sağlanabilir, ancak şk.2.7'de i_a 'nın sbt. kalıp, i_f 'nin değişme imkanı yoktur, ikisi de aynı anda değişir. " k_s " Şöntleme oranı olup, 2.5

$$k_s = i_f / i_a \quad (2.5)$$

denklemleri ile belirlenir. Şönt ve serbest uyarmalı motorlara ait $n = f(i_f)$ krk.'leri şk.2.8' de gösterilmiştir.



şk.2.8 Serbest ve şönt uyarmalı motor
hız karakteristikleri

Şk.2.6 ve 2.7'de gösterilen bağlantılarla yapılan ayarlama ancak nominal devir sayısının üzerindeki devir sayılarında çalışma imkanı verir fakat moment düşer. Düşük devir sayılarında çalışmak gerektiği takdirde yine nominal V_s geriliminin altındaki gerilim değerlerinde çalışabilir.

Uyarma devresinden uç çıkarılmak suretiyle devir sayısı ayarı yapıldığı zaman orta uç motorun nominal akımı ile nominal devir sayısına karşılık olacak şekilde ayarlanır. Böylece orta ucun altındaki ve üstündeki uçlar yardımıyla nominal hızın altındaki ve üstündeki devir sayılarında çalışma imkanı sağlanmış olur.

2.4.3. D.A seri motorun Devir sayısı - Moment krk.'leri:

2.4.3.1.D.A motorlarında Devir sayısı-Moment krk.'nin

tanımı:

Sabit V_s ve sabit uyarma akımı (i_f) için, devir sayısı moment arasındaki bağıntıyı gösteren $n = f(M)$ değişimine, motorun devir sayısı-moment karakteristiği denir. Moment yerine endüvi akımı (i_a) alınarak, benzer krk.'ler ($n=f(i_a)$) olarak ta elde edilebilir. Ancak seri motorlarda bu mümkün değildir.

D.A motorlarında sürekli çalışma halinde yük momenti (M_y) ile sürtünme momentinin, toplamı endüklenen momente eşittir. (9)
Buradan:

$$M = K_t \cdot i_a \cdot f(i_f) = \alpha \cdot \omega + M_y \quad (2.6)$$

$\alpha \cdot \omega$ = Sürtünme momenti

Sürekli çalışma halinde ω sabittir. Buradan:

$$i_a = M / (K_t \cdot f(i_f)) \quad \text{ve}$$

2.4 denkleminde i_a yerine , eşiti konarak;

$$n = (V_s - R_A \cdot (M / K_t \cdot f(i_f))) / K_v \cdot f(i_f) \quad (2.7)$$

denklemini elde edilir.

2.4.3.2. D.A seri motorlarda Hız-Moment krk.'i:

D.A seri motorda hız-moment krk.'i ,tanımına uyamaz çünkü seri motorda uyarma akımı (i_f) ile endüvi akımı (i_a) aynı olduğundan,2.7 denklemi;

$$n = (V_s - R_A \cdot (M/K_t \cdot f(i_a))) / K_v \cdot f(i_a) \quad (2.8)$$

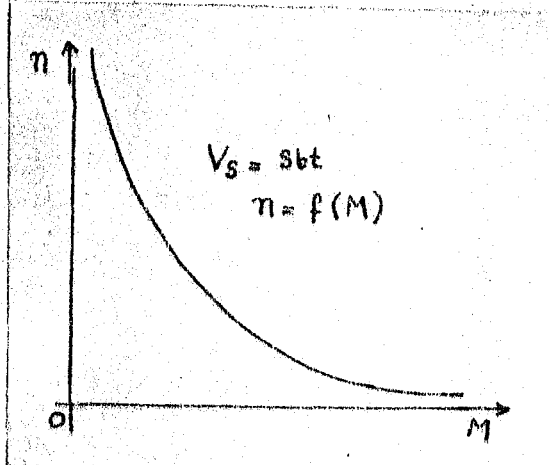
$$M = K_t \cdot i_a \cdot f(i_a) \quad (2.9)$$

denklemlerine dönüşür.

Böylece yaklaşık olarak, $M = K_t \cdot i_a^2$ formülüyle belirlenir.(9)

(MKS birim sisteminde, K_t ve K_v sabitleri eş değerlidirler ve 2.7 denkleminin payındaki 2.terimin genellikle 1.terimden % 5 küçük olduğu söylenir.(3))

V_s , $R_A \cdot i_a$ 'ya göre çok büyüktür. O halde $n = f(M)$ krk.'i, 2.8 ve 2.9 denklemleri gözönüne alındığında yaklaşık olarak bir hiperboldür denilebilir.



şk.2.9 Seri motor Hız-Moment krk.'i

Moment sıfır olduğunda, $i_a = 0$ olacağından,devir sayısı çok büyük değerlere çıkar.Böyle küçük yüklerde çalışmada seri motorun i_a akımı küçük olduğundan motoru koruyan sigortada çalışmaz ve motor parçalanabilir.Bu bakımdan seri motoru yük_süz(boşta) çalıştırmamak gerekir.Serbest ve şönt uyarmalı

motorlar boşta çalıřabilirler.

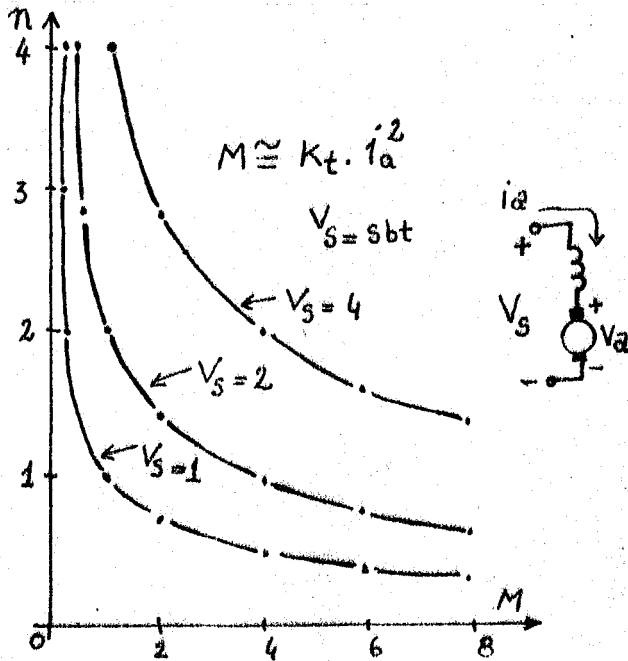
2.8 denklemi motor hızının 3 yolla kontrol edilebileceğini gösterir;

- 1- V_s gerilimi ile (V_s gerilimi hemen hemen hızla orantılıdır.)
- 2- ϕ_f ile (ϕ_f hızla ters orantılıdır ve bu yöntem nominal V_s değerinin üzerindeki hızlara ulaşmakta kullanılır, ancak moment düşer.)
- 3- R_A ile (R_A hız düşüşü yaratır ve R_A yarattığı hız düşüşü ile orantılıdır.).

Endüvi direnci kontrolü, çok küçük motorlardan başka uygun değildir çünkü güç kaybı söz konusudur.

Ancak zorunlu olarak klasik tip seri motor kontrolünde kullanılmışlardır.

V_s gerilimi motorun nominal değerine kadar arttırılabilir ve uygulanan gerilim arttıkça hız-moment eğrisi yukarıya doğru kayar. (řk.2.10)

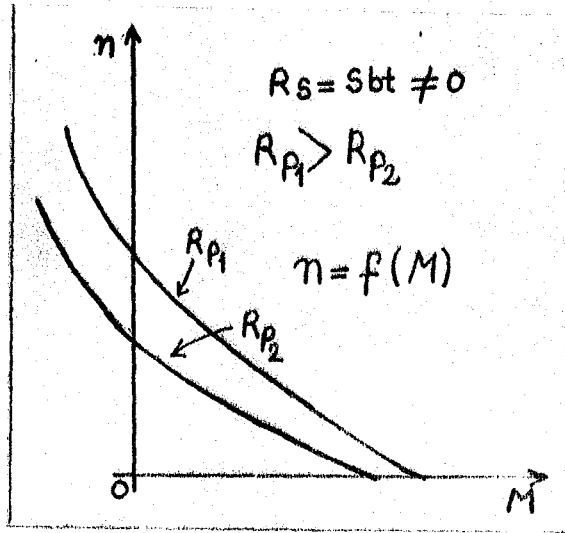


řk.2.10 Seri motorun gerilim kontrolü altında Hız-Moment krk.'leri (Dış diren=0)

Bir kaç hp'den büyük seri motorların kararlı çalışmada ki krk.'tik kontrolleri seri direnç kontrolü yada ayarlana bilir gerilim kontrolü ile yapılır ve bu motorların mağnetik devreleri aşırı doyumda olmayan mağnetik devreler gibi düşü nülür.(3)

2.4.3.2.2. Direnç kontrolü altında Hız-Moment krk.'leri:

Şk.2.4'teki özel bağlantı ile seri motorda i_f 'yi sabit tutup, i_a 'yı değiştirmek mümkündür. Bu şekilde elde edilen Hız-Moment krk.'leri şk.2.11'deki gibi olur.

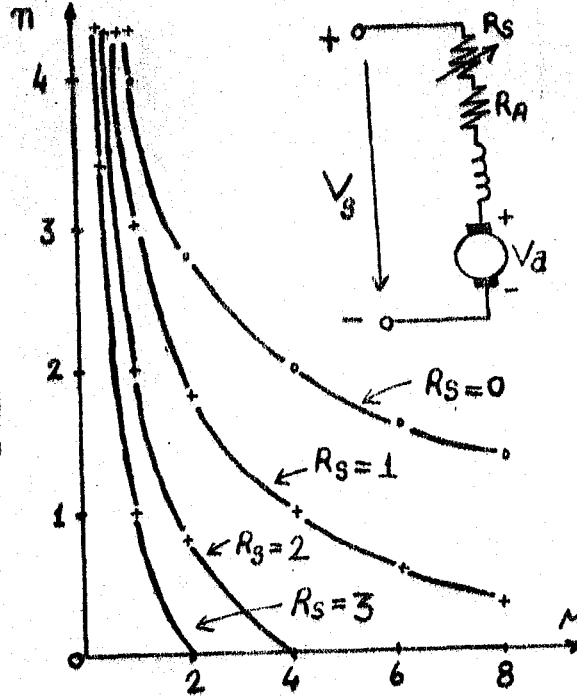


şk.2.11, şk.2.4'e karşılık olan $n = f(M)$ eğrileri

Seri motora harici bir R_s direnci eklenmesi durumunda Hız-Moment krk.'i ,şk.2.10'da ki eğrilerden farklı olur. (Şk.2.4 te $R_p = \infty$, $R_s > 0$ durumu) R_s 'nin eklenmesi, R_A toplam direncini arttıracaktır. R_A 'nın azar azar artması tüm hız sahasında sabit aralıklı azalma yaratır. Direnç kontrolü - R_s 'nin büyük değerlerinde- motorun moment olarak çalışmasına neden olur ve max.moment sınırını belirler.(3)

Seri motor tahriğine direnç kontrolü hakim ise ve en düvi akımı çok küçükse bu durumda gerilim kontrolü düşük de gerde moment değerleri verir. Bu durumun dışında gerilim kontrolü gerilim ve hızın düşük değerlerinde motorun sabit hızla

çalışmasını sağlar.

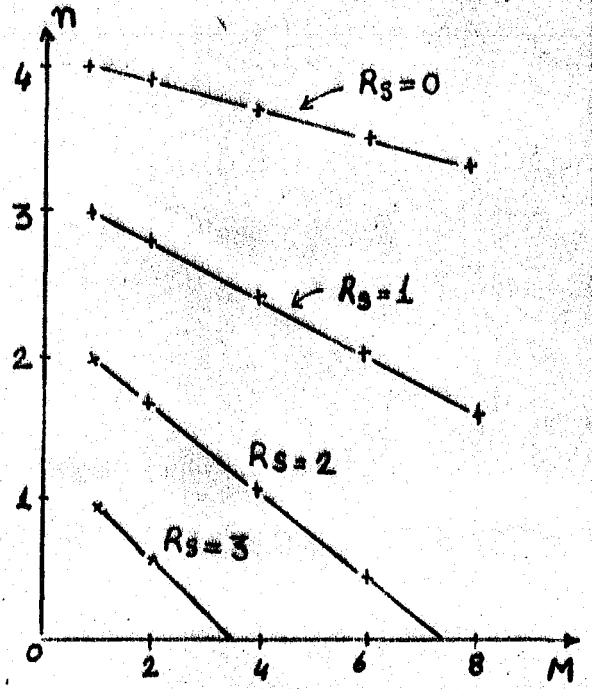


Şk.2.12 Seri motorun,seri direnç kontrolü altında Hız-Moment krk.'leri

Küçük seri motorlardan akım geçtiğinde ve manyetik alan Φ_f değerinde sabit tutulduğunda manyetik devreleri doyuma imiş gibi davranabilirler. Bu durumda şönt motorlar için tanımlanan Hız-Moment krk.'lerine benzer $n = f(M)$ krk.'lerine sahip olabileceklerdir. Eğer direnç kontrolü, hız ayarında kullanılıyorsa momentlere uygun akımlar manyetik nüveyi doyuma götüreceği için eğriler Şk.2.13'tekine benzer şekilde oluşur.⁽³⁾

Bütün direnç kontrolleri, hız ve moment sahasındaki etkinliklerine rağmen güç kaybı yaratırlar. Bu bakımdan bu yöntemle hız kontrolü güçtür.

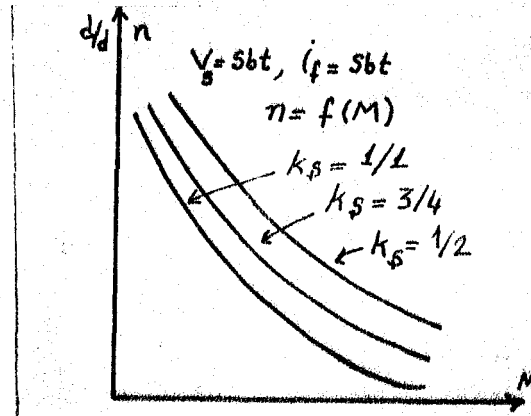
Bir hp'den küçük seri motorların hız kontrolleri ise faz kontrollü tristörlerle daha uygun biçimde yapılabilmektedir. Bir hp'den büyük seri motor tahriği kayıpsız sayılabilecek şekilde d.a kıyıcılarla yapılmaktadır.



Şk.2.13 Seri direnç kontrolü altında,doymuş seri motorun Hız-Moment krk.'leri

2.4.3.2.3. D.A seri motorun alan kontrolü altında Hız-Moment karakteristikleri:

Şk.2.6'da görülen bağlantı ile seri motorun,değişik uyarma akımı değerlerine karşılık olan $n = f(M)$ karakteristikleri çıkartılabilir.Şk.2.14'te değişik uyarma akımları için $n = f(M)$ krk.'leri görülmektedir.



Şk.2.14 Çeşitli k_s oranlarına karşılık olan

$n = f(M)$ krk.'leri

k_s Oranı küçüldükçe krk.'tik yukarıya doğru kayar.

Bu nedenle, alan kontrolü ile yapılan hız ayarları genellikle nominal devir sayısının üzerindeki hızlar için çalışma imkanı sağlar, uygundur.

Düşük devir sayılarında çalışmak gerektiği takdirde endüviye uygulanan V_g geriliminin nominal değerinin altındaki gerilimlerle çalışmak gerekecektir.

2.5.TAHRİK SİSTEMİN DE SERİ MOTOR KULLANILMASININ

YARARLARI:

Elektrikli tahrik sistemlerinde yüksek moment gereken yerlerde d.a seri motor kullanılmaktadır.D.A seri motorların avantajları şöyle sıralanabilir.⁽¹³⁾

- 1- İdeal bir $n=f(M)$ krk.'ğine sahiptir.ve geniş bir Hız-Moment sahası vardır.
- 2- Motor momenti gerilime bağlı değildir,endüvi akımıyla oratılıdır.
- 3- Seri motor düşük devirde nominal momentinin 1,7 ila 1,9 katına kadar yüklenebilir.Bu nedenle yüksek yol alma momenti gereken yerlerde tercih edilir.
- 4- Alan akımı denetlendiği sürece güvenli çalışma sağlar.
- 5- İmalat ve bakım giderleri az olduğundan ekonomiklik unsuru taşır.

BÖLÜM-3

3-D.A KİYİCİ DEVRELERİ

3.1.D.A SERİ MOTOR'DA TAHİRİK DENETİMİ

Bir çok endüstriyel uygulamalarda tahrik sistemini besleyen kaynak bir d.a kaynağıdır. Bu uygulamalarda istenilen motor denetiminin sağlanabilmesi için, sabit d.a gerilimi - gerekirse daha yüksek bir düzeye çıkarılarak- değişken bir duruma getirilmesi zorunlu olur.⁽¹¹⁾ Seri motor için kullanılacak yöntemler şunlardır:

- 1-Dirençle denetim: Bu yöntemin ilkeleri, bölüm 2.4 içersinde açıklanmıştır. Dirençler üzerindeki güç kaybı nedeniyle verim düşüktür ve dolayısıyla bu yöntemle seri motorun değişken hız uygulaması oldukça zordur.
- 2- Evirici-Doğrultucu ile denetim: D.A kaynak önce bir evirici ile a.a şekline sokulur ve bir transformatörle gerilim düzeyi denetimli bir şekilde ayarlanır. Kontrol edilebilir bir doğrultucu ile a.a kaynağı, değişken d.a kaynağı durumuna getirilir.

Bu tür ekonomik değildirler ve güç iki defa kullanılmış olur. Bu nedenlerden dolayı yüksek gerilim oranı ile karşılaşıldığında kullanılırlar.⁽⁴⁾

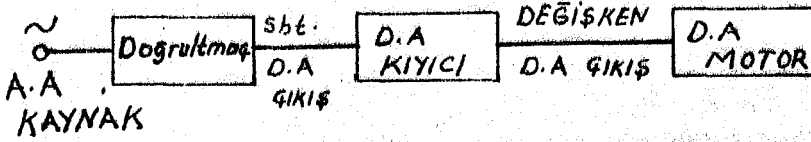
3-D.A kıyıcı ile denetim: Günümüzde en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Yüksek verim, hızlı cevap verme ve faydalı (regenaratif) frenleme imkanı sağlar, rahat kullanışlı bir yöntemdir.

3.2.D.A KİYİCİ DEVRELERİN TANIMI:

D.A çıkışlı bir kaynaktan,değişken bir d.a kaynağı oluşturmak için kullanılan çeviricilere d.a kıyıcısı adı verilir.⁽¹⁴⁾

Sadece d.a güç kaynağının bulunduğu uygulamalarda hatta a.a güç kaynağının varolduğu durumlarda bile d.a kıyıcıları d.a gerilim denetimi için en verimli,küçük fiziksel boyutlu ve güvenilir kaynak olma durumundadırlar.⁽¹⁴⁾

Şk.3.1'de a.a kaynağından beslenen d.a kıyıcılı bir sistemin blok şeması görülmektedir.



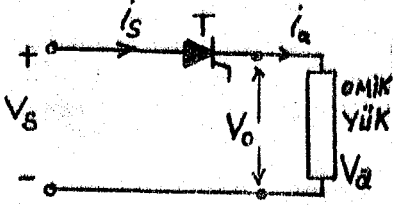
Şk.3.1

Bu tür bir sistemin a.a/d.a çeviricilerine göre avantajları şunlardır:

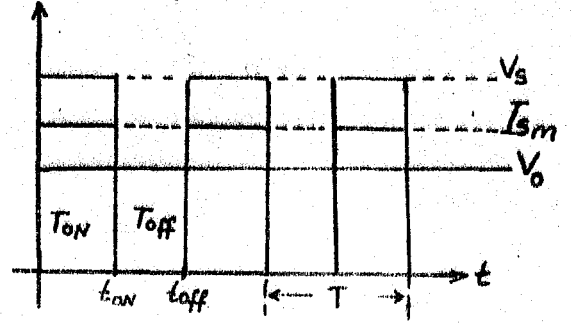
- 1- Kaynak sürekli,birim güç katsayısı ile çalışacaktır.
- 2- D.A kıyıcının yüksek frekansla çalışması nedeniyle kapalı çevrim çalışmada değişikliklere tepkisi çok hızlıdır.
- 3- Kullanılan tristör sayısı,a.a/d.a çeviricilere göre çok daha azdır.

Bu olumlu özellikleri yanında d.a kıyıcı ile tahrik edilen sistemlerde, yüksek akım değerlerinde komütasyon(aktarma) hataları mümkündür.Ayrıca zorlamalı aktarma ile çalışın kıyıcıların komütasyon elemanları (L ve C) çok büyük ve pahalı olmaktadır.⁽¹⁴⁾

3.3. D.A KIIYICI DEVRESİNİN ÇALIŞMA İLKESİ:



şk.3.2 D.A kıyıcı prensip şeması



şk.3.3 Ortalama çıkış geriliminin (V_o) değişimi

Şk.3.2'de T tristörü anahtar gibi çalışmakta ve periodik olarak tetiklenmektedir. Tristör T_{on} süresince iletimde ve T_{off} süresince kesimdedir.

T_{on} , T_{off} : D.A kıyıcının iletim ve kesim süreleri

t_{on} , t_{off} : Tristörün iletim ve kesim süreleri

şk.3.2'de devrede endüktans olmadığı varsayıldığından i_a akımının değişimide, v_o değişimi gibi olur.

V_s : D.A kaynak gerilimi

v_o : Kıyıcının çıkış geriliminin ani değeri

V_o : " " " " " " ortalama değeri

i_s : Kaynak akımı ani değeri

i_a : Kıyıcı çıkış akımı ani değeri

I_s : Kaynak akımı ortalama değeri

I_a : Kıyıcı akımı ortalama değeri

I_{sm} : Kaynak akımı max.değeri

I_{am} : Kıyıcı akımı max.değeri

T : $T_{on} + T_{off}$, kıyıcı periodu

$$V_o = (T_{on} / (T_{on} + T_{off})) V_s \quad (3.1)$$

(3.1) denklemi, kıyıcının iletim ve kesim süreleri nin ayrı ayrı yada her ikisininde birlikte değişmesi suretiyle V_o 'ın değiştirilebileceğini gösterir. Bu d.a kıyıcı işleminin temel ilkesidir.

V_o geriliminin değeri şu yöntemlerle kontrol edilir:

- 1- $T_{off} = \text{sbt.}$, T_{on} değişken (Frekans modülasyonu)
- 2- $T = \text{sbt.}$, T_{on} / T_{off} oranı değişken (Dalga genişlik modülasyonu)
- 3- T_{on} ve T_{off} ayrı ayrı değişken (ilk iki yöntemin karışımı)

$$T = T_{on} + T_{off} \quad (3.2)$$

$$f = 1 / T \quad (3.3)$$

"f" Kıyıcı frekansı olup, yüksek değerdedir. Bu nedenle d.a kıyıcı tarafından beslenen yük sadece çıkış geriliminin ortalama değerinin kontrolü altındadır. (1)

3.3.1. D.A kıyıcı kontrol teknikleri:

- 1- Zaman oran kontrolü
- 2- Akım sınır kontrolü

3.3.1.1. Zaman Oran Kontrolü:

Akım sınırlandırılması olmadığı durumdaki, dalga genişlik modülasyonu ve frekans modülasyonu yöntemlerini içerir.

Çalışma ilkesini yine (3.1) denklemi belirlemektedir. Devrede endüktansın olmadığı ve kayıpların sıfır olduğu varsayılarak;

$$P_g = V_s \cdot i_s \dots\dots\dots \text{giriş gücü} = (V_s \cdot I_{sm} \cdot T_{on}) / T$$

$$P_{\phi} = v_o \cdot i_a \dots\dots\dots \text{çıkış gücü} = (V_{om} \cdot I_{a_m} \cdot T_{on}) / T$$

$$V_s \cdot I_{sm} = V_{om} \cdot I_{am}$$

İlişkisi bulunurki, bu ilişki ZOK özelliklerinin aynı zamanda transformatör özelliklerine benzediğini gösterir. (4)

3.1 denkleminde;

$$V_o = V_s \cdot f \cdot T_{on} \quad (3.4)$$

3.4 denklemine geçilerek, f yada T_{on} değerlerinden biri veya her ikisi ile V_o 'ın denetlenebileceği görülür.

Değişken frekans yönteminde f frekansı oldukça değişken yapılabilir ancak düşük frekanslarda ağır çalışma ve süreksiz (kesikli) akım çalışma oluşur. Yüksek frekanslarda çalışmanın etkisi ise sistemdeki elemanlardaki yüksek kayıplardır. (4)

Bu dezavantajlara ilave olarak, sistem değişken frekans ta istenilen şekilde optimize olmaya muktedir değildir.

Sabit frekans yönteminde V_o , T_{on} süresinin değiştirilme siyle kontrol edilmektedir. Bu yöntem, dalgacığın (çıkıştaki) toplanma avantajına sahip olduğundan küçük kapasiteli filit reye ihtiyaç gösterir. Ayrıca "Sabit Frekans" yönteminde cevap tepkisi hızlıdır.

