

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Fen Hızlarının Kontrolü

Yüksek Lisans Tezi

Yunus Taştan

1989

152

123

Elle
30.000.12

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FAN HIZLARININ KONTROLÜ

LİSANS ÜSTÜ TEZİ

© 2007 YILDIZ ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Yunus TAŞTAN
Elektrik Mühendisi

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
KÜTÜPHANE DOKÜMANTASYON
DAİRE BAŞKANLIĞI

Kot : R 152
123

Alındığı Yer : FEN BİL. ENS.

Tarih : 16.04.1992

Fatura : - - - - -

Fiyatı : 30.000. TL.

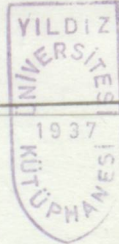
Ayniyat No : 1/2

Kayıt No : 48334

UDC : 621.3 378.242

Ek :

7



YILDIZ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ÖNSÖZ

FAN HIZLARININ KONTROLÜ

LİSANS ÜSTÜ TEZİ

Tez Yürütücüsü : Prof. Remzi GÜLGÜN



Yunus TAŞTAN
Elektrik Mühendisi

ÖNSÖZ

Elektrik Mühendisliğinde iki ana dal olan enerji ve elektronik dalları arasında yer alan "Güç Elektroniği" endüstriyel uygulamalarda kısa zamanda önemini artırmış, hızla gelişen entegre ve bilgisayar teknolojisinin desteği ile otomatik kontrol ve kumanda sistemlerinde etkin bir yer almıştır. Son yıllarda ülkemizde kurulan tüm modern fabrikaların kontrol sistemlerinde bahsedilen bu elemanlar kullanılmaya başlanmıştır.

Hemen hemen her tesiste iş makinalarının hız kontrolü ve ayarı istenilen özellik haline gelmiştir. Güç elektroniğinde kaydedilen aşamalar dan sonra devir sayısı ayarı artık yarı iletken devre elemanları ile kayıpsız olarak gerçekleştirilmektedir. Statik devir sayısı ayarlayıcıları, diğer sistemlere göre avantajlarından dolayı sanayide hız ayarı gerektiren yerlerde giderek yaygınlaşarak diğer sistemlerin yerini almaktadırlar. Bu nedenle hız kontrolünü tez konusu olarak seçerek bu konuda yaptığım çalışmayı burada sunmuş bulunmaktayım.

Bu tez asenkron motorların güç elektroniği sistemleri ile hız kontrolü konusunda, vantilatör (santrfüj) hız-moment karakteristiğine haiz fan'lar ele alınarak bunların devir sayılarının ayar metodlarını içermektedir.

Giriş kısmında; devir sayısı ayarının önemi, asenkron motorunun D.C. motoruna üstünlükleri, santrfüj moment karakteristiğine sahip pompa, fan ve vantilatörlerin devir sayısına bağlı özellikleri ve bunlarda hız ayarı ile yarı iletken devre elemanlarıyla hız ayarının mekanik düzenlere ve D.C. tahriklerine olan üstünlükleri ortaya konmuştur.

İlk kısımda; elektrik motorları, bunların işletim özellikleri ve karakteristikleri, devir sayısı ayarında önemli olan hususlar, iş makinalarının işletme karakteristikleri (hız-moment (güç) karakteristikleri), elektrik motorlarının genel hız ayar metodları ve dönüş yönünün nasıl değiştirilebileceği izah edilmiştir.

I. nolu kısımda; asenkron motorun yapısı ve çalışma prensibi transformatorle ilişkili olarak açıklanıp, asenkron motorun elektriksel eşdeğer devresi, fazör diyagramları ve daire diyagramının çıkartılması

izah edilmiştir.

2. nolu kısımda;devir sayısı ayarı konusu ele alınmış,hız ayar met-
ları yararlı ve sakıncalı yönleriyle yer almıştır.

Son kısımda ise değişik iki metoda göre hesaplama örnekleri ele a-
linmiştir.

Bu tez'in,güç elektroniği ve hız kontrolü konusuyla ilgilenen mühe-
dis adaylarına yardımcı olabilmesi dileğiyle,tez'i hazırlamada bana
yol gösteren,beni yönlendiren,yardımcı ve destek olan değerli tez yü-
rütme hocam sayın Prof.Yük.Müh.Remzi GÜLGÜN'e içten tesekkürü bir bor-
bilirim.Ayrıca değerli yardım ve desteklerinden dolayı mesai arkadaş-
larımı burada minnetle anıyorum.

Yunus TAŞ TAN

İstanbul-Haziran 1989

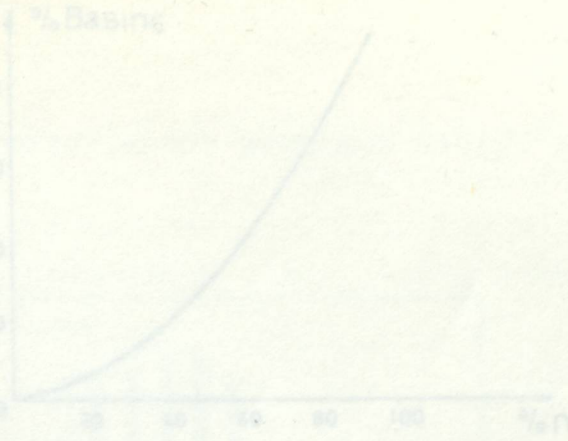
Elektrik Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

0.0.I.Giriş	I
0.I.Elektrik Motorlarının İşletim Karakteristikleri	5
2.1.-Şönt Karakteristikli Motorlar	6
-Seri Karakteristikli Motorlar	6
-Şönt ve Seri Karakteristikli İki Motorun Karşılaştırılması	6
0.I.I. İşletme Özellikleri	7
0.I.I.I. Devir Sayısı Ayarı	7
0.2. İş Makinalarının İşletme Karakteristikleri	10
a- "ω" Açısal Hızı İle Hiperbolik Olarak Değişen Yük Momenti Karakteristiği	10
b-Devir Sayısına Bağlı Olmayan Sabit Yük Momenti Karakteristiği	11
c-Devir Sayısı İle Orantılı Olarak Artan Yük Momenti Karakteristiği	12
d-Devir Sayısının Karesiyle Orantılı Artan Yük Momenti Karakteristiği	13
0.3. Genel Olarak Elektrik Motorlarında Kullanılan Hız Ayar Yöntemleri	16
1-Endüvi Devresinde Kademeli Dirençle Devir Sayısı Ayarı	
2-Endüvi Geriliminin Kademeli Olarak Değiştirilmesi ile Devir Sayısı Ayarı	
3-Elektrik Motorunun Alan Akımını Değiştirerek Devir Sayısı Ayarı	
4-Motorun Primer Besleme Geriliminin Frekansını Değiştirerek Devir Sayısı Ayarı	17
5-Fırçaları Kaydırmak Suretiyle Devir Sayısı Ayarı	
0.4. Dönüş Yönünün Değiştirilmesi	20
I. Asenkron Motor	21
I.I. Çalışma Prensipleri	22
I.2. Elektriksel Bağlıntılar	25
I.2.I. Transformator Olarak Etkileşimi	27
I.2.2. Elektriksel Eşdeğer Devre Şeması	28
I.2.3. Vektör Diyagramları	31
I.2.4. Daire Diyagramı	33

2. Devir Sayısı Ayarı	36
2.I. Kayma Gücünün Değiştirilmesi Suretiyle Devir Sayısı Ayarı	36
2.I.I. Rotor Dirençleriyle Devir Sayısı Ayarı	36
2.I.2. Kaskat Bağlantılar Yardımıyla Devir Sayısı Ayarı	46
a-Senkron Altı Akım Doğrultucu Kaskadı	47
b-Krämer Kaskadı	64
2.I.3. Senkron Altı Akım Doğrultucu Kaskatların Bağlantı Varyasyonları	71
-Fren İşletme	72
-Alternatif Atıkla Frenleme	73
-Doğru Akımla Frenleme	74
-Reaktif Güç Azaltmalı Bağlantılar	76
-Rotor Devresinde Uyarılama Transformatorü	77
-Dönüştürücüde Seri-Paralel Bağlantı Değişimleri Vasıtasıyla Uyarılama	78
-Bir Müsterek Akım Doğrultucuya Birden Çok Motorun Bağlanması	79
-Açıya Bağlı Senkron Durum	80
-Aynı Döndürme Momenti İçin Bağlama	81
-Aynı Devir Sayıları İçin Bağlantı	82
2.2.Senkron Altı Akım Doğrultucuya ilişkin Bağlantıların Elde Edilişi	83
2.3. Besleme Geriliminin Değiştirilmesiyle Devir Sayısı Ayarı	91
2.3.I. Transformatorle Devir Sayısı Ayarı	92
2.3.2. Alternatif Akım Kıyıcıları İle Devir Sayısı Ayarı	101
2.3.2.I. Alternatif Akım Kıyıcıları	101
2.3.2.2. Tam ve Yarı Kontrollü Kıyıcı Bağlantıları	106
2.3.2.3. Reaktif Güç Bağlantıları,Harmonik Gerilimleri ve Harmonik Akımları	114
2.3.2.4. Fren Çalışma ve Devir Yönü Değiştirilmesi	117
2.3.2.5. Gerilim Kesme Kumandasıyla Kumanda Edilen Tristör Beslemeli A.C. Tahriğinin İşletme Davranışları ve Kullanım alanları	118
2.3.2.6. Stator Geriliminin A.C. Kıyıcıları İle Değiştirmek Suretiyle Devir Sayısı Ayarına İlişkin Bağlantıların elde edilişi	124
3. Hesaplama Örnekleri	130
3.I.Senkron Altı Akım Doğrultucu Kaskadına İlişkin Hesaplama	130
3.2.Statorda A.C. kıyıcısı Durumunda Hesaplama	133
Kaynaklar	135



O.O.I. GİRİŞ

Şekil 001: Basıncın devir sayısına bağlı değişimi

Dünya üzerinde üretilen elektrik enerjisinin önemli bir kısmı, pompalar, fanlar, üfleyiciler ve kompresörler gibi santrfüj yada akışkan tahrik sistemlerinin tahrikinde kullanılır. Bu iş makineleri, vantilatör yada santrfüj moment karakteristiği dediğimiz hız moment karakteristiklerine sahiptirler. Bu tip yüklerin tümü sabit hızlı asenkron motorlar (sincap kafesli veya bilezikli) tahrik etmektedir. Endüstriyel uygulamalarda akışkan debisinin çoğu kez kontrolü istenir. Debi ve basınç gibi çıkış büyüklüklerinin değişken olması arzu edilir. Bu amaçla genellikle vanalar, damperler, klepeler, by-pass devreleri v.b. gibi akışı kısımlayan çeşitli düzenler kullanılır. Akışı sınırlayan bu düzenlerde girişten çekilen gücün bir kısmı sürtünme ile ısıya dönüşür ve sistemin verimi düşer. Bu şekilde yapılan akışkan kontrolünü, motoru tam devrinde çalıştırıp hızını balatalı frenle ayarlamaya benzetmek mümkündür. Böylece motor verilen gücün önemli bir kısmı boşa harcanmaktadır. Aynı zamanda donanımda boşuna yıpranmış olur. Üretilen elektrik enerjisinin üçte ikisi santrfüj yada akış sağlayan düzenlerde kullanılmaktadır. Bu açıdan ele alındığında değişken hızlı tahrik, kullanılma mecburiyeti getirmektedir.

Eskiden kontrol olanaklarının daha basit olması nedeniyle D.C. motorları yaygın olarak kullanılmışlardır (şimdi ise sadece çok eski tesis yada fabrikalarda bulunabilmektedir). Fakat kontrol ve güç elektroniğindeki gelişmeler sonucu günümüzde asenkron motorun hız kontrol olanakları D.C. motorunun olanaklarına ulaşmıştır.

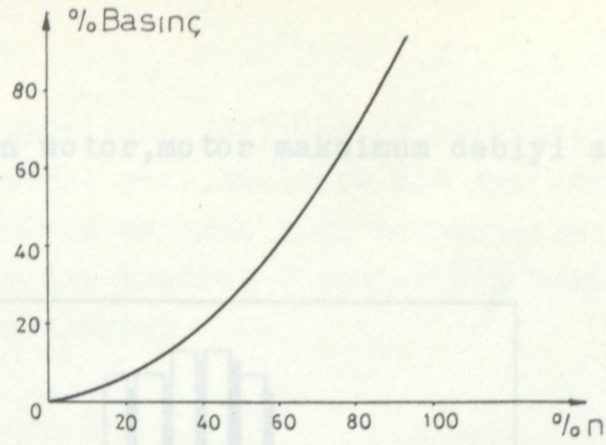
Genel Kurallar:

Şekil 002: Basınç devir sayısına bağlı değişimi

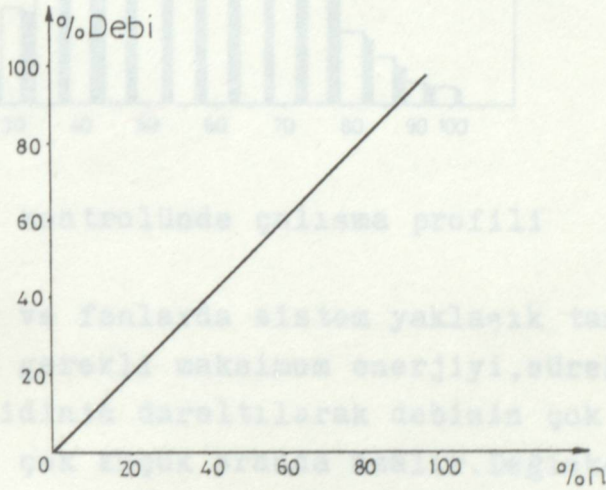
Motor hızının değişken olması durumunda santrfüj yükler için genel kaideler şöyle sıralanabilir:

- Akışkan debisi motor hızı ile doğru orantılıdır
- Dinamik basınç hızın karesi ile orantılıdır
- Debi ile dinamik basıncın çarpımı olan güç, devir sayısının karesi ile orantılı olarak değişir

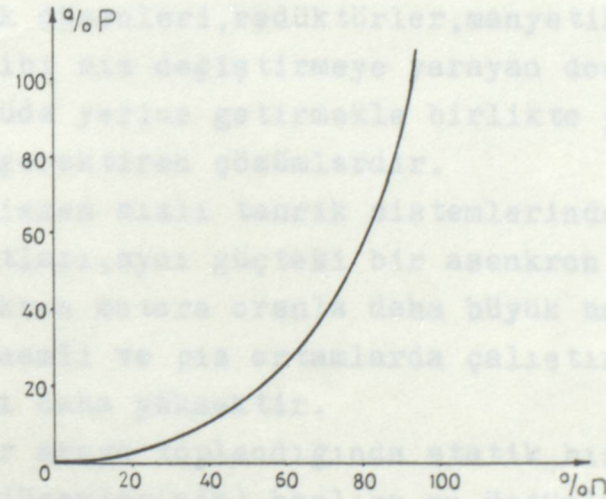
Bu kaidelere ilişkin şekiller aşağıda yer almaktadır.



Şekil 001: Basıncın devir sayısına bağlı değişimi



Şekil 002: Debinin devir sayısına bağlı değişimi

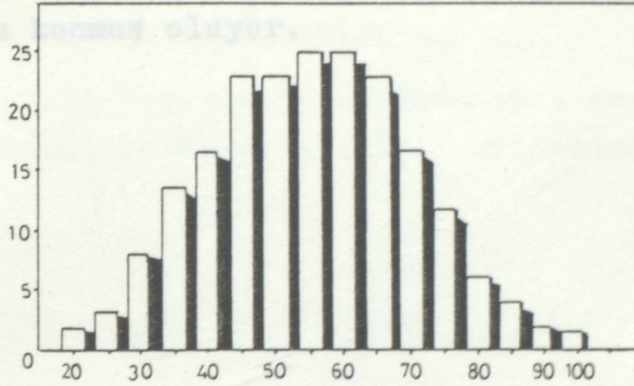


Şekil 003: Gücün devir sayısına bağlı değişimi

Değişken Akış Sistemlerinde Uygulama Durumları:

Bir çok pompa ve fan uygulamalarında akış profili şekil 004'deki gibidir. Tipik bir fanda debi, çoğu kez istenen maksimum değer in %40 ile %70 'i arasındadır. Çalışma periyodunun önemli bir kısmında daha az güç

gerekmesine rağmen motor, motor maksimum debiyi sağlayacak güçte seçili motorların endüstrideki yeri, bunlarda his yapmalarının gerekliliği, tahrik motoru olarak asenkron motorun D.C. motoruna tercih sebepleri ve his kontrolünde statik hız kontrol düzenlerinin mekanik olanlara üstünlükleri ortaya çıkmış oluyur.



Şekil 004:Akışkan kontrolünde çalışma profili

Sabit hızlı pompa ve fanlarda sistem yaklaşık tam gücü çeker ve sadece kısa süreler için gerekli maksimum enerjiyi, sürekli olarak tüketir. Giriş gücü, akış kesidinin daraltılarak debinin çok düşürüldüğü çalışma noktalarında bile çok küçük oranda azalır. Değişken hızlı tahrikte gerekli gücün, hızın küpü ile orantılı değiştiğini ve maksimum hız ile güçün sadece kısa sürelerde söz konusu olacağını göz önüne alırsak, büyük boyutlarda enerji tasarrufu sağlanacağı görülür.

Kayış ve kasnak düzenleri, redüktörler, manyetik kavramalar ve hidrolik varyatörler gibi hız değiştirmeye yarayan donanımlar istenen fonksiyonları bir ölçüde yerine getirmekle birlikte pahalı, hantal, düşük verimli ve bakım gerektiren çözümlerdir.

Öte yandan değişken hızlı tahrik sistemlerinde kullanılan gelmiş D.C motorlarının fiyatları, aynı güçteki bir asenkron motorun iki veya üç katıdır. Gene asenkron motora oranla daha büyük hacimli ve ağır olan bu motorun gazlı, nemli ve pis ortamlarda çalıştırılması daha zordur. İşletme masrafları daha yüksektir.

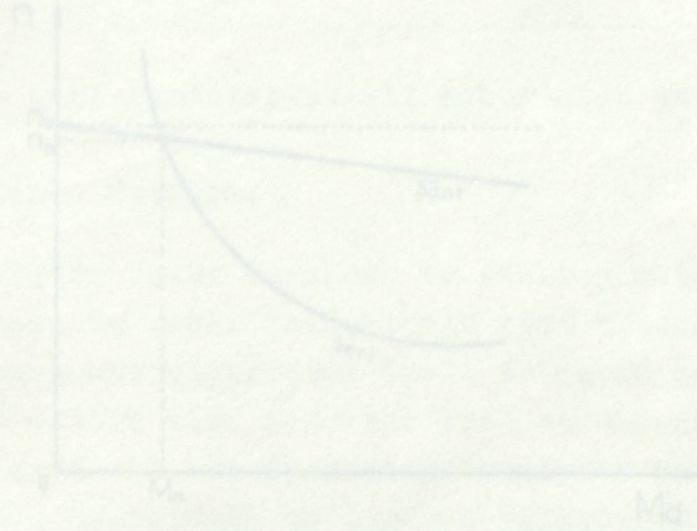
Bu noktalar bir araya toplandığında statik hız kontrol ünitelerinin (güç elektroniği düzenlerinin) başlıca şu üstünlükleri ortaya çıkmaktadır:

- Yüksek verim
- Düşük gürültü
- Kolay mekanik montaj
- Mekanik donanım ve bakımda azalma
- Enerji denetim sistemlerine kolay uyum

6.1. ELEKTRİK MOTORLARININ İŞLETİM KARAKTERİSTİKLERİ

Böylece vantilatör (santrifüj) moment karakteristiğine sahip iş makinelerinin endüstrideki yeri, bunlarda hız ayarının gerekliliği, tahrik motoru olarak asenkron motorun D.C. motoruna tercih sebepleri ve hız kontrolünde statik hız kontrol düzenlerinin mekanik olanlara üstünlükleri ortaya konmuş oluyor.

olarak iki gruba ayrılırlar. Aşağıda şönt ve seri karakteristikli motorların hız-moment karakteristikleri verilmiştir.



Şekil 01: Şönt ve seri karakteristikli motorların hız-moment karakteristikleri

Bu karakteristiklerin, tahrik edilen makina karakteristiklerinin çoğundan olan farklı bir tarafı motor hızının yük momentine göre düşen bir eğilime, yani negatif bir eğime sahip olmasıdır.

Şekilden görüleceği üzere şönt karakteristikli motorlarda devir sayısının yük göre değişimi çok düşüktür. Bu değişim yaklaşık olarak sıfır kabul edilebilir. Buna karşın seri motorlarda devir sayısının motor yüküne göre değişimi oldukça fazladır.

Şönt ve seri karakteristikli motorlar için diğer önemli bir işletme karakteristiği de moment-akım karakteristiğidir. Aşağıdaki şekilde bu karakteristikler yer almaktadır.

Magnetik doymadan uzak ve magnetasyon sınırına kadar uzanan normal çalışma alanı içinde şönt karakteristikli motorlarda moment, akımla doğru orantılı olarak, seri karakteristikli motorlarda ise akımın karesiyle doğru orantılıdır.

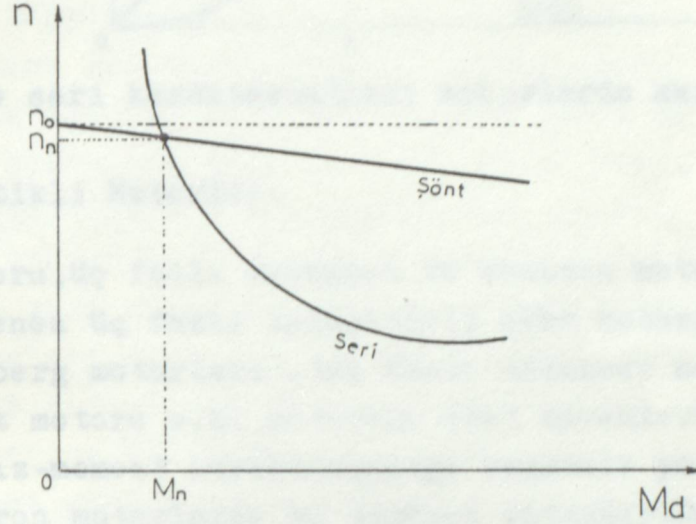
O.I. ELEKTRİK MOTORLARININ İŞLETİM KARAKTERİSTİKLERİ

Doğru ve alternatif akımla çalışan yapı, çalışma ve kullanım alanları farklı pek çok çeşit elektrik motoru vardır. Fakat bütün bu motorları işletme karakteristiklerine göre

1-Şönt karakteristikli motorlar

2-Seri karakteristikli motorlar

olarak iki gruba ayrılırlar. Aşağıda şönt ve seri karakteristikli motorların hız-moment karakteristikleri verilmiştir.



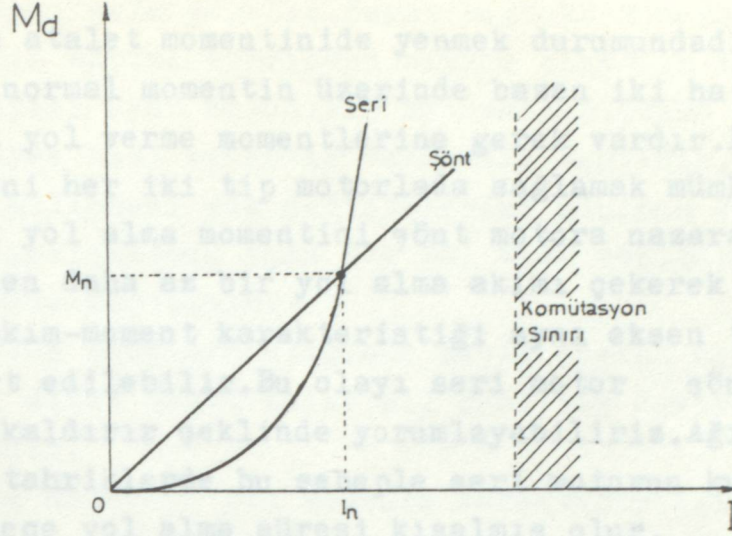
Şekil OI:Şönt ve seri karakteristiklere sahip motorların hız-moment karakteristikleri

Bu karakteristiklerin, tahrik edilen makina karakteristiklerinin çoğundan olan farklı bir tarafı motor hızının yük momentine göre düşen bir özelliğe, yani negatif bir eğime sahip olmalarıdır.

Şekilden görüleceği üzere şönt karakteristikli motorlarda devir sayısının yüke göre değişimi çok düşüktür. Bu değişim yaklaşık olarak sıfır kabul edilebilir. Buna karşın seri motorlarda devir sayısının motor yüküne göre değişimi oldukça fazladır.

Şönt ve seri karakteristikli motorlar için diğer önemli bir işletme karakteristiği de moment-akım karakteristiğidir. Aşağıdaki şekilde bu karakteristikler yer almaktadır.

Magnetik doymadan uzak ve komütasyon sınırına kadar uzanan normal çalışma alanı içinde; şönt karakteristikli motorlarda moment, akımla doğru orantılı olarak, seri karakteristikli motorlarda ise akımın karesiyle doğru orantılıdır.



Şekil 02:Şönt ve seri karakteristikli motorlarda akım-moment değişimle

Şönt Karakteristikli Motorlar:

D.C. Şönt motoru, üç fazlı asenkron ve senkron motorlar, stator veya rotorundan beslenen üç fazlı kollektörlü şönt motorlar (Schreie-Richter ve Winter-Eigchberg motorları), tek fazlı asenkron motor, tek fazlı A.C. kollektörlü şönt motoru v.b. motorlar şönt karakteristiğe sahiptirler. Bu motorlarda hız-moment karakteristiği yaklaşık yatay bir doğru olmak la beraber senkron motorlarda bu tamamen yataydır. Devir sayısı her ne kadar yükü fazla değişmesede bu motorların hızlarını ayarlamak mümkündür.

Şönt karakteristiğe sahip motorlarda döner alan akısı pratik olarak yük ile değişmez, yükten bağımsızdır.

Seri Karakteristikli Motorlar:

D.C. Seri motoru, bir fazlı kollektörlü A.C. seri motoru, repülsiyon motorları, üç fazlı kollektörlü A.C. seri motoru v.b. seri karakteristiğe sahiptirler. Bu motorların hız-moment karakteristikleri şönt karakteristikli morlara nazaran çok daha fazla düşen bir yapıya sahiptirler. Devir sayısı geniş ölçüde yüke bağımlıdır. Değişim hızıda aynı kalmayı yükü birlikte değişir. Değişim hızı, yük arttıkça azalır. Ayrıca seri motorlarda magnetik alan yüke bağlı olarak değişir.

Şönt ve Seri Karakteristikli İki Motorun Karşılaştırılması:

Bir tahrik düzeninde normal çalışma rejiminin dışında önemli bir olayda yol vermedir. Bilindiği gibi yol verme, sukunet durumundan normal çalışma durumuna geçmektir. Yol vermenin süresi kısa olmakla beraber büyük önem taşır. Tahrik motoru yol verme esnasında normal yük moment-

lerinin yanında atalet momentinide yenmek durumundadır.Bu sebeple ço-
ğu tahriklerde normal momentin üzerinde bazen iki hatta üç katına kad-
çıkabilen büyük yol verme momentlerine gerek vardır.Böyle yüksek yol
alma momentlerini her iki tip motorlarda sağlamak mümkündür.Ancak seri
motor bu yüksek yol alma momentini şönt motora nazaran daha kolay bir
şekilde,şebekeden daha az bir yol alma akımı çekerek sağlayabilir.Bu
durum,her iki akım-moment karakteristiği aynı eksen takımına çizilere
kolaylıkla ayırt edilebilir.Bu olayı seri motor şönt motora nazaran
daha fazla yük kaldırır şeklinde yorumlayabiliriz.Ağır yük altında yo-
alması gereken tahriklerde bu sebeple seri motorun kullanılması daha
uygun olur.Böylece yol alma süresi kısalmış olur.

Vantilatör yük momentini karakteristiğine sahip iş makinası durumunda
büyük yol alma momentine ihtiyaç yoktur,buna karşın yüksüz kalmasında
söz konusu değildir.Seri motor kullanılması halinde motorun ambale ol-
ması tehlikesi yoktur.Nitekim çok düşük güçlü vantilatörlerin tahriki
de şönt motorun yanı sıra seri motorda kullanılmaktadır.Bilindiği üze
Doğru akım motorları yapı itibarı ile asenkron motorlara nazaran daha
büyük ve karmaşık yapıya sahiptirler.Uyarma(alan) ve endüvi devreleri
söz konusudur.Ayrıca bir doğru akım şebekesine yada kaynağına gereksi-
nim gösterdikleri gibi pahalıdırlarda.Yapısının küçük ve basit oluşu,
ucuz oluşu, kullanımının kolay oluşu ve bilhassa ayar imkânlarınınin D.
motorları düzeyine ulaştırılmış olması nedeniyle asenkron motorlar ar-
tık D.C. motorlara tercih edilmektedir.Bizde tahrik motoru olarak ase-
ron motor seçecek ve bunun ayar imkânlarını araştıracağız.

O.I.I.İŞLETME ÖZELLİKLERİ

En uygun motor türünün seçiminde bir elektrikle tahrik için yalnız
işletme karakteristiklerinin karşılaştırılması yeterli değildir.Önem-
li olan diğer bir hususta işletme özellikleridir.Yani işletimde ne gi-
bi özellikler istendiğidir.İşletim özellikleri,

- Devir sayısı ayarı,
- Devir yönünün değiştirilmesi,
- Motorun fren çalışmasıdır.

O.I.I.I.DEVİR SAYISI AYARI

Devir sayısı ayarı,ya elektrik motorundan yada ara transmisyon meka-
nizmasından yapılır.Ara transmisyon mekanizmasından mekanik devir sa-
yısı ayarı yapılır.Buda dişli yada dişli takımları,kadameli transmis-
yon kasnağı,sürtünmeli yahut mahruti kavrama ile,yahut diğer mekanik

ve hidrolik düzenlerle yapılır. Fakat bugünkü modern tahrik sistemleri de mekanik devir sayısı ayarından ziyade elektrik motoru üzerinden yapılan devir sayısı ayar metodları kullanılır. Çünkü mekanik hız ayar düzenlerinde ayar hızı yavaştır ve sürekli değildir, kayıplıdır. Ayar sırasında motor milindeki yük değişimlerini minimum düzeyde tutmak ve ayar sahasını genişletmek için her iki ayar şeklinin birlikte kullanıldığı tahriklerde rastlanır.

Kren moment yük karakteristiğinde devir sayısı ayarı sırasında yük momenti ve yük akımı sabit kalır, mil gücü ise devir sayısı ile orantılı olarak değişir.

Vantilatör ve kalender yük momenti karakteristiği halinde, gerek yük momenti ve gerekse mil gücü devir sayısı ile birlikte değişir. Devir sayısındaki ufak değişimler özellikle vantilatör yük karakteristiğinin büyük değişimlere sebep olur. Bu gibi tahriklerde devir sayısının maksimum değeri, müsaade olunan aşırı yük ve bu yükün devam süresiyle sınırlıdır.

Şimdi, ayar metodlarının izah edilmesine yarayan ve birinin diğeri ile mukayese edilmesine imkân veren hususları gözden geçirelim. Bu hususlar:

- Ayar alanı genişliği
- Ayar alanının sürekliliği
- Ayar ekonomisi
- Devir sayısı ayarında işin stabilitesi
- Ayar Yönü ve ayar genişliği
- Devir sayısı ayarında aşırı yüklerdir.

a. Ayar Alanının Genişliği:

Tahrik düzenindeki maksimum devir sayısının minimum devir sayısına oranı olarak tanımlanır.

$$k_A = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} \quad (0.1)$$

Değişik iş makineleri için değişik ayar alanları söz konusudur (3/1, 4/5/1, 10/1, 20/1, 40/1 gibi).

b. Ayar Alanının Sürekliliği:

Bu, iki komşu devir sayısı ayar kademesinin oranı olarak ifade edilir.

$$k_S = \frac{n_m}{n_{m-1}} \quad (0.2)$$

Verilen bir ayar alanı içerisinde kademe sayısı ne kadar fazla veya iki komşu devir sayısı arasındaki fark ne kadar küçük ise, yada " k_S " oranı 1'e ne kadar yakınsa devir sayısı o kadar süreklidir.

c. Ayar Ekonomisi:

Hız ayarı çoğu zaman bilhassa doğru akım makinalarında, ayar dirençleri ve düzenleri gibi ek makina ve teçhizata ihtiyaç gösterir. Bu yüzden tahrik sisteminde ek kayıplar meydana getirir. Bu ayar kayıpları ne kadar küçük ise ayar ekonomisi o kadar yüksek olur. Ayar kayıpları verimin düşmesine yol açar. Bundan dolayı ayar ekonomisi tahrik sisteminin verimi ile ifade edilebilir. Toplam kayıplar ΔP ve motor milindeki güç P_m ile gösterilirse tahrik ve ayar düzeninin verimi

$$\eta = \frac{P_m}{P_m + \Delta P} = \frac{P_m}{P} \quad (0.3)$$

şeklinde hesap edilebilir.