3.3.1.2. Akım Sınır Kontrolü:

Bu kontrol tekniği, frekans ve dalga genişlik modülas yonu yöntemlerini akım sınırlama şartı altında içermektedir.

Eğer yük akımının, maksimum ve minumum değerleri için T_{on} ve T_{off} süreleri belirlenir ise, yük akımı max. değere geldiğinde kıyıcı kesim'e geçecektir. Akım azalmasında ise min. değerde kıyıcı iletime geçer. Kıyıcı çalışması sırasın da akım sınırları belirlenir ve bu sınırlara göre iletim ve kesim süreleri ayarlanacak olursa sürekli akım çalışması sağlanır ve bu şartlar altında kesikli akım çalışmanın ol ması mümkün değildir.

$I_{\max}$ ve $I_{\min}$ arasındaki farkı kıyıcı frekansı belirlemekte ve $I_{\max}$ değerinin düşük seçilmesi iletim süresini azaltırken, $I_{\min}$ değerinin büyük alınmasında kesim süresini azaltır.

Kıyıcı frekansının büyük olması tetikleme kayıplarını çoğaltacaktır.

Akım sınır kontrolündeki kıyıcının çalışma ilkesi şk.3.4'te gösterilmiştir.

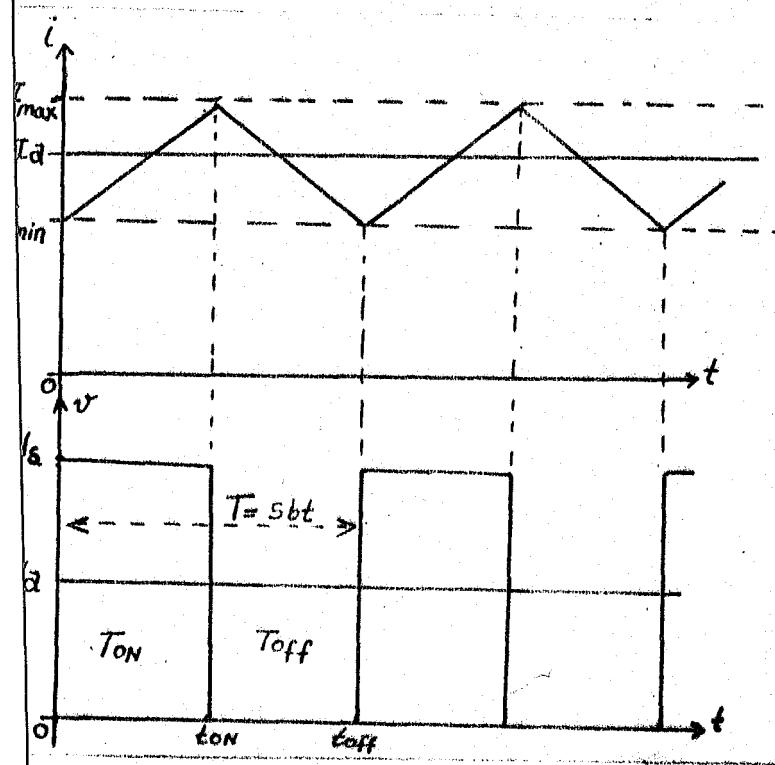
3.3.2. D.A kıyıcılarının tipleri:

D.A kıyıcıları iki grupta düzenlenebilirler, bunlar;

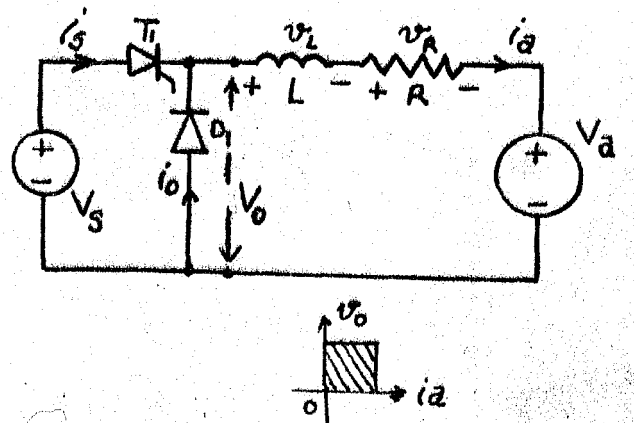
- 1- A tipi kıyıcı
- 2- B tipi kıyıcı 'dır.

3.3.2.1. A Tipi Kıyıcı:

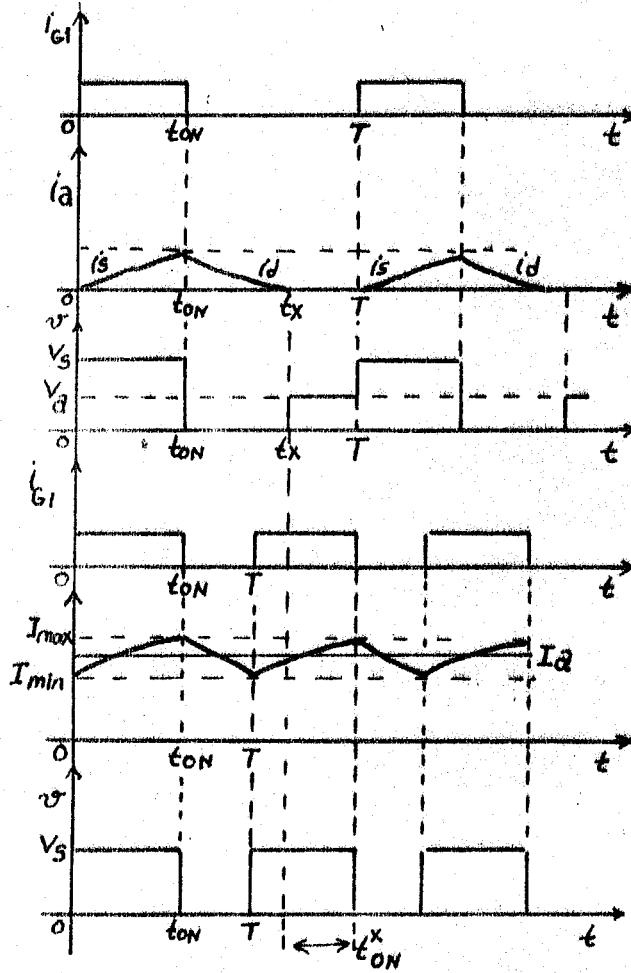
A tipi kıyıcının devresi ve çalışması şk.3.5 ve 3.6 ile açıklanır. Komütasyon elemanları şeklin sade olması için gösterilmemiştir.



şk.3.4 Akım sınır kontrolü



şk.3.5 A tipi kıyıcı devresi



Şk.3.6 A tipi kıyıcının çalışma ilkesi:

a-Kesikli akım çalışma b- Sürekli akım çalışma

Bu devrede v_o ve i_a sadece pozitif olabilmektedir. D1, serbest dolaşım diodu olup, A tipi kıyıcıda komütasyon ve tetikleme kontrolünün frekans modülasyonlu devreler tarafından yapıldığı farz edilirse sürekli akım ve kesikli akım olmak üzere iki değişik çalışma durumu mümkün olacaktır.

Şk.3.6a'da i_a yük akımı kesiktir, bu kesiklik sırasında $i_a=0$ ve $v_o = V_a$ 'dır. Şk.3.6b'de i_a gibi bir değer için T periyodu azaltılmıştır. Bu durumda akım kesilmez ve kıyıcı ilettime geçinceye kadar akar.

Çıkış gerilimi v_o , V_S büyüklüğünün dikdörtgen şeklinde ki dalga dizisinden oluşacaktır. L endüktansının yada V_a 'nın azalması sürekli çıkış akımını minimum değere yöneltir.

Burada V_a , zıt emk'ya haiz yükün uçlarındaki gerilimdir. Şk.3.6b'de yük akımı üssel olarak artacak ve azalacaktır. kıyıcının kesim süresi esnasında endüktif yük akımı komütasyon diodu üzerinden akar, yük akımı üzerinde V_a etkilidir. Ancak akımdaki küçük değişmeler için yaklaşık olarak sabit kabul edilebilmektedir.⁽⁷⁾ Kıyıcının iletimi süresince akım denklemleri geçici rejim bilgilerinden yazılabilir. Akım t_0 anında I_{min} değerinden başlar ve $(V_s - V_a)/R$ değerine ulaşmasına izin verilir(süre düşünülmeden). Akım başlangıçta $(V_s - V_a)/R$ ile I_{min} değerleri arasındadır($((V_s - V_a)/R) - I_{min}$), ve üstel değişime haizdir. Max akıma ulaşıldığında kıyıcı kesime geçer ve yük akımı D_1 diodu üzerinden akacaktır.

Normal kararlı çalışma koşullarında iletim süresi, istenilen V_o değeri için belirlenir. Ancak akım sınırı ile belirlenen bir iletim süresi varsa, kıyıcı bu iletim süresi ile çalışacaktır.

Şk.3.5'teki devreden;

$$v_o = v_L + v_R + V_a$$

$$L \left(\frac{di_a}{dt} \right) + R \cdot i_a = v_o - V_a \quad (3.5)$$

yada

$$\left(\frac{di_a}{dt} \right) + (R/L)i_a = (v_o - V_a)/L$$

Denklemleri elde edilir.

Bütün d.a kıyıcı kayıpları ihmal edilerek;

$0 \leq t \leq t_{on}$ durumu için

$t=0$ için $v_o = V_s$ ve $i_a = I_{min}$ 'dur. Bu sınırlamalarla diferansiyel denklem çözülerek:

$$i_a = \frac{V_s - V_a}{R} (1 - e^{-t/\tau}) + I_{min} \cdot e^{-t/\tau} \dots (3.6)$$

$\tau = L/R$, olup zaman sabitidir.

$t = t_{on}$ olduğunda tristör akımı değişir ve $i_a = I_{max}$ olur.

Buradan,

$$I_{max} = \frac{V_s - V_a}{R} (1 - e^{-t_{on}/\tau}) + I_{min} \cdot e^{-t_{on}/\tau} \dots (3.7)$$

denklemleri elde edilir.

$t_{on} \leq t \leq T$ durumu için

$t' = t - t_{on}$ ve $0 \leq t' \leq T - t_{on}$

3.5 diff. denkleminde,

$(di_a/dt') + (R/L) \cdot i_a + V_a/L = 0$ eşitliği elde edilir.

D_1 diodu üzerinden, serbest akım dolaşımı varken, $v_o = 0$ 'dır.

$t' = 0$, $v_o = 0$, $i_a = I_{max}$ sınırlamalarıyla denklemin çözümü,

$$i_a = - \frac{V_a}{R} (1 - e^{-t'/\tau}) + I_{max} \cdot e^{-t'/\tau} \quad (3.8)$$

ve $t' = T - t_{on}$, $i_a = I_{min}$ için

$$I_{min} = - \frac{V_a}{R} (1 - e^{-(T-t_{on})/\tau}) + I_{max} \cdot e^{-(T-t_{on})/\tau} \dots (3.9)$$

denklemini elde edilir.

Yük akımının ortalama değeri, I_a

$$I_a = \frac{V_o - V_a}{R} \quad (3.10)$$

3.10 denklemi ile belirlenir.

3.7 ve 3.9 denklemleri aynı zaman için çözülerek,

$$I_{\max} = \frac{V_s (1 - e^{-t_{\text{on}}/\tau})}{R (1 - e^{-T/\tau})} - \frac{V_a}{R} \quad (3.11)$$

$$I_{\min} = \frac{V_s (e^{t_{\text{on}}/\tau} - 1)}{R (e^{T/\tau} - 1)} - \frac{V_a}{R} \quad (3.12)$$

ve eğer tristör sürekli iletimde ise, $t_{\text{on}} = T$

$$I_{\max} = I_{\min} = \frac{V_s - V_a}{R} \quad (3.13)$$

olacaktır. (4)

t_{on} , t_{on}^x değerine azaltılırsa ($I_{\min} = 0$ için t_{on}^x)

d.a kıyıcı sürekli akım çalışma şeklinden, kesik akım çalışma şekline değişme noktasında çalışır. (şk.3.7b)

Bu sınır durumu için 3.12 denkleminde,

$$\frac{V_a}{V_s} = \frac{e^{(t_{\text{on}}^x/T)(T/\tau)} - 1}{e^{T/\tau} - 1} \quad (3.14)$$

$$m = V_a / V_s \quad (3.15)$$

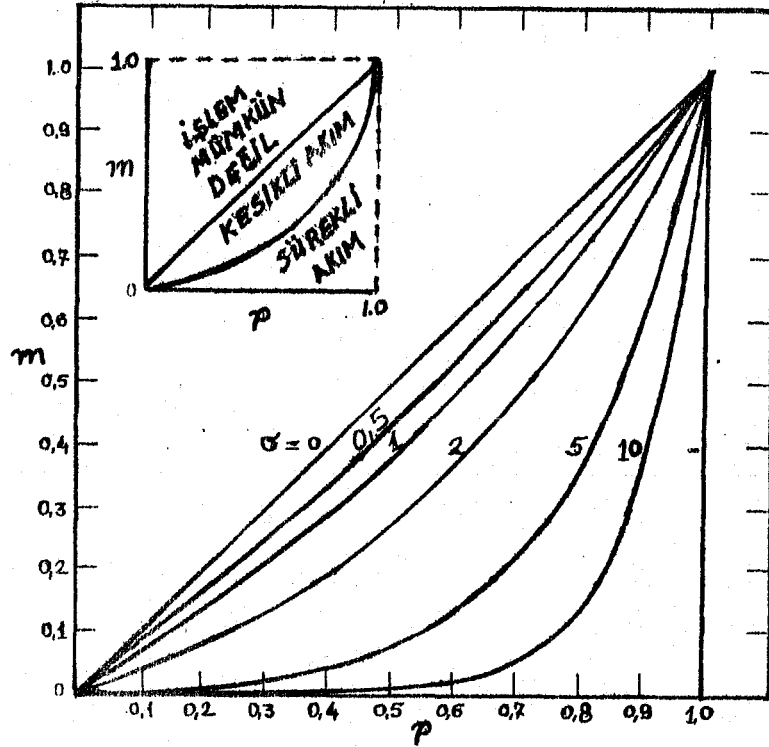
$$p = t_{\text{on}}^x / T \quad (3.16)$$

$$\sigma = T/\tau \quad (3.17)$$

$$m = \frac{e^{p \cdot \sigma} - 1}{e^{\sigma} - 1} \quad (3.18)$$

denklemleri elde edilir. 3.18 denkleminde σ gibi ^{birdeğişken} için p, m eğrileri elde edilir. (5) Şk.3.7'de bu eğriler görülmektedir.

T/τ oranlı devre çalışması için σ 'nun belli bir değeri sürekli akım çalışmayı belirtiyor. ise, eğri bir (p, m) yatış noktasının altındadır. Kesik akımlı çalışmayı belirten eğri bu noktanın üzerinde olacaktır. $\sigma = 0$ için belirlenen hattın yukarısında bir (p, m) noktasında çalışma mümkün değildir. Çünkü bu hat saf endüktif yük devresinin karşılığıdır. ($\sigma = 0$ için, $R = 0$ 'dır.)



Şk.3.7 Sürekli ve kesik akım çalışması arasındaki sınır

Kesik akımlı çalışma mümkün ise, $t_x \leq T$ için $I_{min}=0$ olacağından 3.8 denkleminde $t = t_x$ veya $t' = t_x - t_{on}$

$0 < t_{on} < t_x$ şartlarında

$$i_a = -\frac{V_a}{R} (1 - e^{-(t_x - t_{on})/\tau}) + I_{max} \cdot e^{-(t_x - t_{on})/\tau} \dots 3.19$$

ve 3.7 denkleminde,

$$I_{max} = \frac{V_s - V_a}{R} (1 - e^{t_{on}/\tau}) \quad (3.20)$$

elde edilir. 3.19 denkleminde son şartların yerine konmasıyla ,

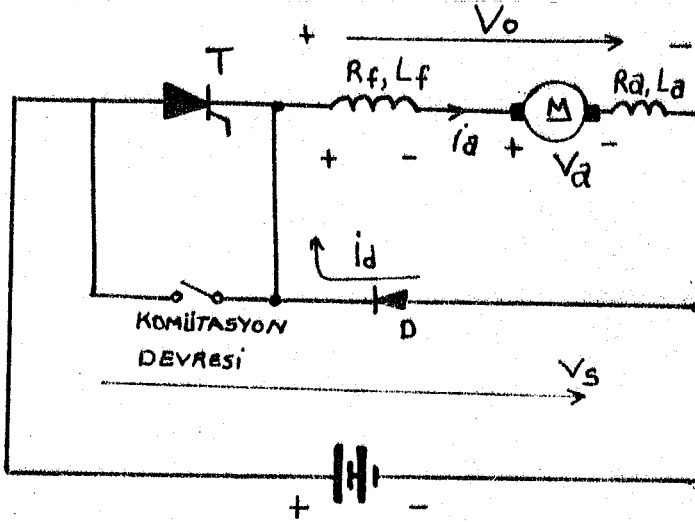
$$t_x = \tau \cdot \ln \left[e^{t_{on}/\tau} \left(1 + \frac{V_s - V_a}{V_a} (1 - e^{-t_{on}/\tau}) \right) \right] \quad (3.21)$$

denklemini elde edilir. (5)

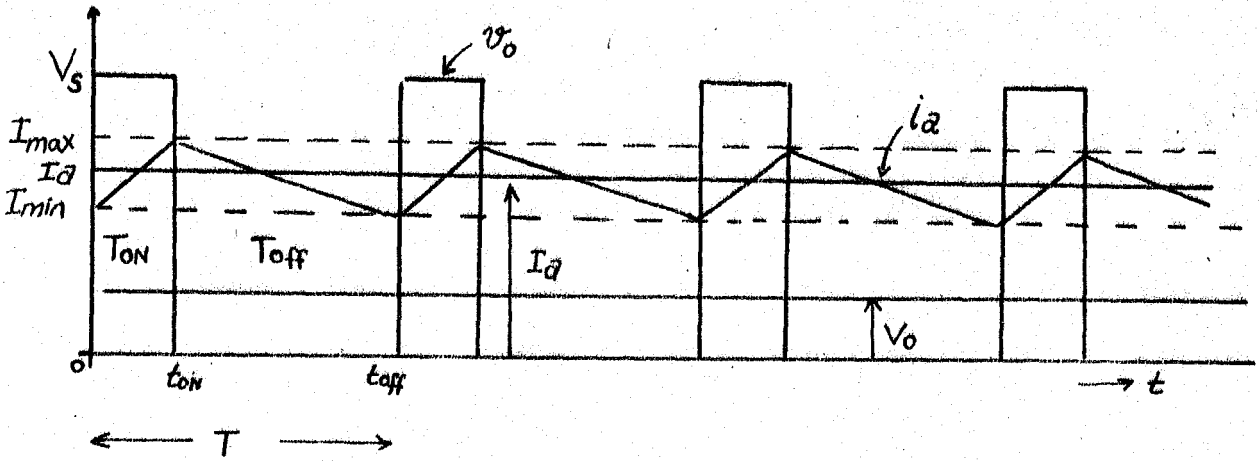
açısai hızı ,kıyııcınnn frekansından tanımlanır,

$$\omega = 2\pi \frac{1}{T} \quad (3.22)$$

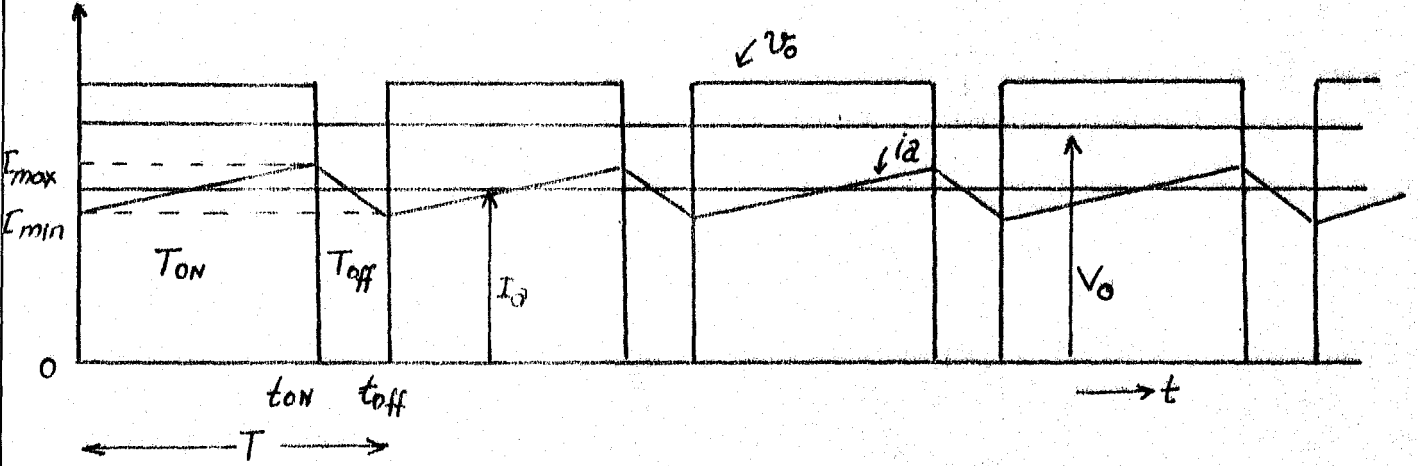
3.3.2.1.1 A tipi kıyııcı ile seri motor kontrolü:



Şk.3.8a Devre



Şk.3.8b düşük hızda dalga şekilleri



Şk.3.8c yüksek hızda dalga şekilleri

D.A kıyıcının başlıca uygulama alanlarından biri, onun d.a seri motorun kontrolünde kullanılmasıdır. Şk.3.8a'da d.a seri motorun kontrolü için temel devre görülmektedir. D.A kıyıcı dalga genişlik modülasyonu ile akım sınır kontrolü altında çalışmaktadır.

Kıyıcının iletim süresince tristör iletimdedir ve V_s gerilimi motora uygulanır. Tristörün kesimde olduğu t_{off} süresince kıyıcıda kesimdedir ve motara gerilim uygulanmaz. Böylece motora gerilim pals'ler şeklinde uygulanır. Bununla beraber, devrede endüktansın varolması sebebiyle akım dalga şekli, şk.3.8b,c de görüldüğü gibi olacaktır. D diodu T_{off} süresince iletim sağlar ve motoru yüksek özendüksiyon geriliminden korur.

Matematiksel analiz: (4)

Kıyıcının iletim süresi esnasında ,

$$V_s = (L_a + L_f) (di_a/dt) + i_a(R_a + R_f) + v_a \quad (3.23)$$

denklemini geçerlidir, burada L_a ve L_f sırasıyla, endüvi ve alan endüktansları, R_a ve R_f ise endüvi ve alan dirençleridir. V_a , motorun zıt emk'tinin ortalama değeridir.

Kabuller:

- 1- Tristör ve Diod ideal anahtarlardır
- 2- Endüvi ve alanın direnç ve endüktansları sabittir.
- 3- Tam bir kıyıcı periyodu süresince motor hızı sbt.'tir.

Kıyıcının kesim süresi esnasında,

$$(L_a + L_f) (di_a/dt) + i_a(R_a + R_f) + v_a = 0 \quad (3.24)$$

$$V_o = \frac{1}{T} \int_0^{T_{on}} [(L_a + L_f) (di_a/dt) + i_a(R_a + R_f) + v_a] dt$$

$$v_a = K_v \cdot \phi = f(i_a) \cdot n \quad \text{ve} \quad T = T_{on} + T_{off}$$

$$V_o = \frac{1}{T} \int_0^{T_{on}} \left[(L_a + L_f) \left(\frac{di_a}{dt} \right) + i_a (R_a + R_f) + K_v \cdot n \cdot i_a \right] dt$$

K_v = Motorun emk sabiti, n = motor hızı, I_a = ortalama akım değeri

Buradan, $V_o = I_a (R_a + R_f) + V_a$

$$R_A = R_a + R_f$$

$$V_o = V_a + I_a \cdot R_A$$

(3.25)

Kararlı çalışma halinde ortalama moment,

$$M_{ort} = \phi \cdot I_a \cdot K_t$$

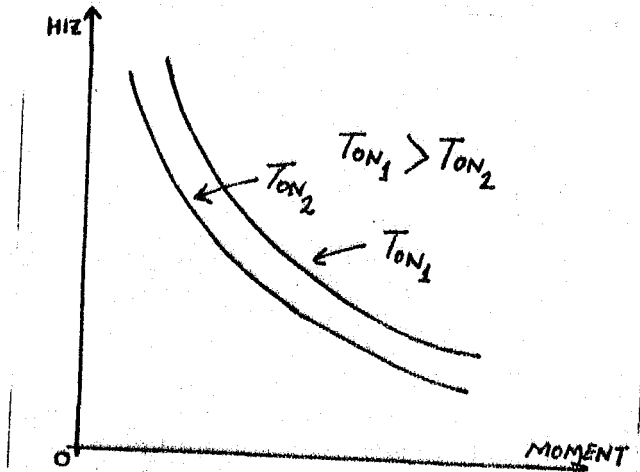
$$\phi = f(I_a)$$

$$M_{ort} = K_t \cdot I_a^2 \approx I_a^2, \quad K_t = \text{Motorun moment sabiti}$$

$$(V_o = V_s \cdot f \cdot T_{on})$$

Böylece, T_{on} değişimi ile Hız, f değişimi ile moment kontrol edilebilmektedir. (Dalga genişlik mod. ve frekans modülasyonu)

Farklı T_{on} değerleri için seri motor Hız-Moment krk.'leri Şk.3.9 da görülebilir.