Devir sayısı ayar ekonomisi, kullanılan ayar metodu, ayar alanının genişliğine, ayrıca hızı ayarlanan tahrik motoru hemde tahrik edilen makinanın mekanik karakteristiğine göre değişir.

Ayar ekonomisi, ayar alanının genişliğini sınırlandıran birincisi ve önemlisidir.

d. Devir Sayısı Ayarında İşin Stabilitesi:

Elektrik motorlarına ilişkin hız-moment karakteristiklerinin ortak özelliklerinden birisi devir sayısının artan yük miktarı ile birlikte düşmesi, yani negatif bir eğime sahip olmalarıdır.

Senkron motor dışında diğer bütün motorlarda genel olarak yük momentindeki ΔM gibi bir artış Δn gibi bir devir sayısı düşümüne sebep olur. İşin stabilitesi, devir sayısı değişiminin yük değişimine oranı olarak tanımlanır.

$$\text{Stabilite} = \Delta n / \Delta M \quad (0.4)$$

Bu demektir ki, stabilite hız-moment karakteristiğinin dikliğine bağlıdır. Şönt karakteristikli motorlarda bu değer küçük, yani işin stabilitesi iyi, seri karakteristikli motorlarda ise bunun tersidir.

Devir sayısı ayarı esnasında ayar karakteristiğinin eğimi değişirse, eğimle birlikte işin stabiliteside bozulur. Ayar alanı bu gibi durumlar ayar ekonomisinden başka işin stabilitesi ile de sınırlıdır.

e. Ayar Yönü ve Ayar Genişliği:

Hız ayarı esnasında devir sayısının nominal devir sayısına göre düşmesi veya artması demektir. Bu ise kullanılan ayar metoduna bağlıdır. Ayar metodlarının bazılarında ayar yönü tek, bazılarında ise çift yönlüdür. Örneğin bilezikli asenkron motorlarda rotor devresine (Doğru akım motorlarında endüi devresine) direnç katarak yapılan hız ayarında ayar yönü aşağı doğrudur. Bu metodla devir sayısı sadece düşürülebilir. Doğ-

ru akım motorlarında alan akımını zayıflatmak suretiyle yapılan devir sayısı ayar metodunda ayar yönü yukarı doğrudur. Bu metodla devir sayısı sadece artırılabilir.

Primer şebeke frekansını değiştirerek veya endüvi gerilimini değiştirerek yapılan hız ayarı yönteminde ayar iki yönlüdür.

f. Devir Sayısı Ayarında Aşırı Yükler:

Kren moment karakteristiği dışında diğer yük karakteristiğine haiz makinalarda devir sayısı ayarıyla birlikte motor milindeki yük veya yük momentleri de değişir. Soyma moment yük karakteristiğinde artan devir sayısı halinde yük momenti azalırken kalender ve özellikle sanrfüj moment karakteristiğinde ise büyük ölçüde artar.

Motor milindeki yük ve yük momentleri esas itibari ile iş makinasının mekanik karakteristiğine bağlı olmakla beraber, kullanılan hız ayar metoduna, devir sayısı ayarının yön ve genişliğine ve kullanılan ara transmisyon ile ayar mekanizmasına göre geniş sınırlar içinde değişerek aşırı yükler meydana gelebilir. Bu bakımdan tahrik sisteminde ayar sahasının genişliği ayar ekonomisi ve işin stabilitesinden başka ayar sırasında meydana gelen aşırı yükler ile de sınırlıdır.

Yükün artmasıyla birlikte mekanik zorlanmalar, yük akımı, yük kayıpları ve zamanla sıcaklık derecesi aşırı artabilir. Sıcaklıktaki artış, termik zorlanmalara ve bu yüzden sargı izolasyonunun zarar görmesine sebep olur.

Elektrik motorlarında aşırı yük, motorun ısınmasından başka, mekanik dayanıklılık devrilme momenti ve komütasyon gibi faktörlere de bağlıdır.

0.2. İŞ MAKİNALARININ İŞLETME KARAKTERİSTİKLERİ

Elektrik motorunun tahrik ettiği iş makinalarının doğrusal veya döner hareket yada herikisininde birlikte içeren tiplerimevcuddur. İş makinalarının değişik işletme karakteristikleri ve özellikleri vardır. İşletme karakteristikleri çoğu zaman deneysel yolla bulunur. Bu karakteristikler başlıca faydalı iş ile sürtünme işine isabet eden iki kısımdan oluşur.

İş makinası karakteristiklerini makinadaki kayıpları ihmal ederek faydalı işe isabet eden $M_w = f(\omega)$ yük momenti-açısal hız karakteristikleri olmak üzere genel olarak dört gruba ayırabiliriz.

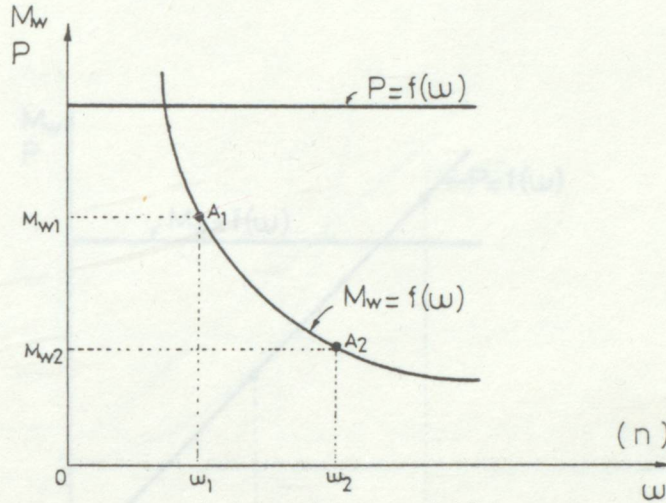
a- " ω " Açısal Hızı İle Hiperbolik Olarak Değişen Yük Momenti Karakteristiği:

Bu gruba dahil makinalarda (ideal) yük momenti, açısal hız veya devir sayısı ile ters orantılıdır. Yani hiperbolik olarak değişir. "K" bir sabit

olmak üzere yük momenti ile açısal hız arasında şu bağıntı vardır:

$$M_w = \frac{K}{\omega} \quad (0.5)$$

Hertürlü soyma ve sarma makinaları,örneğin kontraplak makinaları,kumaş ve iplik sarma makinaları ile torna tezgahları bu karakteristiğe sahiptirler.



Şekil 03: Soyma moment karakteristiği

Şekildeki A₁ ve A₂ farklı çalışma noktaları arasında

$$\frac{M_{w1}}{M_{w2}} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{n_2}{n_1} \quad (0.6)$$

bağıntısı vardır,yani yük momentleri açısal hızlarla ters orantılıdır.

Soyma moment karakteristiğinde yük momenti açısal hıza bağlı olarak değişirken güç ise değişmeyip sabit kalır.Bunu (0.5) ifadesinden yararlanarak bulabiliriz.

$$P = \omega \cdot M = \omega \cdot \frac{K}{\omega} = K \quad (0.7)$$

Biz fanların sahip olduğu vantilatör moment karakteristiği ile ilgilendiğimiz için soyma moment karakteristiği ve diğer karakteristikler üzerinde fazla durmayacağız.

b-Devir Sayısına Bağlı Olmayan Sabit Yük Momenti Karakteristiği:

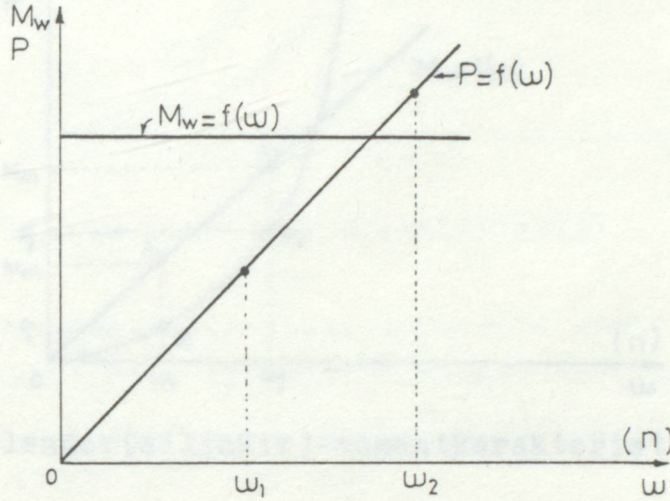
Bu gruba giren makinalarda yük momenti, açısal hız veya devir sayısına bağlı olmayıp daima sabittir.Yük momentinin açısal hıza bağlı ifadesi şöyledir:

$$M = K = \text{sbt.} \quad (0.8)$$

Vinçler, krenler, yük ve insan asansörleri, yüksek fırın asansörleri, sabit bir yüksekliğe su basan pistonlu pompalar, sabit ağırlıkta yük taşıyan transport kayışları, elevatörler, v.b. özet olarak yer çekimi kuvvetlerine karşı iş gören bütün makinalar bu gruba girer.

Kren-moment karakteristiği halinde yük milindeki gücün ifadesi ise şöyledir:

$$P = \omega M = K \cdot \omega \quad (0.9)$$



Şekil 04: Kren-moment karakteristiği

Eğri üzerindeki A_1 ve A_2 gibi iki farklı çalışma noktası arasında

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (0.10)$$

bağıntısı vardır.

Kren moment karakteristiğine haiz iş makinalarının bir özelliğide yük momentinin işaret değiştirebilmesidir. Yükün kalkışında işaret negatif inişte ise pozitif olur. Kalkışta motor, motor olarak, inişte ise generatör olarak çalıştırılır. Motorun inişte generatör olarak çalıştırılması motoru frenler (inişte motorun hızı senkron devir sayısını aştığında kendiliğinden meydana gelir). Buda yükün emniyetle inmesini sağlar.

c-Devir Sayısı İle Orantılı Artan Yük Momenti Karakteristiği:

Bu tür moment karakteristiğine sahip olan makinalarda ideal yük momenti devir sayısı ile orantılı olarak değişir. "K" sabit olmak üzere yük momentinin hıza göre ifadesi şöyledir:

$$M_w = K \cdot \omega$$

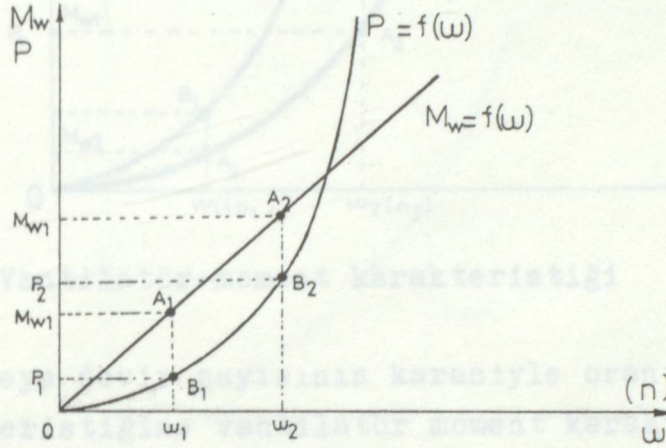
Burdan güç ifadesi

$$P = K \cdot \omega^2$$

(0.12)

şeklinde elde edilir.

Kumaş ve kağıtların perdahlanması ve parlatılmasında kullanılan makineler: kumaş veya kağıt perdahlama ve parlatma silindirleri bu gruba girer.



Şekil 05: Kalender (silindir)-moment karakteristiği

Böyle bir tahrik sisteminin iki farklı çalışma noktası için yük momentlerine ilişkin

$$\frac{M_{w1}}{M_{w2}} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

(0.13)

ifadesi ve güçlere ilişkin olarakta

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\omega_1^2}{\omega_2^2} = \frac{n_1^2}{n_2^2}$$

(0.14)

ifadesi söz konusudur.

d-Devir Sayısının Karesiyle Orantılı Olarak Artan Yük Momenti (VANTİLATÖR Karakteristiği):

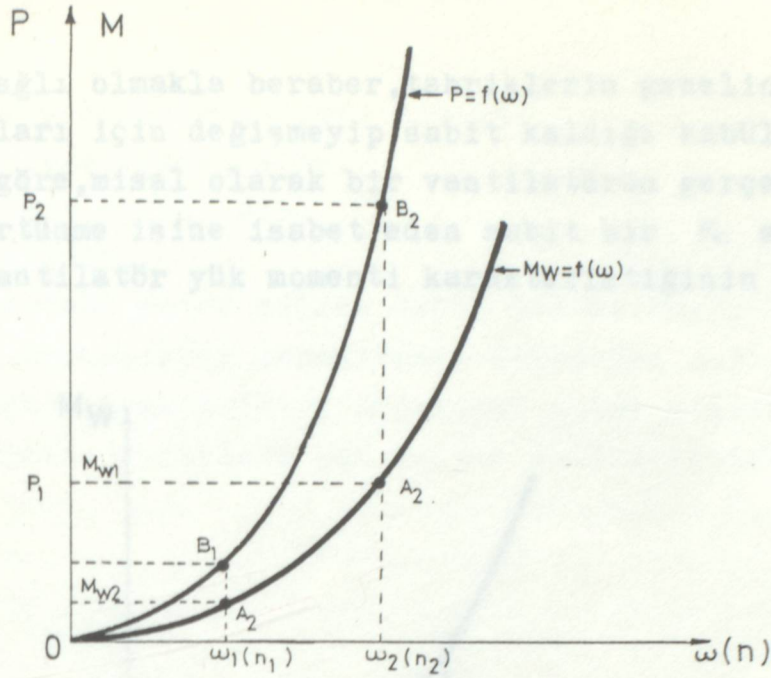
Vantilatör moment karakteristiğine haiz iş makinelerinin faydalı işe tekabül eden yük momentleri açısal hız veya devir sayısının karesiyle, mil güçleri ise küpüyle orantılı olarak değişirler. Açısal hız ile yük moment ve mil gücü arasındaki matematiksel ifadeler şöyledir:

$$M_w = K \cdot \omega^2$$

(0.15)

$$P = K \cdot \omega^3$$

(0.16)



Şekil 06: Vantilatör-moment karakteristiği

Açısal hızın veya devir sayısının karasiyle orantılı değişen bu yük momenti karakteristiğine vantilatör moment karakteristiği denir.

Bu tür moment karakteristiğine haiz makinada iki farklı çalışma noktasına ait yük momentleri arasında

$$\frac{M_{W1}}{M_{W2}} = \frac{\omega_1^2}{\omega_2^2} = \frac{n_1^2}{n_2^2} \quad (0.1)$$

ifadesi güçler arasında ise

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\omega_1^3}{\omega_2^3} = \frac{n_1^3}{n_2^3} \quad (0.18)$$

ifadesi vardır. Bu durumda vantilatör yük momenti karakteristiği halinde hız iki katına çıkarıldığı takdirde faydalı işe tekabül eden yük momenti 4, güç ise 8 katına çıkar. Devir sayısındaki ufak değişimler yük momenti ve güçte büyük değişimlere yol açar.

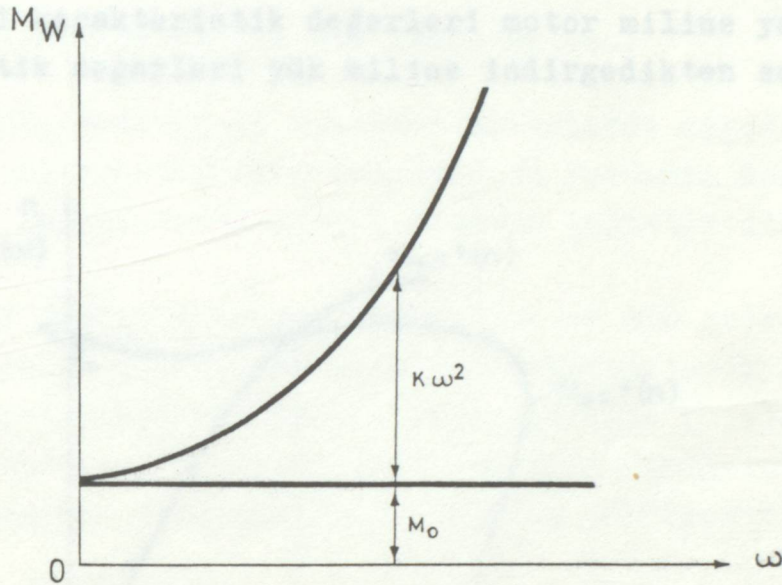
Hava içinde yüksek hızla hareket eden cisimler (yolcu ve expres katarları vs.) hava mukavemetleri hızın karesi ile değişen hareket ederler.

Biz burada moment karakteristiklerini sürtünme kayıplarını ihmal ederek, yalnızca faydalı işe tekabül eden yük momentini ele alarak inceliyoruz. Ama bütün makinalarda sürtünme kayıplarının varlığı kaçınılmaz bir gerçektir. Bu nedenledir ki iş makinalarının işletme karakteristikleri aslında bunlardan farklıdır. Gerçek işletme karakteristikleri, çoğu zaman hakiki işe isabet eden bir veya birkaç teorik karakteristikle sürtünme işine isabet eden diğer bir karakteristiğin toplamından meydana gelir.

İş makinaları içindeki sürtünme ve sürtünme kayıpları hız, sıcaklık, yağlama malzemesi, sürtünen kısımların pürüzlülük derecesi v.b. gibi

faktörlere bağlı olmakla beraber, tahriklerin genelinde normal çalışma ve ayar sahaları için değişmeyip sabit kaldığı kabul edilir.

Bu duruma göre, misal olarak bir vantilatörün gerçek yük momenti karakteristiği, sürtünme işine isabet eden sabit bir M_0 sürtünme momenti ile teorik vantilatör yük momenti karakteristiğinin toplamından oluşu



Şekil 07: İş makinası olarak bir vantilatörün gerçek yük momenti karakteristiği

Yukarıda görülen şekildeki karakteristiğin matematiksel ifadesi

$$M_w = M_0 + K \cdot \omega^2 \quad (0.19)$$

şeklindedir.

Bir tahrik sisteminde motor iş makinası miline bir kavrama ile direkt bağlı ise, iş makinası milindeki karakteristik değerler motor miline aynen geçer. Bu durumda motor ve iş makinası işletme karakteristikleri aynı ölçeklerle aynı bir koordinat sistemi üzerine taşınarak tahrik sistemi

$$F - W = m \cdot \frac{dv}{dt} = m \cdot a \quad (0.20)$$

$$M_d - M_w = J \cdot \frac{d\omega}{dt} = J \cdot \alpha \quad (0.21)$$

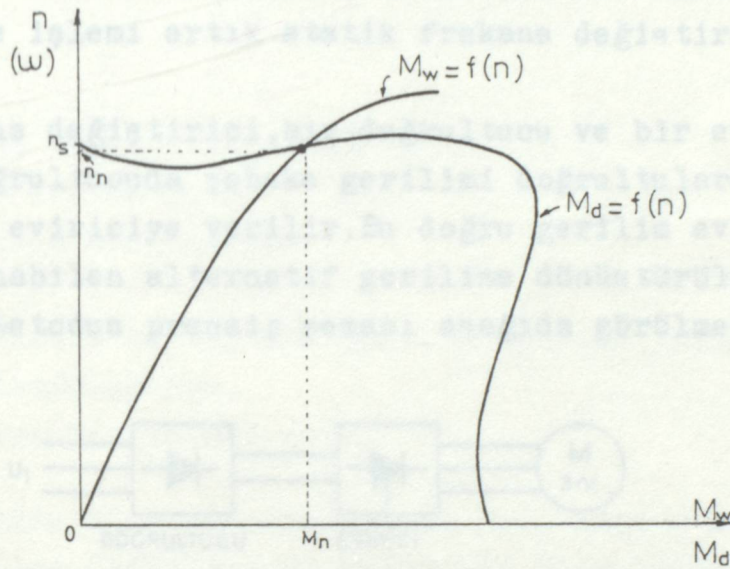
ana denklemleri yardımıyla hesaplanabilir. Bu denklemlerde

F: Motorun tahrik kuvveti,

W: Mukavemet kuvveti,

m :Kütle, a :kaydırarak sürütle devir sayısı ayarı (Bu metod, seri ve
 M_d, M_w :Döndürme momenti,mukavemet momenti,
 a, α :Çizgisel ivme,açısal ivme,
 v, ω :Çizgisel hız,açısal hız,
 J :Atalet momentidir.

Şayet iş makinası motor miline dişli takımı,kayış-kasnak sistemi gi-
bi lineer ara transmisyon mekanizması üzerinden bağlı ise bu takdirde
ya yük milindeki karakteristik değerleri motor miline yada motor milin-
deki karakteristik değerleri yük miline indirgedikten sonra hesaba ge-
çilmelidir.



Şekil 08:Mukavemet momenti-hız,Döndürme momenti-hız karakteristikleri-
nin aynı eksen takımında gösterilmesi

0.3. GENEL OLARAK ELEKTRİK MOTORLARINDA KULLANILAN HIZ AYAR YÖNTEMLERİ

- 1-Endüvi devresinde kademeli dirençle devir sayısı ayarı
- 2-Endüvi geriliminin kademeli olarak değiştirilmesi ile devir sayısı ayarı
 - . Ward-Leonard montajı ile
 - . Gerilimi yükselten alçaltan grubu ile
 - . Kontrol edilebilen redresör grubu ile
 - . Birden fazla 2-4-6-... gibi çift sayıda tahrik motorunun seri-parallel bağlantısı ile (genellikle cer işletiminde)
 - . Kademeli transformatörle
- 3-Elektrik motorunun alan akımını değiştirerek (alanı zayıflatmak sürütle) devir sayısı ayarı
- 4-Motorun primer besleme geriliminin frekansını değiştirerek devir sayısı ayarı

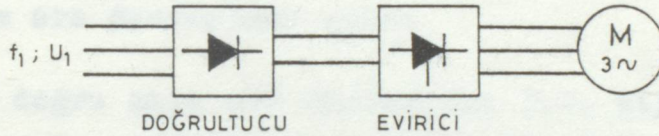
4-Fırçaları kaydırmak suretiyle devir sayısı ayarı (Bu metod, seri ve şönt karakteristikli üç fazlı kollektörlü motorlarda ve repülsiyon motorlarında uygulanabilir)

Frekans generatörlerinin terkedilerek bu işin tamamen güç elektroniği ile yapılıyor olmasını göz önüne alarak frekansı değiştirmek suretiyle yapılan hız ayarı metodundan biraz bahsedelim.

Frekansı Değiştirmek Suretiyle Hız Ayarı Metodu:

Bu metod, 3 fazlı senkron ve asenkron motorlarda uygulanır. Bunun için motoru besleyen alternatif akım şebekesinin frekansı değiştirilir. Frekans değiştirme işlemi artık statik frekans değiştiricilerle gerçekleştirilmektedir.

Statik frekans değiştirici, bir doğrultucu ve bir eviriciden meydana gelmektedir. Doğrultucuda şebeke gerilimi doğrultularak frekansı değiştirilmek üzere eviriciye verilir. Bu doğru gerilim eviricide salınım periyodu ayarlanabilen alternatif gerilime dönüştürülerek motorun statoru beslenir. Metodun prensip şeması aşağıda görülmektedir.



Şekil 09: Senkron veya asenkron motorun frekans değiştiriciler vasıtasıyla hız ayarına ilişkin prensip bağlantı şeması

Alternatif akımla çalışan tek fazlı motorlarında bu yöntemle devir sayısı ayarının yapılabileceğini hatırlatarak frekans değiştiricilerin tiplerine geçelim.

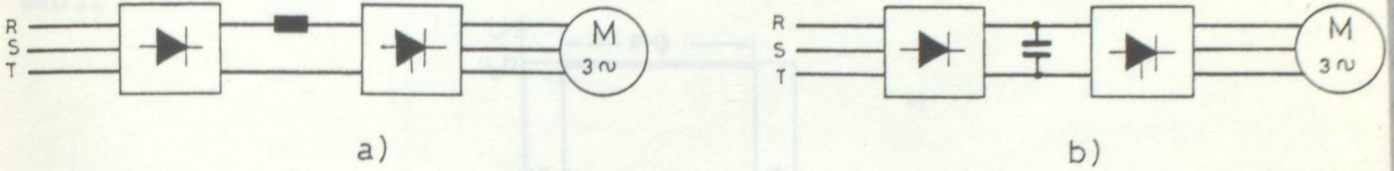
Statik frekans değiştiriciler,

- Akım ara devreli frekans değiştirici
- Gerilim ara devreli frekans değiştirici

olmak üzere iki çeşittirler. Akım ara devreli frekans değiştiricide ara devre elemanı bir self, gerilim ara devreli frekans değiştiricide ise ara devre elemanı bir kondansatördür.

Akım ara devreli frekans dönüştürücüye akım zorlamalı frekans değiştirici, gerilim ara devreliye de gerilim zorlamalı frekans değiştirici de denilmektedir. Böyle denilmesinin nedeni: akım ara devreli de evirici

akımı sabit tutulmakta, gerilim ara devrelide gerilim sabit tutulmaktadır. Gene prensip şema olarak bunlara ilişkin bağlantı şemaları aşağıda görülmektedir.



Şekil 010: Frekans değİstirici tipleri

- a) Akım ara devreli
- b) Gerilim ara devreli

Frekans değİstirici montajında gerilim ayarında yapmak mümkündür. Buda üç şekilde yapılabilmektedir.

1-Doğru akım ara devresinde ayar:

Bu amaçla doğru akım ara devresinde D.C. kıyıcı kullanılabileceğİ gibi kullanılan doğrultucuyu kontrollü doğrultucu olarak seçilmek suretiyle de bu yapılabilir.

- a. D.C. ara devresinde D.C. kıyıcı kullanmak
- b. Doğrultucuyu kontrollü seçmek

2-Eviricinin kendi içinde ayar

Çıkıştaki alternatif akımın ayarı için eviricide kullanılan tristörlerin yer aldığı kolların iletimde kalma süreleri kısaltılmaya çalışılır. Böylece çıkıştaki temel harmoniğın genliğı ayarlanabilmektedir (Diğer harmoniklerin genlikleri dolaylı olarak ayarlanmaktadır ama bizim için temel harmoniktir). Tristör şalterlerin yer aldığı eviricide gerilim iki yöntemle ayarlanabilmektedir. Bunlar,

a. Kesme kumandası ile gerilim ayarı

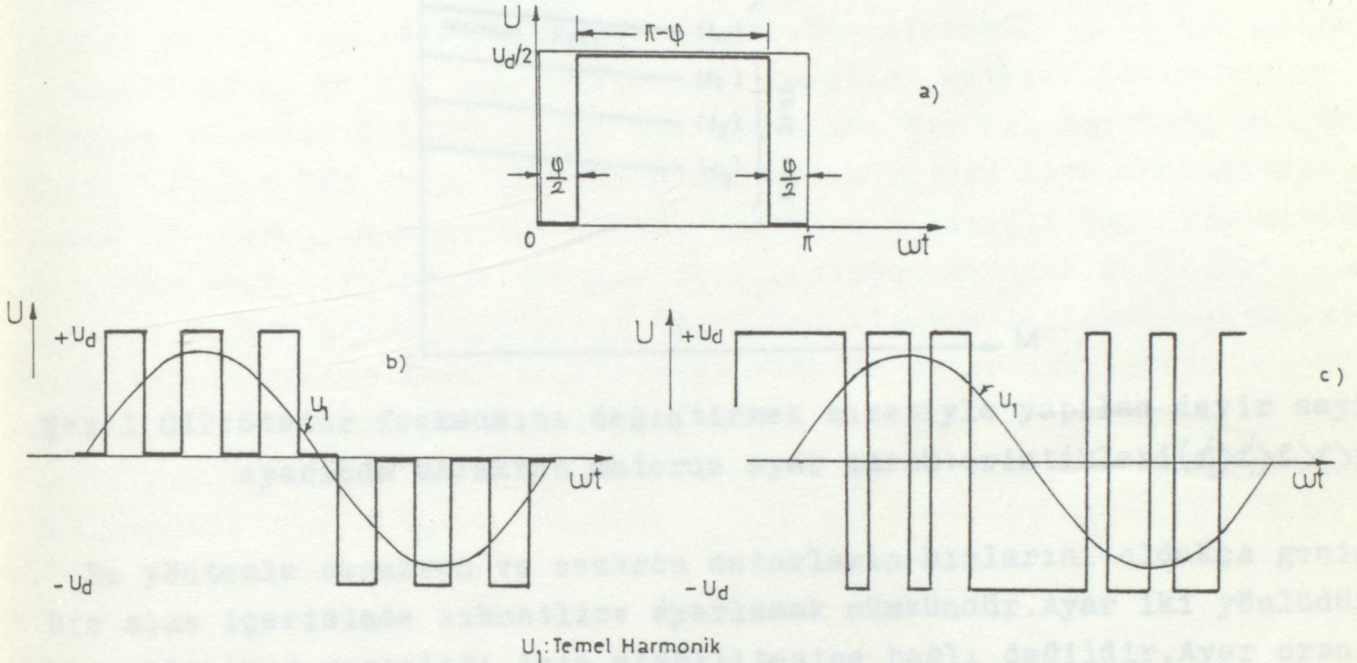
Zaman ekseninin üstündeki ve altındaki kısımlarının kare dalga şekilli olan alternatif gerilim dalgası her iki yarı periyodunda olmak üzere iki tarafından bölünür.

b. Darbe kumandası ile gerilim ayarı

Bu, alternatif çıkış gerilimi darbe paketlerinden oluşturularak ger

çekleştirilir.

Bu gerilim ayar metodunda, darbeleri sinüs dalga sekline yaklaştırmak suretiyle harmonikler yok edilebilir. Gene bu yöntemde çıkış gerilim dalgası üç konumlu ve iki konumlu olarak elde edilebilmektedir. Kesme kumandasına ve darbe kumandasına ilişkin dalga şekilleri aşağıda görülmektedir.



Şekil OII: a) Kesme kumandası ile gerilimin ayarında dalganın iki tarafından kesilmesi (ϕ : Dalgadan kesme açısı, U_d : Ara devre doğru gerilimi, U : Çıkış gerilimi)

b) Darbe kumandasıyla gerilim ayarında çıkış dalga şekli, üç konumlu biçim

c) Darbe kumandasıyla gerilim ayarında çıkış dalga şekli, iki konumlu biçim

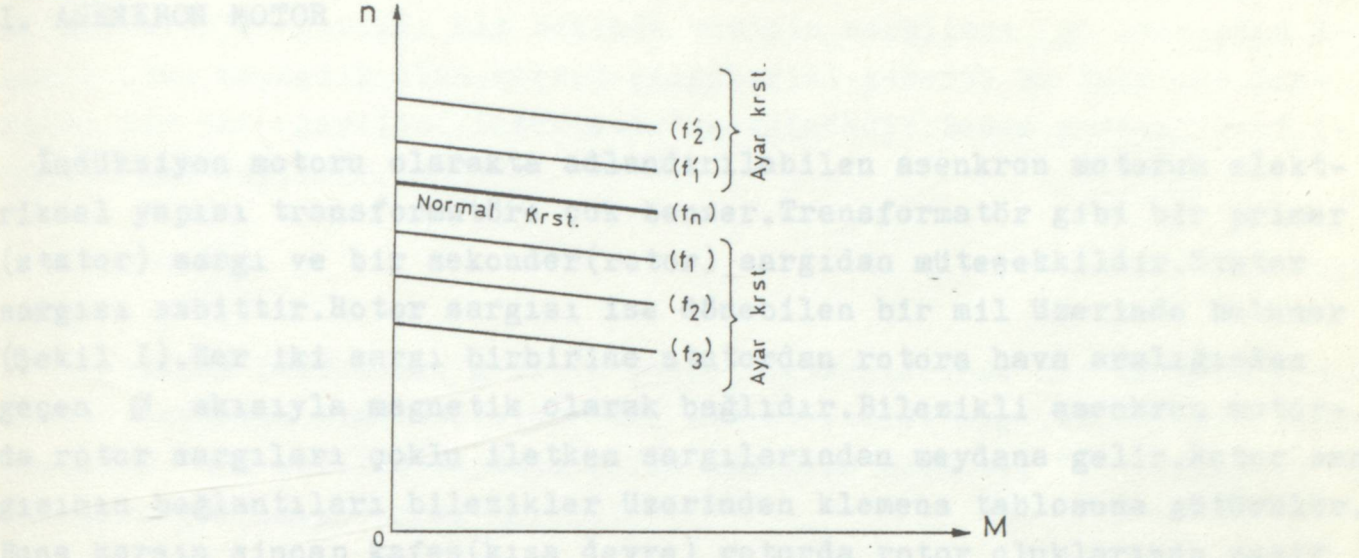
3-Alternatif akım tarafında gerilim ayarı

Evirici çıkışında gerilimin sabit tutulduğunu göz önüne alarak gerilimi oto transformatörü yada A.C. Kıyıcısı ile ayarlamak mümkündür.

Şimdi konumuzun esasına dönelim. Stator frekansını değiştirmek suretiyle hız ayarında devir sayısı frekansla birlikte artar ve azalır. Frekans değişirken gerilim sabit kalmaz. Devir sayısının U/f 'e göre değiştiği göz önüne alınırsa gerilimin değişen frekansla birlikte sabit kalmayıp değişeceği aşikârdır.

Frekansını değiştirmek suretiyle devir sayısı ayarında bir asenkron mo-

tor için Devir sayısı-Döndürme momenti karakteristiğinin lineer bölgesi dikkate alındığında aşağıdaki şekilde görülen karakteristikler elde edilir.



Şekil 012: Stator frekansını değiştirmek suretiyle yapılan devir sayısı ayarında asenkron motorun ayar karakteristikleri $(f'_2 > f'_1 > f_n > f_1 > f_2 > f_3)$

Bu yöntemle asenkron ve senkron motorların hızlarını oldukça geniş bir alan içerisinde sıhhatlice ayarlamak mümkündür. Ayar iki yönlüdür ve ayar alanının genişliği işin stabilitesine bağlı değildir. Ayar oranı 10:1 hatta 12:1'e kadar çıkar.

Bu metod, fanların sahip olduğu vantilatör moment karakteristiği dahil diğer moment karakteristiklerine sahip iş makinalarını tahrik eden asenkron ve senkron motorlarda rahatlıkla uygulanabilir. Fakat biz fanların tahriki için kullanılan asenkron motorlar için bu metodu ele almayaacağız.

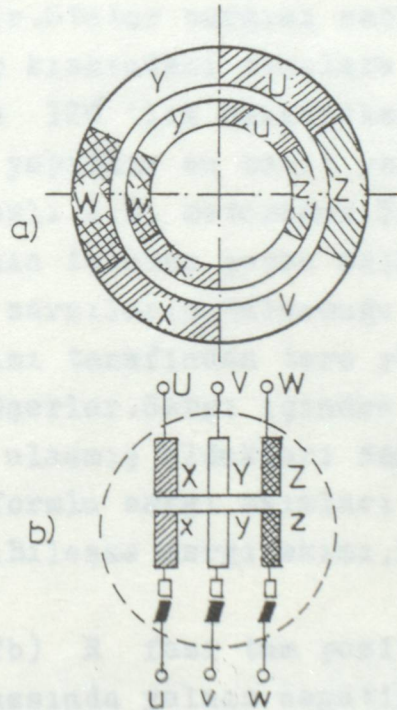
0.4. DÖNÜŞ YÖNÜNÜN DEĞİŞTİRİLMESİ

Prensip olarak bütün elektrik motorlarının dönüş yönünü değiştirmek mümkündür. Doğru akım motorlarında dönüş yönü genel olarak alan yönü ve endüvi iletkenlerinden geçen akımın yönüne bağlıdır. Alan yönü aynı kalırsuretiyle uçları aksedilerek endüvi akımının yönü değiştirilir yada endüvi akımının yönü sabit bırakılıp gene aksedilmek suretiyle alan akımının dolayısıyla alanın yönü değiştirilirse motorun dönüş yönü değişir. Sıhhat açısından hangisinin tercih edileceği doğru akım motorunun tipine bağlıdır.

Alternatif akım motorlarında dönüş yönü; 3 fazlı olanlarında iki fazı yer değiştirilmesi ile, tek fazlı olanlarda yardımcı yada ana sargıdan geçen akımın yönünü değiştirerek değiştirilebilir.

I. ASENKRON MOTOR

İndüksiyon motoru olarakta adlandırılabilen asenkron motorun elektiriksel yapısı transformatöre çok benzer. Transformatör gibi bir primer (stator) sargı ve bir sekonder (rotor) sargıdan müteşekkildir. Stator sargısı sabittir. Rotor sargısı ise dönebilen bir mil üzerinde bulunur (Şekil I). Her iki sargı birbirine statordan rotora hava aralığından geçen Φ akısıyla magnetik olarak bağlıdır. Bilezikli asenkron motorda rotor sargıları çoklu iletken sargılarından meydana gelir. Rotor sargısının bağlantıları bilezikler üzerinden klemens tablosuna götürülür. Buna karşın sincap kafes (kısa devre) rotorda rotor oluklarında masif metal iletkenler kullanılır ve uçları birbiriyle kaynatılır veya döküm yapılır. Her iki uygulama pratikte kullanılır ve kullanma amacına göre seçilirler.



Şekil I: Asenkron motorun şematik gösterilimi

a) Sargı düzeni

b) Prensipl bağlantı şeması

I.I. ÇALIŞMA PRENSİBİ

Asenkron motorun çalışma esası genel indüksiyon prensibine dayanır. Bu prensip, 'N' sarımlı bir bobinde bobinin sargıları ' \emptyset ' akısından ibaret olan magnetik alan kuvvet çizgilerini keserse bu takdirde üzerinde bir 'e' gerilimi indüklenir" şeklindedir. Bunun matematiksel ifadesi ise şöyledir.

$$e = -N \cdot \frac{d\emptyset}{dt} \quad (1)$$

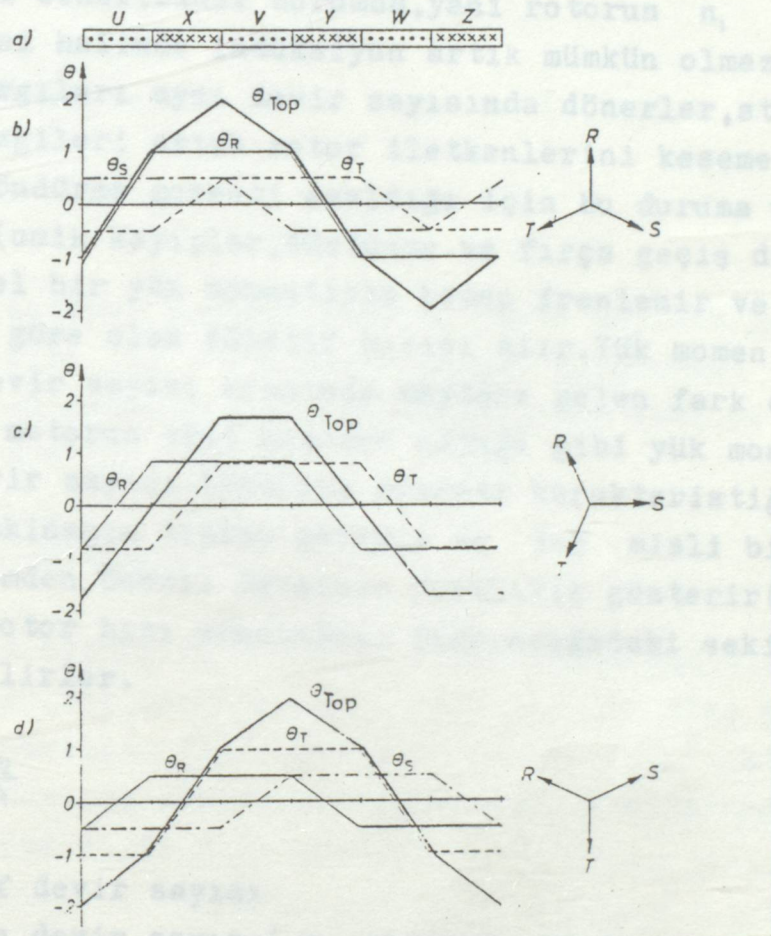
Sargılarda indüklenen gerilim bobin iletkenlerinde bir akım dolaştırır. Mevcud magnetik alan bobinlere bir kuvvet etkisi uygular, böylece bobin dönerler. Bu şekilde meydana gelen döndürme momenti, "i" akımı ve " \emptyset " akısının çarpımıyla orantılıdır:

$$M_d = k \cdot \emptyset \cdot i \quad (2)$$

Bu etki değişimi, magnetik alan ve sargı arasında relatif bir hareket olarak gözlenir. Gerilim altında bulunan bir asenkron motorun rotoru başlangıçta hareketsizdir. Stator sargısı sabit kutuplu olarak düzenlenmemiş bilakis stator iç kısmındaki oluklara dağıtılmıştır. Teker teker bütün sargılar oluklara 120° 'lik elektriksel açıyla yerleştirilmişlerdir. Şekil 2a ' da sarımlı yapılmış en basit yapılı stator yer almaktadır. Bu iki kutuplu bir üç fazlı A.C. motordur. Şekilde üç değişik zaman anı için stator sargılarının içinden geçen akımlar gösterilmiştir. Bu akımlar statorun kendine ait sargılarının bulunduğu bölümlerinde lineer olarak artarlar ve rotor akımı tarafından ters yönde akıtılan sargı kesiminde yine lineer olarak düşerler. Sargı içinden akan akımlar, bu arada bulunan kesimlerde daha önce ulaştıkları değeri muhafaza ederler. Öyleki her faz için trapez formlu sargı akımları (sargılar içinden geçen) değişimi meydana gelir. Bileşke sargı akımı, faz sargı akımlarının toplamından elde edilir.

İlk durumda (Şekil 2b) R fazı tam pozitif tepe gerilimine sahiptir. S ve T fazları esnasında yalnız negatif yarı tepe değeri bulunur. Bu yüzden, akım dolaşımı boyunca şekilde koyu renkli olarak çizili Trapez üçgen çizgisine uygun olarak bir toplam sargı akımı meydana gelir. 30° ' sonraki kısımda R fazı gerilimsizdir ve R ile T fazları kendi tepe gerilimlerinin yaklaşık %87 'sindedirler (R pozitif, T negatif olarak). Keza stator devresindeki bileşke sargı akımı bu yüzden 30° yer değiştirmiştir ve saf trapez formunu almıştır (Şekil 2c). Nihayet diğer

30°'den sonra yeniden Trapez üçgen çizgisi meydana gelir. Bu çizgiler çıkış durumuna göre 60° kaymışlardır (Şekil 2d). Böylece toplam sargı akımının ani değerindeki salınım (sapma)ları ihmal ederek sabit bir döner alan meydana getirilmiş olur. Bu döner alan besleme geriliminin frekansı ile aynı frekansta döner. Döner alanın kuvvet çizgileri duran rotor iletkenlerini keser. Rotor akımı ve magnetik alanın meydana getirdiği döner alan rotoru hızlandırır ve motoru normal hareketine geçirmiş olur.



Şekil 2: Değişik zaman aralıkları için stator sargı akımları

θ_R : R fazına ait sargı akımı

θ_S : S fazına ait sargı akımı

θ_T : T fazına ait sargı akımı

θ_{Top} : Bileşke sargı akımı

(NOT :Sargı akımı, akım şiddeti anlamında kullanılmamıştır.)

(I) eşitliğindeki akı değişimi, B indüksiyonu, "l" iletken boyu ve magnetik alan ile iletkenler arasındaki v_R relatif hızının çarpımı olarak ifade edilebilir. Bu durumda ifade şöyle olur:

$$e = N \cdot B \cdot l \cdot v_R$$

(3)

Bu bağıntı, sabit bir B indüksiyonunda bir iletkende indüklenen gerilimin, iletken ile magnetik alan arasındaki relatif v hızıyla orantılı olduğunu ifade eder. Rotor ve döner alan arasındaki relatif hız, arı devir sayısı ile birlikte zayıfladığı için, rotorda indüklenen gerilim ve buna bağlı olarak rotor iletkenlerinden akan akımda o ölçüde küçük Motor daha hızlı döner. Sınır durumunda, yani rotorun n_1 senkron devir sayısında dönmesi halinde indüksiyon artık mümkün olmaz. Çünkü döner alan ve rotor sargıları aynı devir sayısında dönerler, stator magnetik alanı kuvvet çizgileri artık rotor iletkenlerini kesemez. Ama senkronizasyon anında döndürme momenti azaldığı için bu duruma ulaşılamaz. Rotor kayıpları (omik kayıplar, sürtünme ve fırça geçiş direnci kayıpları) veya muhtemel bir yük momentile hemen frenlenir ve bu yüzden yavaş döner alana göre olan rölatif hızını alır. Yük momenti büyürse, döner alan ve rotor devir sayısı arasında meydana gelen fark dahada büyüyecektir. Asenkron motorun şönt motorun olduğu gibi yük momentile lineer olarak düşen Devir sayısı-Döndürme momenti karakteristiği vardır. Bu karakteristik makinanın tipine göredir ve 3-5 misli bir nominal momentde bu değişimden önemli derecede farklılık gösterir (Şekil 3). Stator döner alanı ve rotor hızı arasındaki fark, aşağıdaki şekilde tanımlanan "s" kaymasını belirler.

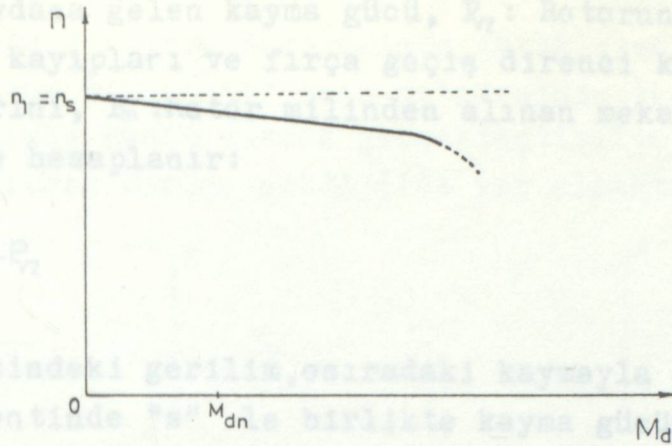
$$s = \frac{n_R}{n_1} = \frac{n_1 - n_2}{n_1} = 1 - \frac{n_2}{n_1}$$

(4)

Burada n_R : Rölatif devir sayısı

n_1 : Senkron devir sayısı (n_s olarak ifade edilir)

n_2 : Rotor devir sayısı



Şekil 3: Bir şönt motorun devir sayısı-döndürme momenti karakteristiği

"p", motorun çift kutup sayısı olmak üzere devir sayısı ifadesi

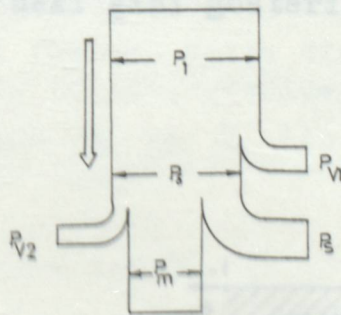
$$n = \frac{60 \cdot f}{p} \quad (5)$$

şeklindedir. " s_N " nominal kayması, nominal yükte meydana gelir (Kayma, bulunduğu gibi döner alan ile rotor devir sayısı arasındaki hız farkı şeklinde sözlü olarak ifade edilir). Bu kayma motor gücü ve tipine göre %0,5 ile %5 arasında bulunur.

I.2. ELEKTRİKSEL BAĞINTILAR

Asenkron motordaki olayların anlaşılabilmesi için güç blançosuda çıkarılmalıdır. Şekil 4, bir asenkron motorun tipik güç akış şemasını göstermektedir. Motora verilen " P_1 " gücü, ilk olarak " P_{V1} " stator bakır ve demir kayıpları miktarında azalır. Buna göre hava aralığından rotora intikal eden " P_2 " gücü şöyle elde edilir:

$$P_2 = P_1 - P_{V1} \quad (6)$$



Şekil 4: Asenkron motorda güç akışı

P_s : Rotorda meydana gelen kayma gücü, P_{v2} : Rotorun yatak ve sürtünme kayıpları, bakır kayıpları ve fırça geçiş direnci kayıplarından oluşan rotor kayıplarını, P_m : Motor milinden alınan mekanik gücü göstermek üzere P_m şöyle hesaplanır:

$$P_m = P_1 - P_{V1} - P_s - P_{V2} \quad (7)$$

Rotor devresindeki gerilim, osıradaki kaymayla orantılı olduğu gibi sabit yük momentinde "s" le birlikte kayma gücünde büyür. Çünkü

$$E_2 = s \cdot E_{20} \quad (8)$$

$$P_s = 3 \cdot E_2 \cdot I_2 = 3 \cdot s \cdot E_{20} I_2 = s \cdot P_s \sim s \cdot P_1 \quad (9)$$

dır. Burada

E_{20} : Boşta rotor iletkenlerinde indüklenen gerilim

E : "s" kaymasında rotor iletkenlerinde indüklenen gerilim

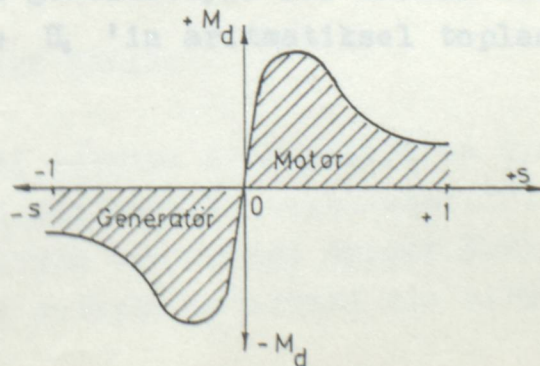
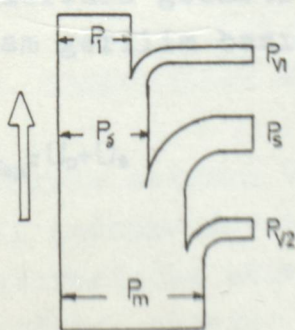
I_2 : Rotor akımı

dır. Mekanik mil gücünde bunların ışığında

$$P_m = P_s (1-s) - P_{V2} \sim P_1 (1-s) \quad (10)$$

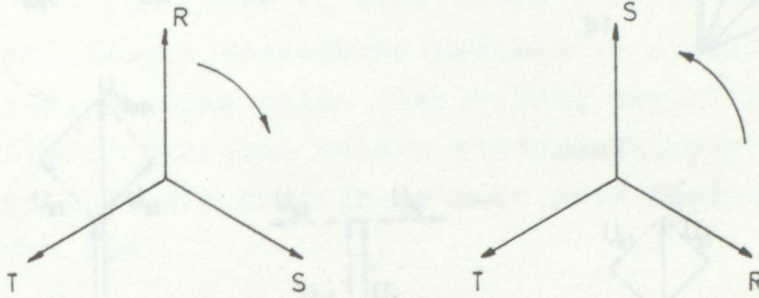
olur.

Eğer asenkron motor senkron üstü devir sayısı ile mekanik olarak tahrik edilirse o zaman generatör çalışmaya geçer. Yani stator klemenslerinden şebekeye elektrik enerjisi verir. O zaman güç akışı ters döner ve şekil 5a 'da görülen durum meydana gelir. Bu durumda n_2 rotor devir sayısı stator döner alanı hızından daha büyük olduğu için (4) eşitliğine göre negatif olur. Generatör işletme için devir sayısı-döndürme momenti karakteristiği şekil 5b'deki gibi gösterilir. Eğri motor çalışmaya göre simetrik değildir.



a) Güç akışı

Asenkron motor IV. bölgede işletilirse dönüş yönü terstir. Aynı şekil demotor işletmede rotoru beraberinde sürükleyen döner alanın yönüde terstir. Bu durum alternatif akım şebekesinin iki fazının yerlerinin değiştirilmesiyle basit olarak gerçekleştirilir (Örneğin "R" ve "S" yer değiştirilmesi durumu şekil 6'da yer almaktadır).



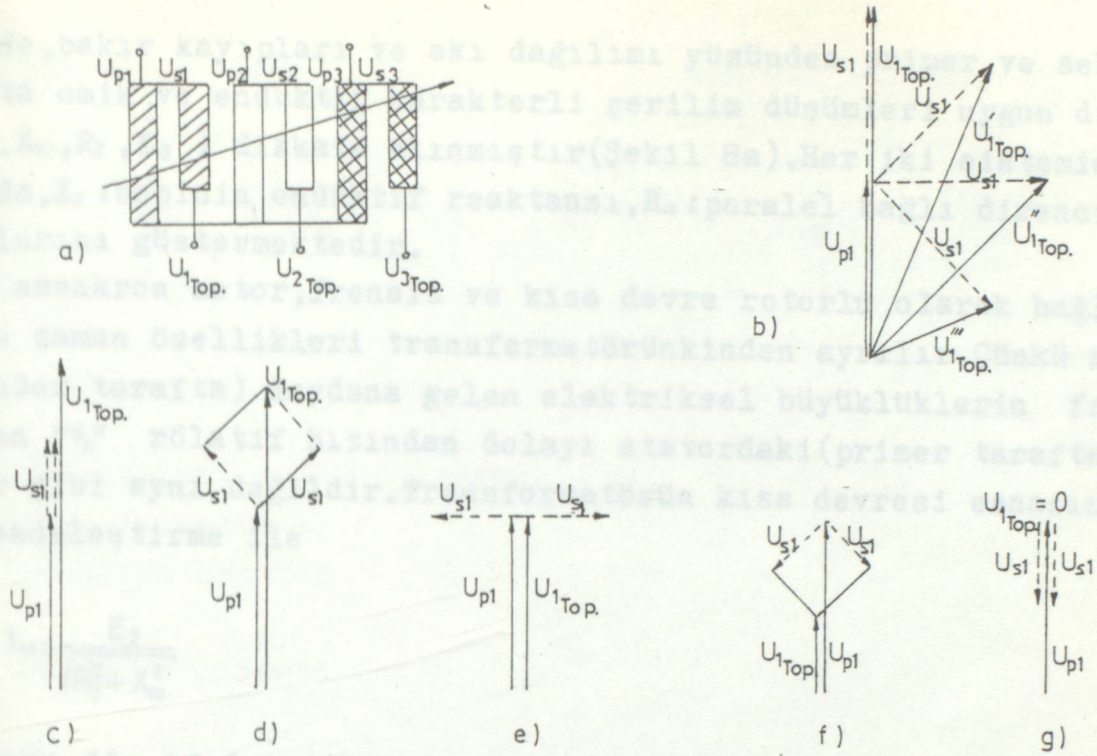
Şekil 6: İki fazın yerleri değiştirilmek suretiyle döner alan yönünün değiştirilmesi

I.2.I. TRANSFORMATÖR OLARAK ETKİLEŞİMİ

Sıkıca frenlenmiş asenkron motor, gerek boşa çalışmada gerekse kısa devre çalışmada bir transformatör gibi davranır. Stator tarafına alternatif bir gerilim bağlanırsa $a = N_2 / N_1$ dönüştürme oranı bağıntısına uygun olarak rotorda aynı frekanslı belirli bir gerilim indüklenir. Bu gerilim stator gerilimine göre terstir. Aynı şey akım içinde geçerlidir. Gene dönüştürme oranı bağıntısına uygun ($a = N_2 / N_1 = I_1 / I_2 = U_2 / U_1$) olarak belirli bir akım akar. Bu yüzden asenkron motor döner transformatör olarak kullanılır ve bu transformatörle besleme gerilimi 0° ile 180° aralığında "0" Volt'dan nominal değere kadar olan alanda değiştirilebilir. Döner transformatörün vektör diagramı ve bağlantısı şekil 7 'de gösterilmiştir. U_{p1}, U_{p2}, U_{p3} şebeke gerilimlerinde bağlı bulunan ve ana sargı olarak belirtilen stator sargıları, rotor sargılarında U_{s1}, U_{s2}, U_{s3} gerilimlerini indüklerler. Öyleki rotorun çıkış klemenslerinde stator ve rotor gerilimlerinin geometrik toplamı görülür. Aynı faz durumu olarak, her fazda toplam gerilim bazında U_p ve U_s 'in aritmetiksel toplamı mevcuttur.

$$U_{\text{top}} = U_p + U_s$$

(II)



Şekil 7: Döner transformator

- a) Bağlantı
 b) Faz dönmeli gerilim diagramı
 c)-g) Faz dönmesiz gerilim diagramları

Rotorun döndürülmesi rotor gerilimleri toplamını değiştirmez, toplam sabit kalır. Fakat stator gerilimlerine göre rotor gerilimlerinin dönme açısıyla orantılı olan bir faz kayması mevcuttur. Toplam gerilimler, büyüyen dönme açısıyla birlikte küçülürler ve 180° 'lik bir dönmeye sıfıra varırlar. Çünkü rotor ve stator gerilimleri bu durumda karşı fazlıdır ve bu yüzden birbirini götürürler. Şekil 7b 'den döner transformatorün çalışması açıkça anlaşılmaktadır. Şekilde, U_{1Top} bileşke toplam gerilimi bir faza ilişkin stator ve rotor gerilimleri içinde değişik dönme açıları için grafiksel olarak gösterilmiştir. Faz gerilimlerinin arzu edilmediği durumda çıkış gerilimleri iki karşı etkileşimli dönen sekonder sistemi kullanma olanağı vardır. Şekil 7c 'den g 'ye kadar olan şekillerde bu durum gösteriliyor.

I.2.2. ELEKTRİKSEL EŞDEĞER DEVRE ŞEMASI

Asenkron motorun bütün önemli işletme özellikleri en iyi olarak elektriksel eşdeğer devresinin elde edilmesiyle açıklanabilir. Bu devrenin transformatorün eşdeğer devresiyle benzerliği vardır. Şekil 8a 'da transformatorün eşdeğer devresi, 4 kutuplu motorunki ile birlikte yer almaktadır.

Şekilde, bakır kayıpları ve akı dağılımı yüzünden primer ve sekonder tarafta omik ve endüktif karakterli gerilim düşümleri uygun dirençlerle (R_1, X_{v1}, R_2, X_{v2}) dikkate alınmıştır (Şekil 8a). Her iki sistemin bağlantısında, X_0 : bobinin endüktif reaktansı, R_0 : paralel bağlı direnci demir kayıplarını göstermektedir.

Bir asenkron motor, frensiz ve kısa devre rotorlu olarak bağlanırsa, işte o zaman özellikleri transformatörünkinden ayrılır. Çünkü rotorda (sekonder tarafta) meydana gelen elektriksel büyüklüklerin frekansı değişen " ω_R " rölatif hızından dolayı statordaki (primer taraftaki) büyüklükler gibi aynı değildir. Transformatörün kısa devresi esnasında geçen akım sadeleştirme ile

$$I_{k1} = \frac{E_2}{\sqrt{R_2^2 + X_{v2}^2}} \quad (12)$$

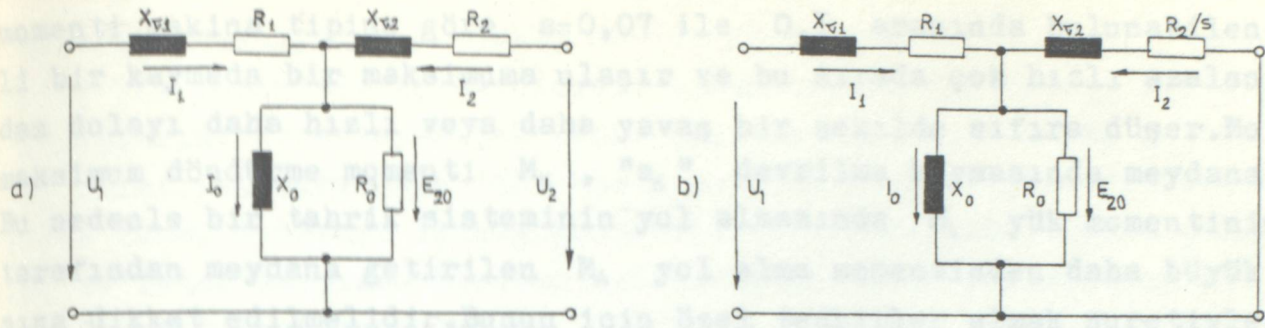
bağıntısı ile ifade edilir. Asenkron motor için ise bu ifade

$$I_2 = \frac{s \cdot E_{20}}{\sqrt{R_2^2 + (s \cdot X_{v2})^2}} \quad (13)$$

şeklinde belirtilmelidir. Çünkü gerek indüklenen E_2 gerilimi gerekse rotorun X_{v2} reaktansı orda meydana gelen frekans değişimlerinden dolayı kaymaya bağlıdır. (13) eşitliği " s " e bölünürse içinde yalnız kaymaya bağlı omik dirençlerin bulunduğu bir ifade elde edilir.

$$I_2 = \frac{E_{20}}{\sqrt{R_2/s^2 + X_{v2}^2}} \quad (14)$$

Asenkron motorun genel olarak kullanılan eşdeğer devre şemasının transformatörünkinden farkı kaymaya bağlı R_2/s rotor direncidir (Şekil 8b). Şekil 9, rotor akımını, kaymanın yahut n_2/n_1 bağıntısının fonksiyonu olarak göstermektedir ve (15) eşitliğine göredir (a eğrisi). Görüldüğü gibi motor sukunet durumunda iken meydana gelen rotor akımı (kısa devre), istenilen yük momentiyle belirlenen değere kadar hızlandırılması sırasında azalır.



Şekil 8:Elektriksel eşdeğer devresi

a) Transformatorün

b) Asenkron motorun

Motorun döndürme momenti

$$M_d = \frac{P_3}{\omega} \quad (I5)$$

ile ifade edilir. Hava aralığından rotora verilen güç

$$P_3 = 3 \cdot I_2^2 \frac{R_2}{s} \quad (I6)$$

dir. Bu (I5) ifadesinde yerleştirilirse

$$M_d = \frac{3 \cdot I_2^2 \cdot R_2}{s \cdot \omega_1} = \frac{180}{2 \cdot \pi \cdot n_1} \cdot \frac{R_2}{s} \cdot I_2^2 \quad (I7)$$

ifadesi, sadeleştirme yapılır ve akım ifadesinde yerine yerleştirilince

$$M_d = c \cdot \frac{E_{20}^2 \cdot s \cdot R_2}{R_2^2 + (s \cdot X_{v2})^2} \quad (I8)$$

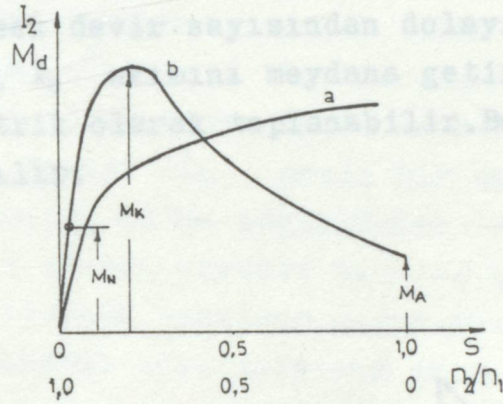
ifadesi elde edilir. Burada

$$c = \frac{180}{2 \cdot \pi \cdot n_1}$$

dir.

Döndürme momentinin kaymaya bağlı değişimi şekil 9 'da " b " eğrisi ile gösterilmiştir. Görüldüğü gibi, motorun yüksek kalkış akımına rağmen çok küçük bir " M_A " kalkış momenti meydana gelmektedir. Bu durum bizi, etkin direncin bu işletim durumunda (I4) eşitliğine göre çok küçük olduğunu sonucuna götürür. Artan devir sayısına bağlı olarak azalan kaymayla R_2/s değeri ve buna bağlı olarak M_d momenti azalır. Döndürme

momenti, makina tipine göre $s=0,07$ ile $0,1$ arasında bulunabilen belirli bir kaymada bir maksimuma ulaşır ve bu sırada çok hızlı azalan akımdan dolayı daha hızlı veya daha yavaş bir şekilde sifıra düşer. Motorun maksimum döndürme momenti M_K , " s_K " devrilme kaymasında meydana gelir. Bu nedenle bir tahrik sisteminin yol almasında M_L yük momentinin motor tarafından meydana getirilen M_A yol alma momentinden daha büyük olmamasına dikkat edilmelidir. Bunun için özel tedbirler almak suretiyle kısım 2.I. 'de bahsedildiği gibi tam nominal momentle kalkış yapılabilir. Öte taraftan çalışma esnasında M_L yük momentinin M_K devrilme momentinden daha büyük olmamasına dikkat edilmelidir. Çünkü motor bu adımdan sonra devrilir ve durur.