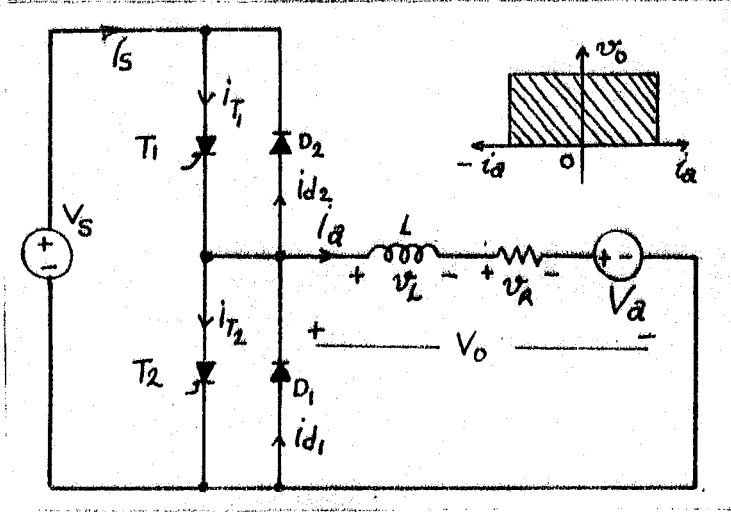
Şk.3.9 Dalga genişlik modülasyonu ile elde edilen Hız-Moment krk.'leri

3.3.2.1.2. Filitreleme

Kaynak, bir d.a şebekesi ise darbeli akımlar şebe_ keye zarar verecektir. Bu nedenle L-C filitreleri kullanılır. Darbeli akım böylece L-C elemanlarından sağlanır ve şebeke korunur. (13)

3.3,2,2. B tipi kıyıcı:

B tipi kıyıcıda i_a pozitif yada negatif olabilir fakat V_0 sadece pozitif olmaktadır. B tipi kıyıcılar regenarasyon yetenekli yük devreleri ile kullanılabilir. Bu şekilde enerjinin kaynağa geri dönme imkanı sağlanmış olmaktadır.



Şk.3.10 Regenarasyon yetenekli d.a kıyıcı

Pozitif çıkış akımı için T_1 ve D_1 kontrol edilir, çalışması ise şk.3.5 teki diod ve tristörünkine benzer.

Negatif çıkış akımı ile çalışma içinde T_2 ve D_2 kullanılır.

T_1 kesimde iken $V_a > 0$ ve T_2 ilettime geçer ise negatif bir

i_a akımı akar ve enerji endüviden L endüktansı içine depolanır.

T_2 , v_L 'nin değişen yönünün sonucu olarak kesime döner ve akım

D_2 diodu üzerinden V_s kaynağına gönderilir. Böylece bu yolla

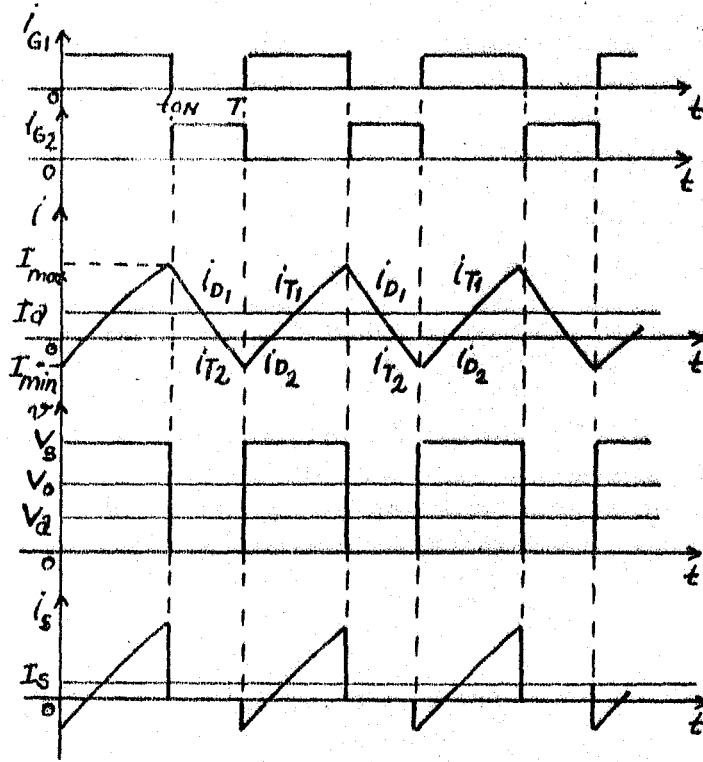
L 'de depolanan enerji, V_s kaynağına geri döner (regenarasyon).

B tipi kıyıcıda her durumda kesik akımlı çalışma mümkün değildir. Şk.3.11, B tipi kıyıcının çalışmasını göstermektedir.

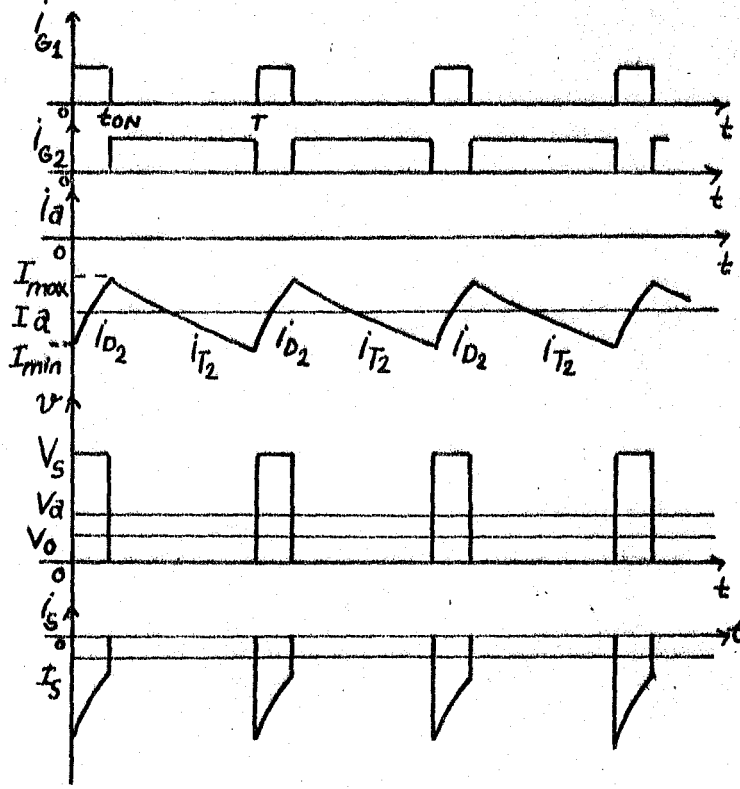
Kesik akımlı çalışmanın mümkün olmaması B tipi kıyıcının önemli bir özelliğidir. Bu özellik B tipi kıyıcıyı, A tipi kıyıcı

dan ayırır. Eğer değişkenler, $I_{min} \geq 0$ gibi ise o zaman

A tipi işlem gerekir. $I_{\max} > 0$ ve $I_{\min} < 0$, $I_a > 0$ olarak oluşuyorsa 1. bölge işlemi, $I_a < 0$ ise 2. bölge işlemi gerekir. Eğer $I_{\min}$ değerinin yanısıra $I_{\max} < 0$ ise T_1 ve D_1 , 2. bölge çalışmada iletim yapmaz.



Şk.3.11a B tipi kıyıcının 1. bölge çalışması



Şk.3.11b B tipi kıyıcının 2. bölge çalışması
(Regenarasyon)

A tipi kıyıcının sürekli akım çalışması için analizi, B tipi kıyıcı devresine doğrudan uygulanabilir.⁽⁵⁾ Böylece,

$$i_a = \frac{V_s - V_a}{R} (1 - e^{-t/\tau}) + I_{\min} \cdot e^{-t/\tau}; \quad 0 \leq t < t_{\text{on}}$$

$$i_a = -\frac{V_a}{R} (1 - e^{-t'/\tau}) + I_{\max} \cdot e^{-t'/\tau}; \quad t_{\text{on}} < t \leq T$$

ve $t' = t - t_{\text{on}}$

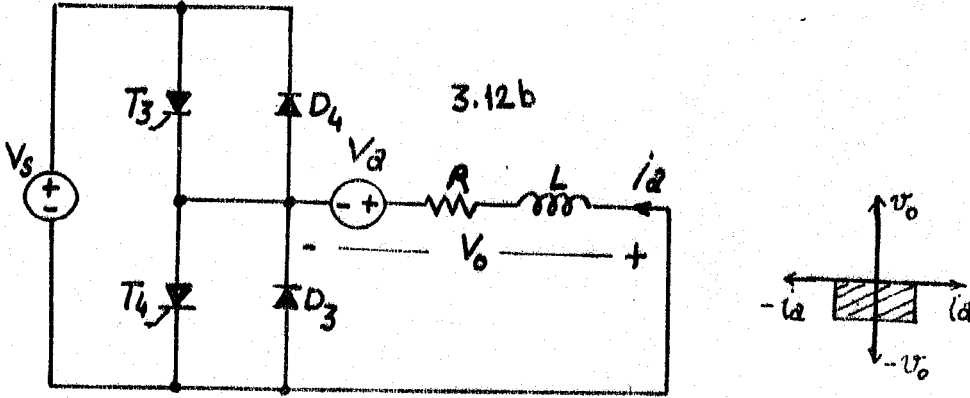
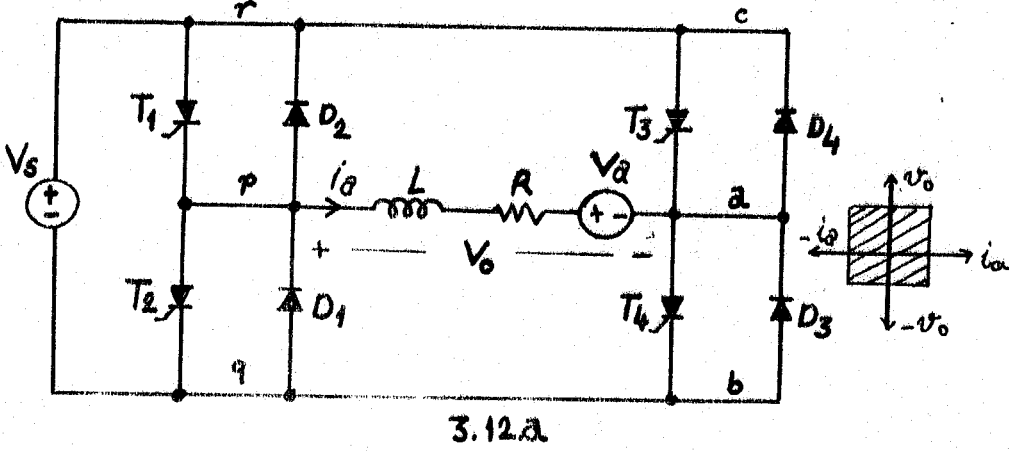
denklemlerinden, son şartlar yerine konarak,

$$I_{\max} = \frac{V_s}{R} \left(\frac{1 - e^{-t_{\text{on}}/\tau}}{1 - e^{-T/\tau}} \right) - \frac{V_a}{R} \quad (3.26)$$

$$I_{\min} = \frac{V_s}{R} \left(\frac{e^{t_{\text{on}}/\tau} - 1}{e^{T/\tau} - 1} \right) - \frac{V_a}{R} \quad (3.27)$$

denklemleri elde edilir.(5)

3.3.2.3. 4 Bölge d.a kıyıcı:



Şk. 3.12 4 Bölge d.a kıyıcı

Şk.3.12'deki devrede ayrı ayrı yada beraberce, v_o ve i_a pozitif yada negatif olabilmektedir. Bu tip kıyıcı çift rege _ narasyona ve kaynak geriliminin yüke ters çevrilmesine haizdir. Eğer devre, v_o ve i_a 'nın işaretleri aynı anda periodik bir şekilde değiştirilecek biçimde denetlenirse, bu durumda kıyıcı, kare dalga çıkışlı bir a.a sistemi olarak (Tek fazlı köprü evirici) çalışacaktır.

Genel olarak 4 bölge kıyıcıda (1-2) bölgeler ile (3-4) bölgelerdeki çalışmalarda, regenarasyon için endüvi uçlarının

değişmesi gerekmez, ancak (1-4) ve (2-3) bölgelerdeki çalışmalar sırasında regenerasyon için endüvi uçlarının değiştirilmesi gerekir. (şk.3.10 ve 3.13a)

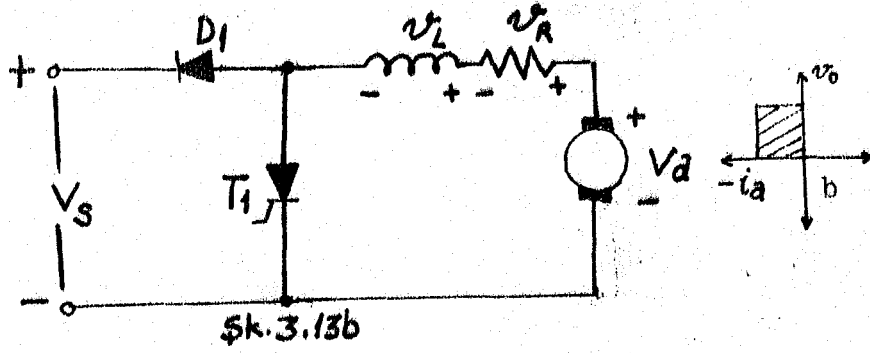
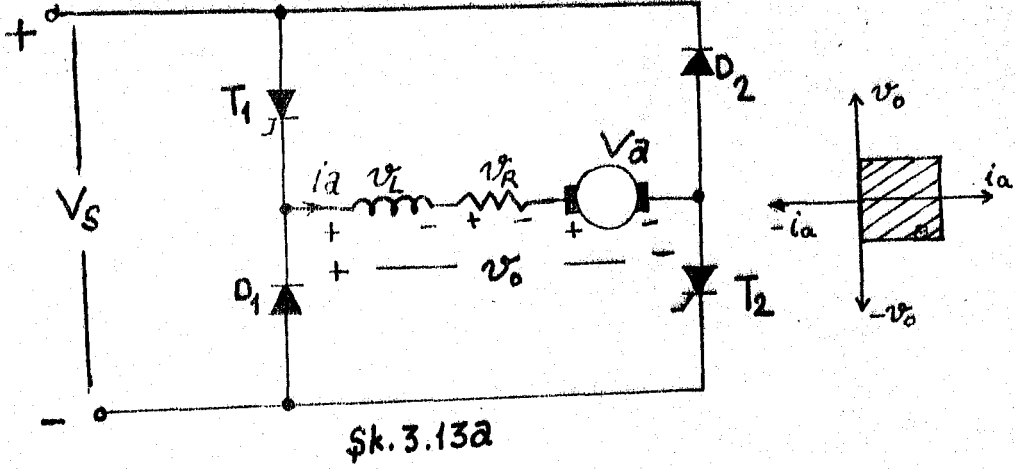
v_o ve i_a nın 4 bölge çalışmasının herhangi bir durumu için d.a kıyıcı güç devresi şk.3.12a da görülmektedir.

T_4 sürekli iletimde ise o zaman, T_4 ve D_3 çifti paralel olmazlar ve a,b düğüm noktalarından kısa devre oluştururlar. Buradan açıkça görülürki T_3 bu durumda (V_s kaynağından kısa dolaşım olacağı için) ilettime geçememektedir. Bu nedenle T_3, D_4 çiftinin devreside paralel olmaz, çünkü a,c noktaları arasında açık devre oluşmuştur.

Geriye kalan devre şimdi v_o 'ın pozitif değerleri ile 1. ve 2. bölge B tipi kıyıcı olarak çalışma şeklidir. Şk.12a'daki T_2 tristörü sürekli iletimde ise, o zaman, T_2 ve D_1 , p-q noktalarında kısa devredir ve T_1 ilettime geçememektedir. Bu yüzden T_1 ve D_2 , p,r noktaları arasında açık devre oluşturur. Devrenin geri kalanı şk.3.12b'de ki gibi olur. Bu durumda negatif v_o değeri ile 3.,4. bölgelerde B tipi kıyıcı çalışması yapılmaktadır. A ve B tipi kıyıcı devreleri için tanımlanan komütasyon yöntemleri bu devreyede uygulanabilir. Aygıtların belirlenmesi, devre tasarımı benzer tarzda olur.

Şk.3.12a'da eğer T_4 sürekli olarak iletimde ve T_3 tristörü de kesimde tutulacak olursa, devre B tipi kıyıcıya benzeyecek ve T_1 ile T_2 'nin tetiklenmesi ile pozitif v_o değerleri için pozitif yada negatif i_a değerleri elde edilebilecektir. Buna karşılık T_2 sürekli iletimde, T_1 kesimde tutulursa T_3 ve T_4 'ün tetiklenmesi negatif v_o değerleri için, pozitif yada negatif i_a değerlerinin elde edilmesine imkan verecektir. (5)

3.3.2.4. D.A Kıyıcıların diğer tipleri ve çalışma bölgeleri:



Şk.13 a-1.ve 4. bölgelerde çalışan d.a kıyıcı
b- Sadece 2.bölgede çalışan d.a kıyıcı

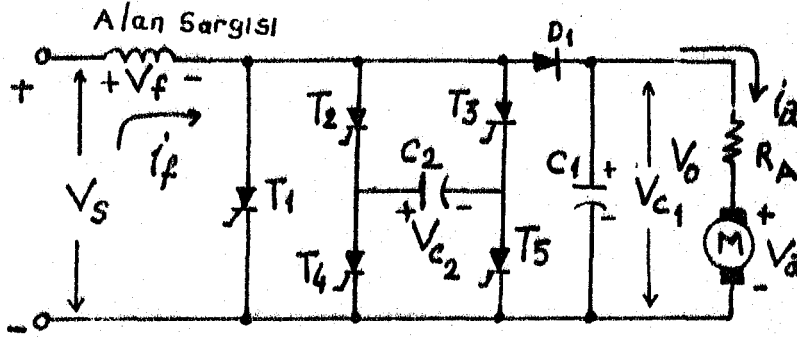
Şk.13b'de gösterilen tür kıyıcı sadece faydalı frenlemede kullanılabilir. Bazı tip uygulamalarda regenarasyon enerjisinin denetlenmesi amacıyla yalnızca bu tür kıyıcı kullanılmaktadır. Ortalama çıkış geriliminin, V_a olması için tristörün tıkamada diodun iletimde, sıfır olması içinde tristörün iletimde olması gerekir.

Şk.13a'da ise 1.ve 4. bölgede çalışabilen tür bir kıyıcı devresi görülmektedir. T_1 ve T_2 iletimde iken v_o, V_s 'ye eşit olacaktır. T_1, T_2 kesimde ve D_1, D_2 iletimde iken ise negatif bir v_o çıkış gerilimi elde edilir. T_1, T_2 tristörlerinin iletimde kalma sürelerinin, kesimde kalma sürelerine (t_{on}/t_{off})

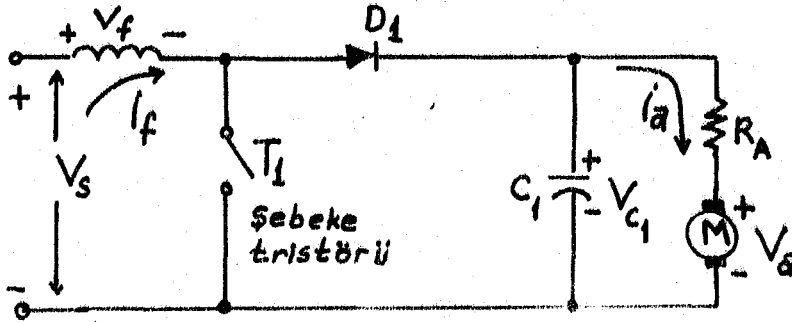
oranının değiştirilmesi ile motora uygulanan gerilim, pozitif ve negatif bir ortalama değerde oluşturulabilir. Şk.13a'daki devrede faydalı frenleme için endüvi uçlarının değiştirilmesi gerekir.

3.3.3. Gerilim yükseltici kıyıcı:

3.3.3.1. Gerilim yükseltici kıyıcı devresi:



Şk.3.14 G.Y Kıyıcı güç devresi



Şk.3.15 G.Y kıyıcının eşdeğer devresi

t_{on} : T_1 tristörünün iletim süresi

t_{off} : T_1 " " kesim süresi

T_1 : Şebeke(kaynak) tristörü

$T_{2,3,4,5}$: Komütasyon tristörleri

C_2 : Komütasyon kondansatörü

C_1 : Filtre kondansatörü

V_{c1} : Endüvi devresine uygulanan gerilim

3.3.3.2. Gerilim yükseltici kıyıcının analizi:

Gerçekte T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 ve C_2 anahtar gibi beraber çalışırlar. Ancak devre sadeliği açısından bu durum şık.3.15'te gösterilmemiştir. Şık.3.15'te T_1 anahtarı kapandığı zaman V_S , alan sargısını etkiler, i_f doğrusal bir şekilde oluşur. Anahtar açıldığı zaman ise akım D_1 diodu üzerinden, C_1 kondansatöründen ve yük'ten akar. D_1 diodu çıkış geriliminin V_S 'den daha yüksek olmasını sağlayacaktır. Devre sabit duruma ulaştığında endüktans üzerindeki gerilim sıfırdır ve ilişki 3.28, 3.29 denklemlerinden doğru olarak elde edilebilir. (6)

$$\frac{V_S \cdot t_{on}}{t_{on} + t_{off}} + \frac{(V_S + V_f - V_{c1}) t_{off}}{t_{on} + t_{off}} = 0$$

ve $V_f = 0$ olduğundan,

$$\frac{V_S \cdot t_{on}}{t_{on} + t_{off}} + \frac{(V_S - V_{c1}) t_{off}}{t_{on} + t_{off}} = 0 \quad (3.28)$$

3.28 denkleminde,

$$V_{c1} = (V_0) = V_S (t_{on} + t_{off}) / t_{off} \quad (3.29)$$

İlişkisi elde edilir. Aynı bağıntı, t_{on} süresince L endüktansı tarafından depolanan enerji ile, t_{off} süresince C_1 kondansatörüne aktarılan enerjinin eşitliğinden elde edilebilir,

t_{on} süresince depolanan enerji, $W_1 = V_S \cdot i_f \cdot t_{on}$

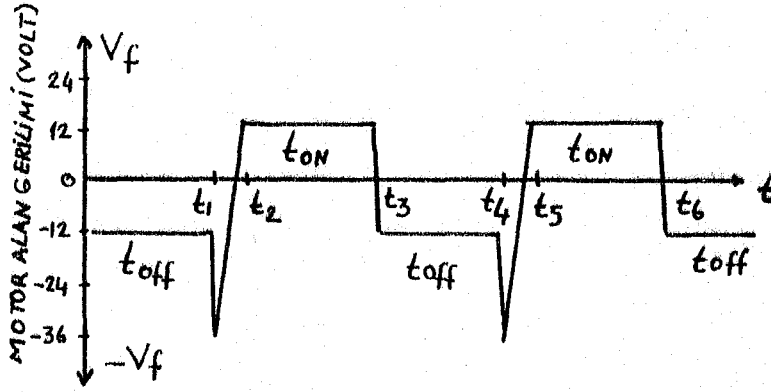
t_{off} " " aktarılan " $W_0 = (V_0 - V_S) \cdot i_f \cdot t_{off}$

Bu iki enerjinin eşitlenmesinden, 3.29 denklemi diğer bir yoldan elde edilmiş olur. (4) Eğer triistörün iletim ve kesim süreleri eşit alınırsa, $V_0 = 2 V_S$ olacaktır.

Gerilim yükseltici d.a kıyıcıda çalışma,işgörme dönemi,
 $t_{on}/(t_{on} + t_{off})$ oranı ile tanımlanmaktadır.(6)

3.29 denklemi g.y kıyıcının yükseltici özelliğini gösterir. Eğer t_{on} , t_{off} ' a göre küçükse V_{c1} , V_s 'ye yakın olacaktır. t_{on} , t_{off} 'a göre büyütülürse V_{c1} gerilimi büyür.

D.A motorun alan sargısı üzerindeki gerilim değişimi şk.3.16' dan görülebilir, burada ortalama V_f değerinin "SIFIR" olmasına dikkat edilmelidir.