Şekil 9: Asenkron motorun karakteristikleri

a) $I_2 = f(s)$

b) $M_d = f(s)$

1.2.3. VEKTÖR DİAGRAMLARI

Asenkron motor için transformatör için olduğu gibi, içinde stator ve rotor büyüklüklerini içeren bir vektör diagramı oluşturulabilir. Rotor yüksüz ve stator devrede bağlı iken çektiği I_0 yük akımı, U_1 şebeke geriliminin empedansa oranıyla belirlenir. $Z_0 \approx X_0 // R_0$ olmak üzere

$$I_0 = \frac{U_1}{Z_0} \quad (19)$$

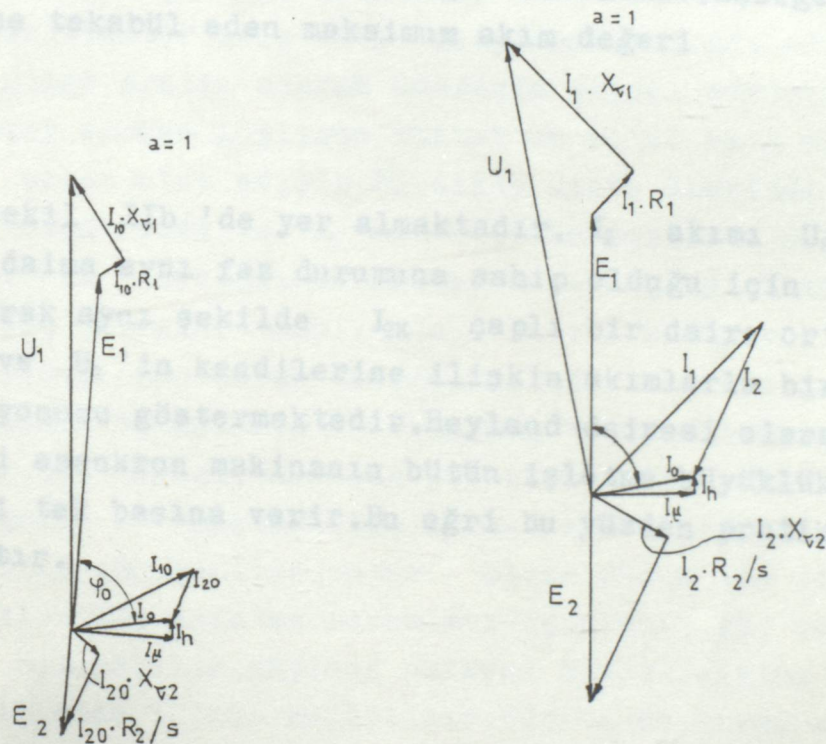
şeklinde hesaplanır. I_0 akımı iki komponentden meydana gelir. Bunlardan birisi I_μ saf magnetizma akımı, diğeri demir kayıplarına sebebiyet veren ihmal edilebilecek kadar küçük olan I_h omik akımıdır. Bunlar geometrik olarak toplanırlar. Bu yüzden şebekeye göre faz durumunu pratik o-

olarak saf endüktiftir(I_0 şekil IO 'da görülmüyor).

Motor yük momentsiz işletilirse, o zaman rotorundan sadece boşta çalışma kayıplarını karşılayan çok küçük negatif bir I_{20} akımı geçer. I_{20} rotor akımı, faz durumunun I_0 boşta çalışma akımına göre dikkate alınmasıyla fazör diagramı içinde gösterilebilir(Şekil IOa). Boşta çalışma akımı ve rotor akımının besleme şebekesinden temin edilmesi gerektiği için I_{10} stator akımı I_0 ve I_{20} 'ın geometrik olarak toplanmasıyla elde edilir.

$$\vec{I}_{10} = \vec{I}_0 + \vec{I}_{20} \quad (20)$$

Rotor akımının omik ve endüktif dirençlerle meydana getirdiği gerilim düşümleri indüklenen E_2 gerilimi tarafından karşılanır. Bu gerilim(E_2) boşta çalışmada yüksek devir sayısından dolayı çok küçüktür. Karşı fazlı E_1 stator gerilimi, I_0 akımını meydana getiren primer tarafı gerilim düşümleri ile geometrik olarak toplanabilir. Bu U_1 besleme gerilimini oluşturmak için yapılır.



Şekil IO:Asenkron motorun vektör diagramı

- Boşta çalışmada
- Yükte çalışmada

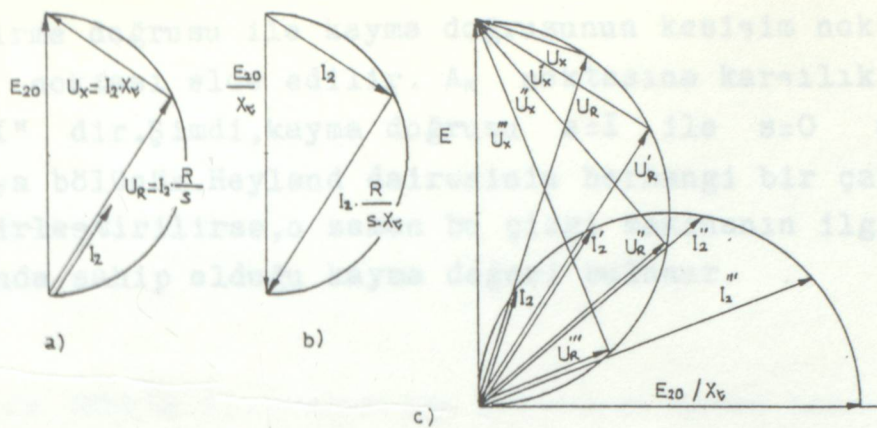
Yük diagramı(Şekil IOb),boşta çalışma diagramından,rotor ve statorda ki akımların biraz daha büyük almaları ve farklı faz durumuna sahip olmalarından dolayı kolaylıkla ayırt edilebilmektedir.Rotorda gerekli olan gerilim dengesi,artan gerilim düşümleri yüzünden bozulmaz.Çünkü motor devir sayısı aşırı yüklenmeden dolayı azalır(şekil 9 'da görülüyor ve buna bağlı olarakta rotorda daha büyük bir gerilim indüklenir. E₁ stator EMK 'sı büyüyen gerilim düşümleri yüzünden biraz küçülür

I.2.4. DAİRE DİYAGRAMI

Daha önceden bilindiği gibi E₂₀ rotor gerilimi, R₂/s ve X_{v2} üzerlerinde I₂ akımı sebebiyle meydana gelen omik ve endüktif gerilim düşümleriyle toplamından meydana gelmektedir.Eğer biz (I4) eşitliğine binaen E₂₀ 'ı kaymadan bağımsız olarak kabul edersek omik dirençlerde reaktif U_x gerilimi ile aktif U_R gerilimi arasındaki oranın değişmesi gerekir. E₂₀ sabit olmak üzere bunun üzerinden sağ yönündeki açılarla yürünürse üçgenin tepesi 'E₂₀' çaplı bir daire çizer(Şekil IIa).Sağ açılı gerilim üçgeninde bütün büyüklükler 'X_v' ile bölünürse,o zaman I₂ rotor akımının oluştuğu üçgenin bir dik kenarı olur.Bu üçgen akım üçgenidir ve hipotenüsünde maksimum değer mevcuttur.Eşdeğer akım üçgenindeki hipotenüse tekabül eden maksimum akım değeri

$$I_{2K} = \frac{E_{20}}{X_v} \quad (21)$$

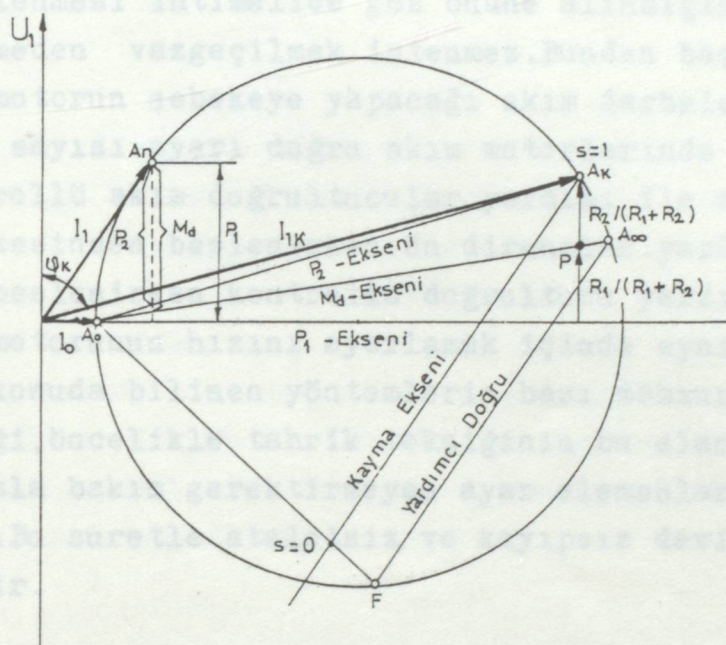
dir.Bu üçgen şekil IIb 'de yer almaktadır. I₂ akımı U_R omik gerilim düşümüne göre daima aynı faz durumuna sahip olduğu için I₂ yer eğrisi yer eğrisi olarak aynı şekilde I_{2K} çaplı bir daire ortaya çıkar.Şekil IIc, U_x ve U_R 'in kendilerine ilişkin akımlarla birlikte dört durumlu kombinasyonunu göstermektedir.Heyland dairesi olarakta bilinen akım yer eğrisi asenkron makinanın bütün işletme büyüklükleri hakkında verilen bilgiyi tek başına verir.Bu eğri bu yüzden pratikte kesin bir anlam kazanmıştır.



Şekil II: Heyland dairesi gösterilimi

Heyland dairesi, üzerine boşta çalışma akımı ve stator gerilimi gibi bilinen büyüklüklerin vektör diyagramından taşınması ile oluşturulur. Makinanın demir kayıpları ihmal edilirse, o zaman I_0 akımı, şekil I2 ' de görüldüğü gibi dairenin A_0 boşta çalışma noktasına taşınır. Rotor bloke iken meydana gelen I_{1K} kısa devre akımı ve buna ilişkin $\cos \phi_K$ güç faktörü bize A_K çalışma noktasını verir (kısa devre çalışma noktası). Böylece basitleştirilmiş daire diagramı çizilmiş olur. A_0 ve A_K yı birleştiren çizgi pratik olarak dairenin çapını gösterir. A_K 'dan dikey olarak yatay eksene inilirse stator ve rotor omik dirençleri arasındaki R_2/R_1 oranı elde edilir. Bu dikey doğru üzerinde R_2/R_1 oranının belirlediği noktadan geçen ve A_0 noktasından başlayan doğru çizilirse bu doğru daireyi A_∞ noktasında keser. A_0-A_∞ çizgisi moment eksenini A_0-A_K doğrusu güç eksenini temsil eder. I_1 yük akımı vektörel olarak A_0 başlangıç noktasından daire üzerindeki A_n nominal çalışma noktasına çizilirse o zaman bu noktaya ilişkin güç ve döndürme momenti değerleri elde edilir. Güç değeri, A_n ile güç eksenindeki düşey mesafedir. Moment değeri, A_n noktası ile moment eksenindeki düşey mesafeyle hesap edilir. Bu şekilde, motor bloke durum ile nominal devir sayısı arasındaki bütün işletme durumları için akım, güç ve döndürme momenti değerleri bulunabilir. Heyland dairesi motor işletme için olduğu gibi generatör işletme içinde kullanılır. Güç ve döndürme momenti için aynı şablon çizgiler geçerlidir. Fakat generatör çalışmadaki çalışma noktaları daire kesiti üzerinde R_1 yatay güç çizgisinin altında bulunur. Heyland dairesi sayesinde dışardan makinanın kayması belirlenebilir. Bu maksatla A_K noktasından geçen herhangi bir yöndeki doğruya A_∞ 'dan geçen paralel yardımcı bir doğru çizilir. Eğer yardımcı doğrunun daireyi kesme noktası A_0 noktasıyla birleştirilirse, bu birleştirme

bu birleştirme doğrusu ile kayma doğrusunun kesişim noktası kayma ekseninin $s=0$ noktası elde edilir. A_K noktasına karşılık gelen kayma değeri ise "I" dir. Şimdi, kayma doğrusu $s=1$ ile $s=0$ arasında IO eşit parçaya bölünür. Heyland dairesinin herhangi bir çalışma noktası "F" ile birleştirilirse, o zaman bu çizgi makinanın ilgilenilen çalışma noktasında sahip olduğu kayma değeri bulunur.



Şekil I2: Heyland dairesinin oluşturulması

2. DEVİR SAYISI AYARI

İçlerinde tahrik sistemlerinin bulunduğu hemen hemen bütün sanayi tesislerinde tahrik düzenlerinden devir sayısı ayar imkânı istenir. Eğer iş makinasına yalnız tek bir devir sayısı gerekli ise, iş makinasının aşırı yüklenmesi ihtimalide göz önüne alındığında yük altında kalkış ve frenlemeden vazgeçilmek istenmez. Bundan başka direkt bağlı olan bir asenkron motorun şebekeye yapacağı akım darbelerinden sakınmak gereklidir. Devir sayısı ayarı doğru akım motorlarında ön dirençler yardımıyla yada kontrollü akım doğrultucular yardımı ile ayarlamak mümkündür (Motor D.C. şebekesinden beslenirken ön dirençler yardımıyla, motor A.C. şebekesinden beslenirken kontrollü doğrultucu yardımıyla). Alternatif akım asenkron motorunun hızını ayarlamak içinde aynı miktarda imkân mevcuttur. Fakat bu konuda bilinen yöntemlerin bazı mahzurları vardır. Modern güç elektroniği, öncelikle tahrik tekniğinin bu alanında kontaklı, hareketli ve fazla bakım gerektirmeyen ayar elemanlarının kullanımını mümkün kılmıştır. Bu suretle ataletsiz ve kayıpsız devir sayısı ayarı gerçekleştirilmiştir.

2.1. KAYMA GÜCÜNÜN DEĞİŞTİRİLMESİ SURETİYLE DEVİR SAYISI AYARI

Pratikte asenkron motorlarda en sık kullanılan devir sayısı ayar şekli, kayma gücünün değiştirilmesidir. Bunun için tabii olarak bilezikli asenkron motor gereklidir. Çünkü bu metodda rotor devresine yardımcı devreler bağlanması zorunludur.

2.1.1. ROTOR DİRENÇLERİYLE DEVİR SAYISI AYARI

Daha önceden kısım 1.2.1. 'de gördüğümüz gibi frenlenmiş bir asenkron motor transformatör gibi davranır. Eğer rotor dönerse eşdeğer devresi, rotor devresindeki omik dirençlere bağlı olan bir değişme gösterir. Bu durum bizi rotor dirençlerinin değiştirilmesiyle kayma ve buna bağlı olarakta devir sayısının değiştirildiği sonucuna götürür. Bunu tam

olarak açıklayabilmek için; kayma, rotor direnci ve döndürme momenti arasındaki ilişkide sadelik sağlanması gereklidir. Bu maksatla döndürme momenti-kayma diyagramındaki devrilme kaymasının hangi büyüklüklere bağlı olduğu araştırılmalıdır. Döndürme momenti eğrisindeki yükseliş, şekil 9 'un gösterdiği gibi sıfır (0) kaymasındadır. s_K 'yı bulabilmek için, (18) eşitliğinde döndürme momentinin kaymaya göre türevi alınmalı ve elde edilen diferansiyel oran sıfıra eşitlenmelidir. Netice olarak

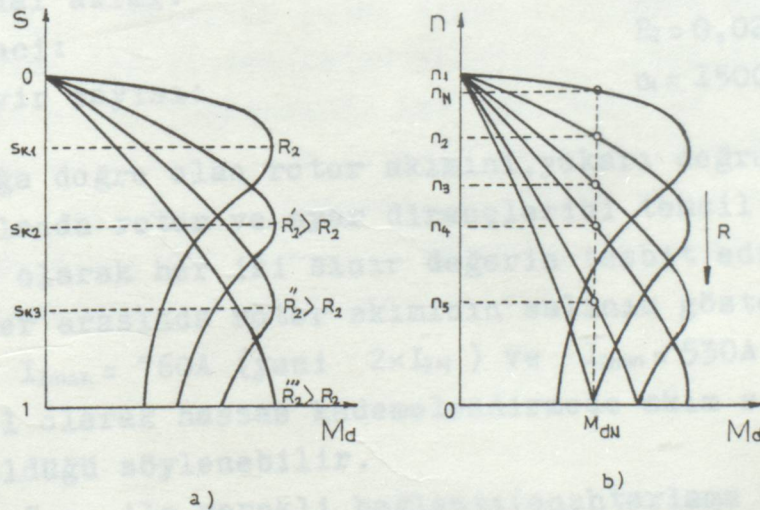
$$\frac{dM}{ds} = 0 = s^2 X_v^2 - R_2^2 \quad (22)$$

bağıntısı elde edilir. Buradan devrilme kayması

$$s_K = \frac{R_2}{X_v} \quad (23)$$

olarak bulunur. İfadede $X_v = X_{v1} + X_{v2}$ ($a=1$ için) dir.

(23) eşitliği rotor direncine bağlı olarak devrilme momentinin değiştiğini ifade etmektedir. Eğer bir asenkron motorun rotor devresindeki ayar dirençleri devreye sokulursa, devrilme momenti büyüyen kayma değerleri yönünde kayar. Bu amaçla uzaysal olarak 90° dönen döndürme momenti-kayma diyagramı uzatılır ve direnç değerlerine göre şekil 13a 'da gösterilen form verilebilir. Stabil karakteristik alanı içinde ayarlanan devir sayıları, şekil 13b 'de M_{dN} momentiyile karakteristiğin kesme noktaları olarak işaretlenmiştir.



Şekil 13: Rotor dirençleri vasıtasıyla moment karakteristiğinin uzatılması

a) $s_K = f(M_d)$

b) $n = f(M_d)$

Asenkron motorun devir sayısı, rotor devresindeki dirençlerin devreye sokulup çıkartılmasıyla çok geniş sınırlar içinde ayarlanabilir. Şekil I3b 'den anlaşılacağı gibi, dirençleri uygun boyutlandırarak herhangi bir yüklemde suknet durumu ile nominal devir sayısı arasındaki her devir sayısı elde edilebilir. Bunun için doğal olarak ayar dirençlerinin yeterince hassas kademelere ayrıldığı kabul edilir. Pratikte bağlantıda bir kademedan diğerine geçerken belirli bir maksimum akımı aşmayacak şekilde kademelendirilmiş çok kademeli ayar dirençleri kullanılır. Buna mukabil çok büyük güçlü motorlarda hassas devir kademeli hız ayarını mümkün kılan bazı su (sıvı) dirençleri kullanılır. Rotor devresinde kademeli dirençle devir sayısı ayarının bir mahzuru rotor dirençlerinde meydana gelen kayma gücünün ısıya dönüşmesidir. Bu yüzden motorun verimi önemli derecede kötüleşir. Ayrıca bazı tahriklerin güç eğrileri azalan devir sayısı ile dikleşir ve bu sebepten de yüke bağılıdırlar. Bunun dışında, devrilme momentinin yer değiştirilmesi vasıtasıyla tahrik sistemini düşük devir sayılarında da devrilme momentine kadar yüklemek imkânı söz konusudur. Bahsedilen bu yararlı yön, hızlandırma için ilave bir moment gerekli isede özellikle yük nominal momentine kalkışta kullanılır.

Devir sayısı ayarı için gerekli olan ayar dirençlerinin boyutlandırılması, en basit olarak şekil I4 'deki diyagramın elde edilmesinde ifade edildiği gibi grafiksel yol üzerinde vuku bulur. Örnek olarak şu teknik değerlere sahip olan bir motoru seçerek ayar dirençlerini hesap edelim:

Güç:	$P = 570 \text{ kW}$
Fazlar arası rotor boşta çalışma gerilimi:	$E_{20} = 870 \text{ V}$
Rotor nominal akımı:	$I_{2N} = 380 \text{ A}$
Rotor direnci:	$R_2 = 0,025 \Omega$
Senkron devir sayısı:	$n_1 = 1500 \text{ dev/dak}$

Diagram, sağa doğru olan rotor akımını, yukarı doğru olan devir sayısını sola doğru olanda rotor ve ayar dirençlerini temsil eden üç eksenini içermektedir. İlk olarak her iki sınır değerlerin tesbit edilmesi gereklidir. Bu sınır değerler arasında rotor akımının salınım göstermesine müsaade edilir. Örnekte $I_{2\text{max}} = 760 \text{ A}$ (yani $2 \times I_{2N}$) ve $I_{2\text{min}} = 530 \text{ A}$ (yani $1,4 \times I_{2N}$) olmalıdır. Genel olarak hassas kademelendirmede akım salınımlarının kalkışta daha küçüldüğü söylenebilir.

$I_{2\text{max}}$ ve $I_{2\text{min}}$ 'le gerekli bağlantı (anahtarlarba bağlantısı) kademeleri bulunabilir. " n_1 " senkron devir sayısı ve $I_{2\text{max}} = 760 \text{ A}$ 'lik maksimum rotor akımı (şekil I4'de "a" doğrusu) arasındaki birleştirme çiz

gileri, tamamı devrede olan ön direnç durumundaki revir sayısı rampasına (eğik doğrusuna) uyarlar. $n_1 = 230$ d/dk 'lık devir sayısındaki akım 530A 'lık en alt değere düştüğü için direncin bir kısmı kısa devre olabilir. Geriye kalan direnç kısmı rotor akımını yeniden 760A 'e yükselten kısım'dır. Motor, devir sayısını şimdi "b" doğrusuna göre artırır. Öyleki $n_{II} = 380$ d/dk 'da direncin devam eden kısmı kısa devre olabilir. Bu olay, bütün direnç kısa devre olana ve motor "g" eğrisine ulaşana kadar uzun müddet devam ettirilir. "g" karakteristiğinde motorun yalnız kendi direnci söz konusudur. Tek tek bütün direnç değerlerinin tesbit edilebilmesi için evvela boşa çalışmada rotor akımının sınırlandırılması için gerekli olan toplam direncin bilinmesi gerekir. Bu direnç (24) eşitliğine göre hesaplanır.

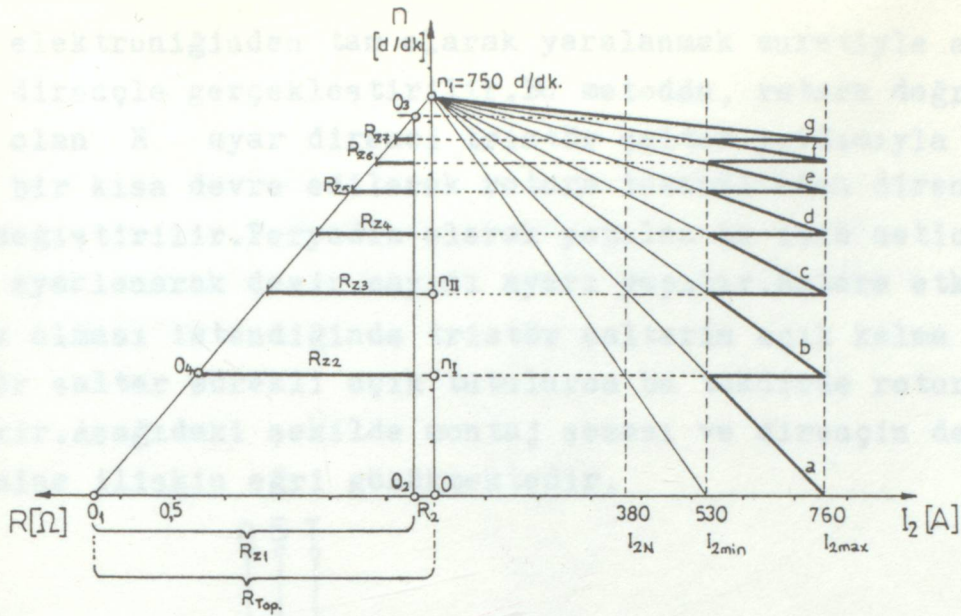
$$R_{\text{Top.}} = \frac{E_{20}}{\sqrt{3} \cdot I_{2\text{max}}} \quad (24)$$

Örneğimizde bu değer

$$R_{\text{Top.}} = \frac{870}{\sqrt{3} \cdot 760} = 0,66 \Omega \quad (25)$$

dir. Bu direnç doğruları üzerinde $O-O_1$ kenarı ile gösterilmiştir. Buna benzer olarak R_2 rotor direnci $O-O_2$ kenarına taşınır ve bundan sonra boşa çalışmada önde bağlanacak olan ayar direnci $R_{Z1} = R_{\text{Top.}} - R_2 = 0,635 \Omega$ olarak elde edilir. O_1 ile n_1 birleştirilir ve O_2 'ye dik olarak çizilirse, o zaman her iki doğrunun kesme noktası (O_3) ve aynı zamanda nominal kaymanında bir ölçüsü olan motorun nominal devir sayısı belirlenir. Motorun $I_{2\text{min}}$ akımında rotor direnci tamamen devrede iken ulaştığı n_1 devir sayısı değerinden geçen yatay bir çizgi çizilirse, o zaman O_1-n_1 doğrusunu O_4 noktasında keser. Bu takdirde O_4-n_1 kenarı en yakın hızlandırma sınırı için gerekli direnci ($R_{Z2} + R_2$) temsil eder. Duruma göre $I_{2\text{min}}$ ve $I_{2\text{max}}$ arasında sıçrayan rotor akımının ayarı için yer alırlar (Bu dirençler yukarıda bahsedildiği şekilde diğer ayar kademeleri için hesaplanan ayar dirençleridir).

(NOT: Tüm ayar dirençleri yukarıda izah edildiği şekilde hesap edilir.)



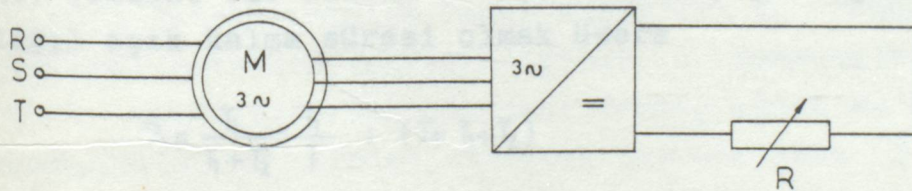
Şekil 14: Devir sayısı ayarı için rotor direnci kademelerinin bulunuşu

Şimdide rotor dirençleriyle devir sayısı ayarı konusuna güç elektro-niğini sokalım. Daha önceden de bahsedildiği gibi rotor direncinin kontrolü ile hız ayarı yöntemini uygulayabilmek için motor bilezikli asenkron motor olmalıdır. Bilindiği üzere rotor dirençleriyle devir sayısı ayarı kalmayı değiştirmek suretiyle gerçekleştiriliyordu.

Döndürmemomentini sabit kabulü ile ve R_2 : rotor direnci, R_z : ayar direnci (bir ayar kademesine tekabül eden) olmak üzere teori matematiksel olarak basitçe aşağıda yer almaktadır.

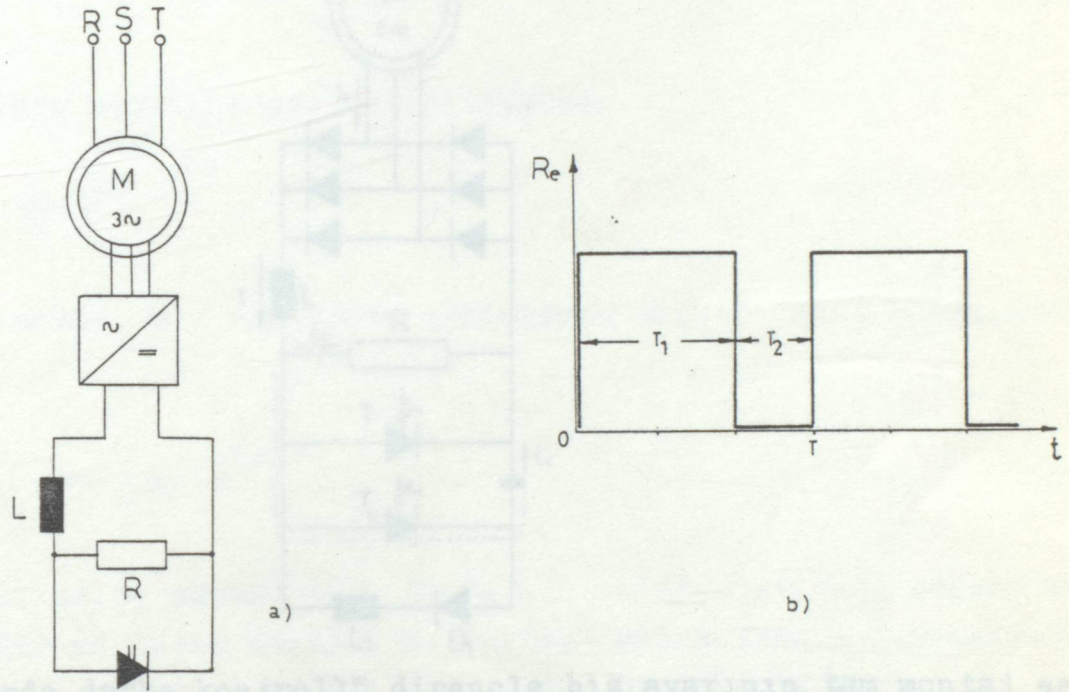
$$\frac{S}{S_1} = \frac{R_2}{R_2 + R_z} \quad (26)$$

Ayar devresinde bir tek direnç kullanılmak istenirse bu taktirde rotor devresine bir redresör bağlanır. Prensiş şema aşağıda yer almaktadır.



Şekil 15: Rotor devresinde tek dirençle hız ayarı prensip şeması

Güç elektroniğinden tam olarak yararlanmak suretiyle ayar darbe kontrollü dirençle gerçekleştirilir. Bu metotta, rotora doğrultucu üzerinden bağlı olan R ayar direnci tristör şalter yardımıyla uçları bir açık devre bir kısa devre edilerek rotora tekabül eden direncin ortalama değeri değiştirilir. Peryodik olarak yapılan bu işin neticesinde rotor direnci ayarlanarak devir sayısı ayarı yapılır. Rotora etki eden direncin yüksek olması istendiğinde tristör şalterin açık kalma süresi artırılır. Tristör şalter sürekli açık tutulursa bu takdirde rotora direncin tamamı etkir. Aşağıdaki şekilde montaj şeması ve direncin değerinin değiştirilmesine ilişkin eğri gözükmemektedir.



Şekil 16: Rotorda darbe kontrollü direnç kullanılması

- a) Montaj şeması
b) Direncin ayarı

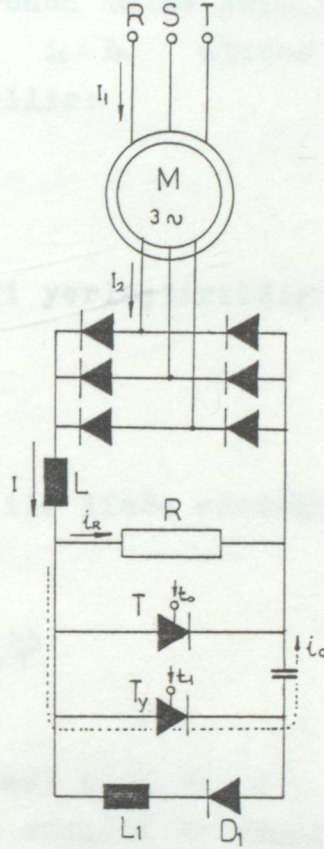
(b) şeklini ele alarak bu işin nasıl yapıldığını inceleyelim. λ : şalterin bağlı açık kalma süresi olmak üzere

$$\lambda = \frac{T_1}{T_1 + T_2} = \frac{T_1}{T} ; (T = T_1 + T_2) \quad (27)$$

şeklinde hesap edilir. Burda $T_1 = T$ için $R_e = R$, $T_1 = 0$ için $R_e = 0$ olur. Burdan istifade ederek direncin ayar sahasını belirlemek mümkündür. Ayar miktarı $0 \leq T_1 \leq T \rightarrow R \leq R_e \leq 0$ dir. İfadelerde geçen etken direnç olarak adlandırılan R_e direnci aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$R_e = \frac{R \cdot T_1}{T_1 + T_2} = \lambda \cdot R \quad (28)$$

(a) şeklinde görülen "L" selfi, tristör şalter tarafından R direnci kısa devre edildiğinde akacak akımı sabit tutmak içindir. Şimdi bu bağlantıyı açık olarak çizelim ve devrenin çalışmasını izah ederek ifadeleri çıkaralım.



Şekil 17: Rotorda darbe kontrollü dirençle hız ayarının tam montaj şeması

Şekildeki devrede, T tristörü tetiklendiğinde R direncini kısa devre ederek şekil 16b 'de görülen T_2 periyodunu oluşturur. T tristör iletimde iken C kondansatörü üst plakası (+) olacak şekilde şarj olur. T_y ve D_1 üzerinden bir akım akıtarak boşalamayacak olan C kondansatörü bu konumunu T 'yi söndürmek ve T_1 periyoduna geçmek üzere T_y 'nin tetiklenmesine kadar sürdürür. T_y söndürmek için kullanılan yardımcı tristörü tetiklendiğinde C kondansatörü deşarj olmak suretiyle T ana tristörünü söndürür. Deşarj olduktan sonra ters yönde dolan kondansatör R direnci tamamen devrede iken D_1 - L_1 - R yoluyla tekrar boşalıp T tristörünü söndürmek üzere şarj olur. Devrenin çalışması bu şekilde devam eder.

T iletimde iken $\alpha = 0$ ve $\frac{d\alpha}{dt} = c$ dir (α : R 'nin ani değeri). t_1 anında T_y tetiklenince T hemen söner. Bu durumda şekilde görülen " i_c " akımı akar. $\tau = R \cdot C$ olmak üzere bu akım

$$i_c = \left(1 + \frac{U_c}{R}\right) \cdot e^{-\frac{t-t_1}{\tau}} \quad (29)$$

olarak devre şemasından hesaplanır. kondansatör boşalıp ters yönde dola-
caktır. C 'nin boşalması esnasında i_c ve U_c azalmaya başlayacaktır.
Bu aşamadan sonra olay devam ederek $U_c = 0$ sonra $U_c < 0$ olur. U_c ge-
rilimi burdan itibaren mutlak değerce artmaya devam eder.

i_c akımı T_y tristörünün tutma akımının altına düştüğünde T_y sö-
ner. Yani T_y 'nin sönmesi $i_c = I_h$ olunca gerçekleşir (I_h : tutma akımı).
Burdan şu ifade çıkarılabilir:

$$i_R = I - i_c \quad (30)$$

İfadede i_c akım eşitliği yerleştirildiğinde

$$i_R = I - \left(1 + \frac{U_{c1}}{R}\right) e^{-\frac{t-t_1}{\tau}} \quad (31)$$

elde edilir. Şimdide U_A ile ifade edeceğimiz tristör anot gerilimini
hesaplayalım.

$$U_A = R \cdot i_R = R \cdot I - (R \cdot I + U_{c1}) \cdot e^{-\frac{t-t_1}{\tau}} \quad (32)$$

U_A 'nın negatif kalma süresi olan $\Delta t = \beta_s \cdot t_q$ 'den istifade ederek kon-
dansatörün değerini hesap edelim (t_q : serbest kalma zamanı, β_s : emniyet
faktörü, $\beta_s > 1$ olmalıdır). $t - t_1 = \Delta t$ için $U_A = 0$ olacaktır. U_A ifa-
desini sıfıra eşitleyerek burdan C 'yi çekelim.

$$U_A = 0 = R \cdot I - (R \cdot I + U_{c1}) \cdot e^{-\frac{\Delta t}{\tau}}$$

burdan $\frac{\Delta t}{\tau} = \frac{R \cdot I}{R \cdot I + U_{c1}}$ elde edilir. Devam ederek $\Delta t = \tau \cdot \ln\left(1 + \frac{U}{R \cdot I}\right)$

ifadesi, bu ifadede $\tau = R \cdot C$ 'yi yerleştirerek C 'ye göre düzenlenirse

$$C = \frac{\Delta t}{R \cdot \ln\left(1 + \frac{U}{R \cdot I}\right)} \quad (33)$$

bulunur.

Şimdide redresör tarafına koyulan direncin rotor devresine nasıl ve
ne değerde etkidiğine göz atalım.

Rotor devresinde üç fazlı direnç kullanılması halinde harcanan güç

$$3 \cdot (R_2 + R_z) \cdot I_2^2$$

dir. Darbeli kontrollü direnç kullanılması halinde rotor devresinde harcanan güç

$$3 \cdot R_2 \cdot I_2^2 + R_e \cdot I^2$$

dir. Bunlar birbirine eşitlenir ve ardından parantez açılırsa $3R_2 \cdot I_2^2$ ler birbirini götürür. Netice olarak

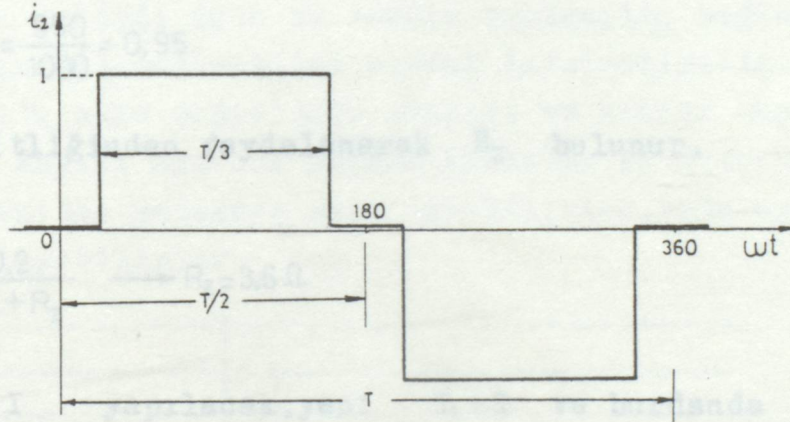
$$3 \cdot R_z \cdot I_2^2 = R_e \cdot I^2$$

burdanda

$$R_e = 3 \cdot R_z \cdot \left(\frac{I_2}{I}\right)^2$$

(36)

elde edilir. Buna ilişkin şöyle bir şekil ele alınabilir.



Şekil 18: $i_2 = f(t)$ değişimi

Şekilden I_2 ile I arasındaki ilişkiyi bulalım.

$$I_2^2 = \frac{T/3 \cdot I^2}{T/2} = \frac{2}{3} \cdot I^2$$

(37)

Bu (36) ifadesinde yerleştirilince R_e etkin direnci

$$R_e = 3 \cdot R_z \cdot \frac{2}{3} = 2 \cdot R_z$$

(38)

olarak bulunur. Bulunan bu değer, λ 'yı 0 (sıfır) ile 1 (bir) arasında

değiştirmek suretiyle faz başına eklenecek $2R_z$ direnci ayarlanmış olur.
 $\lambda=I$ için $R_e=R=2R_z$ dir.

Hızı değiştirdiği halde momenti değişmeyen montajda bilezikli asenkron motor ağır yük altında yol alması gerekiyorsa bu şekilde bir montaj kullanılabilir.

Konuya ilişkin bir örnek verelim. Bilezikli bir asenkron motorda rotor akımı 120A, rotor sargı direnci $0,2 \Omega$ /faz, nominal devir sayısı 950d/dk'dır. Darbe ayarlı direnç kullanmak suretiyle rotor hızını nominal yükte nominal devir sayısı ile 50d/dk arasında ayarlamak isteyelim. Buna göre montajda kullanılacak direnci hesaplıyalım. Devir sayısının nominal yükte 250d/dk 'ya ayarlamak için tristör şalterin bağlı açık kalma süresinin ne olması gerektiğini bulalım.

Çözüm için önce klasik yöntemle yani rotor devresine direnç sokmak suretiyle yapılırsa istenilenlerin ne olacağına bakalım.

Nominal yükte ve 50d/dk 'daki kayma değerlerini bulalım.

$$s_n = \frac{1000-950}{1000} = \frac{50}{1000} = 0,05$$

$$s = \frac{1000-50}{1000} = \frac{950}{1000} = 0,95$$

$$\frac{s_n}{s} = \frac{R_z}{R_z + R_z} \text{ eşitliğinden faydalanarak } R_z \text{ bulunur.}$$

$$\frac{0,05}{0,95} = \frac{0,2}{0,2 + R_z} \rightarrow R_z = 3,6 \Omega$$

$n=n_{min}$ için $\lambda=I$ yapılacak, yani $T_1=T$ ve burdanda $R_e=R$ olacaktır. Artık R hesaplanabilir.

$$R = 2 \cdot R_z = 2 \cdot 3,6 = 7,2 \Omega$$

Şimdide 250d/dk için bağlı açık kalma süresini bulalım. Bu amaçla önce bu devirdeki kaymayı daha sonrada bu hıza tekabül eden etken direnci hesaplamak gereklidir.

$$s = \frac{1000-250}{1000} = 0,75$$

$$\frac{0,05}{0,75} = \frac{0,2}{0,2 + R_z} \rightarrow R_z = 2,8 \Omega$$

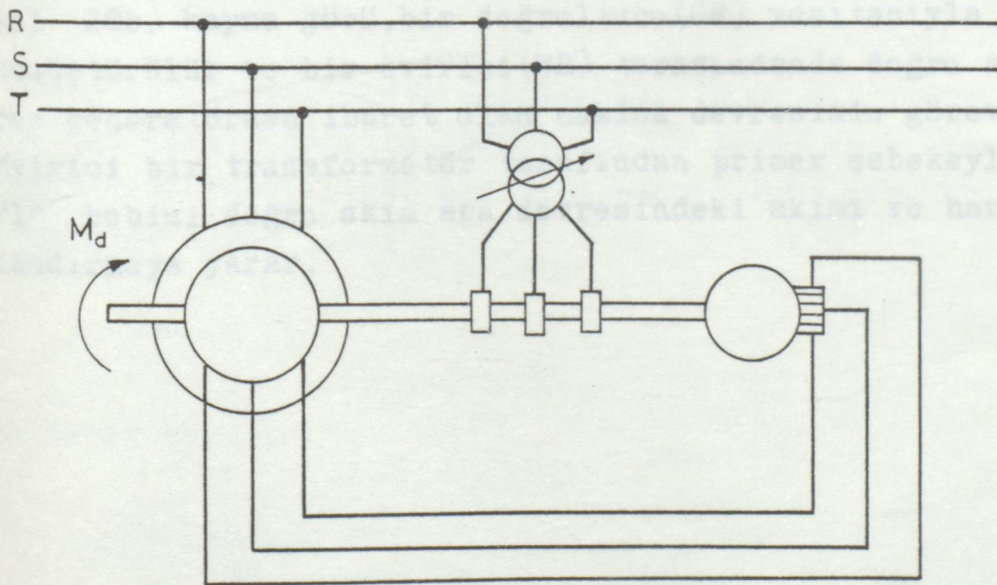
$$\lambda = \frac{R_1}{R} = \frac{5,6}{7,2} = 0,7777$$

$$\lambda = \frac{T_1}{T} \rightarrow T_1 = T \cdot \lambda = \frac{1}{50} \cdot 0,7777 = 15,554 \text{ ms} ; (f = 50 \text{ Hz})$$

$$T_2 = 20 - 15,554 = 4,446 \text{ ms}$$

2.1.2. KASKAT BAĞLANTILAR YARDIMIYLA DEVİR SAYISI AYARI

Rotor dirençleriyle hız ayarının dışında bir asenkron motorun devir sayısı ayarı, "s" kayması ile orantılı olduğu bilinen U_2 rotor gerilimini aynı büyüklükteki frekans ve faz durumuna sahip olan başka bir U gerilimine dönüştürerek te yapılabilir. Bu, şekil I9 'da bir döner transformator ve bir frekans dönüştürücüsünün seri bağlanmasıyla sembolize edilmiştir. Bu metod en az iki dönüştürücünün ard arda bağlanmasıyla meydana geldiği için bu amaçla kullanılan bağlantılar genel bir kavram olarak kaskat bağlantılar olarak isimlendirilir. En önemli örnekleri senkron altı akım doğrultucu kaskatı ve kremer kaskatıdır. Bunlar kayıpsız devir sayısı ayarını mümkün kılarlar ve rotorda meydana gelen kayma gücünü yeniden şebekeye geri verebilirler, yada aynı şekilde tahrik milini besleyebilirler.

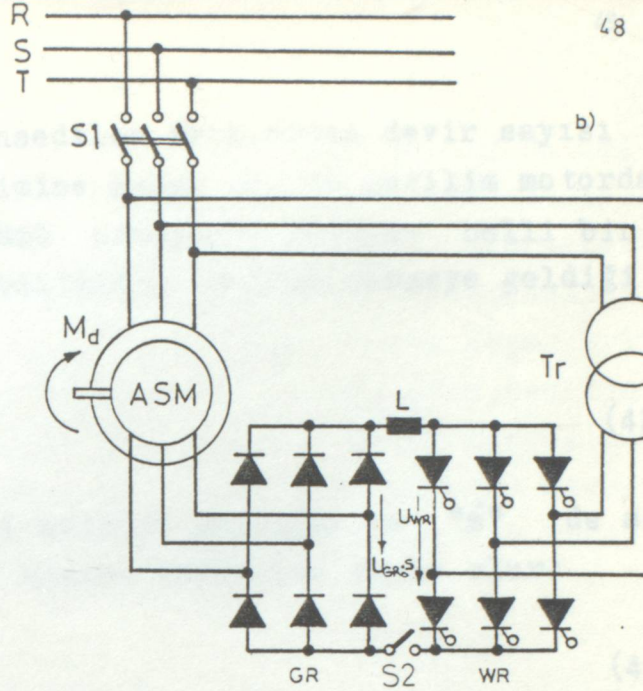


Şekil I9: Kaskat bağlantının prensip şeması

a) Senkron Altı Akım Doğrultucu Kaskadı

Senkron altı akım doğrultucu kaskadın gelişimi yaklaşık 40-45 yıl önce başladı. Bu alandaki gelişmeler 'Scherbius Kaskatı' olarak bilinen kaskatı ortaya çıkarmıştır. Fakat o zamanlar bu şekilde bir tahrikin devresini mevcut devre elemanları ile gerçekleştirmek mümkün değildi. Bugün ise güç katında silisyum diodlar ve tristörlerin yer almasıyla ayrıca kontrol ve ayar katında transistör tekniğinin yardımıyla rahatlıkla gerçekleştirilebilmektedir. Senkron altı akım doğrultucu kaskadın devamlı bir faydası, D.C. tahriğine göre önemli derecede yüksek akım dikliğine müsaade edebilmesidir. Ayrıca senkron altı akım doğrultucu kaskatlarında verim yüksektir. Bahsedilen akım diklikleri kollektörün ilave zorlanmasından dolayı (lamel geriliminin artışı şeklinde) doğru akım tahriğinde sınırlandırılmışlardır.

Daha önceden bahsedildiği gibi, asenkron motorun rotor gerilimine ters bağlantı konumunda olan yardımcı gerilim büyüklük, faz ve frekans olarak aydurlması (ayarlanması) gerekir. Kaskat bağlantısı bu şartları basitleştirir. Rotorun üç fazlı gerilimini doğrultarak frekans ve faz durumunu doğru bir şekilde ayarlar. Şekil 20 'de gösterilen Scherbius kaskadında asenkron motorun (ASM) sargısı tek endüvili bir dönüştürücüye (EU) bağlanmıştır. Bu tek endüvili dönüştürücü, bahsedilen doğru gerilimi alternatif gerilim sisteminden üretir. Ayrıca asenkron generatörü (ASG) tahrik eden bir doğru akım motorunu (GM) çalıştırır. Asenkron generatör primer şebekeye bağlanır. Buna karşın senkron altı akım doğrultucu kaskadında (Şekil 20b) kayma gücü, bir doğrultucu (GR) vasıtasıyla doğru akım gücüne dönüştürülür ve bir evirici (WR) tarafından doğru akım motoru ve asenkron generatörden ibaret olan makina devresinin görevleri ifa edilir. Evirici bir transformatör tarafından primer şebekeyle birleştirilmiştir. "1" bobini doğru akım ara devresindeki akımı ve harmonik yükünü sınırlandırmaya yarar.



Şekil 20: a) Bir Scherbius kaskadının bağlantı şeması
b) Bir senkron altı akım doğrultucu kaskadın prensip bağlantı şeması

Çalışma Şekli ve İşletme Davranışı:

Senkron altı akım doğrultucu kaskat devresini şu şekilde açıklamak mümkündür. Motorun boşta çalışma rotor gerilimi ve buna bağlı olarak doğrultucu uçlarındaki gerilim en büyük değerindedir (U_{GR_0}). Her iki gerilim kaymayla orantılı olarak değişir. Öyleki belli bir devir sayısına karşılık gelen D.C. gerilim şu eşitlik yardımıyla belirlenir:

$$U_{GR} = s \cdot U_{GR_0} \quad (39)$$

Eğer eviriciyle, boşta çalışmadaki D.C. gerilimle aynı büyüklükte olan bir karşıt gerilim üretilirse ne doğru akım ara devresinde nede motorun rotor devresinde bir akım akamaz. Buna göre söz konusu gerilim ilişkisine uygun kayma

$$s = \frac{U_{WR}}{U_{GR_0}} = 1 \quad (40)$$

ve devir sayısı

$$n_2 = n_1 \cdot \left(1 - \frac{U_{WR}}{U_{GR_0}}\right) = 0 \quad (41)$$

olarak ifade edilir. Böylece makina durur. Evirici geriliminin azaltılmasıyla, uygun olarak seçilmiş gerilim farkına uygun daha çok veya daha az büyüklükte bir akım akar. Bu akım bir hızlandırma momenti meydana getirir.

ve bu momentde motoru tahrik eder. Bahsedilen akım, artan devir sayısı ile birlikte azalan doğrultucu gerilimine kadar -ki bu gerilim motorda ve doğrultucuda " Δu " gerilim düşümü civarında azalır- belli bir değere düşürülür. Bu değer, evirici geriliminin yeniden dengeye geldiği değerdir. Eğer

$$U'_{WR} = s' \cdot U_{GR_0} \quad (42)$$

ise buna ulaşılır. İfadedeki U'_{WR} , yeni evirici gerilimi ve " s " de ayarlanan yeni kaymadır. O zaman devir sayısı bağıntısı şöyle olur:

$$n'_2 = n_1 \left(1 - \frac{U'_{WR} + \Delta U}{U_{GR_0}} \right) \quad (43)$$

Böylece evirici gerilimiyle birlikte kayma ve buna bağlı olarakta tahriğin devir sayısı değiştirilebilir. Evirici geriliminin azaltılması motor devir sayısını artırır. Bu yönde bir ayarla devir sayısının artan yönde olduğuna dikkat edilmelidir. Frenlemedeki devir sayısı değişimi yalnız yük momentıyla belirlenir. Çünkü tahrik bu esnada bir akım sürmesi ve bu yüzden tesirli olamaz. İlerde bahsedilecek frenleme bağlantısının tamamen teorik değeri vardır. Çünkü gerekli olan sarfiyat çok büyüktür. Bu yüzden pratikte isteğe bağlı olarak kullanılır.

Uygulayıcıyı, motorun çalışma şeklinin yanında motorun birinci çizgi-deki işletme davranışı yani döndürme momenti, devir sayısı ve güç arasındaki ilişki ilgilendirir.

Elektro motor tarafından verilen döndürme momenti için ölçü, bilinen şekliyle indüksiyon (yahut akı) ve yükleme akımının çarpımıdır. Akı sabit kalırsa bu taktirde döndürme momenti yalnız akımın fonksiyonu olur. Buna göre devir sayısı ile yük arasındaki bağıntı için ifade olarak, (43) eşitliğinde rotor akımıyla olan Δu gerilim düşümü yerine

$$M_L \sim \phi \cdot I_2 \quad (44)$$

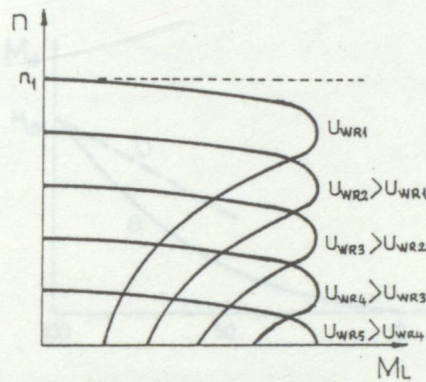
konularak elde edilen eşitlik ortaya çıkar. O zaman

$$n_2 = n_1 \cdot \left[\left(1 - \frac{U_{WR}}{U_{GR_0}} \right) - \frac{k}{U_{GR_0}} M_L \right] \quad (45)$$

bağıntısı elde edilir. Bu, başlangıç değeri

$$n_1 \left(1 - \frac{U_{WR}}{U_{GR_0}} \right)$$

olan ve artan yükte lineer olarak azalan bir doğru denklemdir. Bu doğru, asenkron motorun bilinen devir sayısı-döndürme momenti karakteristiğinin düzgün olarak azalan bölgesini karakterize eder. Başlangıç değeri yani boşta çalışmadaki devir sayısı, eviricinin yardımıyla ayarlanabildiği için bu karakteristik parçası kendisine paralel olarak kayar. Öyleki şekil 17 'deki karakteristik eğriler meydana gelir. Buna göre, senkron altı akım doğrultucu kaskadın önemli bir yararı, bütün devir sayısı alanı üzerinde yabancı uyartımlı doğru akım motorunun bilinen şönt davranışını göstermesidir. Tahrik, asenkron motorun devrilme momentine kadar bu şekilde yükten bağımsız kalır.



Şekil 21: Senkron altı akım doğrultucu kaskadın karakteristik bölgesi

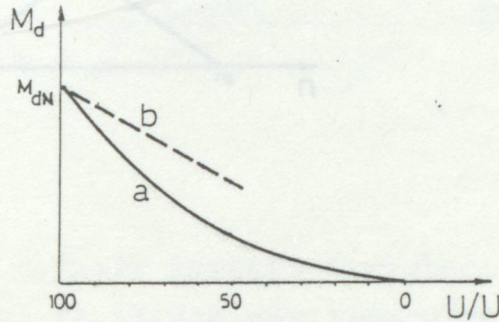
Endüktif yüke bağlamanın sonucu olarak şebeke geriliminin düşmesi durumunda asenkron motorun verdiği döndürme momenti şekil (22) 'de yer alan "a" eğrisine gerilimin karesiyle orantılı olarak düşer. Çünkü

$$M_d \sim \phi I_2 \sim U_1^2 \quad (46)$$

dir. Bu yüzden gerilimde azalma olursa asenkron motorun devir sayısı çok hızlı düşer. Şayet gerilimdeki salınım, devrilme momenti iş makinası yük momentinden daha küçük olacak kadar büyükse hatta motor durur.

Senkron altı akım doğrultucu kaskatda $s \cdot U_{GR}$ doğrultulmuş rotor gerilimi, stator ve rotorun sarım sayıları oranına uygun olarak şebeke gerilimiyle bağlanır ve bu sebeple şebeke gerilimiyle aynı yüzde oranı da azalır. Evirici karşıt gerilimide aynı büyüklükte üretildiği için aynı ölçüde azalır. Rotordaki ve doğru akım ara devresindeki akım sabit kalır. Öyleki döndürme momenti şebeke gerilimiyle lineer olarak azalır (şekil 22 'deki b doğrusu). Çünkü (46) eşitliğinde sadece U_1 ile

\emptyset büyüklükleri değişkendir. Evirici karşıt gerilimi kesme kumandasıyla azaltılırsa, o zaman akım artar ve akı salınıminin sebebiyet verdiği moment azalışı kompanze edilir. Devir sayısı ayarında ayarlayıcı, U_{WR} nin ayarını otomatik olarak üzerine alır. Yöntemin etkinliği gerilim kırılışının (salınımlarının) yüksekliğine ve sebebine bağlıdır. Ama senron altı akım doğrultucularda pratikte mevcut olan durumlar genellikle yeterlidir. Bu şekilde senkron altı akım doğrultucu kaskadı, şebeke geriliminin salınımı durumundada en azından eviricinin ayar alanına bağlı olan kesin sınırlara kadar faydalı sonuçlarını gösterir.



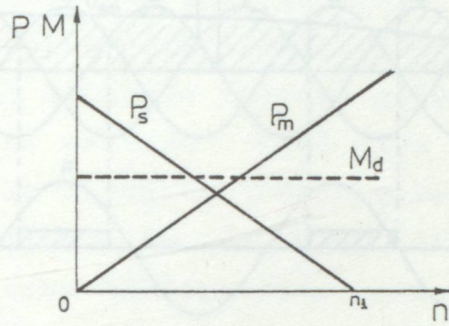
Şekil 22: Şebeke geriliminin fonksiyonu olarak döndürme momenti

- Kısa devre edilmiş asenkron motor
- Senkron altı akım doğrultucu kaskadı

A.C. şebekesi tarafından meydana getirilen P_1 gücü, asenkron motordan milinden verilen P_m gücüne ve bilezikler üzerinden doğrultucuya verilen P_s kayma gücüne bölünür. Evirici, kayma gücünü kendi bulunduğu taraftan şebekeye iade eder. Kayma gücü ve mekanik güç, kaymaya bağlı olarak değiştikleri gibi daha evvel kısım I.2. 'de verilen (9) ve (10) eşitlikleriyle de ifade edilirler. P_m mil gücü, P_0 başlangıç değeri tarafından kayıplarının karşılanması esnasında devir sayısı ile lineer olarak artar. P_s kayma gücü artan devir sayısı ile birlikte düşer. Motorun tahrik mili üzerinden verebildiği döndürme momenti

$$M_d \sim \frac{P_m}{n_2} = \frac{P_m}{n_1(1-s)} \sim \frac{P_1}{n_1} \quad (47)$$

ye göre elde edilir ve sabit primer gücü için bütün ayar alanı üzerinde sabittir.(23) diagramı,döndürme momenti,kayma gücü ve mekanik gücün değişimini devir sayısının fonksiyonunu göstermektedir.



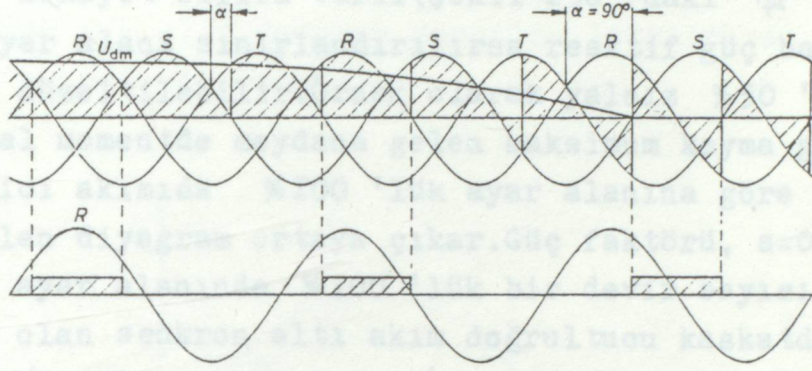
Şekil 23: $P_m, P_s, M_d = f(n)$

Reaktif Güç Bağıntıları ve Kullanım Alanı:

Bir alıcının meydana getirdiği reaktif güç alternatif akım şebekesinde gerilim düşümlerine sebebiyet verir. Bu gerilim düşümlerinin endüktif karakterlerinden dolayı faz içinde şebeke gerilimiyle yer alırlar. Bu yüzden istenilmeyen etkiler yaparlar. Bu yüzden, projelendiren kişi için bir tahrikin reaktif güç bağıntılarının açıklanması önemlidir. Rotor, doğrultucu ve eviricideki omik ve endüktif gerilim düşümleri ihmal edilirse senkron altı akım doğrultucu kaskadı için kısa devre edilmiş asenkron makinanın normal daire diyagramı geçerlidir. Farklı işletme durumları için tüm sistemin güç faktörünü bulabilmek amacıyla evirici tarafından şebekeye verilen akımın faz durumu ve büyüklüğünün bilinmesi gereklidir. Bu akım, şebeke gerilimi sabit olduğu için maksimum kayma gücüyle orantılı olmak zorundadır. Fazı ise, eviricinin o zamanki kumanda açısına bağlıdır.

Eğer akım doğrultucu dışardan kontrol ediliyorsa, o zaman akım ona ait gerilime göre artırılan 'aşağı kumanda (azaltma yönünde)' ile birlikte büyüyen bir faz kaymasına sahip olur. Bu davranış, şekil 24 'de üç fazlı bir akım doğrultucu için tanımlanmıştır. Her iki fazın tetikleme noktasının değiştirilmesiyle, gerilim değişimi içinde daha çok yada daha az büyüklüğe sahip olan gerilim zaman yüzeyleri elde edilir. Bu yüzden doğru gerilimin aritmatiksel ortalama değeri " U_{dm} " düşer. $\alpha = 90^\circ$

lik bir kumanda açısında sifira kadar düşer.Şeklin alt kısmında R fa zı için faz gerilimi ve buna göre anod akım bloğunun da bu yüzden kaydı ğı gösterilmiştir.Yaklaşık olarak $\cos\varphi = \cos\alpha$ kabul edilebilir.Reak- tif akım kesimi,giderek küçülen doğru gerilimle birlikte büyür.

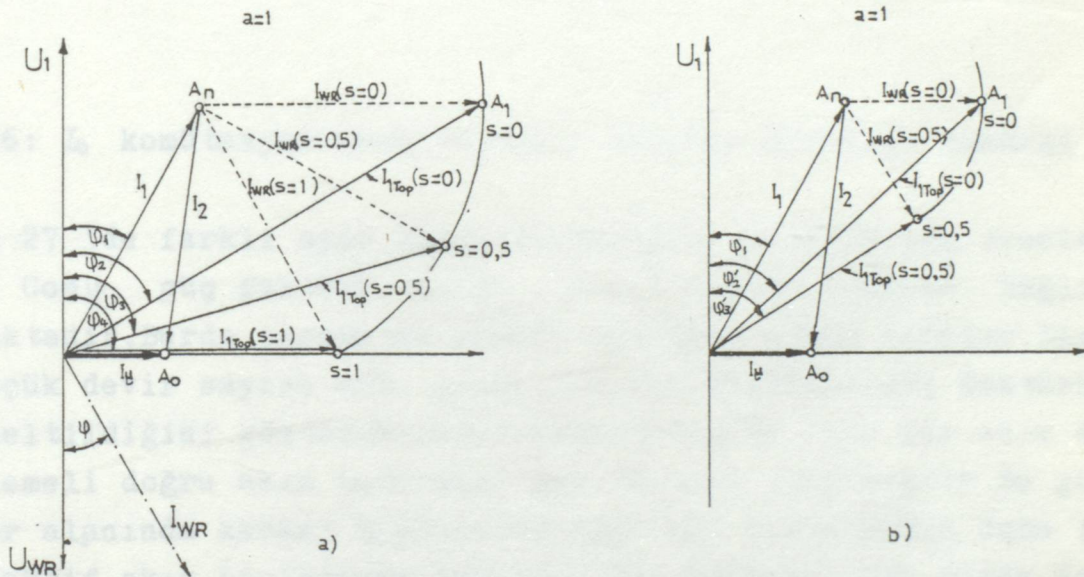


Şekil 24:Doğrultucunun değişik kumanda durumlarında U_{dm} doğru gerilili ortalama değeri ve akımın,gerilime göre olan α faz kayma- sının değişimi

Senkron altı akım doğrultucu kaskadın eviricisi,bir taraftan A.C. şebekesine aktif akım gönderir(bu yüzden motorun meydana getirdiği pri- mer akımın aktif kısmı azalır) ama öbür taraftan aşağı kumanda için gerekli olan reaktif gücün şebekeden çekilmesi gerekir.Çünkü eviriciye doğru akım ara devresi tarafından yalnız aktif güç verilir.Bu bahsedil- len durum tüm tahrik sisteminin reaktif güç ihtiyacının arttığını ifa- de eder.İşte bu düşünceden dolayı, I_{WR} akımının faz durumu önceden belirlenir.Ö zaman evirici generatör çalışma bölgesine alınmalıdır(şe- kil 25a 'daki noktali çizgi ile çizili durum) ve evirici devir sayısı ayar alanı değişim bölgesi içinde gerilimin nominal değerinden sıfır değerine kadar aşağı kumanda edildiği için noktali çizgi ile gösterilen fazör,koordinat sisteminin sıfır noktası etrafında döner.Böylece U_{WR} ile I_{WR} arasındaki φ açısı,azalan evirici gerilimiyle birlikte ya- ni artan devir sayısı veya azalan kaymayla birlikte devamlı olarak bü- yür.Evirici işletmedeki bağıntılarla ilişkili sebepler yüzünden φ açısının 30° dereceden daha fazla küçülmesine izin verilmez.