Şk.3.16 G.Y'ci d.a kıyıcının güç devresindeki motor alan'ı üzerindeki gerilim değişimi

Başlangıçta devrenin sabit durumda olduğu,bütün tristörlerin kesimde olduğu ve C_2 üzerindeki V_{c2} geriliminin, V_{c1} 'e eşit olduğu kabul edilir.

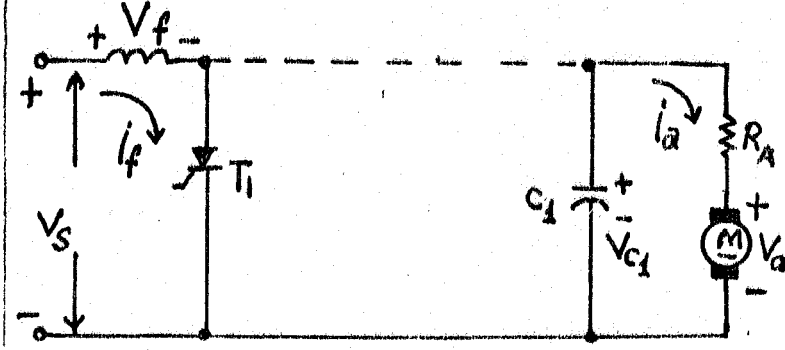
$T_1, t_1 > t > t_0$ şartlarında tetiklenir. T_1 tetiklendiği zaman D_1 ters gerilim etkisine girer,alan sargısı üzerinde V_s gerilimi oluşur(şk.3.16 ve 3.17).ve akım lineer olarak gelişir.

$t_3 > t > t_1$ şartlarında T_3 ve T_4 tetiklenirki bu tristörler komütasyon tristörüdürler. Onlar tetiklendiğinde C_2 kondansatörü, T_1 ' e paralel olur(t_1, t_2 arasında) ve T_1 kesime döner.

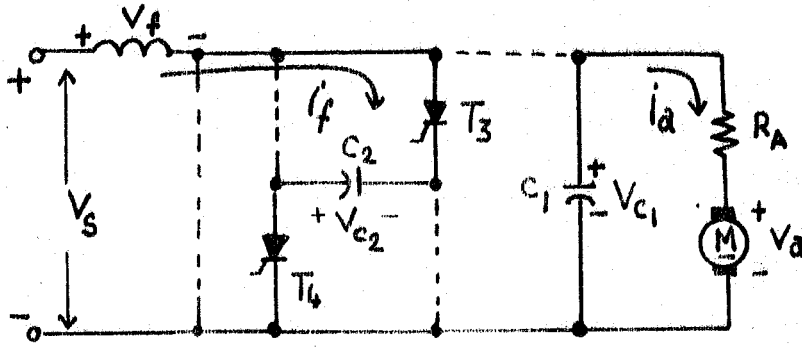
Şimdi i_f akımı T_3 , C_2 ve T_4 üzerinden akacaktır(Şk.3.18.şk)

- ancak C_2 daha önce deşarj olacaktır.- Bu akım C_2 'üzerinde gerilim oluşturur ve t_2 anında gerilim V_{c2} değerine ulaşır.

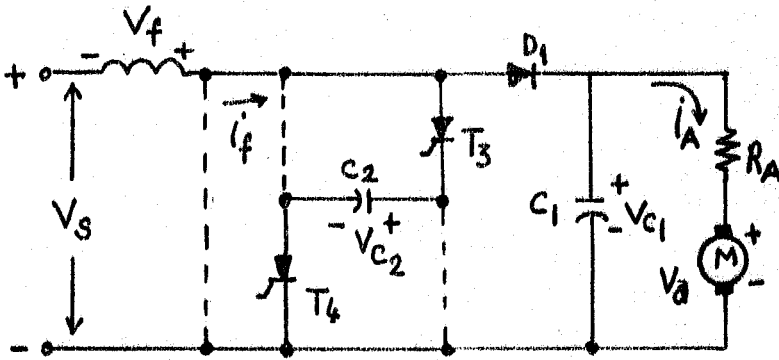
Bu anda $V_{c2} = V_{c1}$ 'dir ve D_1 diodu tekrar ilettime geçer.(Şk.3.19)



Şk.3.17 G.Y kılıcı, T_1 iletimde



Şk.3.18 G.Y kılıcı, T_3 ve T_4 iletimde

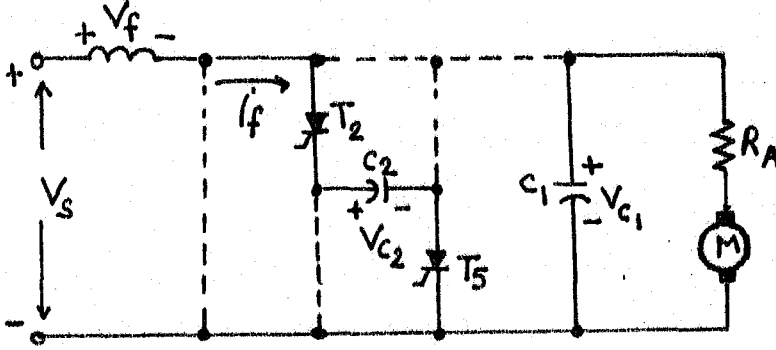


Şk.3.19 G.Y kılıcı T_3 , T_4 ve D_1 iletimde

$t_4 > t > t_3$ şartlarında T_1 tetiklenir ve T_1 'den kapı akımı geçtiği anda T_3 ve T_4 kesime dönerler. Böylece devre tekrar Şk.3.18'e benzeyecektir.

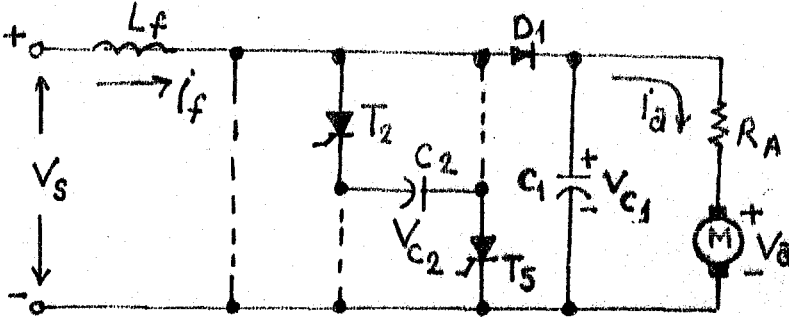
$t_6 > t > t_4$ şartlarında T_2 ve T_5 tetiklenir ve onlar diğer tristör çifti gibi komütasyon yapar(T_3 ve T_4 ilettime geçtiklerinde V_{c2} ters çevrilecektir.)

T_2 ve T_5 tetiklendikleri zaman polarite, T_1 için tekrar ters yöndedir ve i_f akımı C_2 kondansatörüne akacaktır(şk.3.20).



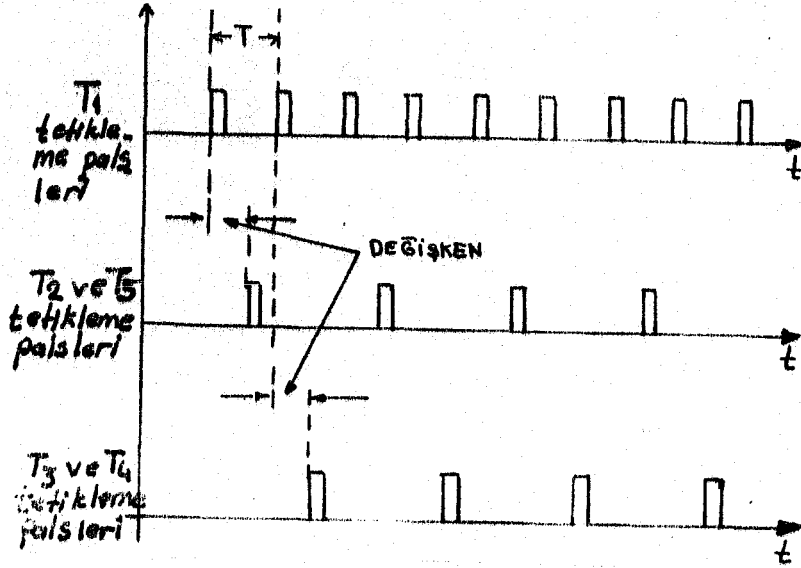
Şk.3.20 G.Y kılıcı T_2 ve T_5 iletimde

V_{c2} tekrar ters döndüğü ve V_{c1} oluştuğu zaman ($t = t_5$), D_1 diodu ilettime geçecektir, iletimdedir. Bu noktadan sonra dönem tekrar başlar.

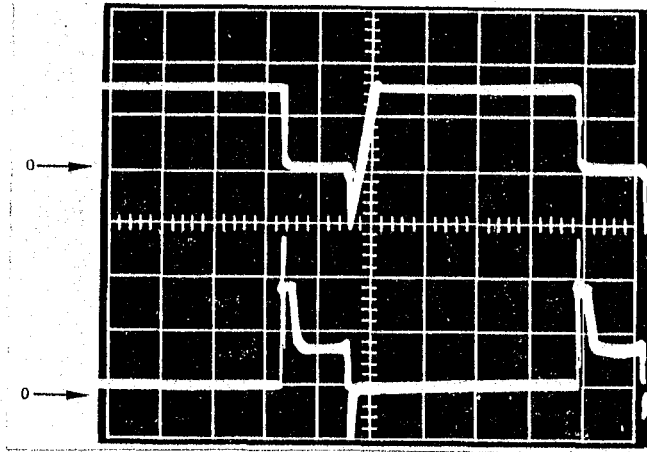


Şk.3.21 G.Y kılıcı T_2 , T_5 ve D_1 iletimde

Şk.3.22' de T_1, T_2, T_3, T_4 ve T_5 tristörlerine uygulanan kapı devresi pals'leri arasındaki zamanlama gösterilmiştir. T_1 tristörü üzerinde beliren gerilimin dalga şekilleri- T_1 'in tetikleme pals'leri boyunca- şk.3.23 ve 3.24'te görülmektedir. T_1 tetiklenince üzerindeki gerilim sıfıra düşer ve alan içinde akım gelişir, yükselir.



Şk. 3.22 G.Y kıyıcı-tetikleme pulsleri zamanlaması



Şk.3.23 G.Y kıyıcı- T_1 anod ve gate gerilimi dalga şekilleri

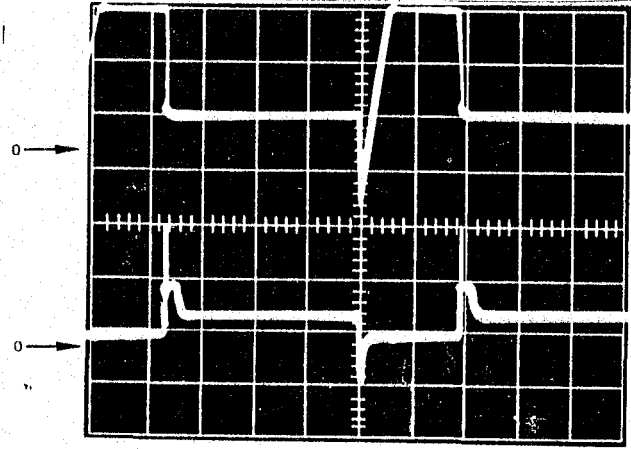
üst görüntü: T_1 gerilimi, 10 V/div

alt görüntü: T_1 ' in gate-katod gerilimi, 1V/div

zaman bazı : 0,1 ms/div

$ü_v$: 3/4

($ü_v$, gerilim yükseltme oranı)



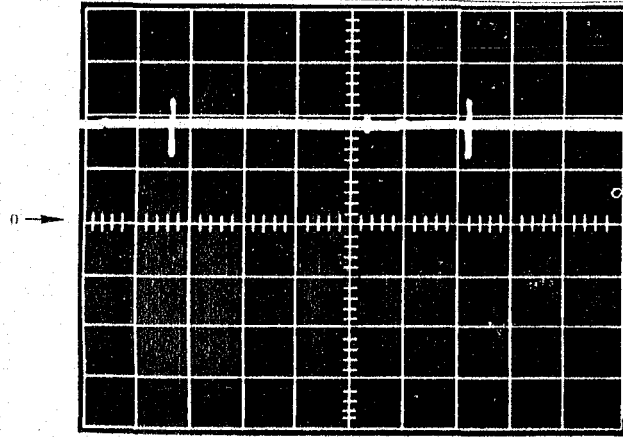
Şk.3.24 G.Y kıyıcı - T_1 anod ve gate gerilimi dalga şekilleri

üst görüntü : T_1 gerilimi, 20 V/div

alt görüntü : T_1 'in gate-katod gerilimi, 2V/div

zaman bazı : 0,1 ms/div

$\frac{u}{v}$: 1/3



Şk.3.25 G.Y kıyıcı - Endüvi gerilimi(V_o) dalga şekli

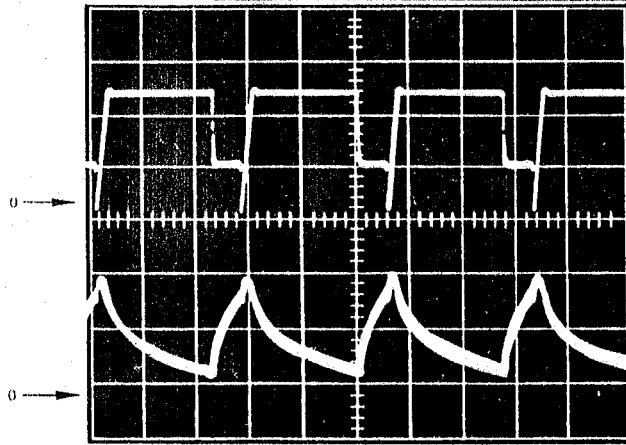
20V/div - 0,1 ms/div

Komütasyon tristör çifti tetiklendiğinde, komütasyon kondansatörü üzerinde hemen negatif gerilim belirir ve bu gerilim yükselişi, filtre kondansatörü üzerindeki çıkış gerilimine oranla oldukça lineerdir. Dalga şekli şk.3.16 da görülen

ideal dalga şekline çok benzer. Şk.3.23 te $u_v = 3/4$ için olması gereken değer 16V'tur, ölçülen değer ise 15V olmuştur. Şk.3.24 için $u_v = 1/3$ alınmış ve ölçülen çıkış gerilimi 40V olmuştur.⁽⁶⁾ Teorik olarak olması gereken değer ise 36V'tur. Motorun endüvi gerilimi şk.3.25 ten görüldüğü gibi gerçekten her yönüyle düzgün ve pürüzsüzdür. Tristörün gate-katod ve giriş akımı dalga şekilleri şk.3.26 ve 3.27 de görülmektedir. T_1 tetiklendiğinde akım çabucak genişerek yükselir ve bu noktada komütasyon tristör çiftleri tetiklenir. Bu durumda komütasyon kondansatörü üzerindeki gerilim ters çevrilip, 12V değerine eşit oluncaya kadar, akım keskin, sivri bir şekilde artar ve t_{off} süresi esnasında - akım- filitre kondansatörünü ve motor endüvisini beslediği için çöker.

Şk.3.26 da minumum çıkış gerilimi 15V'tur. Akım değişimi ise 1 amperden, 9 ampere kadardır. Şk.3.27 de ise 50 V'luk çıkış gerilimi için, 20 A'den 50 A'e kadar olan değişim görülmektedir.⁽⁶⁾ Motor endüvisine sağlanan akım ise çok düzgündür.

(şk.3.28)



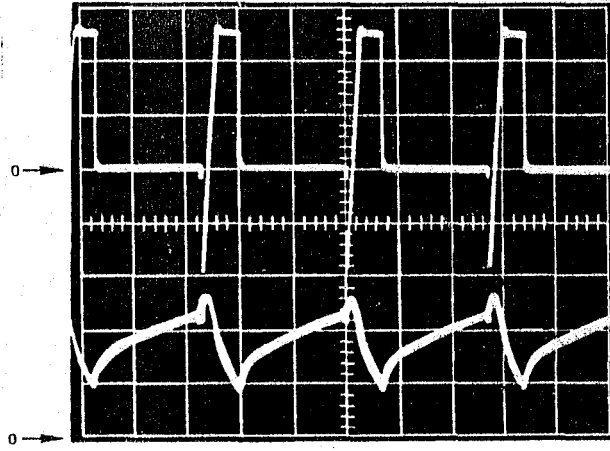
Şk.3.26 G.Y kıyıcı - T_1 gate - katod akımı dalga şekli

üst görüntü : T_1 gerilimi, 10 V/div

alt görüntü : T_1 , gate - katod akımı, 5 A/div

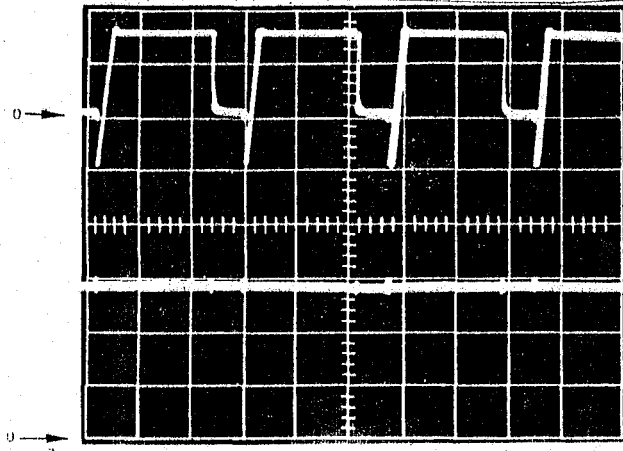
zaman bazı : 0,2 ms/div

V_s : 15 V



Şk.3.27 G.Y kıyıcı - Giriş akımı dalga şekli
 üst görüntü : T_1 gerilimi, 20 V/div
 alt görüntü : Giriş akımı, 20 A/div
 zaman bazı : 0,2 ms/div

V_s : 50 V



Şk.3.28 G.Y kıyıcı - Endüvi akımı dalga şekli
 üst görüntü : T_1 gerilimi, 10 V/div
 alt görüntü : Endüvi akımı, 2 A/div
 zaman bazı : 0,2 ms/div

3.3.3.3. Gerilim Yükseltici Kırılcılı seri motor moment-hız karakteristikleri:

Şk.3.14 devresi için hız eğrileri şk.3.29'da gösterilmiştir. Bu eğriler 3.30 denkleminde çıkartılmışlardır.

3.30 denklemi motor momenti içindir ve bu denklem d.a motor çalışması için güvenilir, ilerlemiş yöntemler kullanılarak temel denklemler'den çıkartılabilir. (6)

Geliştirilmiş, seri motor kontrolünde elde edilen hız-moment krk.'leri incelendiğinde bu krk.'lerin, klasik seri motor ko kontrolü ile elde edilen hız-moment krk.'lerine benzediği görülür. (6)

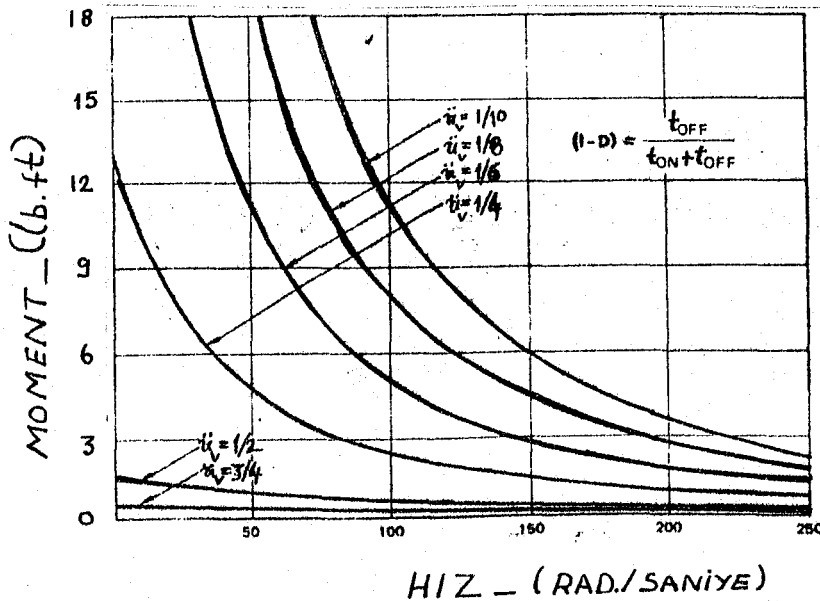
$$M = \frac{K_t}{1-D} \frac{V_s^2}{(1-D)^2 \cdot (R_A)^2 + 2(1-D)K_v \cdot R_A \cdot \omega + K_v^2 \cdot \omega^2} \quad \dots\dots 3.30$$

$$(1-D) : \text{Kesim süresi oranı, } = \frac{t_{\text{off}}}{t_{\text{on}} + t_{\text{off}}}$$

K_t, K_v : Moment ve emk sabitleri

ω : Açısal hız, rd/s

R_A : Endüvi devresi toplam direnci



Şk.3.29 G.Y kıyııcı ile elde edilen seri motor M-n krk.'leri

3.3.3.4. G.Y Kıyıcılarla seri motor tahriğinin sonuçları:

Oldukça yeni olan, geliştirilmiş d.a seri motor kontrolünün sahip olduğu moment-hız krk.'leri, aslında klasik seri motor kontrolüyle elde edilen krk.'lere benzemektedir. Devrenin asıl avantajı, kaynak gerilimi düşük olsa bile motorun endüvi gerilimi değerinin makul surette ayarlanmasının mümkün olmasıdır. (6)

12 V'luk d.a kaynak gerilimi ile 100 V'luk endüvi gerilimi elde edilebilmektedir. Motor hızı ve akımının 10:1 oranında kontrol sahası- geniş bir yük momentli sahası için - mümkündür.

Bununla beraber düşük hızda akımın minimum değeri motorun yapısından dolayı sınırlanır ve bu değer T_1 tristörünün minimum iletim süresi ile belirlenir. En az 10:1'lik yükseltme oranı ile saptanan motor yükünün yüzde bir kaçına yada tam değeri ne kolaylıkla ulaşılır. 12 V'luk bir d.a kaynakla devre verimi hemen hemen %70'le sınırlanır. Aynı zamanda motor endüvisi ne 10 A'lik akım verebilmek için - 10:1'lik yükseltme oranında - hemen hemen 100 A'lik d.a kaynak akımına ihtiyaç vardır.

Bu nedenle 12 V'luk d.a kaynak ile tahminen 10hp ve daha küçük motorların kontrolü çok uygun olmaktadır. (6)

T_1 üzerindeki di/dt zorlaması oldukça yüksek olabilmektedir ve T_1, D_1 ve C_1 elemanları tarafından sınırlandırılır.

T_1 üzerindeki gerilimin değişim hızı dv/dt ise komütasyon kondansatörü C_2 'nin şarj değeri tarafından sınırlandırılmaktadır.

3.3.4. D.A Kıyıcılarda Komütasyon Yöntemleri

Uygulamada kullanılan kıyıcı devreleri içinde yük komütasyonu ve komütasyon zorlaması kullanılmaktadır. Bunlardan komütasyon zorlaması çok yaygındır.

Komütasyon zorlamasında kendi içinde gerilim komütasyonu ve akım komütasyonu olmak üzere ayrılır.⁽⁵⁾

D.A kıyıcılarda genel olarak kullanılan zorlamalı komütasyon yöntemleri şunlardır:⁽¹²⁾

3.3.4.1. Zorlamalı Komütasyon Yöntemleri:

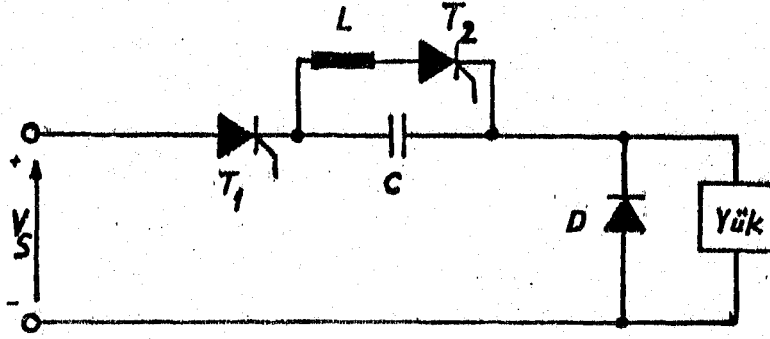
Eviricilerde ve d.a kıyıcılarda iletimde olan bir tris_törün kesime döndürülebilmesi için yardımcı elemanlar kullanı_larak, bir zorlamalı aktarımın(komütasyonun) gerçekleştirilme_si gerekmektedir. D.A kıyıcılarında kullanılan zorlamalı komü_tasyon yöntemleri 4 grupta toplanabilir. Bunlar;

- 1- Seri kapasitör komütasyonu
- 2- Paralel kapasitör komütasyonu
- 3- Tristöre paralel, seri L-C komütasyonu
- 4- Dıştan ters yönde gerilim uygulayarak komütasyon

Genel olarak başarılı bir komütasyonun gerçekleşmesi için;

- 1- Tristör akımı sıfıra düşürülmelidir.
- 2- Tristör en az susma zamanı kadar bir süre için kesim yönünde kutuplanmalıdır.
- 3- Tristör iletim yönünde tekrar kutuplanırken, dv/dt kritik değeri geçilmemelidir.
- 4- Endüktif yük durumlarında, çöken manyetik alandan devreye geri verilen enerji, başka bir yola aktarılmalıdır.(örneğin, serbest do-laşım diodu ile)

3.3.4.1.1. Seri kapasitör komütasyonu:



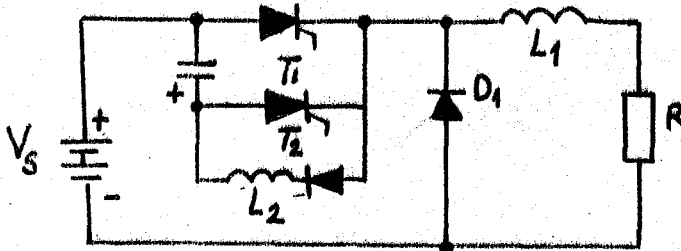
Şk.3.30 Seri kapasitör komütasyonu

Kaynak tristörü, T_1 tetiklendiği zaman tristör üzerinden geçen akım C kondansatörünü şarj eder. Yükle, C kondansatörü ile bir rezonant devre oluşturduğu varsayılırsa, kondansatör uçları arasında V_S 'den biraz daha büyük ters yönde bir gerilim oluşur ve T_1 kesime döner. Yükle yeniden akım verilebilmesi için önce kondansatörün boşaltılması gerekir. Bu da T_2 ve akım sınırlayıcı L elemanı tarafından sağlanır.