An çalışma noktasındaki evirici akımı,asenkron motorun I_1 akımıyla toplanırsa,senkron altı akım doğrultucu kaskadın şebekeden çektiği

I_{1Top} toplam akımı için yer eğrisinin bir noktası elde edilir(A_1). Bunun yer eğrisi, sabit yük momentinde $s=0$ ile $s=1$ arasında bir daire dilimi meydana getirir. Görüldüğü gibi, daha önce nominal devir sayısında ($s=0$) kaskadın güç faktörü kısa devre edilmiş rotor devreli asenkron motor işletimindekinden daha kötüdür (φ_1 ve φ_2 açılarını karşılaştırın). Azalan devir sayısı ile güç faktörü daima kötüleşir ve sukûnet durumunda ($s=1$) nihayet sifıra varır (şekil 25a'daki φ_4). Eğer maksimum devir sayısı ayar alanı sınırlandırılırsa reaktif güç bağıntıları önemli bir şekilde düzeltilebilir. Örnek olarak yalnız %50'lik bir ayar alanında, nominal momentde meydana gelen maksimum kayma gücü azalır ve bu yüzden evirici akımında %100'lük ayar alanına göre olur ve şekil 25'de gösterilen diyagram ortaya çıkar. Güç faktörü, $s=0$ ile $s=0,5$ arasındaki tüm ayar alanında %100'lük bir devir sayısı ayar alanı için söz konusu olan senkron altı akım doğrultucu kaskadta olandan daha iyidir (φ_2 'yi φ_2' ile ve φ_3 'ü φ_3' ile kıyaslayın).



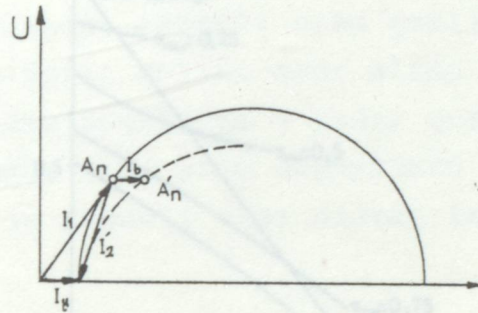
Şekil 25: Sabit döndürme momentinde ve

a) %100'lük devir sayısı ayar alanı

b) %100'lük devir sayısı ayar alanında senkron altı akım doğrultucu kaskadı toplam akımının yer eğrisi

Şimdiye kadarki mülahazalarda motorun reaktif dirençleri ihmal edilmişti. Oysa bunlar, rotor devresindeki doğrultma işleminde bir fazdan diğerine sonsuz kısa bir zamanda (ani olarak) geçemeyişine yol açarlar. Büyüklüğü, yükleme akımı ve faz reaktansı ile orantılı olan bir komütasyon açısı meydana gelir. Bu komütasyon açısı, ek bir reaktif akım ihtiya-

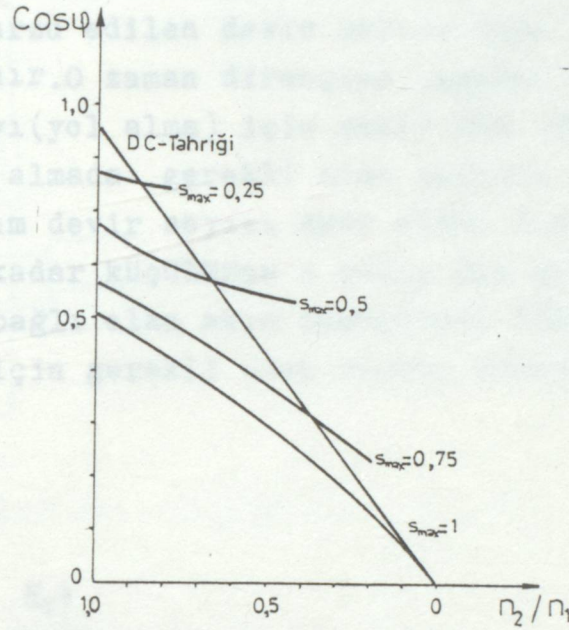
cına yol açan akımın temel harmoniğinin faz kaymasına bağlıdır. Heyland dairesindeki rotor akımının yer eğrisi bu yüzden bilinen daire formundan biraz sapar. Çalışma noktası şimdi dairenin iç kısmında bulunur (A_n in yerine A'_n , şekil 26 'da). Bunun anlamı: kaskat bağlantıdaki bir asenkron motorun nominal akımlı işletmede nominal momentinin tamamen kullanılmaması veya nominal momentde biraz daha büyük akım meydana gelmesidir. Komütasyon reaktif akımı kaymayla değiştiği için, bir senkron altı akım doğrultucuda yer alan motorun yararlanılabilirliği %91 ile %97 arasındaki bir ayarda söz konusudur.



Şekil 26: I_b komütasyon reaktif akımı dikkate alındığı zamanki yer eğri

Şekil 27 'de farklı ayar alanında beklenen reaktif yük oranları verilmiştir. $\cos \varphi$ güç faktörü, n_2/n_1 devir sayısı oranına bağlı olarak bulunmaktadır. Burda parametre olarak maksimum kayma seçilir. Eğri takım daha küçük devir sayısı ayar alanı ile tüm sistemin güç faktörünün nasıl düzeltildiğini göstermektedir. Karşılaştırma için bir akım doğrultucu beslemeli doğru akım motorunun güç faktörü çizilmiştir. Bu güç faktörü tüm ayar alanında kaskat bağlantıda olan güç faktöründen daha iyidir ve eğer reaktif akım biriktirme bağlantıları kullanılırsa biraz daha müsait değişime sahip olur. Yapılan mülahazalar, şebekeden çekilen reaktif gücün maksimum kaymayla arttığını göstermiştir. Bu görüş ışığı altında senkron altı akım doğrultucu kaskat montajı, istenilen devir sayısı ayar alanı ne kadar küçültülürse o kadar kullanıma uygun düşer. Eğer senkron altı akım doğrultucu kaskadı, bir doğru akım tahriğiyle masraf yönünde karşılaştırılırsa aynı neticeye varılır. Şebekeye verilen en büyük elektriksel güç, s_{max} ile orantılı olduğu için senkron altı akım doğrultucu kaskadın boyutlandırılmasında istenilen devir sayısı ayar alanı esas tutulur. Bu devir sayısı ayar alanı %100 'ü buluyorsa, akım doğrultucu beslemeli bir doğru akım tahriğine göre aynı güç için önemli miktarda

daha fazla sarfiyat yapılmalıdır.Çünkü evirici ve doğrultucuda kayma gücü iki kat daha büyüktür.Bu yüzden senkron altı akım doğrultucu kaskat için sorun olan kullanım alanı biraz daraltılır.Eğer devir sayısı ayar alanı %50 'den daha aşağı olursa(sürekli işletmede) kaskatların yararları ilk ozaman ortaya çıkarlar.Senkron altı akım doğrultucuların üstünlükleri inkâr edilemez.



Şekil 27:Farklı devir sayılarında senkron altı akım doğrultucu kaskatın kayma faktörü(güç faktörü),içinde doğru akım tahriği de vardır

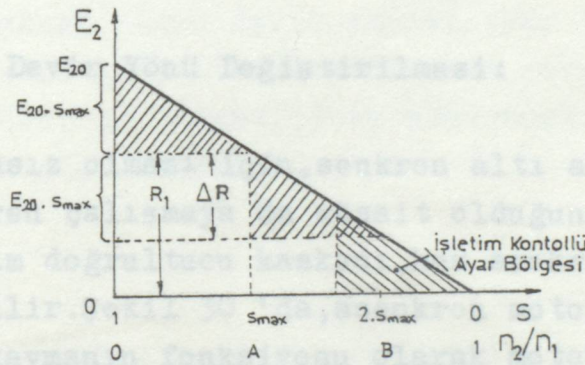
Sukunet Durumundan Kalkışa Geçiş:

Düzenli işleyen devir sayısı ayar alanını %50 'nin daha altına sınırlandıran bir tahrik teknolojisine müsaade edilirse bu taktirde,tahrik sisteminde yer alan senkron altı akım doğrultucu kaskatı sukunetten kalkış için rotor dirençleriyle ilave olarak rotor dirençleriyle donatılmalıdır.O zaman evirici ve doğrultucu rotor gerilimine göre boyutlandırılır.Rotor gerilimide,seçilen ayar alanı maksimum kaymasıyla belirlenir (yani $E_{20} \cdot s_{max}$).Toplam rotor ayar direnci, E_{20} rotor boşta çalışma gerilimi ve $E_{20} \cdot s_{max}$ ayar alanı gerilimi arasındaki mevcut gerilim farkını üzerine alabilecek(karşılayabilecek) şekilde seçilmelidir(şekil 28 'de R_1).Evirici geriliminin nominal değerinden sıfır değerine indirilmesiyle $E_{20} \cdot s_{max}$ alanı sürekli bir şekilde geçilir.Böylece tahrik sukunetten($n_2/n_1 = 0$), s_{max} kaymasına karşılık gelen devir sayısına ka

dar hareket eder. Bu, ayar devresinin yardımıyla sabit moment altında vuku bulabilir. Şekil 28 'deki "A" noktasına varılırsa, ΔR direnç kademesi kısa devre edilir. Burdan hareketle, ΔR direncinin kendisi devrede yok iken doğrultucu üzerinde yeniden en yüksek $E_{20} \cdot s_{max}$ rotor geriliminin mevcut olduğu ölçülebilir. Daha önceden ayarlanmış evirici geriliminin yeniden düşürülmesiyle artık $E_{20} \cdot s_{max}$ aynı ayar alanı A ve B devir sayıları arasında kademesiz geçilir. Bu olay, sürekli işletmede gerekli olan vade arzu edilen devir sayısı ayar alanına ulaşana kadar uzun süre tekrarlanır. O zaman dirençler tamamen kısa devre olurlar. Bu şekilde kalkış olayı (yol alma) için şekil 29b 'deki direnç düzeni uygundur. Bu şekilde yol almada gerekli olan gerilim kademe sayısı, sürekli işletmedeki maksimum devir sayısı ayar alanı ile ters orantılıdır. Seçilen ayar alanı ne kadar küçülürse o kadar çok gerilim kademesi gereklidir. Motora göre sonda bağlı olan akım doğrultucu düzeninin bir kadameyi üzerine alabilmesi için gerekli olan direnç kademe sayısı şöyledir:

$$Z_R = \frac{1}{S_{max}} - 1$$

(48)

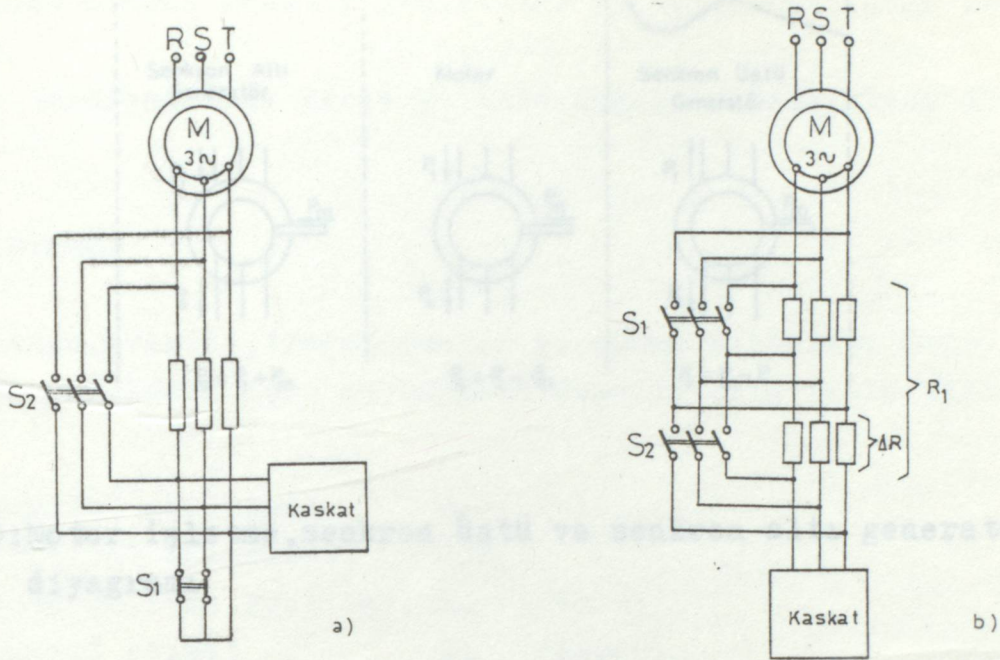


Şekil 28: Kademe dirençlerinin arzu edilen ayar bölgesine kadar kademe- li bir şekilde devreden çıkartılarak yol alma olayı

Tamamen otomatik bir tahrikte, direnç kademelerinin bağlantı değişimi için bir direnç kademesinden diğerine gitmesi gereken kumandanın verilmesi temin edilebilir.

Denetimli bir yol almadan feragat edilen tahriklerde, şekil 29a 'daki gibi tek direnç kademesi yeterlidir. Direnç, bu sebeple kaskat ayar alanının içinde bulunan bir devir sayısına kadar motora yol verdiği düşünülerek seçilebilir. Bu sırada S_1 şalteri-rotor yıldız noktasını teşkil eder. Yol almadan sonra S_1 açılarak kaskat bağlantıya geçilmiş o-

lur. Rotor direnci, kapalı bulunan S_2 şalteri ile kısa devredir.

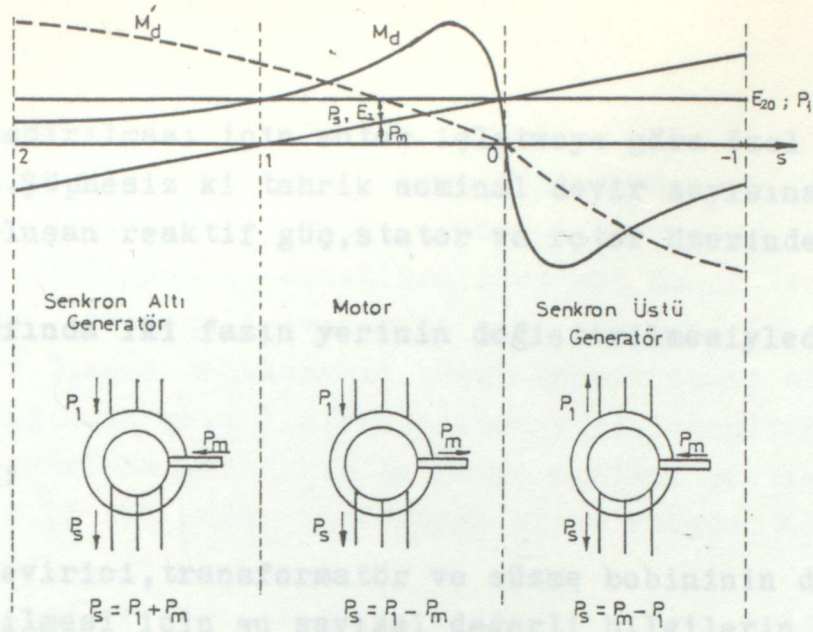


Şekil 29: Senkron altı akım doğrultucu kaskadın yol alma bağlantıları

Fren İşletme ve Devir Yönü Değiştirilmesi:

Konunun noksansız olması için, senkron altı akım doğrultucu kaskadın teorik olarak fren çalışmaya da müsait olduğundan bahsetmek gerekir. Senkron altı akım doğrultucu kaskadı, hem senkron altında hemde senkron üstünde çalışabilir. Şekil 30 'da, asenkron motorun döndürme momenti ve rotor gerilimi, kaymanın fonksiyonu olarak motor çalışma için ve gereksiz senkron üstü ve senkron altı generatör işletme bölgesi için yer almaktadır. Normal asenkron motorda senkron altı generatör bölgesindeki döndürme momenti, özellikle hızlı olarak düşer. Öyleki fren etkisi çok az olur.

Senkron üstü fren çalışmada bağlantılar biraz farklıdır. Bu sebeple motor, dışardan uygulanmış bir momentle senkron devir sayısına ulaşır ve döndürülür. Bu durumda rotor gerilimi, artık negatif olan kaymayla birlikte sıfırdan itibaren lineer olarak artar. Böylece akım doğrultucu kaskadın



Şekil 30: Motor işletme, senkron üstü ve senkron altı generatör işletme diyagramı

Rotor devresindeki dirençlerin devreye alınmasıyla karakteristik uzatılır ve moment $M'_d = f(s)$ değişiminin gösterdiği şekilde artar.

Aynısı, senkron üstü bölge içinde geçerlidir. Senkron altı akım doğrultucu kaskat da kaskat, bütün devir sayısı ayar bölgesi üzerinde sabit momentle yüklenebildiği için bu tedbirlere gerek yoktur. Senkron altı frende, mekanik gücü (P_m negatif) ve statordaki P_1 elektriksel gücünü rotor elektriksel gücü karşılar.

$$P_s = P_1 + P_m \quad (49)$$

Bu durum bizi; dönüş yönü aynı iken motorun besleme tarafındaki iki fazın yer değiştirilmesi durumuna götürür. Stator ve rotor döner alanının karşı yönlü değiştirilmesiyle senkron devir sayısındaki kayma "2" dereğine yükselir. Bu, senkron altı akım doğrultucu kaskatın, çift (iki kat) motor gücü ve çift (iki kat) rotor boşta çalışma gerilimi ve bu yüzden çift motor gücü için boyutlandırılması gerektiğini ifade eder. Önemli meblağ tutan sarfiyat yüzünden frenlemenin bu şekli ancak isteğe bağlı olarak kullanılır. Evirici geriliminin azaltılması suretiyle, sabit momentli tahrik sukunet durumuna kadar frenlenir.

Senkron üstü fren çalışmada bağıntılar biraz farklıdır. Bu sebeple motor, dışardan uygulanan bir momentle n_1 senkron devir sayısının üzeri de döndürülür. Bu durumda rotor gerilimi, artık negatif olan kaymayla birlikte sıfırdan itibaren lineer olarak artar. Böylece akım doğrultucu ka-

kadın boyutlandırılması için motor işletmeye göre özel olan kısımlar ortaya çıkmaz.Şüphesiz ki tahrik nominal devir sayısına kadar frenlenebilir.Çünkü oluşan reaktif güç, stator ve rotor üzerinden şebekeye verilmektedir.

Stator tarafında iki fazın yerinin değiştirilmesiyle de dönüş yönü değişir.

Boyutlandırma:

Doğrultucu, evirici, transformatör ve süzme bobininin doğru olarak boyutlandırılabilmesi için şu sayısal değerli bilgilerin bilindiği varsayılır:

Şebeke nominal gerilimi:	U_N (Volt)
Şebeke gerilimi salınımı:	U/U_N
Rotor boşta çalışma gerilimi:	E_{20} (Volt)
Rotor nominal akımı:	I_{2N} (Amper)
Maksimum işletme momenti:	M_{dmax}
Nominal moment:	M_{dN}
En büyük ayar alanı kayması:	S_{max}

Gerek doğrultucu gerekse eviricinin 6 darbeli (pulsu) köprü bağlantısına sahip olduğunu kabul edelim.Çünkü yarı iletken elemanların kullanımında daima bu bağlantıya rastlanmaktadır.Yarı iletken elemanın seçimi genel olarak, doğru akım ara devresinde hangi gerilim ve hangi akım meydana geldiğine bağlıdır (bu akım ve gerilimin karakteri bilindiği gibi doğru akımdır).Doğrultucu tarafında meydana gelen boşta çalışma doğru gerilimi E_{GR_0} 'ın E_2 rotor gerilimine oranının sabit olduğu ve bu yine s kaymasına bağlı olduğu için gerilim yönünden diodların seçimi şu bağıntıyla yapılır:

$$U_{GR_0} = 1,35 \cdot S_{max} \cdot E_{20} \quad (50)$$

Diod ve tristörlerin yarı iletken akım ortalama değeri, işleme uygun mevcut en büyük yükleme momentine bağlıdır ve (5I) eşitliğine göre bulunur.

$$I_v = 0,41 \cdot I_{2N} \cdot \frac{M_{dmax}}{M_{dN}} \quad (51)$$

Bunun haricinde, büyüyen devir sayısı ile birlikte düşen frekans dikkate alınmalıdır.Doğrultucu diodları için, içlerinden bir yarı iletken akımı

geçiren iletimde kalma süresi (akım akma açısı), nominal kaymada şebeke frekansında olan iletimde kalma süresinden daha büyüktür. Örnek olarak; her yarı iletken eleman $s_N = 0,02$ nominal kaymasında bir periyot içerisinde 333ms (mili saniye) süresince iletimde kalır. Yani doğru akımın tamamını 50Hz frekanslı beslemede olan süreden 50 kez daha uzun sürede geçirir. Tıkama tabakasının küçük termik zaman sabitinden dolayı fazla ısınmadığından yarı iletken elemanın yüklenebilirliği belirli bir yük miktarı civarında azaltılır. Bu yüzde miktarı pratikte mevcut 0,01 'den 0,02 'ye kadar olan kayma bölgelerinde %22 ile %13 arasında bulunur.

Kumanda edilebilir yarı iletken elemanların yani tristörlerin seçimi için U_{diWR} evirici boşa çalışma gerilimi önemlidir. U_{diWR} , U_{GR_0} 'dan daha büyüktür. Çünkü %5 'den %10 'a kadarki şebeke gerilimi salınımlarında eviricinin devrilmesi (kendiliğinden iletime geçmesi) 'nden sakınma için mutlaka gerilim yedeğine ihtiyaç vardır. Bundan başka, en dış kısımda bulunan evirici işletmede gerekli olan emniyet durumundan dolayı kumanda açısı ev doğal komütasyon noktası arasında U_{diWR} artar (şekil 24 de görüldüğü gibi). En büyük evirici gerilimi, en düşük devir sayısında ve yüksüz durumda gereklidir. Çünkü gerilim düşümleri o zaman sifıra yakındır ve diod köprüsü o zaman boşta çalışma gerilimini üretir. Buna evirici gerilimi ifadesi şöyledir:

$$U_{diWR} = \frac{U_{GR} - U_c}{0,866} \cdot \frac{U_N}{U} \quad (52)$$

Burdaki U_c , boşta çalışmada bile pratik olarak yük akımından bağımsız olduğu için ihmal edilemeyen iletimdeki yarı iletken gerilim düşümüdür.

Transformatörün elektriksel değerleri, sadece seçilen bağlantıya bağlı olan sabit faktörler vasıtasıyla doğru akım değerleriyle bağlantılıdır. Altı (6) darbeli köprü bağlantısının yer aldığı montajda bir transformator için şu bağıntılar söz konusudur:

$$\text{Sekonder gerilimi: } U_s = 0,741 \cdot U_{diWR} \quad (53)$$

$$\text{Sekonder akımı: } I_s = 0,817 \cdot I_d \quad (54)$$

$$\text{Tip gücü: } P_t = 1,05 \cdot U_{diWR} \quad (55)$$

$$\text{Primer akımı: } I_p = \frac{P_t}{\sqrt{3} \cdot U_N} \quad (56)$$

Burda

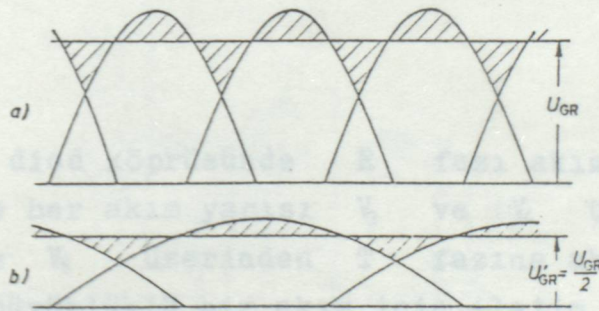
$$I_d = 1,23 \cdot I_{2N} \cdot \frac{M_{dmax}}{M_{dN}} \quad (57)$$

dir.

L selfinin boyutlandırılması, aynı görüşlerin ışığında akım doğrultucu beslemeli bir D.C. tahrikteki gibi yapılır. Ancak şimdi iki harmonik üreticisinin var olduğuna dikkat edilmelidir. Bu harmonik üreticilerinin gerilimleri birbiri ile çakışır ve bunlardan birisi (evirici) aynı frekanslı gerilim harmonikleri üretir. Bu esnada diğeri (doğrultucu) frekansları kaymayla sürekli değişen harmonikler yollar. Dalgalılık faktörü frekansa bağlıdır ve düşen frekansla yükselir. Doğrultucu harmoniklerinin bobin tarafından üzerine alınması gereklidir (süzülmesi gereklidir). Bu harmoniklerin gerilim zaman yüzeyle, rotor gerilim genlikleri düşen frekansla küçüldüğü için sabit kalır (şekil 3Ia ve b). Buna karşın evirici harmoniklerinin gerilim zaman yüzeyle, artan devir sayısıyla birlikte büyürler ve makinanın nominal kaymasında maksimum değerlerine ulaşırlar. Süzme bobininin (L selfinin) boyutlandırılmasında, eğer iki harmonik üreticisinin gerilim zaman yüzeyle aritmatiksel olarak toplanıyorsa aynı taraf üzerinde bulunurlar. Süzme bobini için gerekli endüktivite şu eşitlikle elde edilir:

$$L = \frac{3 \cdot U_{GR0} + 29,8 \cdot U_{diWR}}{I_d \cdot \omega_1} \quad (58)$$

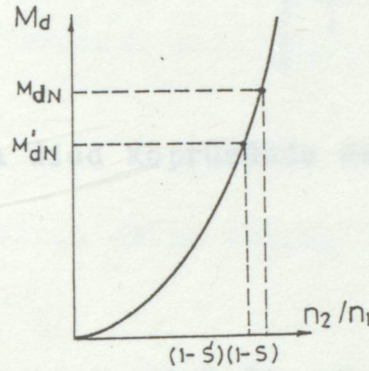
Burada U_{GR0} , U_{diWR} V (Volt) olarak, I_d A (Amper) olarak, L mH (mili henri) olarak yer almaktadır. ω_1 : motorun boşa çalışma akımının nominal akıma oranıyla belirlenen müsaade edilebilir boşluk sınırıdır.



Şekil 3I: Üçdarbeli bir doğrultucunun

- 50Hz ve nominal gerilimdeki
- 25Hz ve yarı nominal gerilimdeki harmoniklerin gerilim zaman yüzeyle

Senkron altı akım doğrultucu bir kaskadın nominal kayması, rotor tarafı kısa devre edilen asenkron motorunkine göre biraz daha büyüktür. Çünkü rotor direnci, doğrultucudaki yarı iletken elemanın geçit direnci civarında artırılır. Momentleri devir sayısının karesiyle orantılı olarak değişen pompalar ve vantilatörler için bu, sakıncadır. Nedeni ise daha önceden s_N 'deki küçük bir artışın nominal momentde hissedilir bir düşmeye yol açmasıdır (Şekil 32). Bu sakıncalı özellikler, eviriciyi doğ-



Şekil 32: Pompa ve vantilatör tahriklerinin $M_d = f(n_2/n_1)$ diyagramı

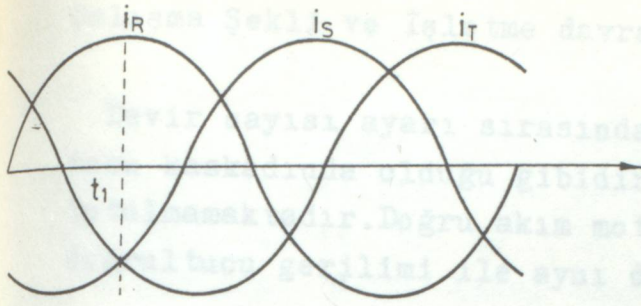
rultucu olarak çalıştırarak ve diod köprüsünü yedek akımla besleyerek bertaraf edilebilir. Öyleki bu, rotor üç fazını kısa devre yapar. Böylece beslenen doğru akım büyür. O kadarki, sinüs formulu rotor akımı her fazda maksimum değerine ulaşabilir. Eğer Şekil 33a 'daki t_1 zamanına dikkat edilirse, üç rotor akımının ani değerleri şöyledir:

$$i_R = \sqrt{2} \cdot I_2 \quad (59)$$

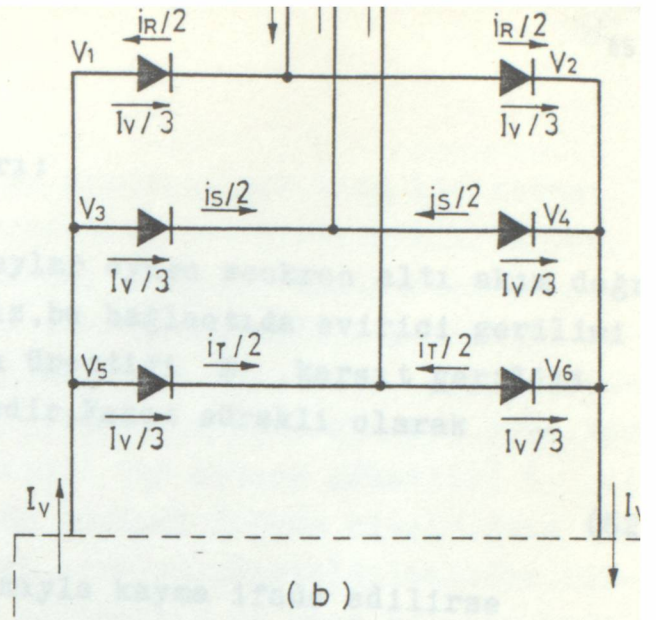
$$i_S = i_T = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot I_2 \quad (60)$$

Şekil 33b 'deki diod köprüsünde R fazı akımı V_1 ve V_2 diodlar üzerine ayrılır ve her akım yarısı V_3 ve V_4 üzerinden S fazına akar. Tıpkı V_5 ve V_6 üzerinden T fazına aktığı gibi. Buradan, her diodun $I_2 / \sqrt{2}$ büyüklüklü bir akım için iletim yönünün tersi yönde geçirmesi gerektiği ortaya çıkar. Ama bu, eğer diodlar aynı büyüklüklü bir akımı iletim yönünde akıttırlarsa yalnız ozaman mümkündür. Gerekli yardımcı akım şöyledir:

$$I_v = 3 \cdot \frac{i_R}{2} = 1,73 \cdot I_d \quad (61)$$



(a)

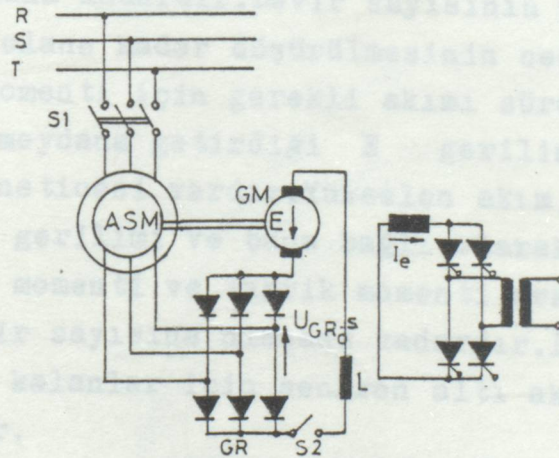


(b)

Şekil 33:Yardımcı akımlı diod köprüsünde akım dağılımı

b)Krämer Kaskatı

Krämer kaskatı bağlantısını şekil 34 göstermektedir. Bu kaskadın senkron altı akım doğrultucu kaskadından önemli farklılıkları vardır. Bu farklılık; kayma gücünün dönüşüme uğradıktan sonra doğrultucu (GR) tarafında yabancı uyartımlı bir D.C. motorunun (GM) endüvisine verilmesidir. Bu D.C. motoru (GM), asenkron motorla (ASM) mekanik olarak irtibatlıdır. Bu devre, asenkron motorun şebekeden aldığı elektriksel gücü eksiksiz ve devir sayısından bağımsız olarak tahrik miline geri vermektedir.