Bu tür komütasyonla çalışan kıyıcılarda yük rezonant devrenin bir parçasını oluşturur ve yük empedansındaki herhangi bir değişim komütasyon devresinin etkinliğini azaltacaktır. Dene-tim alanında oldukça dardır. Kıyıcı devrelerinde fazla tercih edilmezler.

3.3.4.1.2. Paralel kapasitör komütasyonu:

Bu tür komütasyona örnek olarak Şk.3.31 de bir d.a kıyıcısı gösterilmiştir.



Şk.3.31 Paralel kapasitör komütasyonu

Bu devrede T_1 tristörünün iletimde, T_2 'nin kesimde olduğunu ve C kondansatörünün gösterilen şekilde şarjlı olduğunu kabul edelim. T_1 tristörünü kesime sokabilmek için T_2 tetiklenir. T_1 in uçlarına ters yönde bir gerilim uygulanacağından, T_1 kesime geçer ve yük akımı, d.a kaynağı, C, T_2 ve yük üzerinden akar. Kondansatör üzerindeki gerilim, V_s 'ye eşit olunca kapasitör akımı sıfır olur ve D_1 iletim yönünde kutuplanmış olacağından yük akımı D_1 üzerinden akmaya başlar. Ayrıca T_2 bu doğal aktarımla kesime geçer. Daha sonraki bir anda T_1 tetiklendiği zaman, C üzerindeki yük, T_1 , D_2 ve L_2 üzerinden boşalır ve rezonant devrenin özelliğinden dolayı kapasitör gösterilen durumda yeniden yüklenir ve bir dahaki zorlamalı aktarım için hazır duruma geçer.

Bu devre tristörün iletim ve kesim sürelerinin her ikisinin de kontrolüne imkan verdiği için yaygın olarak kullanılır.

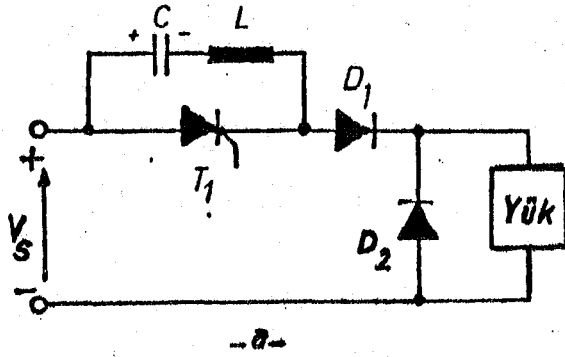
Önemli bir dezavantajı T_2 tetiklendiği zaman herhangi bir sebeble T_1 kesime döndürülemez ise C üzerindeki yük boşalır, T_2 kesime geçer ve C'yi ş.k.3.31 de görülen yönün tersi bir gerilimle imkansızlaşır. Devrenin tekrar istenilen şekilde çalışabilmesi için, devrenin kaynaktan ayrılması ve kondansatörün üst plakasının pozitif olacak şekilde yüklenmesi gerekir.

3.3.4.1.3. Tristöre paralel, seri L-C komütasyonu:

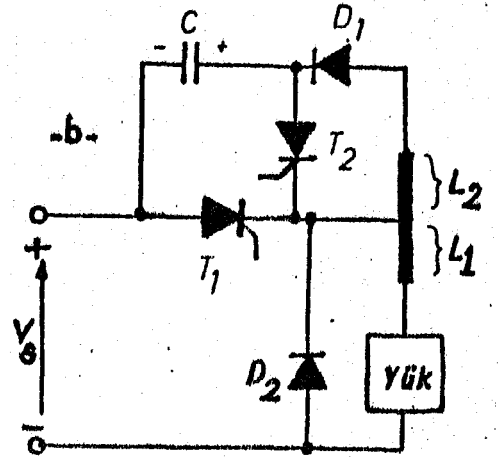
Bu tür bir komütasyonla çalışmaya örnek bir devrede ş.k. 3.32a'da gösterilmiştir. Devre kaynağa bağlandığı zaman, C, L ve yük üzerinden gösterilen yönde şarj olur. T_1 tetiklendiği zaman yük akımı tristör üzerinden akar ve aynı anda seri L-C devresi kısadevre edilmiş olur. Rezonant devre, C'nin gösterilen yönün tersinde yüklenmesini sağlar ve T_1 'e ters yönde bir gerilim uygulanmış olur. Bu sürenin sonunda C yavaş yavaş yük

üzerinden boşalmaya başlar ve yükün gerektirdiği akımı sağlar. T_1 akımında tutma akımının altına iner ve T_1 kesime geçer. C tekrar gösterilen yönde, D_1 'in etkisi ile V_S 'den biraz daha fazla bir değerle yüklendiği an yük akımı D_2 dioduna aktarılır.

Bu tür bir aktarma ile çalışan kıyıcı devrelerinde t_{off} ayarlanamaz ve $\pi/L.C$ olarak sabit kalır.⁽¹²⁾ t_{on} 'un ise yük direncine bağlı minimum bir değerin üzerinde tutulması gerekir.



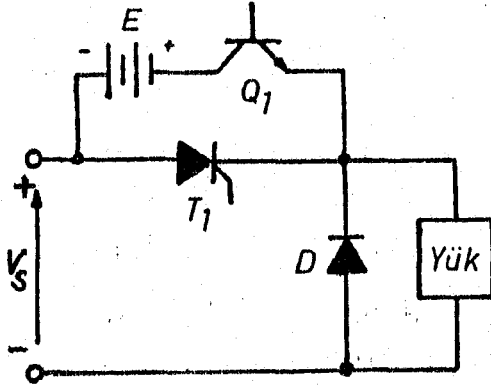
Şk.3.32a Tristöre paralel, seri L-C komütasyonu temel devresi



Şk.3.32b Jones devresi

Yükten bir akımın geçmeye başlamasından önce C'nin gösterilen yönde yüklenmiş olmasını gerektirmeyen paralel, L-C komütasyonu ilkesi ile çalışan diğer bir devrede Şk.3.32b'de gösterilmiştir. Jones kıyıcısı olarak bilinen bu devre özellikle elektrikli araçlarda yaygın olarak kullanılmaktadır.⁽¹²⁾

3.3.4.1.4. Dıştan, ters yönde gerilim darbesi ile komütasyon:

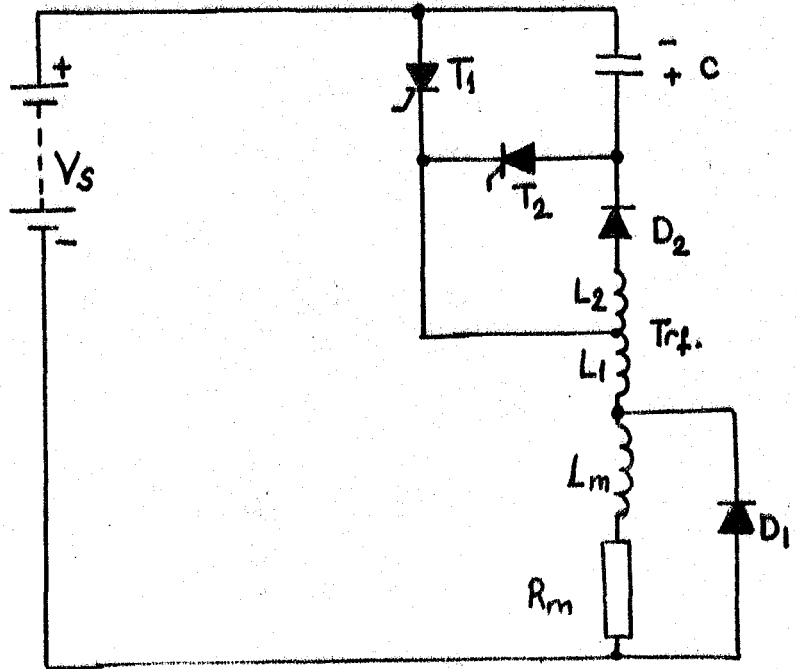


Şk.3.33 Dıştan ters gerilim darbesi ile komütasyon

Şk.3.33'teki devrede, tristörü kesime sokabilmek için bir anahtar olarak kullanılan Q_1 tranzistörünün beyz ucuna bir sinyal uygulanır ve bu takdirde tristöre ters yönde gerilim uygulanmış olacağından, T_1 kesime geçer. Q_1 'in beyz ucuna uygulanan sinyalin süresi, T_1 'in susma süresinden daha uzun olmalıdır.

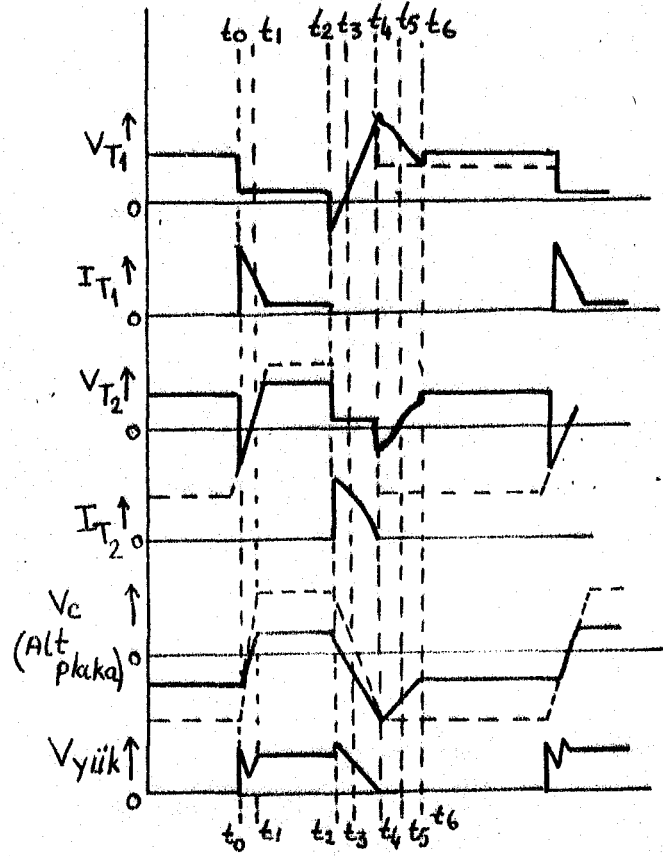
3.3.5. Jones Kılıcısı:

3.3.5.1. Jones Komütasyon Devresinin Çalışması:

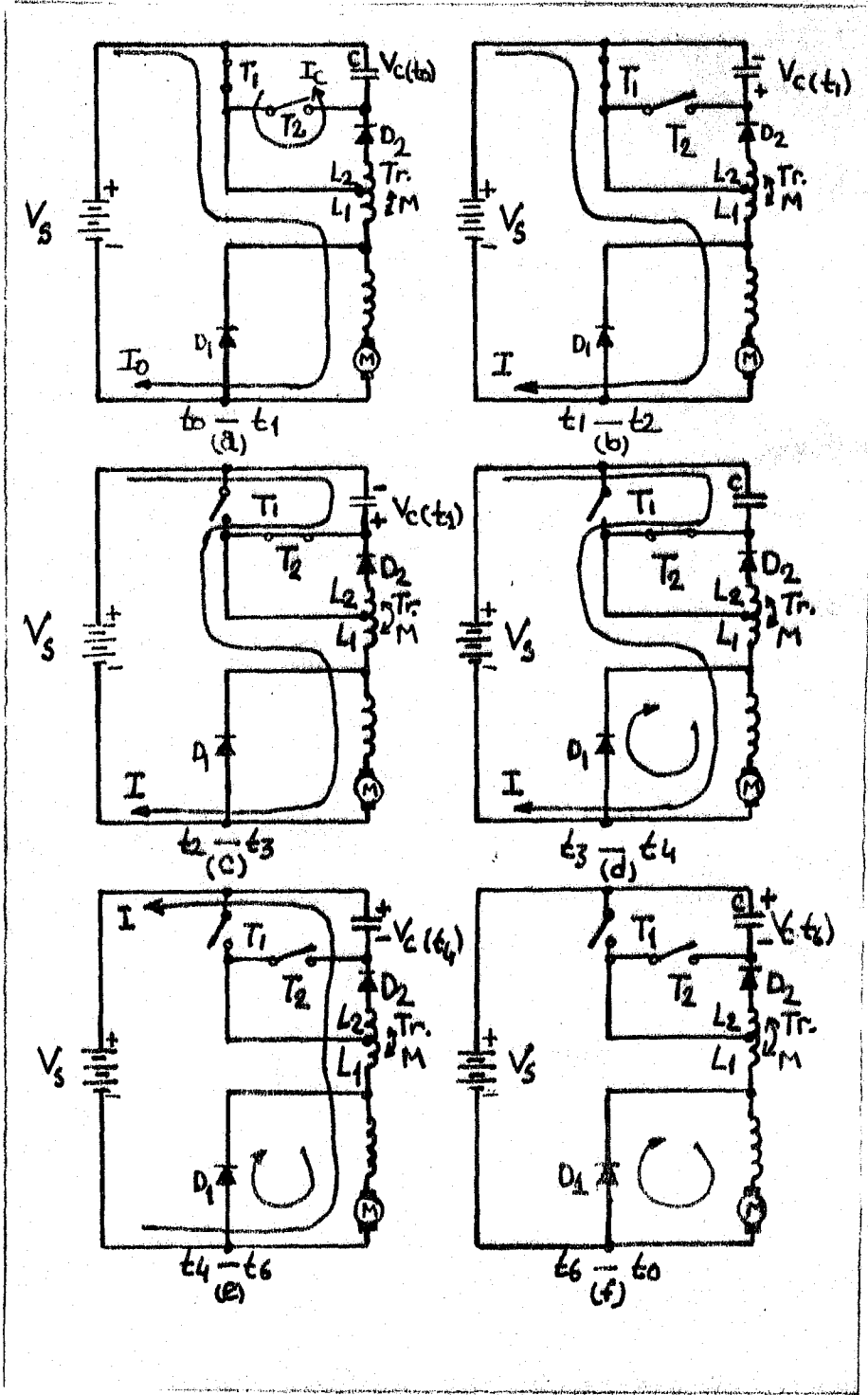


Şk.3.34 Jones Kılıcı devresi

Jones Kıyıcı devresi 6 temel safhada açıklanabilir. (8) şekillerde tristörlere karşılık olmak üzere anahtarlar gösterilmiştir ve bir tam dönemin çalışması 6 safha ile temsil edilmiştir. Jones devresinin dalga şekilleri şk.3.35'ten görülebilir. $t_0, t_1, t_2, \dots$, zamanları çalışma safhalarına tekabül etmektedirler.



Şk.3.35 Jones kıyıcı devresinin akım ve gerilim dalga şekilleri (D_2 diodu yerine T_3 tristörü kullanıldığı durum için değişim, kesik çizgi ile gösterilmiştir.)



Şk.3.36 Jones Kılıcısı çalışma evreleri

Dönem t_0 anında T_1 'in tetiklenmesiyle başlar ve C kapasitörünün alt plakası tetiklenmeyle birlikte pozitif olarak şarj olmaya başlar(şk.3.36a). İlk gerilim miktarı $V_c(t_0)$ 'dır. Bu şarj gerilimi genel olarak gösterilmemiştir çünkü şarj geriliminin değeri başlangıç durumu için ve sonraki çalışma durumu için farklı olacaktır. Gerilimin tepe değeri, C'nin t_1 durumundaki şajında elde edilir($V_c(t_1)$). t_1 anında C'nin alt plakası yüksek şarja haizdir yada L_2 yüksek değerde enerji depolamıştır.(C'nin pozitif tepe gerilimi değerinde) Pozitif gerilimin tepe değeri daima negatif gerilimin tepe değerinden (t_0 anındaki) küçüktür ancak yaklaşık olarak eşit olur. Bu duruma dikkat edilmelidir. T_1 üzerinden off'a dönüş, aslında komütasyon kapasitörü üzerindeki gerilimin ters çevrilmesine yardımcı olacaktır.

Pozitif gerilimin tepe değeri C üzerinde, şarj diodu tarafından tutulur. Enerji şimdi T_1 'i değiştirmekle elde edilir.

Bu arada T_1 şk.3.36b de görüldüğü gibi gücü, yüke L_1 üzerinden verir. D.A kaynaktan yüke akım verildiğinde oto transformatörünün sigortalarının kullanılmasına dikkat edilmelidir çünkü komütasyon kapasitörünün şarjı için düz polaritede bir gerilim L_2 içinde endüklenir. Bu nedenle devrenin emniyeti oto tr.'la orantılı olarak arttırılır. t_2 anında T_2 tetiklenir ve kapasitör gerilimi T_1 'in uçlarındadır. Sonra bu şarj ters yöndedeşarj akımı ile geri alınır. Bu arada T_1 kesimdedir ve açık devre gibi davranır. Yük akımı vedeşarj akımı T_2, L_1 üzerinden (ve yük üzerinden) transfer edilir. Budeşarj akımı t_3 anına kadar azalır, bu anda kapasitör üzerindeki gerilim sıfırdır ve kapasitörün alt plakası negatif etkilenmeye başlar.(şk.3.36d) Negatif etkilenme T_1 'e iletimi için gerekli düz yöndeki gerilimi sağlayacaktır. Bu durumda akım T_2 içinde azalmaya

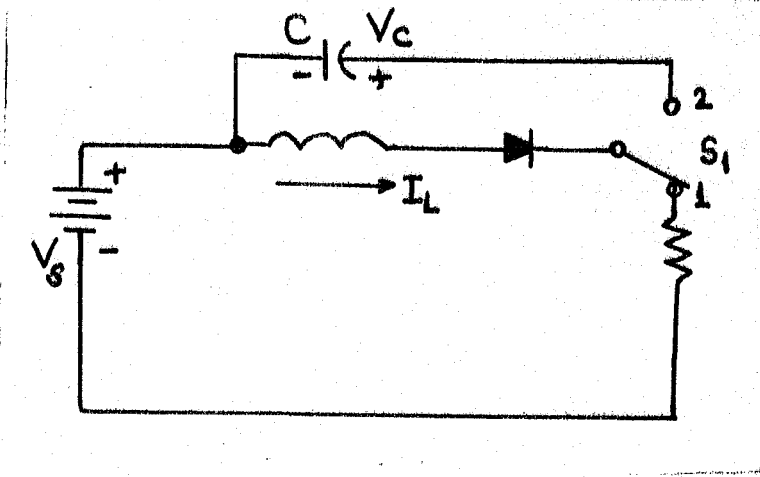
başlar ve endüktif yük akımının sürekliliğini D_1 diodu sağlar. D_1 iletme t_3 anında, T_2 'nin akımının azalmaya başlamasıyla, belli bir di/dt hızında geçer.

t_2 ile t_3 arasında geçen süre devrenin off'a dönme zamanı olarak açıklanır. C'nin alt plakası negatife dönmesini t_4 anına kadar (gerilimin tepe değerine ulaşınca kadar) sürdürür.

t_4 anında, T_2 içindeki akım ters dönmeye teşebbüs eder ve bu nedenle T_2 komütasyona uğrar ve kesime gider.

C'nin negatif gerilimi tepe değerine, L_1 endüktansının ve yük akımının fonksiyonu olarak ulaşır. Negatif gerilimin tepe değeri "U" dönüştürme oranına bağlı değildir.

t_3-t_4 dönemi esnasında yeralan çalışma şk.3.37'deki temel devrenin incelenmesiyle daha iyi canlandırılabilir.



Şk.3.37 $t_3 - t_4$ dönemi, temel devre

S_1 anahtarı 1 konumundadır ve L üzerinden I_L akımı akar. L üzerinde, değeri $-\frac{1}{2} L \cdot I_L^2$ formülüyle belirlenen enerji depolanacaktır. Sonra S_1 , 1 konumundan 2 konumuna getirilirki bu durumda enerji L içinden, C kapasitörüne aktarılmaktadır.

Böylece,

$$\frac{1}{2} (L \cdot I_L^2) = \frac{1}{2} (C \cdot V_C^2)$$

$$L / C = V_C^2 / I_L^2$$

$$V_c = I_L \sqrt{L/C} \quad (3.31a)$$

elde edilir.⁽⁸⁾

Burada I_L akımı, L_1 içinden geçen yük akımını temsil eder.

(şk.3.36c'de görülen, önceki durumdan t_3 'e kadar olan süre için)

L_1 'de, L_2 'ye tekabül eder.

T_1 tristörünün kesim süresini, $t_{off} = (C \cdot V_c) / I_L$ formülü belirler.⁽⁴⁾ Buradan $V_c = (t_{off} \cdot I_L) / C$ eşitliği elde edilirse, bu iki V_c eşitliğinden,

$$t_{off} = \sqrt{L_2 \cdot C} \quad (3.31b)$$

bulunur ve

t_{off} süresi, tristörlerin kesime dönmesi için gereken minimum zamandan daha büyük seçilmiş olmalıdır. Maksimum frekans $L_1 = L_2$ durumunda elde edilir ancak komütasyon kapasitörü küçük komütasyon unsurlarına ve daha az komütasyon kayıplarına sahip olduğu için optimum frekans, komütasyon kapasitörünün değeri için belirlenir.⁽⁴⁾

$$C \geq \frac{\pi}{2} \cdot \frac{t_{off}}{V} \cdot I_L = \dots \mu F \quad (3.31c)$$

V_c , $V_{c(t_4)}$ değerine erişmesinden beri, genel olarak V_s 'den daha büyüktür. D_2 tekrar düz yönde gerilime maruz kalır ve akım şk.3.36e'de görüldüğü gibi akar.

kapasitör gerilimi şimdi V_s 'den daha küçük bir değere düşer ve T_1, T_2 üzerindeki tıkama gerilimleri bu nedenle değişir.

Deşarj akımı t_5 anında tepe değere ulaştığında L_2 ve T_2 üzerindeki gerilim sıfır olur. Bu durum devrede T_2 'nin kesim süresinden görülebilir ($t_4 - t_5$ süresi). C 'nin yansıma deşarjı ise devam eder ve sadece t_6 anında kesilir (L_2 içindeki akımın değişimi durduğu an)

Jones devresinde, D_2 diodu yerine, T_3 kullanılarak daha iyi bir çalışma elde edilebilir. Şk.3.35'te T_3 kullanıldığı durumdaki çalışma kesik çizgi ile gösterilmiştir.

Jones kıyıcısının çıkış geriliminin değeri, kıyıcı frekansı yada dalga genişlik modülasyonu ile kontrol edilir.⁽⁴⁾

T_3 tristörü iki önemli görevi başarmaktadır,

- 1- C üzerindeki gerilimi $V_c(t_4)$ değerinde korur. Bu nedenle, devrenin off'a dönme zamanı için çok daha büyük enerji depolaması sağlar.
- 2- İkinci olarak T_3 , devrenin çalışmaya başlatılmasıyla $V_c(t_0)$ şarjına imkan verir. Bu T_2 üzerindeki anahartlama ile başarılır. Ancak T_2 'den önce T_1 devresi tetiklenir. Bu durum 1. dönem esnasında, C'nin şarj ettirilmesiyle, sadece oto tr.'a bağlı kalma ihtiyacını ortadan kaldırır.