Şekil 34:Krämer kaskadının prensip bağlantı şeması

Çalışma Şekli ve İşletme davranışları:

Devir sayısı ayarı sırasındaki olaylar aynen senkron altı akım doğrultucu kaskadında olduğu gibidir. Yalnız, bu bağlantıda evirici gerilimi tutulmamaktadır. Doğru akım motorunun ürettiği E karşıt gerilimi doğrultucu gerilimi ile aynı değerdedir. Fakat sürekli olarak

$$E = k \cdot n_2 \cdot \emptyset = s \cdot U_{GR_0} \quad (62)$$

şartı sağlanmalıdır. Bu bağıntı yardımıyla kayma ifade edilirse

$$s = \left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right) \quad (63)$$

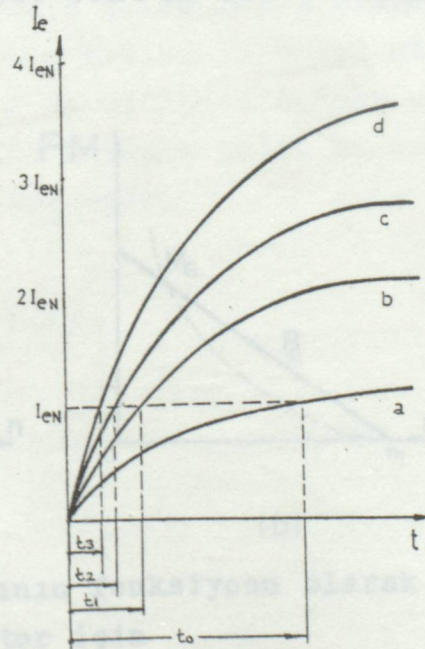
bu takdirde devir sayısının akıya bağımlılığı şu eşitlikle ifade edilebilir:

$$n_2 = n_1 \cdot \frac{U_{GR_0}}{U_{GR_0} + k \cdot n_1 \cdot \emptyset} \quad (64)$$

Bu ifade, içinde tek bir değişken olarak \emptyset akısının bulunduğu bir hiperbol denklemdir. Buna göre doğru akım motorunun alanının ayarıyla krämer kaskadının devir sayısı ayarlanabilir. Eğer alan kuvvetlendirilmesiyle E gerilimi mevcut U_{GR} 'nin üzerine çıkarsa, o zaman akım sifıra düşer. Tahrik sisteminin devir sayısı yük momentinin frenleme etkisinden dolayı oldukça düşer. Bu düşme, rotor gerilimi yahut U'_{GR} yeterince büyük olana kadardır. Devir sayısının rotor gerilimi yahut U'_{GR} yeterince büyük olana kadar düşürülmesinin nedeni, E 'nin etki yönüne ters yönde yük momenti için gerekli akımı sürebilmek içindir. Her alan zayıflatmasının meydana getirdiği E gerilimi azalmasının ters yönde bir akım artışı neticesi vardır. Yükselen akım, tahrik sistemini hızlandırır. Öyleki, kayma gerilimi ve buna bağlı olarakta doğru akım tekrar düşer. Bu düşüş, yük momenti ve tahrik momenti arasındaki gerekli dengeyi sağlayan bir devir sayısına ulaşana kadardır. Denetlenen devir sayısı hususunda geriye kalanlar için senkron altı akım doğrultucu kaskadın aynısı geçerlidir.

Motor alanının yüksek endüktivitesi, uyarma akımının her değişimini çok kuvvetlendirdiği için Krämer kaskadındaki bir devir sayısı ayarı, senkron altı akım doğrultucu kaskadında olandan çok daha yavaştır. Önemli bir düzeltim yalnızca darbe uyarmasıyla varılabilir. Buna en iyi tahmin ataletsiz olan tristör beslemesi uyar. Doğru akım motorunun uyarma alan besleyen akım doğrultucu, bu durumda uyarma nominal geriliminin

çok katı için boyutlandırılır. Bu uyarma akımının çok kısa bir zaman içinde değiştiği durumdadır. Darbe uyarmasının çalışması şekil 31 'de gösterilmiştir. Eğer uyarma sargısı nominal gerilime bağlanırsa o zaman akım, alan endüktivitesinin yavaşlatıcı etkisinden dolayı gecikerek artar. Örnek olarak t_0 'da I_{eN} nominal değerine ulaşır (a eğrisi). Besleme gerilimi %100 kadar daha fazla seçilirse akım o zaman aynı zaman aralığı içinde özel tedbirler alınmaksızın iki katına yükselir (b eğrisi). Bunun yanında akım, t_1 zamanında nominal değere ulaşır. Akım doğrultucu gerilimi bu anda alanın nominal gerilimine azaltılmalıdır. Darbe uyarma gerilimi yalnız kısa süreli kullanılır ve akım değişim hızını yükseltilmesine yarar. Uyarma nominal akımı, c ve d eğrilerinin gösterdiği gibi, seçilen darbe gerilimi ne kadar büyükse, o kadar daha erken nominal değere ulaşır. Darbe uyarma gerilimi yükselmeye devam ederse bu durumda zaman kazancının yalnızca önemsiz miktarda arttığı grafikten görülmektedir. Bu metotta ekonomik ve teknik sebepler yüzünden aşılama-yan bir sınıra kısa zamanda ulaşılır. Optimal darbe uyarması, uyarma nominal geriliminin yaklaşık 4 katında gerçekleşir. Aynı şekilde alanıda hızlı olarak hareket ettirebilmek için kullanılan alan akım doğrultucusunda evirici işletmede çalışabilmesi gerekir. Uyarma gücünün bir kısmının şebekeye geri verilmesi suretiyle uyarma akımı gerekli değere çok hızlı olarak düşürülür.



Şekil 35: Farklı darbe gerilimlerinde uyarma sargısındaki akım yükselişi
a) I_{eN} 'in %100 'ü, b) I_{eN} 'in %200 'ü, c) I_{eN} 'in %300 'ü
d) I_{eN} 'in %400 'ü

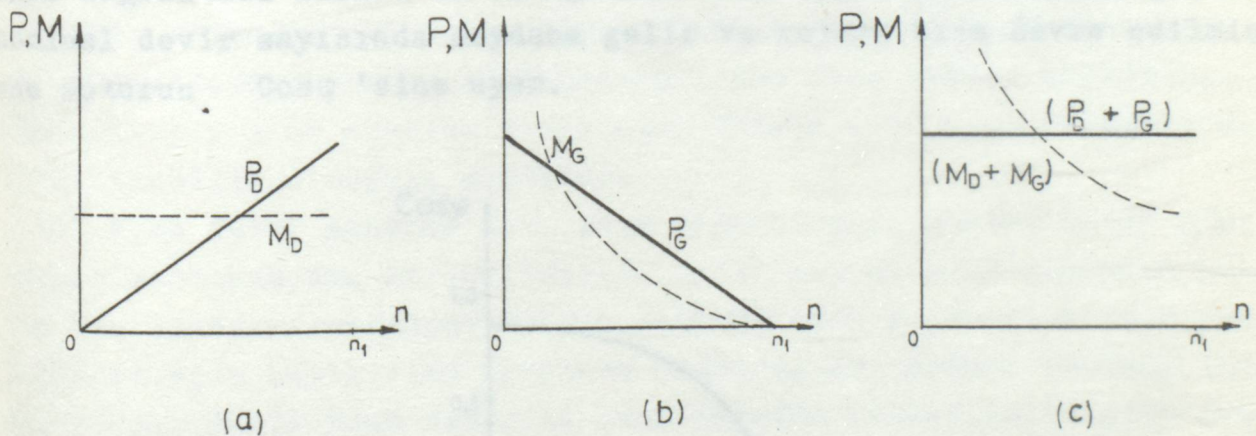
Krämer kaskadındaki döndürme momenti, güç ve devir sayısı arasındaki ilişkiler, her iki makinanın karakteristikleri üst üste çakışabildikleri için biraz karışıktır. Asenkron motor tam devir sayısı ayar alanında sabit momentle yüklendiği duruma dikkat edilirse, mil üzerinde meydana gelen gücün artan devir sayısı ile yükseldiği görülür (şekil 36a). Fakat doğru akım motoru, (65) eşitliğine göre büyüyen devir sayısı ile birlikte düşen kayma gücünü -ki bu güç kendisine geri veriliyor- kontrol edebilir.

$$P_G = P_S = P_S \cdot \left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right) \quad (65)$$

Buna karşın motorun kendi döndürme momenti hiperbolik değişim gösterir (şekil 36b). Çünkü

$$M_G = \frac{P_G}{n_2} = P_S \cdot \left(\frac{1}{n_2} - \frac{1}{n_1}\right) \quad (66)$$

dir. Her iki makinanın güç ve moment değişimleri şekil 36c 'de olduğu gibi toplanırsa o zaman Krämer kaskadının, bütün devir sayısı ayar alanının üzerinde sabit güçle hareket edebildiği ortaya çıkar. Böylece döndürme momenti senkron hızda asenkron motorun nominal momentine uyar, azalan devir sayısı ile birlikte artar. Krämer kaskadı, alan zayıflatma bölgesinde çalışan D.C. şönt motoru davranışı gösterir.



Şekil 36: Devir sayısının fonksiyonu olarak döndürme momenti ve mil gücü
 a) Asenkron motor için
 b) Sonda bağlı D.C. motoru için
 c) Komple Krämer kaskadı için

Reaktif Güç Bağlantıları, Kullanım Alanı ve Boyutlandırma:

Asenkron motorun verdiği döndürme momenti, devir sayısı ile lineer olarak artan mekanik gücün artışına uyum gösterir.

$$M_D = \frac{P_s}{n_1} \quad (67)$$

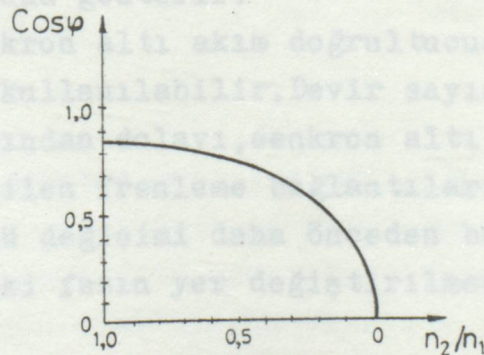
Doğru akım motorunun döndürme momenti değişimini ifade eden (66) eşitliğinden istifade ederek M_{top} toplam momenti için şu eşitlik ortaya çıkar:

$$M_{top} = M_D + M_G = \frac{P_s}{n_2} \quad (68)$$

$P_s \sim P_r = \sqrt{3} \cdot U_1 \cdot I_1$ ve (68) eşitliği yardımı ile sabit yük momenti ve farklı devir sayılarında çekilen şebeke akımı

$$I \sim \frac{M_{top} \cdot n_2}{\sqrt{3} \cdot U_1} = k \cdot n_2 \quad (69)$$

olarak ifade edilir. Heyland dairesindeki tek tek bütün akım değerleri kaydedilirse, primer akımlarına ait φ faz kayma açıları okunabilir ve devir sayısına bağımlılıkları görülebilir. Böylece şekil 37 'de görülün fonksiyon değişimi ortaya çıkar. Burda krämer kaskadındaki reaktif güç oranları, akım doğrultucu beslemeli doğru akım motoru ve senkron altı akım doğrultucu kaskad da olduğundan daha uygundur. Uygun güç faktörü nominal devir sayısında meydana gelir ve rotoru kısa devre edilmiş asenkron motorun $\cos \varphi$ 'sine uyar.



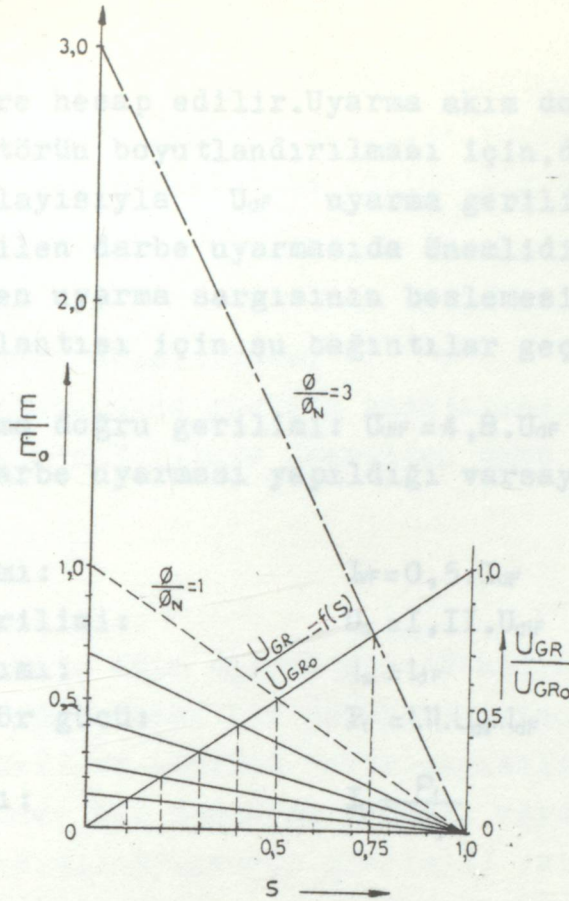
Şekil 37: Devir sayısının fonksiyonu olarak kayma faktörü (güç faktörü)

Uygun, müsait güç faktörünü temsil eden faydalı özellik malesef krämer kaskadında tam kullanılamamaktadır. Çünkü krämer kaskadının ayar alanı ve bu yüzden de onun için mevcut olan kullanım alanı ekonomik sebepler yüzünden sınırlıdır. Bildiğimiz gibi doğru akım motorunun verdiği E gerilimi, aynı yönlü U_{GR} rotor gerilimi ele denge halinde bulunur. Bu şart, her iki makinanın iki özelliği yüzünden güçleştirilmektedir. Yani asenkron motorun rotor gerilimi düşen devir sayısı ile düşerken, aynı uyarda bulunan D.C. motorunun gerilimide düşer. Bu, yalnız uyarma akımının artırılmasıyla önlenemez. Ama şimdi E doğru gerilimi sabit kalmaz. Hatta özellikle düşen devir sayısına rağmen artırılır. Yalnız küçük bir devir sayısı ayar alanı için bu şartların mantıklı olarak nasıl gerçekleştirilebileceğini şekil 38 göstermektedir. Burada uyarma akısını hangi ölçüde artırmak gerektiği izah edilmektedir. \emptyset 'le tam tahrik gücü için boyutlandırılan bir doğru akım makinası, örnek olarak yalnız %50 'lik bir devir sayısı alanına kadar faydalı olarak kullanılabilir (kesik çizgili doğru). $s_{max}=0,75$ iken üç kat nominal akı ve buna bağlı olarak üç kat tahrik nominal güçlü bir doğru akım motoru gerekli olurdu (noktalı ve hatlı çizgi). Bu takdirde %100 'lük ayar alanları sonsuz büyüklükteki bir akıyla yapılması gerekirdi. Bu sözlü ifade E ve U_{GR} arasında her devir sayısında bir denge olması şartından oluşan (70) eşitliğini meydana getirir.

$$\emptyset_{gerekli} = \emptyset_N \cdot \frac{n_1 - n_{min}}{n_{min}} \quad (70)$$

Farklı devir sayısı ayar bölgeleri için gerekli masraf, senkron altı akım doğrualtı kaskatla karşılaştırılınca bize krämer kaskadının yalnız %30 'luk bir ayar alanına kadar aynı tahrik gücü için ekonomik olarak kullanılabilir olduğunu gösterir.

Yol alma için, senkron altı akım doğrualtı kaskadında gösterildiği gibi ayrı direnç kombinasyonu kullanılabilir. Devir sayısı ayar alanının bahsedilen sınırlandırılmasından dolayı, senkron altı ve senkron üstü fren çalışmaları için belirtilen frenleme bağlantıları, krämer kaskadı için de geçerlidir. Devir yönü değişimi daha önceden bahsedildiği gibi asenkron motorun statorunda iki fazın yer değiştirilmesi ile yapılır.



Şekil 38: Doğrultucu gerilimi ve doğru akım motoru EMK 'sının "s" ile p/p_N 'e bağımlılıkları

Doğrultucu köprüsünün boyutlandırılmasında, senkron altı akım doğrultucu kaskatda söz konusu olan aynı şartlar geçerlidir (50 ve 5I eşitlikleri). Doğru akım motorunun gücü, rotor geriliminin olduğu gibi seçilen devir sayısı ayar alanına bağlıdır ve

$$P_G = P_3 \cdot \frac{S_{max}}{1 - S_{max}} \quad (71)$$

ifadesi ile yada

$$E_G = 1,35 \cdot E_{20} \cdot \frac{S_{max}}{1 - S_{max}} \quad (72)$$

ifadesi ile hesaplanır. Süzme bobini, şimdi yalnız doğrultucu tarafından üretilen gerilim dalgalılığı için iş görür. Bu yüzden gücünüz senkron altı akım doğrultucu kaskatdaki aynı büyüklükteki güçten aynı ayar alanından epeyce daha küçük olabilir. Endüktivite

$$L = \frac{3 \cdot U_{GR0}}{I_d \cdot \omega} \quad (73)$$

eşitliğine göre hesap edilir. Uyarma akım doğrultucusu ve akım doğrultucu transformatörün boyutlandırılması için, doğru akım motorunun şönt uyarma gücü dolayısıyla U_{df} uyarma gerilimi ve I_{df} uyarma nominal akımı ile seçilen darbe uyarısında önemlidir. Yüksek bir gerilim dalgalılığına rağmen uyarma sargısının beslemesine çok uygun olan iki darbeli bir köprü bağlantısı için şu bağıntılar geçerlidir:

$$\text{Boşta çalışma doğru gerilimi: } U_{dif} = 4,8 \cdot U_{df} \quad (74)$$

(Dört kat darbe uyarması yapıldığı varsayımı ile)

$$\text{Tristör akımı: } I_{VF} = 0,5 \cdot I_{df} \quad (75)$$

$$\text{Sekonder gerilimi: } U_s = I, II \cdot U_{dif} \quad (76)$$

$$\text{Sekonder akımı: } I_s = I_{df} \quad (77)$$

$$\text{Transformatör gücü: } P_t = 1,11 \cdot U_{dif} \cdot I_{df} \quad (78)$$

$$\text{Primer akımı: } I_p = \frac{P_t}{U_p} \quad (79)$$

2.1.3. SENKRON ALTI AKIM DOĞRULTUCU KASKADLARIN BAĞLANTI VARYASYONLARI

Bu tahriğe ilişkin temel bağlantının gösterdiği spesifik özelliklerin tamamen kullanılmadığından daha önce bahsetmiştik. Bilinçli olarak yapılan bağlantı varyasyonları sayesinde daha iyi veya ilave özelliklere ulaşılabilir. Örneğin daha iyi güç faktörü, elektriksel faydalı frenleme ve daha çok müşterek devir sayısı kumandası.

Senkron altı akım doğrultucu kaskat, yıllardan beri devir sayısı ayarlanabilir pompa ve fan ile vantilatörlerin tahriğinde tercih edilerek kullanılır. Bu bağlantı öncelikle, 200kW 'ın üzerindeki güçlerde çok iyi verimli ve uygun fiyatlı bir tahriktir. Ama küçük güçlerde de yoğun olarak kullanılır.

Şekil 39 'da senkron altı akım doğrultucu kaskadın temel bağlantı şeması görülmektedir (39 'dan 43 'e kadar).

Burda, bir A.C. asenkron motorunun bilezikleri üzerindeki kayma gücü GR doğrultucusu üzerinde doğru akım gücüne dönüşür ve şebeke denetimli WR eviricisi vasıtasıyla A.C. gücü olarak tekrar alternatif akım şebekesine geri verilir. Motorun devir sayısı eviricinin dışardan kumandasıyla ayarlanır.

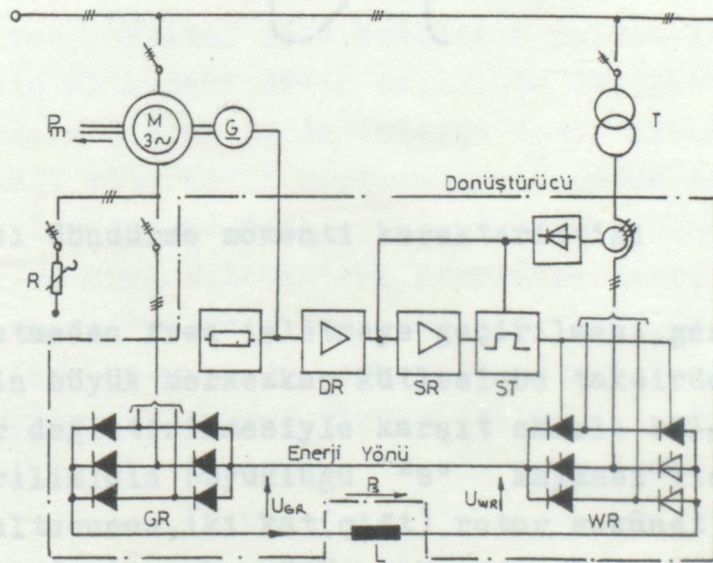
Bu temel bağlantıda senkron altı akım doğrultucu kaskadın belirli sabit özellikleri vardır. Örneğin: bilhassa küçük devir sayısı ayar alanlarında yüksek ekonomi, yüksek devir sayısı ayar alanlarında yüksek re-

aktif güç payı, yalnız dönme yönünde döndürme momenti, çok iyi verim elde edilir. Bunun dışında değişik bağlantı varyasyonları sayesinde ilave veya düzeltilmiş özellikler elde edilebilir. Bu bölümde bunlar izah edilecektir:

- Fren işletme
- Güç faktörünün düzeltilmesi
- Akım doğrultucu inşa gücünün azaltılması
- Müşterek akım doğrultucu üzerinden daha çok motorun tahriği

Fren İşletme:

Bir senkron altı akım doğrultucu kaskadın motoru, devir sayısına bağlı ve yalnız tek yönde olan bir döndürme momenti meydana getirir. Motor, suknet durumu ($s=1$) ve senkron devir sayısı ($s=0$) arasındaki bölgede yalnız dönme yönünde bir döndürme momenti meydana getirir ve senkron üstünde ($s<0$) ters akımlı bölgedeki gibi ($s>1$) yalnız frenleme momenti meydana getirir (şekil 40)



Şekil 39: Senkron altı akım doğrultucu kaskadın kaba bağlantı şeması

M: Bilezikli asenkron motor

G: Tako generatör

R: Yol verici

GR: Kontrolsüz doğrultucu (diodlu)

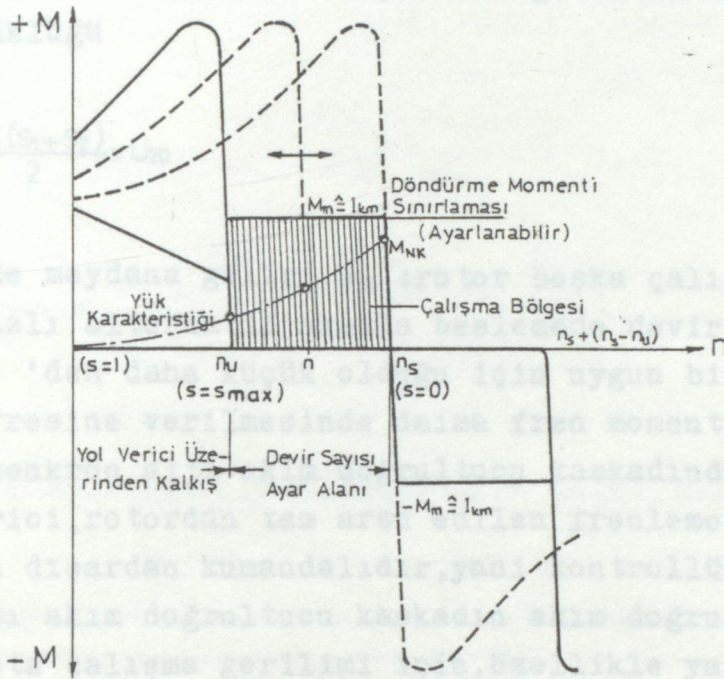
WR: Şebeke denetimli evirici (tristörlü)

L:Süzme bobini

ST:Kumanda devresi

SR:Akım ayarlayıcısı

DR:Devir sayısı ayarlayıcısı



Şekil 40:Devir sayısı döndürme momenti karakteristiği

Motorun, motor işletmeden fren işletmeye geçirilmesi gerekirse-örneğin daha çabuk durma için büyük merkezkaç kütlesi-bu takdirde motorun statorundaki fazların yer değiştirilmesiyle karşıt akımlı bölgeye geçilmesi gereklidir. Rotor geriliminin büyüklüğü "s" kayması ile orantılı olduğu için akım doğrultucunun, iki kat (çift) rotor sukûnet gerilimi için ifade edilmesi zorunludur. Ama bu çözüm çok masraflıdır. Bu yüzden senkro altı akım doğrultucu kaskada diğer frenleme metodları kullanılır.

Alternatif akımla frenleme:

Kaldırma düzeni tekniğinde bilinen "senkron altı indirme fren bağlantısı" prensipte senkron altı akım doğrultucu kaskadında da gerçekleştirilebilir (Şekil 4I). Şayet motorun, motor çalışmadan fren çalışmaya geçirilmesi gerekirse o zaman motorun stator sargısı üç fazlı alternatif akım

yerine sadece bir fazlı alternatif akımla beslenir. Eğer bir fazlı alternatif akım sistemi ters olarak dönen iki adet üç fazlı alternatif akım sistemine yarı genlikli olarak bölünürse, bu durumda rotorda, büyüklükler ve frekansları $s_1=s$ ve $s_2=2-s$ şeklinde iki kayma değeri ile belirlenen üst üste çakışık iki gerilim elde edilir. Burada "s" frenlemeden önceki kaymayı, "s₁" beraber (aynı yönlü) dönen döner alanın kaymasını, "s₂" ters dönen döner alanın kaymasını göstermektedir. Bu takdirde rotor gerilimi, büyüklüğü

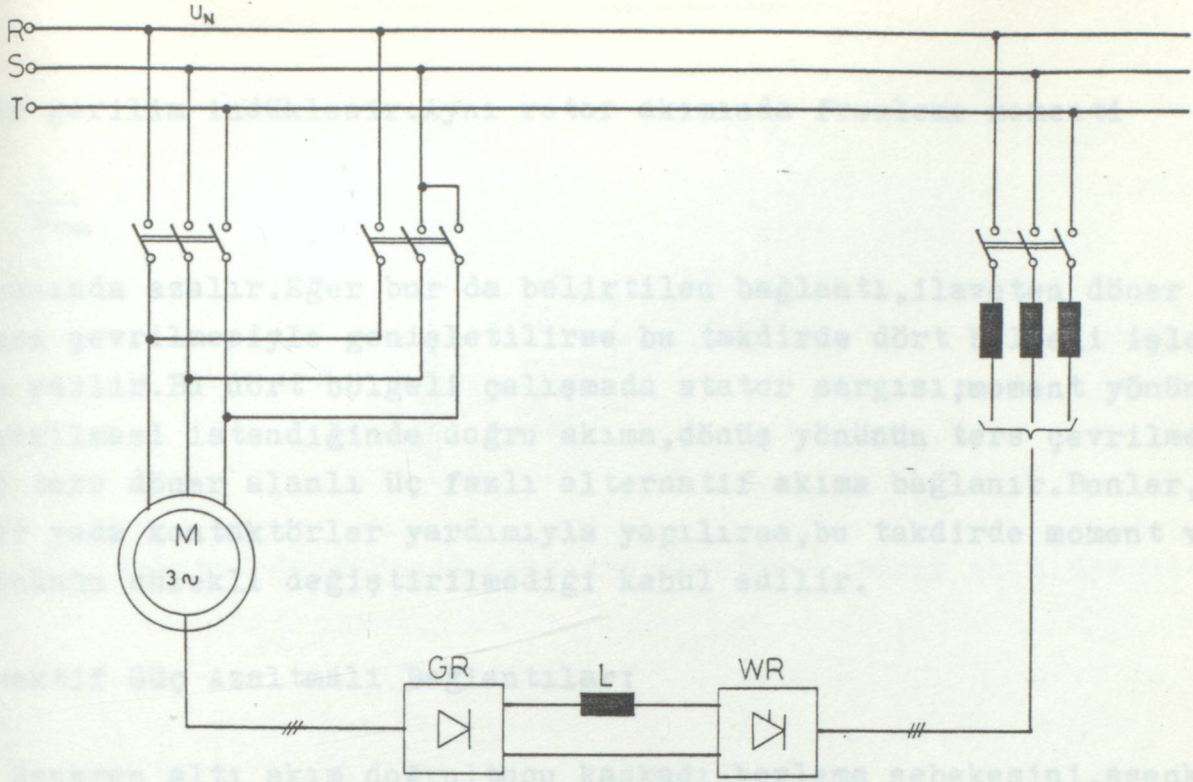
$$U_2 = \frac{U_{20}(s_1+s_2)}{2} = U_{20}$$

olacak şekilde meydana gelir (U_{20} : rotor boşta çalışma gerilimi). Bu büyüklük, bir fazlı alternatif akımla beslemede devir sayısına bağlıdır. s_1 daima s_2 'den daha küçük olduğu için uygun bir karşıt (zıt) gerilimin rotor devresine verilmesinde daima fren momenti etkisi görülür. Karşıt gerilim, senkron altı akım doğrultucu kaskadında evirici tarafından üretilir. Evirici, rotordan tam arzu edilen frenleme akımının akıtılabilmesi amacıyla dışardan kumandalıdır, yani kontrollüdür.

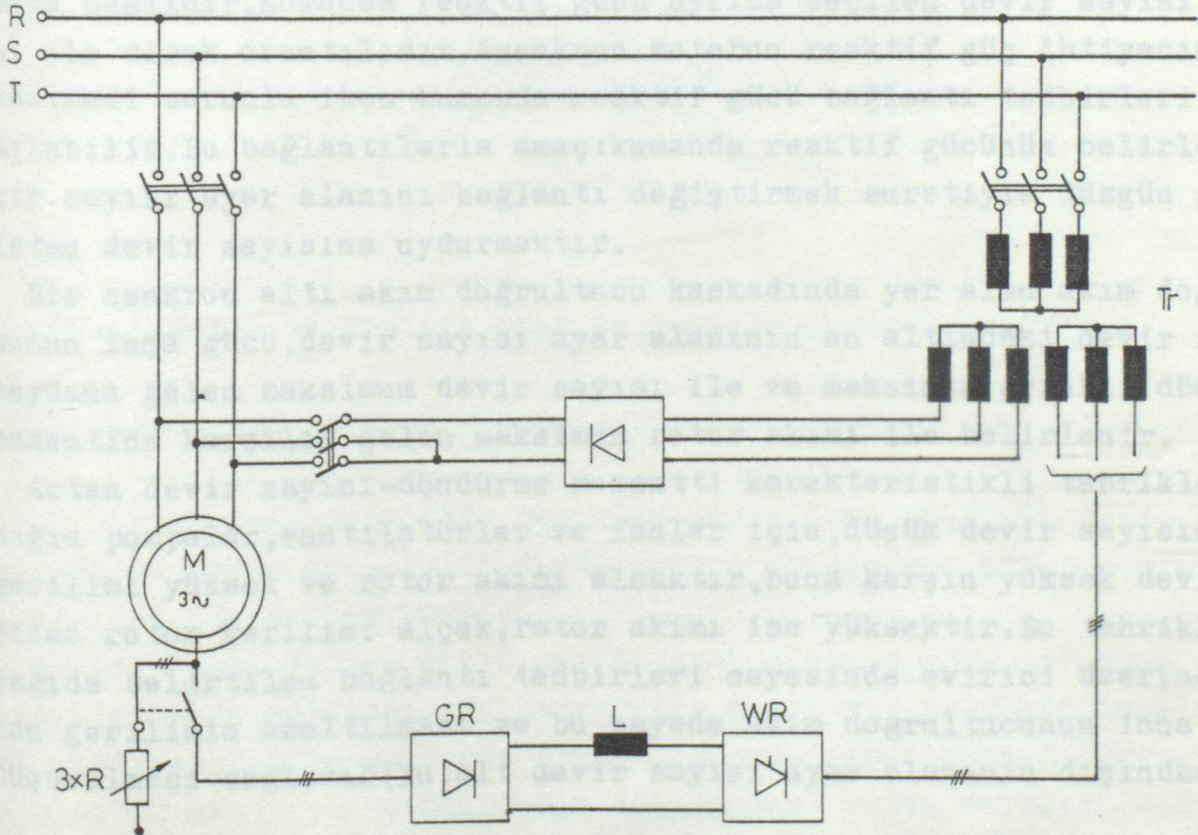
Senkron altı akım doğrultucu kaskadın akım doğrultucusu, yalnız nadiren rotor boşta çalışma gerilimi için, özellikle yalnız istenilen devir sayısı ayar bölgesinin altındaki devir sayısında meydana gelen gerilim değeri için dizayn edildiğinden bu durumlarda motor frenleme beslemesinde kullanılan bir fazlı alternatif gerilim, aynı oranda azaltılır. Bu azaltma, uyarmanın kısılmasına ve dolayısıyla frenleme momentinin azaltılmasına denk düşer. Motorun bilezikleri üzerinden dışarı alınan fren enerjisi, doğrultucu ve evirici üzerinden üç fazlı A.C. şebekesine beslenir. A.C. 'la frenleme devresinde, motorun ürettiği fren momentinin kuvvetli olarak darbelendirilmesine dikkat edilmelidir. Bu moment salınımının içinde makbül kabul edilmediği tahrik için doğru akımlı frenleme montajı önerilir.