3.3.5.2 sonuç:

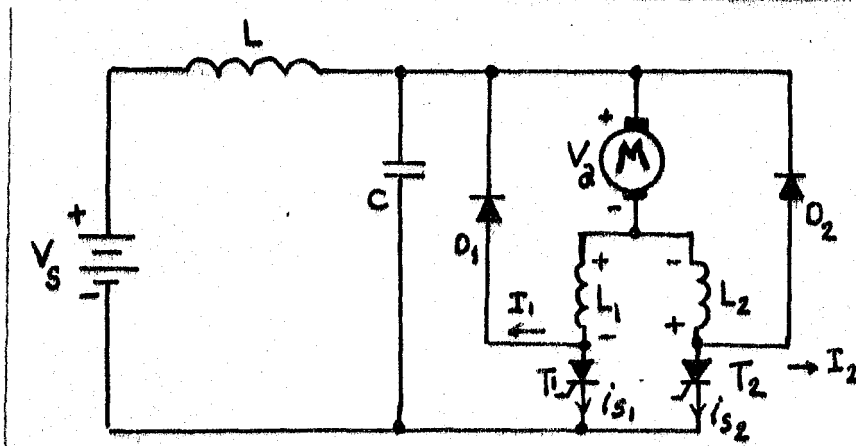
Jones kıyıcı devresinin çıkış gerilimi, kıyıcı frekansı yada dalga genişliği ile kontrol edilmektedir. Jones kıyıcısı seri ve şönt d.a motorlarının hız kontrolünde kullanılmakta olup, tercih edilen bir d.a kıyıcıdır. Ancak PIV tristör gerektirmektedir.

3.3.6. İki Faz Kıyıcı:

3.3.6.1. Giriş:

Kıyıcı devreleri çok kere sadece tristörün iletim dönemi esnasında, d.a kaynaktan yüke bağlanırlar, şeklinde düşünülürler ve bu yüzden d.a kaynağın; yükün tepe değerdeki akım isteklerini karşılama yeteneği olmalıdır. D.A seri motorları büyük yük yük momentinde düşük hız işlemi için çok kullanılırlar, bu seri motorun özelliğidir. Bu durumda tepe değerdeki akım istekleri (motorun) oldukça yüksektir ve dolayısı ile d.a kaynağından %50 civarında yararlanma durumu ortaya çıkar. Ancak çok fazlı kıyıcı devreleri ile filitreler kullanılır ise akım tepe değeri istekleri sırasında, gereken enerji filitrelerden sağlanır ve d.a kaynağından %80 civarında yararlanılır. (4)

3.3.6.2. Çalışma İlkesi:



Şk.3.38 İki faz kıyıcı devresi

Şk.3.38'deki devrede L endüktansı ve C kapasitörü filitre devresini düzenlerler. İki faz kıyıcının T_1 ve T_2 tristörleri birbirini ardına tetiklenmektedirler ve L_1, L_2 manyetik kuplaj içindedir. T_1 iletimde iken, T_2 kesimdedir. i_{s1} akımı, yük ve L_1 üzerinden sağlanır. Bu esnada I_2 akımında, L_2 endüktansı

üzerinde depolanan enerji ile D_2 diodu üzerinden sağlanacaktır.

Böylelikle d.a kaynaktan sağlanan istekler oldukça azaltılmış olur.

T_2 iletimde ve T_1 kesimde iken i_{s2} akımı yük, L_2 ve T_2 üzerinden sağlanır. Bu esnada L_1 üzerinde depolanan enerji de I_1 akımını sağlayacaktır.

3.3.7. D.A Kılıcılı sistemlerde frenleme:

3.3.7.1.Giriş

Tahrik sistemlerinde hızın veya momentin denetlenmesi kadar frenlemede büyük bir önem taşır. Bir tehlike anında motoru imkan dahilinde olan en kısa sürede durdurmak gerekeceği gibi, birçok durumda frenlemenin mümkün olduğu kadar az bir enerji kaybı ile, hatta motorun kinetik enerjisini geri kazanarak yapılması gerekir. (11)

D.A motorlarında frenleme yöntemleri 4'e ayrılır,

- 1- Mekanik Frenleme
- 2- Ters Akımla Frenleme(plugging)
- 3- Direnimle Frenleme (Dinamik fr.)
- 4- Faydalı Frenleme (Regenaratif fr.)

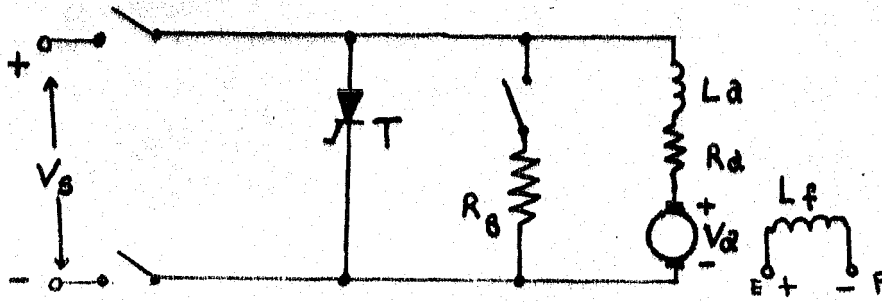
D.A kılıcılarda ,faydalı frenleme ile direnimle frenleme yöntemlerinden yararlanılmaktadır.

3.3.7.2. Direnimle frenleme

Çalışmakta olan bir motorun endüvi devresi d.a kaynağın dan ayrılırsa, motor evvelce kazanmış olduğu mekanik enerjiden dolayı hareketine devam eder ve eğer uyarma devresi akımı mevcut ve çalışma durumundaki yönünü muhafaza ediyorsa, motor aynı polaritede genaratör olarak çalışır. Bu durumda endüvi uçları bir frenleme direnci üzerinden bağlanırlarsa, çalışma durumuna göre ters yönde bir endüvi akımının akmasıyla frenleyici

bir moment üretilecektir. Frenleme momentinin sabit tutulması istenirse endüvi devresindeki frenleme direncinin değeri otomatik olarak azaltılarak endüvi akımı sabit tutulur. Sıfır hıza yaklaşılrken dinamik frenleme etkisi çok azalacağından, devreye mekanik bir fren alınabilir. Seri motorların dinamik frenlenmesinde, frenleme sırasında alan yönünün aynı kalması için alan sargısının uçlarının değiştirilmesi gerekir. Bu sistemin sakıncası, frenleme direnci üzerinde ısı enerjisinin açığa çıkmasıdır.

3.3.7.2.1. D.A kıyıcılı tahrik'te direnimle frenleme



Şk.3.39 D.A kıyıcılı tahrik'te direnimle frenleme

D.A kıyıcılı tahrikte, dinamik frenleme direncinin değerinin değiştirilmesinde aynı kıyıcı Şk.3.39'da gösterilen biçimde kullanılabilir. Tristörün kesim süresinin kıyıcı periyoduna oranının değiştirilmesi ile frenleme direncinin efektif değeri değiştirilebilir. (13)

Böylece frenleme momenti denetlenmiş olur. Bu devrede seri uyarma sargısı sadece frenleme esnasında, alan yönü aynı kalacak şekilde serbest uyarıldığından, seri sargı uçlarının değiştirilmesi gerekmez.

R_{eff} = Frenleme direnci efektif değeri

R_B = Frenleme direnci değeri

t_{off} = Tristörün kesim süresi

t_{on} = Tristörün iletim süresi

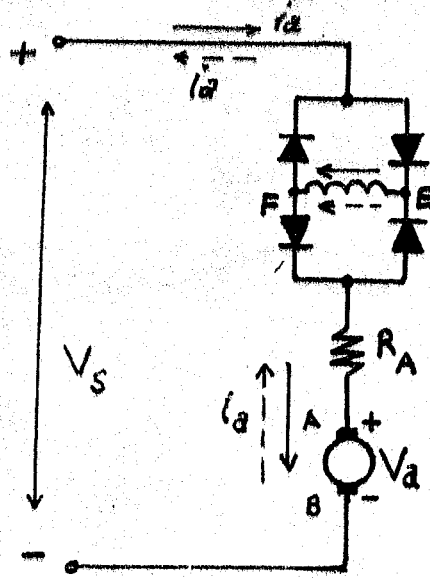
$$R_{ef} = \frac{t_{off}}{t_{on} + t_{off}} \cdot R_B \quad (3.32)$$

3.3.7.3. Faydalı Frenleme

Bir doğru akım motorunda üretilen zıt emk, endüvi akımının kaynağa doğru olmasını sağlayabilirse, bu durumda enerji akışı motordan kaynağa doğru olacaktır. Bu şekilde çalışmaya faydalı (regeneratif) frenleme adı verilir. (11)

Bu yöntemde sistemin-kayıplar dışında- toplam kinetik enerjisi kaynağa aktarılırken endüvi akımı yönü değiştiğinden, bir frenleme momenti oluşur ve motor yavaşlar. Dinamik yada mekanik frenlemede ısı olarak kaybedilen enerji bu tür frenlemede geri kazanılır. Bu nedenle en etkili ve verimli bir frenleme yöntemi olup, yüksek güçlü tahrik sistemlerinde ve enerjinin kısıtlı olduğu akülü taşıt araçlarında kullanılması bir zorunluluktur. Faydalı frenleme ile bir tahrik sisteminde kullanılan enerjinin %40'a kadarlık kısmını geri kazanmak mümkündür. (11) Ayrıca metro uygulamalarında, bu tür bir frenleme ile dinamik frenlemenin neden olabileceği tünel ortam ısısının artışı söz konusu olmaz.

Seri motorlarda faydalı frenlemede alan yönünün değişmemesi için, frenlemenin başlangıç anında alan sargısının uçları değiştirilmelidir (şk. 3.40).



Şk.3.40 Seri motorlarda faydalı frenleme sırasında alan yönünün sabit tutulması

Alan yönünün sabit tutulması için diğer bir yol, alan sargısı uçlarının değiştirilmeyip, endüvi uçlarının değiştirilmesidir.

3.3.7.3.1. D.A kıyıcılı tahrikte faydalı frenleme

D.A kıyıcılı tahrikte, B tipi işlemenin (1-2) ve (3-4) bölge çalışmalarında regenerasyon için endüvi uçlarının değişmesi gerekmezken, (1-4) ve (2-3) bölge çalışmalarında endüvi uçlarının ters çevrilmesi gerekir. Bu özellik Şk.3.10 ve 3.13a incelendiğinde görülebilir. Özellikle bataryalı karayolu araçlarında, enerji depolama imkanı olabildiği için faydalı frenleme tercih edilmektedir.

3.3.8. D.A Kıyıcıları ile yol verme:

3.3.8.1. D.A motorlarına yol vermenin tanımı

Sukunette olan bir d.a motorunun, endüvi akımını başlangıçta sınırlayarak, motorun hızını nominal hıza kadar yükseltmeye, yol verme adı verilir. ⁽⁹⁾

3.3.8.2. Yol verme yöntemleri

D.A Seri motorda yol verme yöntemleri genel olarak aşağıdaki gibi ayrılabilir; ⁽¹³⁾

- 1- Kademeli öndirenç'le yol verme
- 2- Motor gruplarını önce seri sonra paralel bağlama
- 3- Motorun uyarma devresine etki ederek, yol vermek
- 4- D.A kıyıcı ile yol vermek

3.3.8.3. D.A kıyıcıları ile d.a seri motorlara yol verme

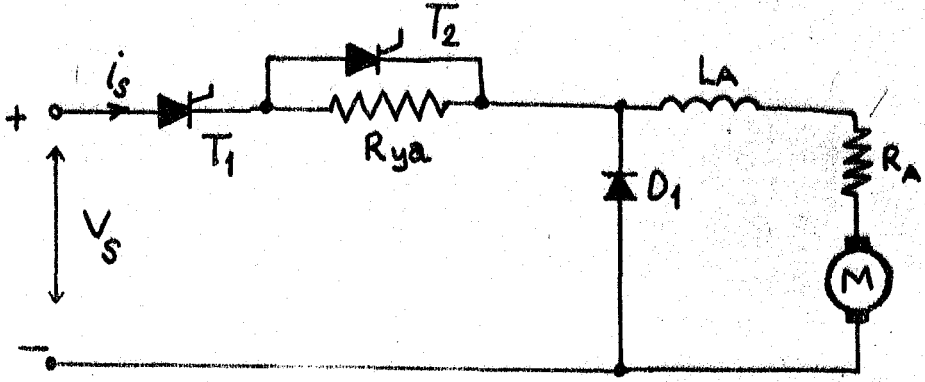
Küçük güçlü motorlarda kolayca uygulanan bir yöntemdir. Ancak büyük motorlarda endüvi direnci çok küçük olduğundan, darbe akımlarının oluşması ve tristörün kesime gitme süresi dolayısı ile T_{on} 'un bir minimum değere haiz olması gerekir. (13) Yolalma sırasında V_o geriliminin en düşük değerini, $T_{on_{min}}$ değeri belirler, $T_{on_{min}}$ için, V_o değeri minimum olacaktır.

$$V_{oya} = \frac{T_{on_{min}}}{T} \cdot V_s \quad (3.33)$$

$$T_{on_{min}} < T_{on} < T$$

Normal şartlarda, T_{on} süresi, hız talebi ile belirlenir. Ancak yolalmada akım sınırı ve tristör kesim süresi tarafından belirlenmiş iletim süresiyle yolalma başlayacaktır. Bu nedenle yolalma başlangıcında on/off oranı düşük tutulur ve sonra motorun artan hızı ve zıt emk'ne paralel olarak, T_{on}/T_{off} oranı, T sabit tutularak yükseltilir.

Minimum iletim süresinin yolalma akımını istenilen değerde sınırlayamadığı durumlarda, şk.3.41'deki gibi devreye seri bir yol verme direnci konur ve uçlarına paralel bağlanan bir T_2 tristörünün tetikleme süreleri değiştirilmek suretiyle direnç ayarı yapılarak, çok büyük güçlü motorların yolalma akımı denetlenmiş olur.



Şk.3.41, A tipi kıyıcıyla yolvermede, akımın T_2 tristörü ile denetlenmesi

3.3.8.4. D.A Kıyıcıları ile yol verme ve frenlemenin yararları⁽¹³⁾

- 1- Sistemde yol verme ve frenleme sırasında hız, moment ve güç büyüklükleri sürekli denetlenir.
- 2- Alan sargısının enerjisinden dolayı kazanç sağlanır (frenlemede ayrıca motorun kinetik enerjisi kazanılır.).
- 3- Ekonomiklik sağlar.

BÖLÜM-4

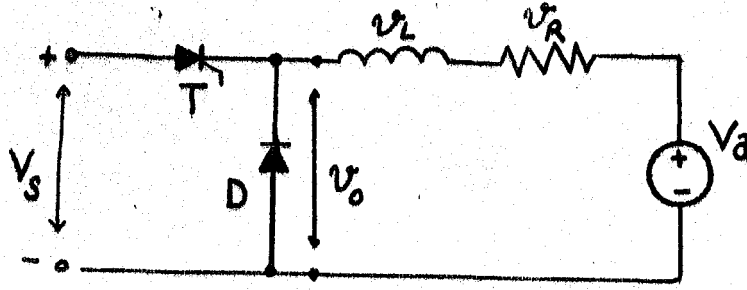
4. D.A KIYICILARININ SAYISAL ÖRNEKLERİ

4.1. Şk.4.1'deki A tipi kıyıcı devresinde $V_s=220$ V, $L=1$ mH, $R=0,25$ ohm, $V_a=22$ V, $T=2,5$ ms ve $t_{on}=1$ ms'dir.

4.1.1. Kesik akımlı çalışmanın mümkün olup, olmadığı

4.1.2. I_{max} ve I_{min} akımlarının değerleri

4.1.3. Ortalama çıkış akımı değeri istenmektedir.



Şk.4.1

Çözüm:

$$t_{on}/T = 1/2,5 = 0,4$$

$$\tau = L/R = (10^{-3} \text{ H})/0,25 \text{ ohm} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

$$\sigma = T/\tau = 2,5/4 = 0,625$$

$$p = t_{on}^x / T \text{ ve } m = V_a / V_s = 22/220 = 0,1$$

$$m = \frac{e^{p \cdot 0,625} - 1}{e^{0,625} - 1} = 0,1$$

$$1,0868 = e^{p \cdot 0,625}$$

$$\ln(1,0868) = \ln(e^{p \cdot 0,625})$$

$$p = 0,133 \text{ ve } t_{on}^x = 0,133 \cdot 2,5 \text{ ms} = 0,333 \text{ ms bulunur.}$$

Bu nokta sürekli akım çalışmasında, değişme noktası olup eğer t_{on} , 0,333 ms'den küçük olursa kesik akımlı çalışma başlayacaktır.

$$\begin{aligned}
 I_{\max} &= \frac{V_s}{R} \cdot \frac{1 - e^{-t_{\text{on}}/\tau}}{1 - e^{-T/\tau}} \cdot \frac{V_a}{R} \\
 &= \frac{220}{0,25} \cdot \frac{1 - e^{-0,25}}{1 - e^{-0,625}} - \frac{22}{0,25} \\
 &= 880 \left(\frac{0,22}{0,465} \right) - 88 \\
 &= 328 \text{ A}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{\min} &= \frac{V_s}{R} \cdot \frac{e^{t_{\text{on}}/\tau} - 1}{e^{T/\tau} - 1} - \frac{V_a}{R} \\
 &= \frac{220}{0,25} \cdot \frac{e^{0,25} - 1}{e^{0,625} - 1} - \frac{22}{0,25} \\
 &= 880 \left(\frac{0,284}{0,868} \right) - 88 \\
 &= 200 \text{ A}
 \end{aligned}$$

$$V_o = (1/2,5) \cdot V_s = 0,4 \cdot 220 \text{ V} = 88 \text{ V}$$

$$\begin{aligned}
 I_a &= \frac{V_o - V_a}{R} = (88 - 22) / 0,25 = \\
 &= 264 \text{ A}
 \end{aligned}$$

değerleri bulunur.

4.2. 220 V d.a ile beslenen ve çekme tahriğinde kullanılan bir d.a seri motorun kontrolünde, dalga genişlik modülasyonu kullanılmaktadır. Motor sırasıyla 0,02 ve 0,01 ohm'luk endüvi ve alan dirençlerine sahiptir. Ortalama akım (I_a) 100 A ve kıyıcı frekansı 200 Hz'dir. Bu şartlarda ortalama emk (V_a) 50 V için T_{on} süresi istenmektedir.

Çözüm:

$$\begin{aligned} V_o &= I_a (R_a + R_f) + V_a \\ &= 100(0,02 + 0,01) + 50 \text{ V} \\ &= 53 \text{ V} \end{aligned}$$

$$V_o = T_{on} \cdot f \cdot V_s$$

$$\begin{aligned} T_{on} &= (53 \text{ V}) / 200 \cdot 220 \\ &= 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ s} \quad \text{bulunur.} \end{aligned}$$

4.3. 220 V, 100kW, 1000 d/d, seri motorun kontrolünde dalga genişlik modülasyonu kullanılmaktadır. D.A kaynak gerilimi 220V ve $R_a = 0,02$, $R_f = 0,01$ ohm' dur. 1kHz'lik kıyıcı frekansında çalışılmaktadır. 500 d/d'lık hız elde edilmesi için iletim süresi istenmektedir.

Çözüm:

$$I_a = I_f = \text{sbt. ve } M = K_t \cdot \phi \cdot I_a = \text{sbt. 'tir.}$$

$$\begin{aligned} (V_{aN} / V_a) &= \frac{K_t \cdot \phi \cdot 1000}{K_t \cdot \phi \cdot 500} \\ &= 2 \end{aligned}$$

iletim süresi: $(1 / 10^3) = 1 \text{ ms}$ için $V_o = V_{ON} = 220 \text{ V}$ 'tur

$$I_a \cdot (R_a + R_f) = A$$

$$\begin{aligned} V_{aN} &= V_{oN} - A \\ \frac{V_{aN}}{V_a} &= \frac{V_{oN} - A}{V_o - A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_a &= P / V_s = 100 \cdot 10^3 / 220 \\ &= 455 \text{ A} \end{aligned}$$

$$V_{oN} = 220 \text{ V tur (verilerden)}$$

$$2 = \frac{220 - A}{V_o - A}$$

$$2V_o - 2A = 220 - A$$

$$V_o = \frac{220 + A}{2}$$

$$A = 455(0,02 + 0,01) = 13,65 \text{ V}$$

$$V_o = (220 + 13,65) / 2 = 116,83 \text{ V}$$

$$T_{on} = V_o / f \cdot V_s$$

$$= (116,83) / 10^3 \cdot 220$$

$$= 531 \cdot 10^{-4} \text{ s}$$

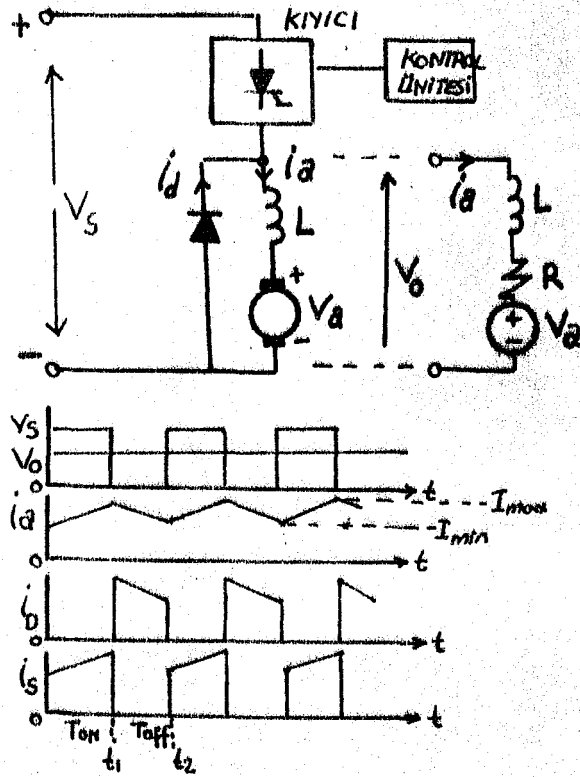
$$= 0,531 \text{ ms}$$

olarak bulunur.

4.4. Bir d.a seri motor 72 V'luk bataryadan, d.a kıyıcı ile beslenmektedir. Kıyıcının çalışma frekansı 1kHz'tir. Endüvi endüktansı 0,06 H, $K_t = 0,5 \text{ N.m/A}$, $K_v = 0,5 \text{ V/rd/s}$, açısal hız 90 rd/s ve yük momentini 5 Nm'dir. Bütün motor ve kıyıcı kayıpları ihmal edildiğinde, motor geriliminin ve akım değerlerinin belirlenmesi istenmektedir.

Çözüm:

Bu örneğin çözümü için aşağıdaki devre esas alınır,



$$V_a = \omega \cdot K_v = 90 \text{ rd/s} \cdot 0,5 \text{ V/rd/s} \\ = 45 \text{ V}$$

kıyıcı kayıpları ihmal edilerek, $V_a = V_o = 45 \text{ V}$

$$(T_{on} / T) = 45/72 = 0,625$$

kıyıcı periyodu ise, $T = (1/ 10^3 \text{ Hz}) = 1 \text{ ms}$ ' dir

$T_{on} = 0,625 \text{ ms}$ ve $T_{off} = 0,375 \text{ ms}$ bulunur.

5 Nm' lik yük momentini için , $I_a = M/K_t = (5\text{Nm}/0,5 \text{ Nm/A}) = 10\text{A}$ olarak bulunur.

Kıyıcı iletimde iken, akım $L(di/dt) = V_s - V_a$ değeriyle değişecektir. $(di/dt) = (V_s - V_a)/L = (72 - 45)/0,06 = 450 \text{ A/s}$

Kıyıcı kesime geçtiğinde ise, off süresince akım;

$$- L (di/dt) = - V_a \text{ değeriyle değişir.}$$

$$(di/dt) = V_a / L = 45 / 0,06 = 750 \text{ A/s} \text{ bulunur.}$$

Akım, $I_{\max}$ ve $I_{\min}$ değerleri arasında lineer değişir. (endüvi direnci de ihmal edilmiştir.)

böylece,

$$I_{\max} = I_{\min} + ((di/dt)_{T_{\text{on}}} \cdot T_{\text{on}}), \text{ iletim dönemi}$$

ve

$$I_a = (I_{\max} + I_{\min}) / 2 = 10 \text{ A}$$

$$I_{\max} = I_{\min} + (450 \text{ A/s} \cdot 0,625 \cdot 10^{-3})$$

$$= I_{\min} + 0,281 \text{ A} \text{ bulunur.}$$

$$I_{\max} + I_{\min} = 20 \text{ A} \text{ olduğundan,}$$

$$I_{\min} = (20 - 0,281) / 2 = 9,86 \text{ A}$$

ve

$$I_{\max} = 9,86 + 0,281 = 10,14 \text{ A}$$

olarak bulunur.

$$\text{iletim süresince motor akımı } i_a, i_a = I_{\min} + (di/dt)_{T_{\text{on}}} \cdot t$$

$$i_a = 9,86 \text{ A} + (450 \text{ A/s}) \cdot t \text{ fonksiyonuna göre değişir.}$$

Kesim süresince ise,

$$i_a = I_{\max} - ((di/dt)_{T_{\text{off}}} \cdot t); i_a = 10,14 \text{ A} - (750 \text{ A/s}) \cdot t$$

fonksiyonuna göre değişecektir.

4.5. Örnek 4.4'teki motorun, $R_A = 0,3$ ohm'luk bir dirence sahip olduğu var sayılarak, çözüm istenmektedir.

Çözüm:

$$V_o = V_a + I_a \cdot R_A = 45V + 10A \cdot 0,3ohm = 48V$$

$$T = 1 \text{ ms ve } (T_{on} / T_{off}) = 48/72 = 0,667$$

$$T_{on} = 0,667 \text{ ms ve } T_{off} = 0,333 \text{ ms bulunur.}$$

$$\text{İletim periodu süresince, } i_a = \frac{V_s - V_a}{R_A} - \left(\frac{V_s - V_a}{R_A} - I_{min} \right) \cdot e^{-\left(\frac{R}{L}\right)t}$$

$$t = t_1 \text{ için, } i_a = I_{max}'\text{tır, ve } t_1 = 0,667 \text{ ms alınarak,}$$

$$I_{max} = \frac{72 - 45}{0,3} - \left(\frac{72 - 45}{0,3} - I_{min} \right) \cdot e^{-\left(\frac{0,3}{0,06}\right)0,667 \cdot 10^{-3}}$$

$$\text{Buradan, } I_{max} = 90 - (90 - I_{min}) 0,9967$$

$$I_{max} = 90 + 0,9967 I_{min} - 89,7$$

$$I_{max} = 0,3 + 0,9967 I_{min} \quad \text{denklemleri elde edilir.}$$

Kesim periodu süresince,

$$i_a = -\frac{V_a}{R_A} + \left(\frac{V_a}{R_A} + I_{max} \right) \cdot e^{-\left(\frac{R_A}{L}\right) \cdot t}$$

$$t = t_2 \text{ için, } i_a = I_{min}'\text{dur, } t_2 = 0,333 \text{ ms alınarak,}$$

$$I_{min} = -\frac{45}{0,3} + \left(\frac{45}{0,3} + I_{max} \right) \cdot e^{-\left(\frac{0,3}{0,06}\right)0,333 \cdot 10^{-3}}$$

$$I_{min} = -150 + (150 + I_{max}) \cdot 0,9983$$

$$I_{min} = -0,25 + 0,9983 I_{max} \quad \text{denklemleri bulunur.}$$

$I_{\max}$ ve $I_{\min}$ denklemlerinden,

$$I_{\max} + I_{\min} = 0,05 + 0,9983 I_{\max} + 0,9967 I_{\min} = 20 \text{ A}$$

$$I_{\min} = 9,866 \text{ A} \text{ ve } I_{\max} = 10,134 \text{ A} \text{ bulunur.}$$

$$i_a, \text{ iletim süresince} \quad i_a = 90 - (80,13) \cdot e^{-5t}$$

$$\text{Kesim süresince} \quad i_a = -150 + (160,13) \cdot e^{-5t}$$

denklemlerine göre değişecektir.

4.6. Örnek 4.4'teki sistem max hız verecek şekilde ayarlanmış olup, yük momenti yolverme dönemi boyunca 5 Nm değerinde sabit olmaktadır. Bu durumda motor hızının ilk anda sıfır olması nedeniyle, yolverme süresince kabul edilen şartlar şöyledir; (7)

Kıyıcının 30 A'lık motor akımı sınır değerine otomatik olarak ayarlandığı varsayılmıştır. Endüvi ve yük ataleti $0,2 \text{ kg.m}^2$ 'dir, endüvi direnci 0,3 ohm'dur ve kıyıcı kayıpları ihmal edilmiştir.

Başlangıçta motor sukunettedir ve dolayısı ile zıt emk yoktur. Bu nedenle devre tetiklendiğinde motora 72 V uygulanır.

ilk andaki motor akımı,

$$i_a = \frac{V_s}{R_A} \left(1 - e^{-\left(\frac{R}{L}\right)t} \right) \text{ ifadesi ile belirlenecektir. Bir kıyıcı periodu sonra (1 ms sonra)}$$

$$i_a = \frac{72}{0,3} \left(1 - e^{-\left(\frac{0,3}{0,06}\right) \cdot 1 \cdot 10^{-3}} \right)$$

$i_a = 240(1 - 0,995) = 1,2$ A bulunurki, bu değer 30 A'lik sınırın çok altındadır. Bu nedenle kıyıcı tam olarak 30 A'e ulaşmaya kadar, değişimini korur.

30 A' e ulaşmak için gereken t süresi, $30 = 240(1 - e^{-5t})$ formülünden,

$$(30/240) = 1 - e^{-5t}$$

$$e^{-5t} = 0,875$$

$$\ln e^{-5t} = \ln 0,875$$

$$-5t = -0,1336$$

$$t = 0,0267 \text{ s} \quad \text{olarak bulunur.}$$

Bu süre yaklaşık olarak 27 kıyıcı dönemi yapmaktadır.

Motorun hala hareketsiz olduğuna hükmedilir, ancak motor akımı sadece bir kere olmak üzere 10 A'i (5 Nm) aşacaktır. Yük bu durumu hızlandırma momenti olarak kabul eder. Moment-Zaman değişiminin ilk bölümü şk.4.2'de görüldüğü gibi olacaktır.

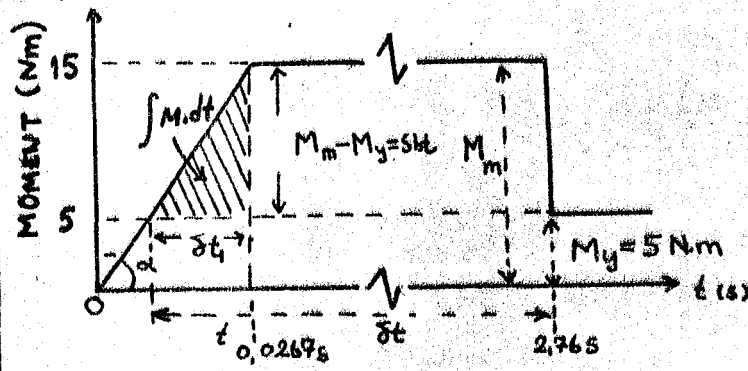
Bu değişimde momentin, zamana bağlı olarak lineer arttığı farzedilerek,

$$M = j. d\omega/dt, \quad \int M. dt = \int j. d\omega$$

$$M(\delta t) = j. (\delta\omega)$$

Şk.4.2'deki $M. dt$ alanında sınır, 10 Nm yukardadır ve bu alandan,

$$M_m = I_a. K_t = 30 \text{ A} \cdot 0,5 \text{ Nm/A} = 15 \text{ Nm} \text{ bulunur.}$$



Şk.4.2. Yolverme dönemi sırasında motor moment değişimi

şk.4.2'deki benzer üçgenlerden, $15/10 = 26,7/\delta t_1$

$$\delta t_1 = 17,8 \text{ ms} \quad \text{ve} \quad \frac{(15 - 5) \text{ Nm} \cdot 0,0178}{2} = 0,2 \text{ kg.m}^2 \cdot \delta \omega$$

$\delta \omega = 0,445 \text{ rd/s}$ bulunurki bu hız, $26,7 \text{ ms}$ 'deki hızdır.

Bu hıza ait emk, $v_a = \delta \omega \cdot K_v = 0,445 \cdot 0,5 = 0,22 \text{ V}$ bulunur,

72 V ' la karşılaştırıldığında bu değer önemsiz sayılarak ihmal edilebilir. Bu nedenle ilk hükümlerin, kabul_ lerin doğruluğu kanıtlanır.

Kıyıcı şimdi 30 A 'lıkakım sınırını sürdürecekt, koruyacak şekilde otomatik olarak, ON ve OFF' a döne_ cektir. Bu nedenle sabit bir hızlandırma momenti sürdü_ rülür($M_m - M_y = 10 \text{ Nm} = \text{sbt.}$)

$$\text{Max.hız, } \omega_{\max} = (V_s - (I_a \cdot R_A)) / K_v$$

$$= \frac{72 - (10 \cdot 0,3)}{0,5 \text{ V/rd/s}} = 69/0,5$$

$$\omega_{\max} = 138 \text{ rd/s} \quad \text{olarak bulunur.}$$

$$\text{Buradan hızlandırma süresi, } j \cdot \delta \omega = (M_m - M_y) \cdot (\delta t)$$

$$0,2 \cdot 138 = 10 \text{ Nm} \cdot (\delta t)$$

$$\delta t = 2,76 \text{ s} \quad \text{olarak bulunur.}$$

$$\begin{aligned} \text{Yol alma süresi ise, } t_{ya} &= 2,76 + (0,0267/3) \\ &= 2,77 \text{ s} \quad \text{olarak bulunur.} \end{aligned}$$

Tam hıza ulaşıldığında motor akımı 10 A 'e düşer ve yük mo_ menti tarafından hızlandırma durdurulur($M_m - M_y = 0$, sbt. hız) ve sistem tam hızda çalışır.

Başlangıçta 30 A sınırına ulaşıldığında(27 kıyıcı dönemi sonra),kıyıcı kesime döner ve kesim durumunda akım, $30 \cdot e^{-5t}$ ifadesine bağlı olarak azalır.Ayrıca küçük değerdeki zıt emk önemsizdir. Kesim dönemi sırasında $i_a = 30 \cdot e^{-5t}$ ifadesine göre, akım I_{min} 'a kadar düşecektir ve sonra kıyıcı ilettime geçer. Akım şimdi, $i_a = (72/0,3) - ((72/0,3) - I_{min}) \cdot e^{-5t}$ ifadesine göre yükselir ve 30 sınırına ulaşıldığında,tekrar kesime döner böylece bir kıyıcı dönemi(1 ms) tamamlanır.

$$v_a = 0,22 \text{ V' için, } V_o = V_a + I_a \cdot R_A = 0,22 + 30 \cdot 0,3 =$$

$$V_o = 9,22 \text{ V bulunur ve}$$

$$T_{on}/T = V_o/V_S = 9/72 = 0,13 \text{ ve } T = 1 \text{ ms}$$

$$\text{olduğu için , } T_{on} = 0,13 \text{ ms ve } T_{off} = 0,87 \text{ ms 'dir.}$$

$$t = 0,87 \text{ ms için } i_a = I_{min} \text{ 'dur ve}$$

$$i_a = 30 \cdot e^{-5t} , \quad I_{min} = 30 \cdot e^{-5 \cdot 0,87 \cdot 10^{-3}}$$

$$I_{min} = 29,87 \text{ A olarak bulunur.}$$

Motor hızlandıkça iç emk'i artar,bu durumda kıyıcı daha uzun süre için iletimdedir.(iç emk arttıkça iletim süresi arttırılır.)

$$\text{Yarı hızda, açısal hız, } (138/2) = 69 \text{ rd/s}$$

$$V_a = 69 \cdot 0,5 = 34,5 \text{ V'tur.}$$

Kıyıcı kesime geçtiğinde,

$$i_a = - (34,5/0,3) + ((34,5/0,3) + 30) \cdot e^{-5t}$$

ilettime geçtiğinde,

$$i_a = ((72 - 34,5)/0,3) - (((72 - 34,5)/0,3) - I_{min}) \cdot e^{-5t}$$

bu iki denklemden, $I_{\min} = 29,713 \text{ A}$ bulunur.

Kıyıcının iletim ve kesim süreleri, sırasıyla 0,604 ve 0,396 ms'dir.

(çözüm, önceki iletim ve kesim süreleri için yapılan çözümün, benzeridir.)

- 4.7. Jones kıyıcı devresinde optimum frekans düşünülerek, oto tr.'u ve komütasyon kondansatörü hesaplanacaktır. Tristörlerin kesim süreleri 200 mikro saniye olup, sistem 220 V d.a kaynaktan beslenecektir. Yük akımı 50 A'dir.

Çözüm:

$$\begin{aligned} \text{Optimum frekans için, } C &\geq \frac{\pi}{2} \cdot \frac{200}{220} \cdot 50 \\ &\geq 72 \mu\text{F} \approx 75 \mu\text{F} \end{aligned}$$

$$t_{\text{off}} = \sqrt{L_2 \cdot C}, \quad L_2 = (t_{\text{off}})^2 / C$$

$$L_2 = (200)^2 / 75 = 530 \mu\text{H} = 0,53 \text{ mH} = L_1, \text{ olarak}$$

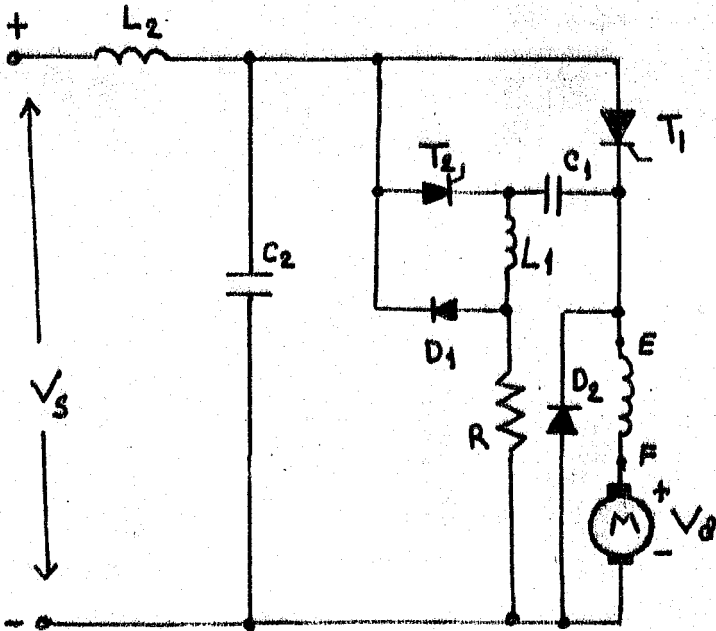
bulunur.

5- ENDÜSTRİDE D.A KİYİCİ UYGULAMALARI

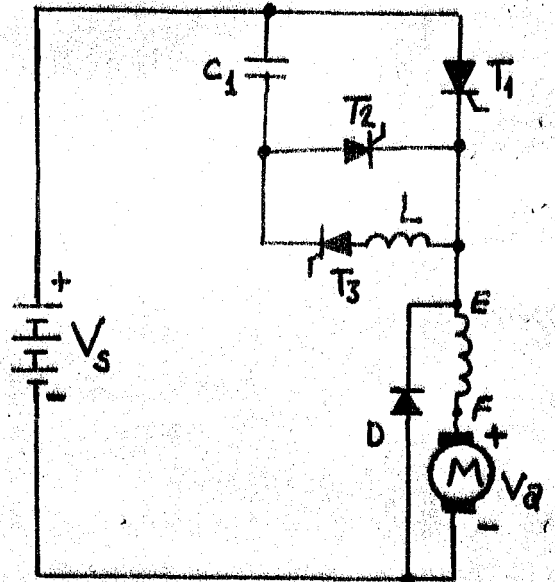
5.1.KARA VE DEMİRYOLU TAŞITLARINDA D.A KİYİCİSİ İLE TAHRİK

D.A kaynaktan, tristörlü kıyıcı devresi yoluyla d.a motor tahriği elektrikli ulaşım araçlarının özel durumudur. Kıyıcı kontrolünün ilkeleri altında, demiryolu ve karayolu sistemleri birbirlerine benzerler.⁽⁷⁾

İki değişik tip devre şk.5.1'de gösterilmiştir.



Şk.5.1a demiryolu uygulaması



Şk.5.1b Karayolu uygulaması

5.1.1. Çalışma ilkeleri:

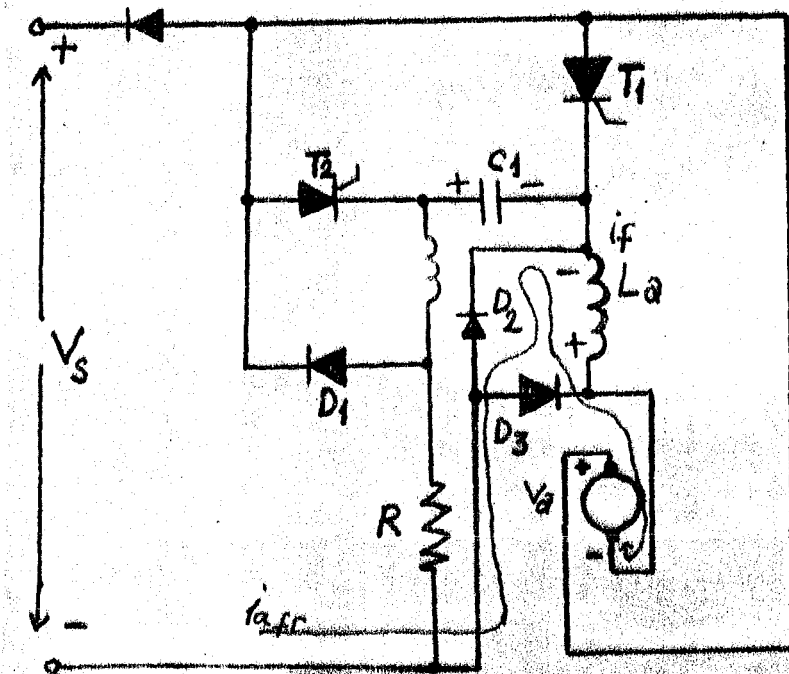
Her iki devrede T_2 tetiklenirse, kıyıcı kondansatörü giriş gerilimi değeri ile şarj olur. T_1 tristörü tetiklenince motor kaynağa bağlanır ve aynı zamanda kondansatörün, endüktans yoluyla ters yönde şarj olmasına neden olur. Şk.5.1b'de T_1 iletimde olduğu müddetçe T_3 'te tetiklenir. Kondansatörün batarya yoluyla, istenilmeyen deşarjı için T_3 tristörü dioda

tercih edilmiştir. Şk.5.1a'da T_1 ve T_2 'nin karşılıklı tetiklenmeleri motora uygulanan ortalama gerilim değerini (V_o) kontrol eder. R direnci çok yüksek değerdedir ve herhangi bir sızıntı akımı D_1 ve T_2 üzerinden yolunu değiştirir, böylece kondansatörün boşalması önlenir. Demiryolu sistemleri, iletken raylar içindeki yüksek akımları önlemek için bir filitre içermelidir.

Motor akımındaki küçük dalgalanmalardan kaçınılmalıdır, aksi halde moment'te dalgalanır. Bu nedenle frekans belirli bir düzeyin üzerinde olmalıdır. Demiryolu için kullanılan kıyıcı frekansı, örneğin komünikasyon ve sinyalizasyon kanallarıyla karışmamalıdır. Tipik frekans değerleri 1 kHz civarındadır.

5.1.2. Faydalı frenleme:

Şk.5.1'de görülen her bir kıyıcı sistemi, şk.5.2 ve şk.5.3'te görüldüğü gibi yeniden düzenlenebilir. Motor yada genaratör çalışmada makinanın tahrik yönü aynı kalır. Bu yüzden regenasyon için seri motorda endüvi yada alan uçlarından biri ters çevrilmelidir.



Şk.5.2a Demiryolu uygulamalarında kullanılan faydalı frenleme

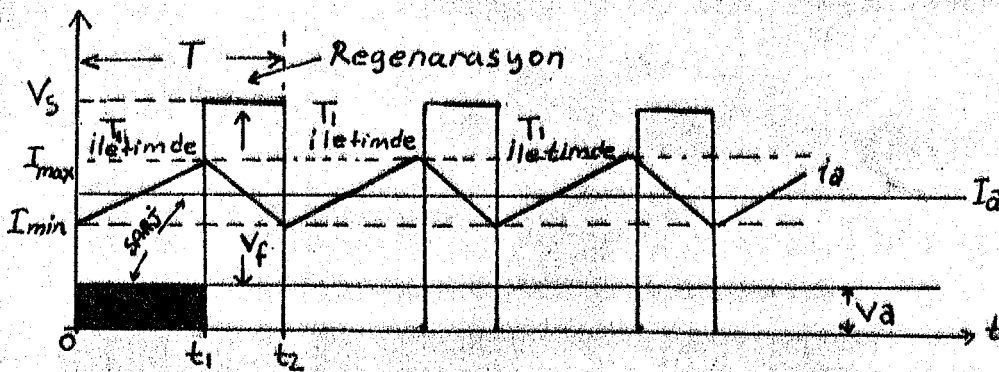
5.1.2.1. D.A Kıyıcılı demiryolu uygulamasında faydalı frenleme

T_1 tristörü, kaynakla motor arasındaki bağlantıyı sağlar. Konumu zorlama ile değiştirilmektedir. Kesim süreleri esnasında alan sargısının endüktanslı enerji depolayıcısı olarak kullanılır.

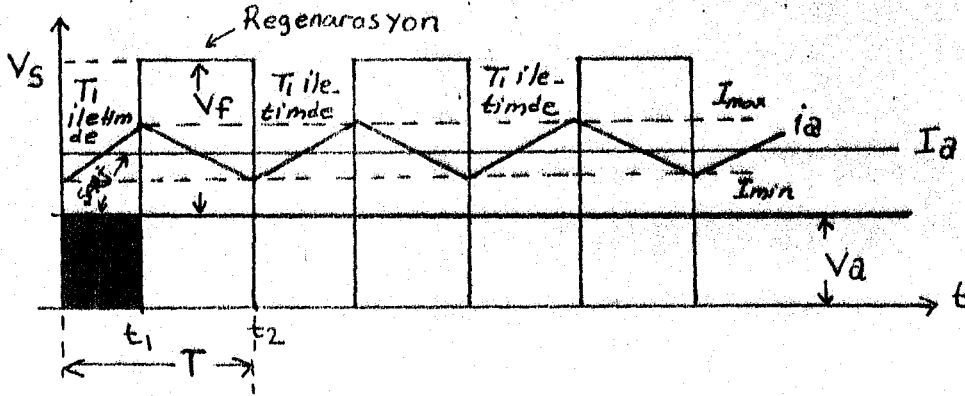
L_a 'nın şarjı sırasında T_1 iletimdedir ve V_a , endüvinin R_A-L_A devresine uygulanmaktadır. Endüvide ve alanda akım gelişir, böylece motorun kinetik enerjisi, manyetik enerjiye çevrilerek depolanır. Bu esnada akımın artışı üstel'dir, Depolama süresi şk.5.2c'de t_1 olarak gösterilmiştir. v_a , V_s ' den küçükse D_2 ve D_3 diodları tıkamadadırlar ve i_a , I_{max} değerine ulaştığı zaman, T_2 tetiklenir ve T_1 kesime döner.

Şimdi V_a , V_s ' ye göre daha negatiftir ve endüvi akımı, kaynağa D_2 diodu üzerinden aktarılır (Regenarasyon).

Regenarasyon süresi (t_2) esnasında enerji bataryaya geri aktarılır. ($V_s - V_a$) farkı, bu süre içinde R_A-L_A devresine i_a akımını azaltacak (üstel olarak) yönde uygulanır (Aslında enerjinin geri aktarılması akımı birdenbire düşürür). Akım, t_2 süresinin sonuna kadar düşer ve bu anda T_1 tetiklenir, L_a yeniden şarj olmaya başlar, bu bir işlem dönemi olup dönem tekrarlanır. (7)



Şk.5.2b Düşük hız -faydalı frenleme



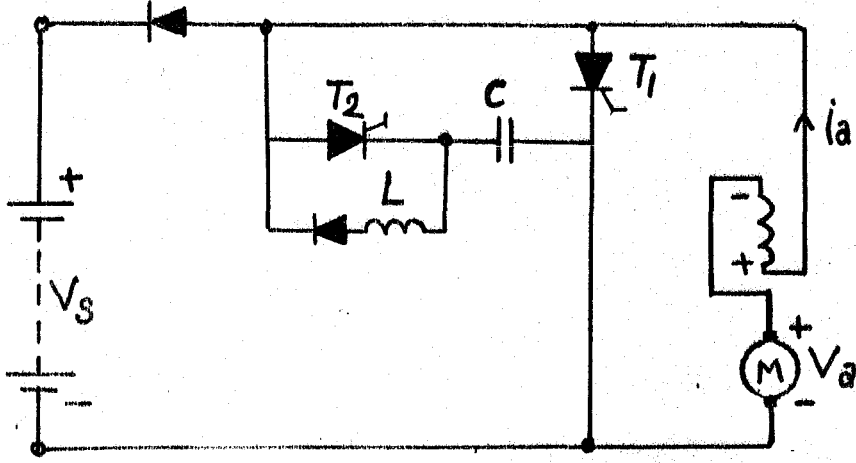
Şk.5.2c Yüksek hız - faydalı frenleme

Motorun içindeki moment frenleme yönündedir ve bu yüzden motorun enerjisi azalarak, atalet sağlanır. Yüksek ve düşük hızlar için aynı frenleme momenti ve dolayısıyla eşit değer de ortalama endüvi akımıyla çalışma için dalga şekilleri Şk. 5.2c ve 5.2b'de görülmektedir. (3)

Şekiller incelendiğinde faydalı frenleme sırasında da dalga genişlik modülasyonu yönteminin uygulandığı görülür.

Endüvi akımı ve alanın birlikte akım geri beslemesini T_1 ve T_2 'nin optimum tetiklenmesi sağlayacaktır. Düşük hız için düşük endüvi geriliminde endüktans şarjı uzun t_1 zamanına ve enerjiyi kaynağa aktarmak içinde kısa t_2 süresine gerek göstermektedir. Yüksek hız işleminde ise endüktans şarjı, kısa t_1 süresinde olur çünkü V_a değeri yüksektir. Regenarasyon içinse uzun t_2 süresine ihtiyaç duyulur (artan enerjiyi kaynağa aktarmak için gerekir.). Frenleme dönemi esnasında endüvi akımının ortalama değeri (I_a) izlenerek t_1/T oranı kontrol edilir. Yüksek hızda V_a , V_s 'yi aşabilmektedir, bu durumda D_3 diodu ilettime geçer ve kısa yoldan regenarasyon olur. Ancak bu kısa yol, i_f 'yi ve dolayısıyla alanı zayıflatarak, V_a 'yı hızla düşürür.

5.1.2.2. D.A kıyıcılı karayolu uygulamasında faydalı frenleme



Şk.5.3 Karayolu uygulamasında kullanılan faydalı frenleme

Şk.5.3'teki devredeki faydalı frenleme işlemeside benzer şekilde olmaktadır.

T_1 tetiklendiğinde akım oluşur ve enerji milden mağnetik alan içine aktarılır. T_1 kesime döndüğünde ise depolanan mağnetik enerji bataryaya aktarılır.

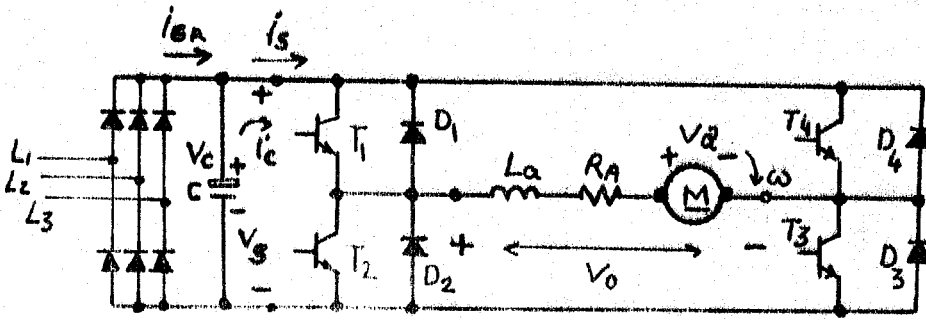
Düşük gerilimlerde bataryalı araçlarla - örneğin fork-lift arabaları - kıyıcılar iyi uyum sağlarlar, ancak bu tip yerlerde güç tranzistörleri kullanmak daha ekonomik olmaktadır. Çünkü tristörler tetikleme elemanlarına ihtiyaç gösterirler, ayrıca genellikle büyük ve pahallı kapasitörlerle kullanılırlar. Güç tranzistörleri de anahtarlama yöntemi ile kullanıldıklarından yük dalga şekilleri aynı olacaktır ki bu dalga şekilleri d.a kıyıcı için tanımlanabilir. (7)

5.2. GÜÇ TRANZİSTÖRLÜ 4 BÖLGE D.A KIYICILI OTOBÜS TAHRİĞİ

5.2.1. Tranzistörlü kıyıcının endüstrideki uygulamaları

Tranzistörlü kıyıcılar çoğunlukla ,dalga genişlik modülasyonu yöntemiyle ,1 kHz ila 10kHz arasındaki frekanslarda kullanılırlar. Güç tranzistörlerinin gelişmesi onların güvenilirliklerini ve çıkış güçlerini arttırmıştır. Yolverme esnasında nominal akımın 4-4,5 katı kadar akımlara dayanabilmektedirler, son uygulamalarında 30 Nm mertebesinde tahrik beslemesi elde edilmiştir.⁽²⁾

5.2.2. 4 bölge d.a kıyıcılı otobüs tahriğinin analizi

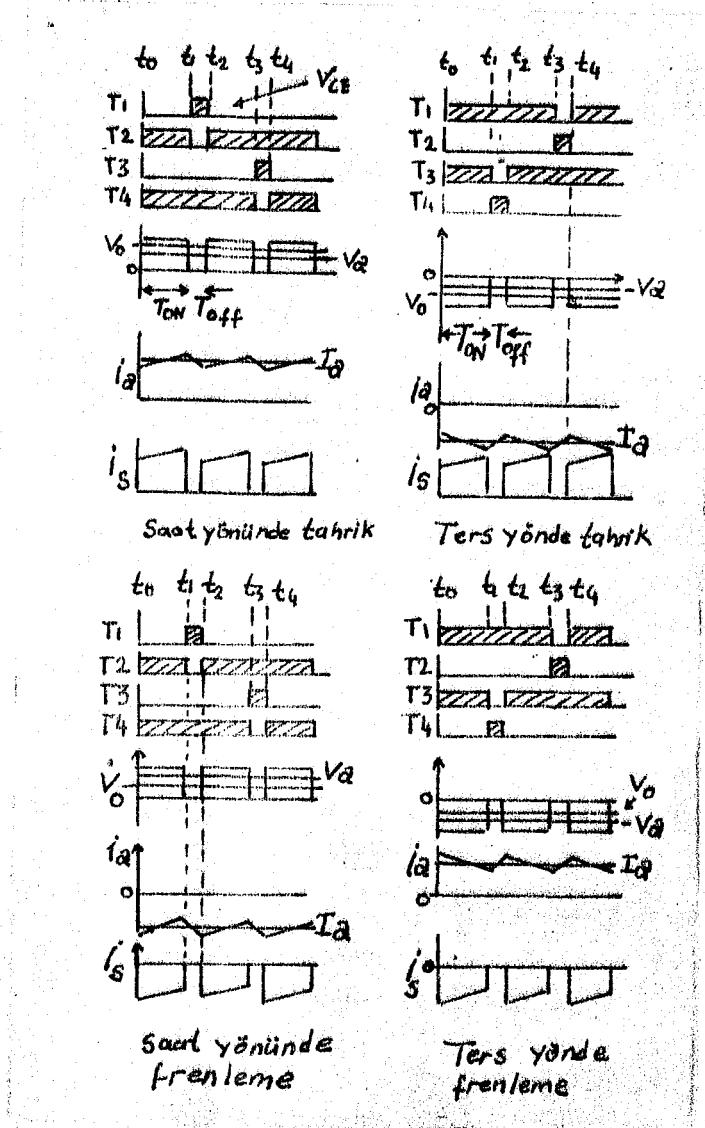


Şk.5.4 Tranzistörlü kıyıcı köprü devresi

Şk.5.4'te kullanılan temel köprü devresi gösterilmiştir. Doğrultucu beslemesi, 3 fazlı a.a hattın, aracın içine yapılmaktadır. Tampon kapasitörü hızlandırma işlemi için enerji depolamayı sağlamaktadır ve enerji almaktadır. Frenleme sırasında motor mekanik enerjiyi içine alır ve tampon kondansatörü bu nedenle genaratör gibi çalışarak elektrik enerjisi sağlar. Bu devreyle, saat yönünde dönüş ve frenleme ile, ters yönde dönüş ve frenleme yapılmaktadır. Tranzistörler- Dalga genişlik modülasyonu ile - anahtar gibi işlemektedirler.

4 bölge tranzistör kontrolünde iki enerji evresinde çalışma zorunludur,

- 1- Büyük kapasiteli tampon kondansatörü, C ; girişte V_c gerilimini sabit tutar ve enerji depolamaya, enerji bırakmaya muktedirdir
- 2- Yük endüktansı, L_A ; Motor akımını düzeltir ve enerji tampo_nu gibi çalışır, bu özellikle frenleme sırasında önemlidir. Kıyıcının yüksek frekanslarda çalışması için L_M motor endüktansı genellikle yeterlidir.



Şk.5.5 4 bölge çalışma dalga şekilleri

5.2.2.1. Saat yönünde dönüş(I.bölge tahrik)

t_0 anında T_1 ve T_3 "on" olarak anahtarlanırlar. Motorun endüvi gerilimi pozitifdir. ($v_o = V_c$) ve akım motor üzerinden T_1, L_A, R_A, T_3 yoluyla akar. t_1 anında, T_1 anahtarı açılır, motor akımı T_1 'den D_2 üzerine aktarılır ve dolaşım T_3 üzerinden D_2, L_A, R_A yoluyla olacaktır(serbest dolaşım). Bu noktada v_o ve i_s sıfıra düşer. t_2 anındaki çalışma, $t_0 - t_1$ süresindeki çalışma gibidir. t_3 anında, T_3 açılır ve motor akımı şimdi D_4 dioduna aktarılır ve dolaşım $T_1, L_A, R_A, \text{motor}, D_4, T_1$ üzerinden olacaktır. v_o ve i_s tekrar sıfır olur. t_4 anında T_3 anahtarlanarak kapanır ve yeni anahtarlama dönemi başlar. Motora uygulanan ortalama gerilim V_o , T_{on} ve T_{off} süreleri arasındaki oranla belirlenir. İletim esnasında enerji kaynaktan alınır. Kesim'de iken endüktans içinde depolanmış enerji ile akım sürdürülür. T periodu süresince v_o ve i_a pozitifdir.

5.2.2.2. Saat yönünün tersinde dönüş (III.bölge tahrik)

Çalışma şekli bu bölge için benzer tarzdadır. T_2 ve T_4 birlikte anahtarlandıklarında yük üzerinde negatif gerilim dalgaları vardır ve akım motor üzerinden ters yönde akacaktır. Serbest dolaşım evrelerinde, dolaşımlar sıra ile alt ve üst yarım köprüler üzerinden yapılır. İletim süresince motor akımı T_2 ve T_4 tranzistörleri tarafından iletilir, kesim süresinde serbest dolaşım meydana gelir.

5.2.2.3. Saat yönünde dönüşle frenleme (IV.bölge)

Motor devresinin aktif gücünün ter akması için I_a ve V_o 'ın değişimleri 1.bölgeye göre ters olmalıdır. Burada V_o 'ın V_a 'yı azalttığı kabul edilir. Akımın yönü motor devresi içinde ters döner. Tahrikten, frenlemeye geçiş, iletim süresinin azaltılması, kesim süresinin arttırılması ile sağlanır.

t_1 anında T_2 iletimdedir ve V_a akımı R_A, L_A, T_2 ve D_3 üzerinden dolaştırır. Enerji L_A endüktansında depolanır. ($W_{L_A} = -\frac{1}{2} \cdot L_A \cdot I_a^2$)

t_2 anında T_2 off olarak anahtarlanır ve i_a akımı D_1 diodu üzerine aktarılır. Akım kaynağa akar ve kapasitör şarj olur,

D_3 üzerinden motora geri döner. ($W_c = -\frac{1}{2} \cdot C \cdot V_c^2$). Dolayısıyla

Kapasitör şarj gerilimi artacaktır ve t_3 anında T_4 on olarak anahtarlanırsa, endüvi akımı yukarıdan, R_A, L_A, D_1 ve T_4 üzerinden

akacaktır. Enerji şimdi tekrar L_A içine depolanır ve bu enerji

t_4 anında D_1 ve D_3 yoluyla kaynağa geri beslenir. Bu süreç periodik olarak tekrarlanır (T_1 ve T_3 , t_2 ve t_4 anlarında

iletim için anahtarlanırlar ve t_2-t_4 arası iletimdedirler)

T_{off} süresince, endüktans içinde enerji depolanabilmesi

için, T_{on} süresince enerji, d.a kaynak içine geri beslenir.

Motor'un I_a ve V_a değerleri, kaynağa göre ters polariteye sahiptir. Bu süreç içersinde, motor ortalama bir momentle sabit şekilde frenlenir çünkü aktif güç d.a kaynak içine geri beslenmektedir.

5.2.2.4. Saat yönünün tersi dönüşle frenleme (II. bölge)

Bu bölgedeki frenleme olaylarında, IV.bölgedeki olaylara

benzer. Enerji L_A içinde T_{off} süresince depolanır (T_3 bu sırada iletimdedir.) . t_2 anında T_3 kesime anahtarlanır ve

akım D_2 , D_4 serbest dolaşım diodlarına aktarılarak, d.a

kaynağa geri gönderilir. Bu süreç içerisinde de I_a ve V_a değerleri ters polaritedirler.

5.2.3 Tranzistörlü d.a kıyıcı ile tahrik sonuçları: (2)

Tampon kondansatörünün belirli bir değerde enerji depolayabilmesinden dolayı d.a kaynak gerilimi fazla artmamaktadır. Aşırı miktarda gerilim düşürme, aşırı akımlara yol açmakta ve bu akım önemsenmese bile mekanik enerjinin önemli bir miktarı ısıya dönüşmektedir (çünkü büyük frenleme enerjisi için değişken bir direnç kaynak devresine bağlanarak enerji ısıya dönüştürülmektedir). Ölçüsüz bir gerilim artışında da hi normal bir hız bozulması meydana gelmemektedir. Ancak dikey hız kontrolü için aşırı gerilim sınırlayıcı anahtar gerekir. D.A otobüs beslemesi için diğer bir yöntem, evirici-doğrultucu kullanmaktır ancak ekonomik bir sistem değildir.

BÖLÜM-6

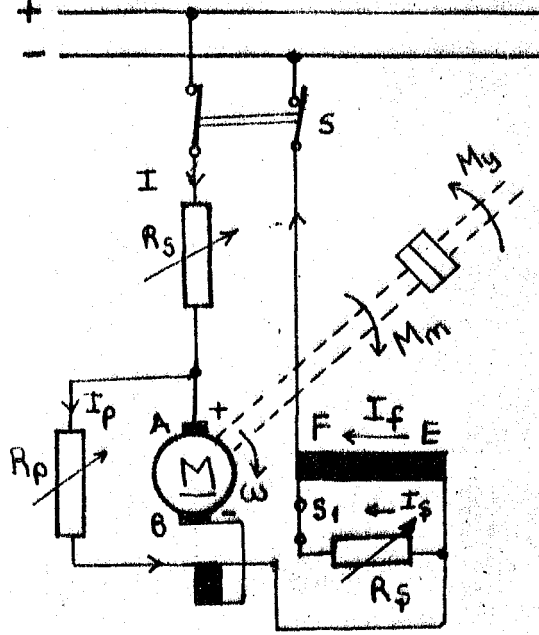
6- D.A KIYICILI TAHİRİK SİSTEMİNİN, KLASİK KONTROLLÜ SERİ SİSTEMLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

6.1. KLASİK DİRENÇ KONTROLLÜ SERİ MOTOR TAHİRİK SİSTEMİNİN ÇALIŞMASI:

D.A seri motorun endüvi devresine seri bağlanan kademe li direnç uygulaması ile seri motorların yolalma akımları istenilen akım, dolayısıyla moment sınırında tutularak yolverme gerçekleştirilir. Ancak doğal olarak güç kaybı söz konusudur. Yolcermeden sonra ise direnç devreden alınabilir (yolverme sırasında motor mili yüklüdür.). Eğer devrede başka ayar direnci yoksa, motorun hızı milindeki yüke bağlı olarak belirlenecektir. Seri motorun yüklü çalışması esnasında hız ve moment büyüklüklerinin kontrolü için klasik sistem içersinde endüvi ve alan sargısı uçlarına paralel bağlanan dirençler (ayarlı direnç) kullanılır. Endüvi uçlarına paralel bağlanan dirençle (R_p), uyarma akımı sabit tutulurken, endüvi akımı (I_a) değiştirilmekte böylece sbt. mag. akı ve değişken I_a ile moment değişimi şönt yada serbest uyarmalı motorların $M = f(i_a)$ krk.'lerine benzetilebilmektedir. Eğer endüvi uçlarına paralel bağlı olan R_p direncinin yanısıra, endüvi devresinde ayarlı bir direncin alan sargısına seri olarak bağlandığı var sayılırsa, bu takdirde endüvi devresine uygulanan gerilim ayarlanabilecektir (yolverme'deki gibi). Gerilim ayarlanırken, paralel direncinde ayarlanması I_a akımını sbt. tutacağından sbt. moment çalışmada istenilen hız elde edilebilir (gerilim kontrolü). Ancak gerilim nominal değerine kadar arttırılabilir. Hızın daha fazla yükseltilmesi ise alan sargısı uçlarına paralel bağlanan ayarlı bir dirençle (R_s) sağlanabilir. R_s 'nin ayarlanmasıyla alan değeri ayarlanabilmekte ve V_s sbt.

ve nominal değerinde, $I_a = s b t.$ iken, alanın zayıflatılmasıyla daha yüksek hızlara çıkılabilmektedir (alan kontrolü).

Ancak moment düşecektir.



Şk.6.1 Klasik sistem d.a seri motor tahriği prensip şeması

Alan kontrolüne sadece yüksek hızlar için başvurulur. Yol alma başında ise alan en büyük değerinde tutulur ve böylece moment ve zıt emk'nın oluşması için uygun şartlar yerine getirilmiş olur.

Klasik sistemde yukarıda açıklanan kontroller, elektromekanik yada yarı otomatik kumandalar ile gerçekleştirilmektedir. Ancak sonuçta direnç kademe geçişlerindeki kesiklikten dolayı akım ve moment darbeleri oluşmaktadır ki bu durum dirençler üzerinde ısı enerjisi şeklinde ortaya çıkan güç kaybı ile birlikte arzu edilmeyen sonuçlardır.

Faydalı frenleme sırasında kaynağa geri dönen enerjinin, gerektiği kadar çabuk ve etkili denetlenememesi de, aşırı

yüklenmelere ve dolayısıyla aşınmalara neden olacaktır. Ayrıca faydalı frenlemedeki enerjinin büyük bir kısmı dirençler üzerinde harcanarak, ısı enerjisi oluşturur.

Direnimle frenlemede ise d.a kıyıcı ile aralarında bir fark yoktur.

6.2. D.A KIYICILI SERİ MOTOR TAHRİK SİSTEMİNİN, KLASİK SİSTEME GÖRE AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

6.2.1. Avantajları:

- 1- Elektromekanik kontrol elemanlarındaki aşınma durumu yoktur, bu nedenle bakımları kolaydır.
- 2- Kontrol dirençleri olmadığı için yüksek verimli, kayıpsız kontrol imkanı sağlar. Ayrıca metro sistemlerinde bir avantaj olan, ortam sıcaklığını yükseltmeme özelliğine sahiptir.
- 3- Yolalma, frenleme sürelerini, kuvvetlerini istenilen değerde tutar, ayarlar. Kademesiz geçiş dolayısıyla optimum yolalma ve frenleme sağlar.
- 4- Normal çalışmada, hızı istenilen değer yada değerler içinde ayarlar ki bu geniş hız kontrol sahası anlamına gelir.
- 5- Küçük fiziksel boyutları içerir.
- 6- Seri motor tahriği için engüvenilir kaynaktır.
- 7- Faydalı frenlemede %30 ila %40'lık bir enerji kazancını, frenleme enerjisini denetleyerek sağlar.
- 8- Elektromekanik yada yarı otomatik kontrollerde, kontrol dirençlerindeki kademe geçişlerinden dolayı oluşan, akım ve moment darbeleri yoktur.

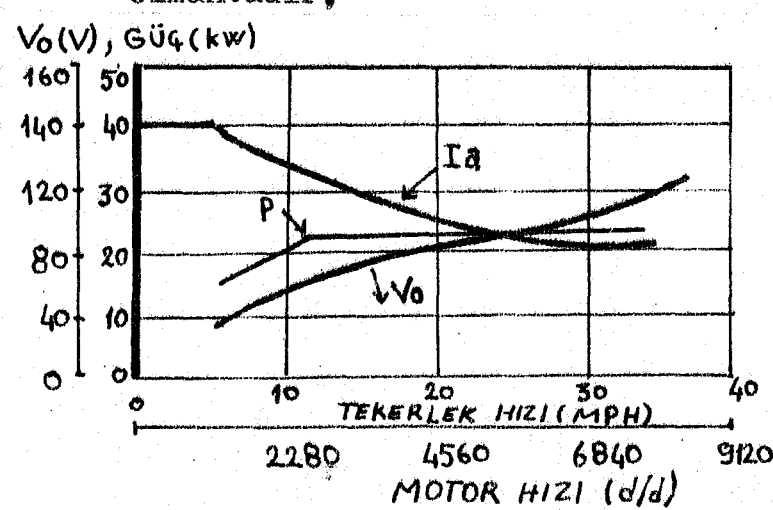
6.2.2. Dezavantajları:

Sistemin kuruluşunun pahalılı olması, ileri teknoloji gerektirmesi, yüksek akımlarda komütasyon hatalarının mümkün olması, d.a kıyıcıli seri motor tahriğinin olumsuzlukları için de gösterilebilir. Ancak ekonomiklik yönünden, kendilerini uzun süreli çalışmalarda amorti edebilmektedirler.

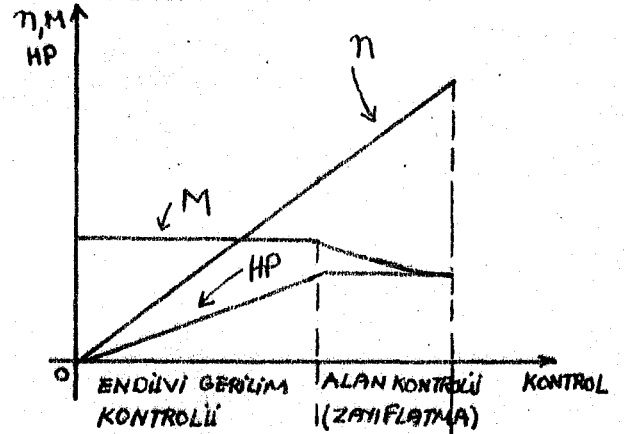
7.1 SONUÇ

D.A kıyıcı ile d.a seri motor tahriği , yolverme, hız sahasında hız kontrolü ve frenleme safhalarında son derece etkin,güvenilir ve yüksek verimli olmaktadır.Sabit moment ve bazı durumlarda sabit güç isteklerine belirli hız sahalarında cevap verebilmektedir.D.A kıyıcı ile seri motor kontrolünde elde edilen güç,moment ve hız karakteristikleri,1 yada 3 fazlı konvertör kontrollü şönt motor krk.'lerine hemen hemen benzer şekilde elde edilebilmektedir(şk.7.1 ve şk.7.2).

D.A kıyıcılı seri motor tahriğini sınırlandıran unsurlar ise V_o , I_a ve n' nin, minumum ve maksimum değerleri olmaktadır,



Şk.7.1 D.A kıyıcı ile yapılan tipik motor tahrik krk.'leri (6)



Şk.7.2 Şönt motor hız kontrol sahası (3)

Faydalı frenleme sırasında kaynağa verilen enejinin kontrol edilebilmesi ve kontrol dirençlerinden dolayı oluşan güç kaybının, ısının ortadan kaldırılması d.a kıyıcının en önemli üstünlükleri olmaktadır.

Bu son bölüme kadar açıklanan özelliklerinden dolayı, d.a kıyıcıları ilk yıllarda sadece d.a kaynağın var olduğu durumlarda kullanılırlarken,sonraları kaynak cinsine bakılmaksızın d.a seri motor kontrolünde kullanılmışlardır.

7.2 YARARLANILAN KAYNAKLAR

Kitaplar

- 1- RAMSHAW R.S , Power Electronics,1978,Chapman and Hall,
s.4-8
- 2- SIEMENS AKTIENGESSELLSCHAFT, Electrical Feed Drives for
Machine Tools,1983,Wiley and sons,s.141-145
- 3- KUSKO A, D.C Motor Drives,1979,The M.I.T Press,s.1-5,16-20,
86-89
- 4- SUGANDHI R.K and SUGANDHI K.K ,Thyristors,1982,Wiley and
Sons,s.193 - 215
- 5- BIRD B.M and KING K.G, Power Electronics,1983,Wiley and
Sons,s.283-353
- 6- INTERNATIONAL RECTIFIER, SCR Applications Handbook,1977,
s.322-337
- 7- LANDER C.W ,Power Electronics,1981,McGraw-Hill,s.298-318
- 8- GENERAL ELECTRIC ,SCR Manual,1972,s.371-375
- 9- SARIOĞLU M.K ,Elektrik Makinalarının Temelleri,Kısım-2,
1973,İTÜ matbaası,s.44-57
- 10- ÜNALAN E, Elektrikle Tahrik,1978,İTÜ matbaası,s.86-101
- 11- KAYNAK O, Tristörlü Tahrik Sistemleri,1986,BÜ yayını,
s.49-54,56-61
- 12- KAYNAK O, Güç Elektroniği ve Uygulamaları,1986,BÜ yayını,
s.58-62

Ders notları

- 13- URAL A, Elektrikli Ulaşım Sistemleri,1985,YÜ

Seminer notları

- 14- ARIKAN C, Güç Elektroniği ve Motor Denetimi Semineri,1980,
SEKA-İZMİT,s.54-55,14-17