Doğru akımla frenleme:

Doğru akımla frenlemede; stator sargısı şebekeden ayrılır ve bir doğru gerilim kaynağına bağlanır (şekil 42). Bu yüzden asenkron motor, fren enerjisini ve kendisinin elektriksel işini, doğrultucu ve evirici üzerinden üç fazlı alternatif akım şebekesine besleyen senkron generatör olur. Öyleki; rotorda, motorun tam devir sayısında devir sayısı ayar alanının ($s=s_{max}$) altındaki devir sayısında meydana gelen rotor gerilimine uygun



Şekil 41: Alternatif akım frenlemeli akım doğrultucu kaskadı



Şekil 42: Doğru akım frenlemeli akım doğrultucu kaskadı

bir gerilim indüklenir. Aynı rotor akımında frenleme momenti

$$\frac{1}{S_{\max}}$$

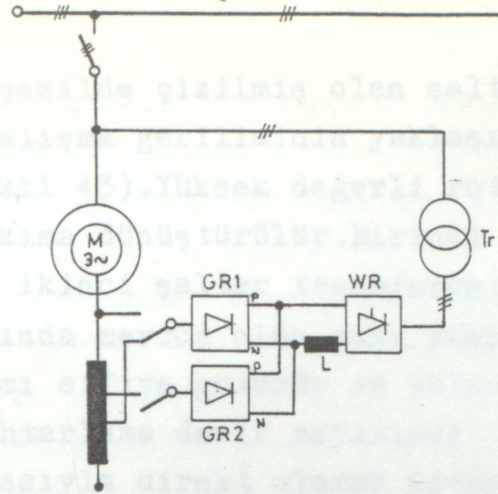
oranında azalır. Eğer bur da belirtilen bağlantı, ilaveten döner alanın ters çevrilmesiyle genişletilirse bu takdirde dört bölgeli işletme elde edilir. Bu dört bölgeli çalışmada stator sargısı; moment yönünün ters çevrilmesi istendiğinde doğru akıma, dönüş yönünün ters çevrilmesinde ise ters döner alanlı üç fazlı alternatif akıma bağlanır. Bunlar, şalterler yada kontaktörler yardımıyla yapılırsa, bu takdirde moment ve dönüş yönünün sürekli değiştirilmediği kabul edilir.

Reaktif Güç Azaltmalı Bağlantılar:

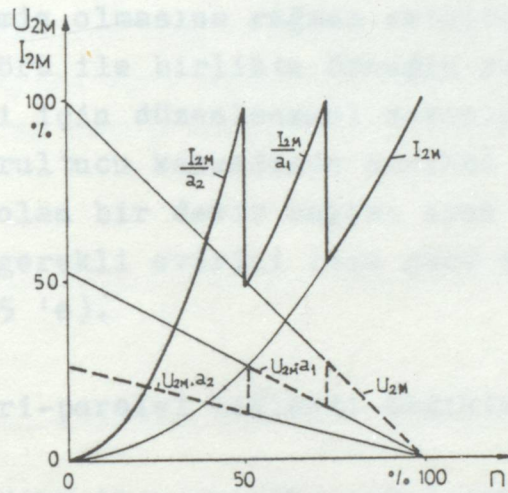
Senkron altı akım doğrultucu kaskadı, besleme şebekesini, asenkron motorun reaktif güç hissesi ve eviricinin kumanda reaktif gücüyle yükler. Motorun şebekeden çektiği reaktif gücün büyüklüğü, verilmiş olan makina- da (motorda) yalnız yüklemeye bağlıdır. Kumanda reaktif gücünün büyüklüğü, dışardan yüklemeye bağlı olduğu gibi eviricinin dışardan kumandası- nada bağlıdır. Kumanda reaktif gücü ayrıca seçilen devir sayısı ayar ala- nı ile direk orantılıdır. Asenkron motorun reaktif güç ihtiyacının kabul edilmesi zorunlu iken kumanda reaktif gücü bağlantı tedbirleri ile azal- tılabilir. Bu bağlantılarla amaç: kumanda reaktif gücünün belirlediği de- vir sayısı ayar alanını bağlantı değiştirmek suretiyle düzgün giden iş- letme devir sayısına uydurmaktır.

Bir senkron altı akım doğrultucu kaskadında yer alan akım doğrultucu- sunun inşa gücü, devir sayısı ayar alanının en altındaki devir sayısında meydana gelen maksimum devir sayısı ile ve maksimum gerekli döndürme momentine karşılık gelen maksimum rotor akımı ile belirlenir.

Artan devir sayısı-döndürme momentti karakteristikli tahriklerde, ör- neğin pompalar, vantilatörler ve fanlar için, düşük devir sayısında rotor gerilimi yüksek ve rotor akımı alçaktır, buna karşın yüksek devir sayı- sında rotor gerilimi alçak, rotor akımı ise yüksektir. Bu tahriklerde a- şağıda belirtilen bağlantı tedbirleri sayesinde evirici üzerinde bulu- nan gerilimin azaltılması ve bu sayede akım doğrultucunun inşa gücünün düşürülmesi sağlanır (Bu, alt devir sayısı ayar alanının dışındadır).



Şekil 43:Rotor devresinde uyarılma transformatorlü akım doğrultucu kask.



Şekil 44:Rotor devresinde akım ve gerilim uydurulması

Rotor devresinde uyarılma transformatorü:

Bu bağlantıda (şekil 43) yer alan transformator, düşük devin sayısında ki yüksek rotor gerilimini düşük değere dönüştüren bir transformatordür (tercihen oto transformatorü).

Böylece arzu edilen devir sayısı ayar alanına göre bir veya iki çıkış gerilimi elde edilir. Artan karakterli devir sayısı-döndürme momenti karakteristikli tahriklerde transformasyon oranı, yüksek değerli maksimum rotor akımını nominal devir sayısındaki rotor akımına dönüştürecek şekilde seçilir (şekil 44).

Bağlantı örneğinde, bir devir sayısı ayar alanına ilişkin yaklaşık 1:4 yahut 1:2 'lik bir dönüştürme oranlı iki gerilim sukunet durumu-na kadar devam etmektedirler. Motorun şebekeye bağlanmasından sonra tran

formatör üzerinde, şekilde çizilmiş olan şalterin anahtar konumuna göre değişen ve boşta çalışma geriliminin yaklaşık %25 'i kadar olan bir gerilim tutulur (şekil 43). Yüksek değerli rotor akımı, GR_1 doğrultucusu tarafından doğru akıma dönüştürülür. Birinci anahtarlama devir sayısına ulaşıldıktan sonra ikinci şalter transformatöre bağlanır. Şimdi GR_2 doğrultucusu uçlarında mevcut olan daha yüksek doğru gerilim, GR_1 doğrultucusundaki akımı sıfıra götürür ve yalnız GR_2 doğrultucusu akım geçirir. İkinci anahtarlama devir sayısında GR_1 doğrultucusu, anahtarlama şalteri vasıtasıyla direkt olarak artan devir sayısına mukabil daima sürekli olarak azaltılan rotor gerilimine bağlanır. Bu anahtarlama da rotor akımı kesilmez. Evirici, anahtarlama sırasında meydana gelen akım ve gerilim sıçramalarının mili saniyeler zarfında uyum gösterir. Tahriğin sıfırdan nominal devir sayısına kadar olan tüm devir sayısı alanı için takdir edilmiş olmasına rağmen eviricinin, süzme bobini ve geri besleme transformatörü ile birlikte örneğin rotor boşta çalışma geriliminin yalnız %25 'i için düzenlenmesi zorunludur. Bu, temel bağlantıda yer alan bir akımdoğrultucu kaskadında nominal devir sayısının %75 'inden %100 'üne kadar olan bir devir sayısı ayar alanına tekakül eder. Kumanda reaktif gücü ve gerekli evirici inşa gücü aynı oranda azalır (örneğin burdaki gibi %25 'e).

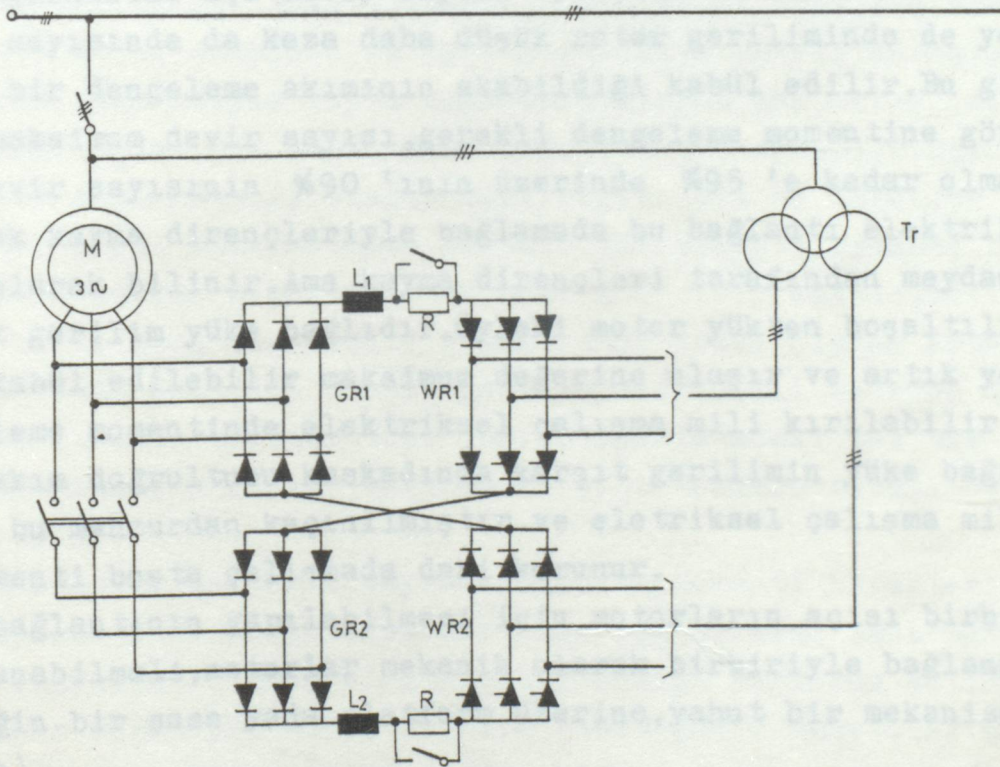
Dönüştürücüde seri-paralel bağlantı değişimleri vasıtasıyla uyarlama:

Daha büyük güçlü (MW 'lar mertebesinde) tahriklerde gerek doğrultucuda ve gerekse eviricide her kola daha çok yarı iletken eleman bağlanmalıdır. Bunun dışında bazı tahriklerde eğer daha büyük bir devir sayısı ayar alanı ($I:I,7$ 'den $I:\infty$ 'a kadar) alanı istenirse ozaman yarı iletken elemanların, şekil 45 'e göre düzenlenmesi yararlı olur. Burda GR_2 doğrultucusu bir şalter üzerinden bağlıdır ve her iki evirici uç sargılı transformatörün ayrı ayrı sargılarına bağlanırlar. "R_A" motora yol verme direnci örnek olarak burada doğru akım ara devresine konmuştur. Eğer tahrik düzeninin sukunet durumundan kalkışa geçirilmesi gerekirse bu takdirde yol verme direncinin bu bağlantısı her zaman için tercih edilip kullanılabilir.

Alt devir sayısı bölgesinde şalter, rotor ile GR_2 doğrultucusu arasında açık konumdadır. Rotor akımı ve rotor gerilimi yalnız GR_1 doğrultucusu ile doğrultulur. Her iki evirici (WR_1 ve WR_2) seri bağlanırlar. Öyleki doğrultulmuş rotor gerilimi her iki evirici üzerine bölünür.

Devir sayısı ayar alanının yaklaşık ortasında şalter GR_2 doğrultucusuna bağlanır. Böylece iki paralel devre meydana gelir. Bu iki paralel devrenin bir tarafı GR_1 doğrultucusunun pozitif köprü yarısı, GR_2 doğrultucusunun negatif köprü yarısı ve WR_1 evircisinden ibarettir. Öbür tarafı GR_2 doğrultucusunun pozitif köprü yarısı, GR_1 doğrultucusunun negatif köprü yarısı ve WR_2 evircisinden ibarettir. Bu yüzden üst devir sayısı ayar bölgesinde, doğrultulmuş rotor akımı ve her iki evirici üzerine bölünür ve şekil 43 'deki bağlantıdaki gibi, rotor akımı ve rotor geriliminin karşı yönlü değişimlerine bir uydurma meydana gelir. Ama seri-paralel bağlantı değiştirme yalnız 1:2 'lik sabit bir oranda söz konusudur. Uyarlama transformatörü bu bağlantıda gerekli değildir.

Hangi bağlantının daha faydalı olduğu önemli derecede arzu edilen devir sayısı ayar alanına bağlıdır. Şekil 45 'deki bağlantı, 1:2 civarındaki bir devir sayısı ayar alanında bölgeyi devir sayısı-döndürme moment karakteristiklerine sahip pompa ve fan tahrikleri için çok iyi bir uyarlama temin eder.



Şekil 45: Seri-paralel bağlantı değiştirmeli akım doğrultucu kaskadı

Bir Müşterek Akım Doğrultucuya Birden Çok Motorun Bağlanması:

Devir sayısı, bir tesis veya iş makinası içerisinde birden çok asenkron motor ile ayarlanırsa, bu durumda ekonomik düşünce: bu motorların ortak

bir akım doğrultucuya bağlanıp bağlanamayacağı sorunudur.

Ama burda motorlar ortak bir ayar elemanı, evirici üzerinden ayar edildikleri için motorun mekanik çıkış büyüklükleri bu bağlantı cinsine göre birbirlerine bağlıdırlar. Buna göre şu imkânlar söz konusu olur:

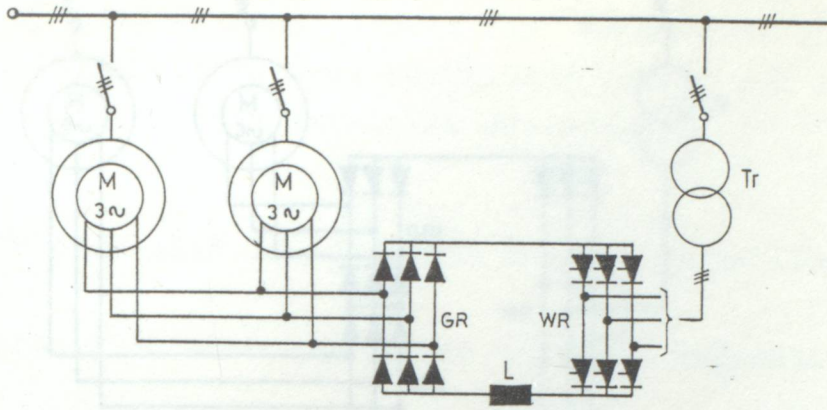
- .Motorların açığa bağlı senkron (es zaman) durumu
- .Motorların aynı döndürme momenti
- .Motorların aynı devir sayısı

Açığa bağlı senkron durum:

Şekil 46 'daki bağlantıda aynı boştta çalışma gerilimine sahip olan motorlar kullanılır ve rotor sargıları elektriksel olarak paralel bağlanırlar. Motorların stator sargıları üç fazlı alternatif akım şebekesine bağlanırsa bu durumda rotor sargılarında büyüklükleri aynı fakat faz durumları rotorun yerine bağlı olan gerilimler indüklenir. Fark gerilim senkronize döndürme momentine yol açan bir dengeleme akımı dolaştırır ve rotoru tamamen belirli bir açığa beraberinde sürükler, yani senkronizasyon sağlanır. Bu açı devir sayısı ayarında da muhafaza edilir. En düşük devir sayısında da keza daha düşük rotor geriliminde de yeterli büyüklükte bir dengeleme akımının akabildiği kabul edilir. Bu gibi tahrikler için maksimum devir sayısı, gerekli dengeleme momentine göre motor nominal devir sayısının %90 'ının üzerinde %95 'e kadar olması gerekmez.

Ortak kayma dirençleriyle bağlamada bu bağlantı elektriksel çalışma mili olarak bilinir. Ama kayma dirençleri tarafından meydana getirilen karşıt gerilim yüke bağlıdır. Öyleki motor yükten boşaltılınca devir sayısı kabul edilebilir maksimum değerine ulaşır ve artık yeterli olmayan dengeleme momentinde elektriksel çalışma mili kırılabilir. Bir senkron altı akım doğrultucu kaskadında karşıt gerilimin yüke bağımlılığı sayesinde bu mahzurdan kaçınılmıştır ve elektriksel çalışma milinin dengeleme momenti boşta çalışmada dahi korunur.

Bu bağlantının yapılabilmesi için motorların açısı birbirine rahatça ayarlanabilmeli, motorlar mekanik olarak birbiriyle bağlanmamalıdırlar (örneğin bir şase yada platform üzerine, yahut bir mekanizmaya veya şanzımana).



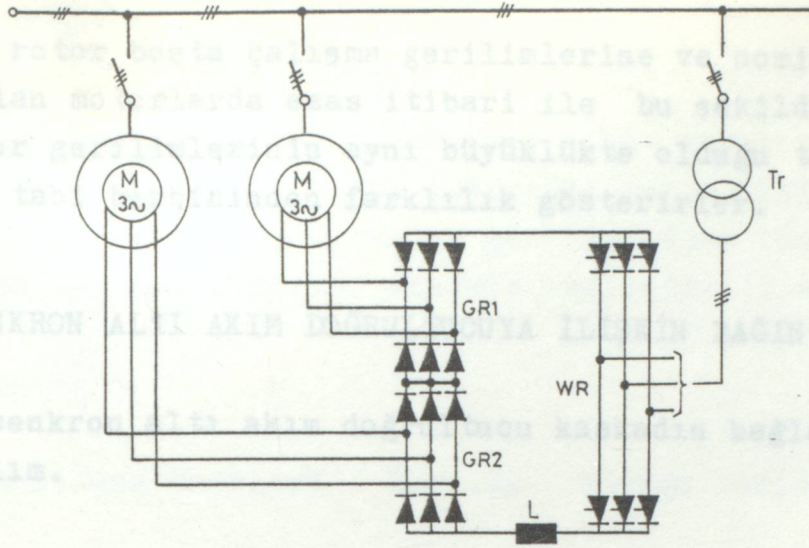
Şekil 46:Açıya bağlı senkron durum için akım doğrultucu kaskadı

Aynı döndürme momenti için bağlama:

Bir asenkron makinanın döndürme momenti, rotor akımının büyüklüğü ile direkt orantılıdır. Aynı değerde döndürme momentlerine sahip birden çok motorun tahrik edilmesi gerektiğinde o zaman aynı güçlere sahip motorlar için rotor akımının da aynı büyüklükte olması zorunludur. Bu, şekil 47 'deki bağlantıyla büyük masrafsız olarak gerçekleştirilebilir. Bu amaçla her motor bir kontrolsüz doğrultucuya sahiptir. Eğer bu doğrultucular aynı akım zamanlı olarak seri bağlanırsa bu takdirde her motorda aynı rotor akımı akar. Motorun birinin yük momenti artarsa bu durumda iki motorda döndürme momenti artar. Tahriğin devir sayısı, böylece tahrik ve yük momenti aynı büyüklükte olana kadar geniş olarak artar.

Eviricinin ürettiği karşıt gerilim, seri bağlı bulunan doğrultucular üzerine rahatça bölünür. Yani tahrik içerisindeki tek tek bütün motorlar bir diferansiyel dişli takımındaki gibi tamamen farklı devir sayılarını alabilirler.

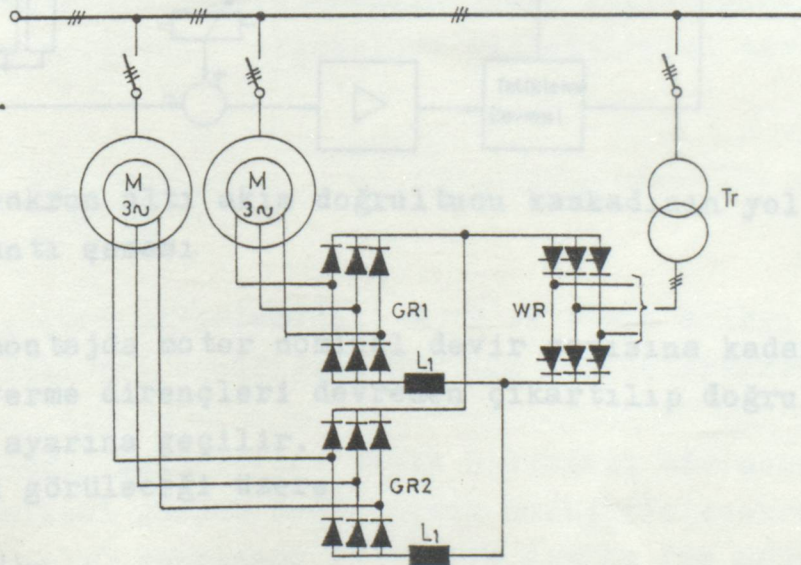
Bu montaj, artan devir sayısı-döndürme momenti karakteritiğine sahip tahriklerde veya motorların herhangi bir şekilde şanzıman, şase vs. üzerine mekanik olarak birlikte bağlandığı yerlerde kullanılır. Mekanik kuplajsız sabit yük momentli veya sabit güçlü tahrikler belirtilen bağlantı ile gerçekleştirilemez. Buna karşın rotor nominal akımları aynı ise farklı nominal güç veya nominal devir sayılarına sahip motorların tahriki mümkündür. O zaman yük dağılımı motorlara nominal güçleri oranında yapılır.



Şekil 47:Aynı döndürme momenti için akım doğrultucu kaskadı

Aynı devir sayıları için bağlantı:

Bu bağlantıda da her motorun kendi doğrultucusu vardır.Ama şimdi roto lar doğru akım taraflı olarak paralel bağlıdır(şekil 48).Bu yüzden doğrultulmuş rotor gerilimlerinin büyüklükleri aynı büyüklükte olmaya zorlanır.Tamamen aynı motorlarda ve aynı yüklerde bu,tam olarak aynı devir sayısında vuku bulur.Ama pratikte bu şartlar asla verilmiş olma-dığı için önemsiz devir sayısı farklılıkları meydana gelir.Tek tek bütü motorların tahrik momentleri uygun yük momentleri meydana getirebilirler.Montajdaki evirici doğrultulmuş rotor akımlarının toplamını geçirir

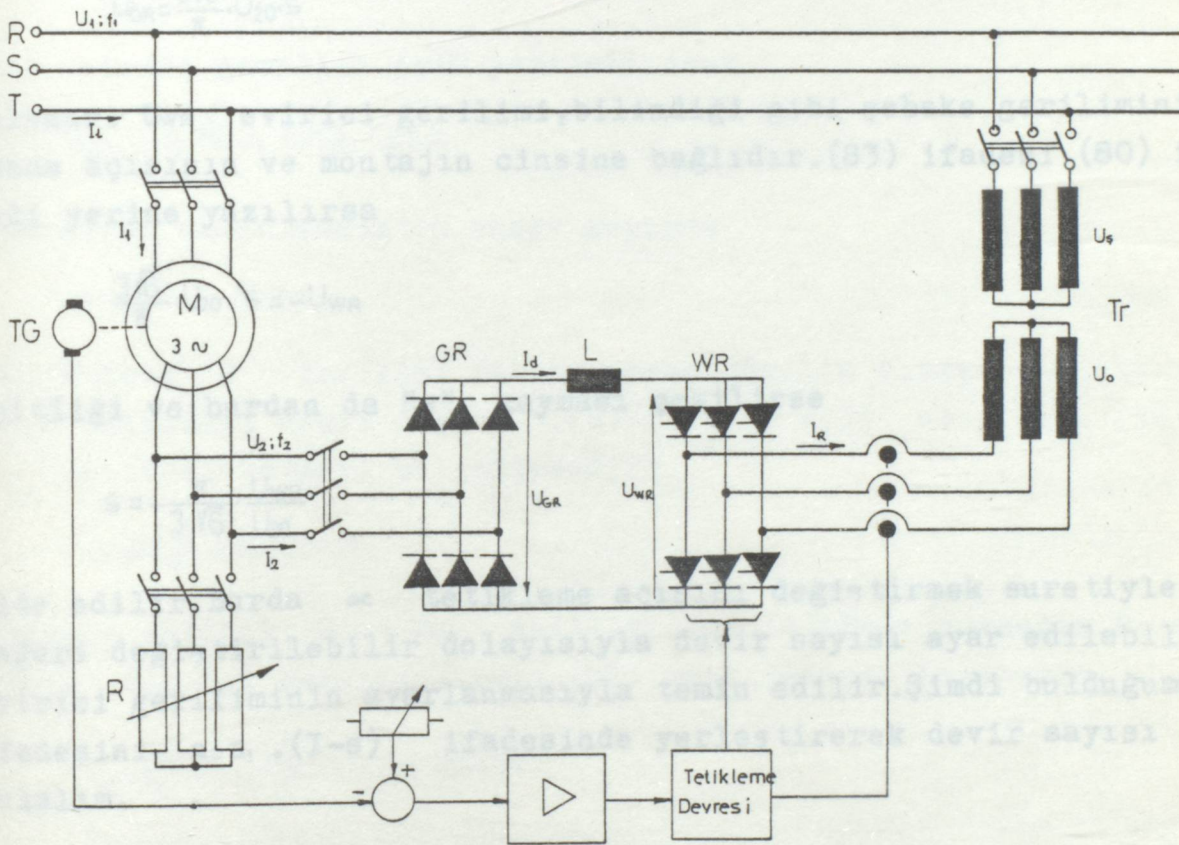


Şekil 48:Aynı devir sayısı için akım doğrultucu kaskadı

Farklı rotor boşta çalışma gerilimlerine ve nominal devir sayılarına sahip olan motorlarda esas itibari ile bu şekilde birlikte bağlanabilirler. Rotor gerilimlerinin aynı büyüklükte olduğu tek tek devir sayıları o zaman tabii birbirinden farklılık gösterirler.

2.2. SENKRON ALTI AKIM DOĞRULTUCUYA İLİŞKİN BAĞINTILARIN ELDE EDİLiŞİ

Önce senkron altı akım doğrultucu kaskadın bağlantı şemasını bir kez ele alalım.



Şekil 49: Senkron altı akım doğrultucu kaskadının yol verme dirençli bağlantı şeması

Şekildeki montajda motor nominal devir sayısına kadar hızlandırıldıktan sonra yol verme dirençleri devreden çıkartılıp doğrultucu rotora bağlanır ve hız ayarına geçilir.

Montajdan görüleceği üzere

$$U_{GR} = -U_{WR}$$

(80)

dir. Üç fazlı köprü montajındaki doğrultucunun gerilimi

$$U_{GR} = s \cdot \frac{p}{\pi} \cdot \sqrt{2} \cdot U_2 \cdot \sin \frac{\pi}{p} \quad (81)$$

olarak hesap edilir. İfade içinde yer alan s : yol sayısı (köprü montajlarda bu sayı 2'dir), p : faz sayısı (üç fazlı sistemde çalıştığımızdan bizde bu sayı 3'dür), U_2 : rotor gerilimi (daha önce konu içinde geçmişti)'dir. Bu sayısal değerler ifadede yerleştirilirse

$$U_{GR} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} \cdot U_2 \quad (82)$$

elde edilir. Daha önceleri $U_2 = s \cdot U_{20}$ olduğu verilmişti. Burdan hareketle

$$U_{GR} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} \cdot U_{20} \cdot s \quad (83)$$

bulunur. U_{WR} evirici gerilimi, bilindiği gibi şebeke geriliminin, α kumanda açısının ve montajın cinsine bağlıdır. (83) ifadesi (80) ifadesindeki yerine yazılırsa

$$\frac{3\sqrt{6}}{\pi} \cdot U_{20} \cdot s = -U_{WR} \quad (84)$$

eşitliği ve burdan da " s " kayması çekilirse

$$s = -\frac{\pi}{3\sqrt{6}} \cdot \frac{U_{WR}}{U_{20}} \quad (85)$$

elde edilir. Burda α tetikleme açısını değiştirmek suretiyle U_{WR} değeri değiştirilebilir dolayısıyla devir sayısı ayar edilebilir. Buda evirici geriliminin ayarlanmasıyla temin edilir. Şimdi bulduğumuz kayma ifadesini $n = n_1 \cdot (1 - s)$ ifadesinde yerleştirerek devir sayısı ifadesini bulalım.

$$n = n_1 \cdot \left(1 + \frac{\pi}{3\sqrt{6}} \cdot \frac{U_{WR}}{U_{20}} \right) \quad (86)$$

Eviricinin gücünü belirlemede, ($R_s = R_r \cdot s$)'den dolayı devir sayısı ayar alanının önemli rol oynadığını bir kez daha belirterek bir örnek ele alalım.

6 kutuplu, 50Hz değerlerine sahip bilezikli bir asenkron motorun hızı rotor elektriksel gücünü değiştirmek suretiyle (senkron altı akım doğrultucu kaskadı ile) ayarlamak isteyelim. Şebeke faz nötr gerilimi 220V ve şebeke ile frekans değiştirici arasında transformator kullanılsın. Su-

Sukunet halindeki açık devre gerilimi 318V dur. Şimdi $n=600$ d/dk ve $n_1=500$ d/dk için α açısının hangi değerlere ayarlanması gerektiğini bulalım ($n_1 = (60 \cdot f)/p$ ifadesinden n_1 'i bulunmuş olarak ele alalım).

$n_1=1000$ d/dk

$n=600$ d/dk için,

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} = \frac{1000 - 600}{1000} = 0,4$$

burdan sonra rotor gerilimini bulalım

$$U_2 = U_{20} \cdot s = 318 \cdot 0,4 = 127,2V$$

bunu evirici gerilimi için yazılabilecek

$$U_{WR} = s \cdot \frac{p}{\pi} \sqrt{2} \cdot U_1 \cdot \sin \frac{\pi}{p} \cdot \cos \alpha \quad (87)$$

ifadesinde düzenlendikten sonra konursa

$$U_{WR} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} \cdot U_1 \cdot \cos \alpha \quad (88)$$

(Bu ifadede U gerilimi fazlar arası gerilim olarak ele alınır. İfade-
denin başındaki sabit değer $3\sqrt{6}/(\sqrt{3} \cdot \pi) \approx 1,35$ olur. Keza (50) ifadesi-
nin başındaki katsayı bu şekildedir)

$$U_{WR} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} \cdot 220 \cdot \cos \alpha$$

durumuna gelinir. $U_{GR} = -U_{WR}$ eşitliğinden istifade edeceğiz. Bu nedenle
evvela U_{GR} 'yi hesaplamalıyız. (82) eşitliğinden hareketle

$$U_{GR} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} \cdot E_2 = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} \cdot 127,2 = 297,5V$$

bulunur. (80) ifadesine U_{WR} ve U_{GR} yerleştirilip burdan " $\cos \alpha$ " çeki-
lirse

$$\cos \alpha = -0,578$$

elde edilir. Burdan da α_1 açısı $125,32^\circ$ olarak bulunur. Eviricideki
tristörler bu tetikleme açısıyla tetiklendiklerinde motor hızı 600d/dk
ya yarılanmıştır olur.

$n=500$ d/dk için,

Yukardaki işlemler aynı sıra ile yapılarak α_2 tetikleme açısı $136,28^\circ$
olarak elde edilir.

Şimdi ifadelerimizi elde etmeye devam edelim.(85) ifadesinde evirici gerilim ifadesi yerine yerleştirilirse

$$s = -\frac{U_1}{U_{20}} \cdot \cos\alpha \quad (89)$$

bulunur. $\cos\alpha$ 'nın önündeki katsayıya

$$\frac{U_1}{U_{20}} = \frac{W_1}{W_2} \quad (90)$$

dersek, bu durumda

$$s = -\frac{W_1}{W_2} \cos\alpha \quad (91)$$

ve

$$n = n_1 \cdot \left(1 + \frac{W_1}{W_2} \cdot \cos\alpha\right) \quad (92)$$

olur.

Senkron altı akım doğrultucu kaskadında α tetikleme açısı, (80) ifadesi ve dolayısıyla $\cos\alpha$ daima negatif olduğundan daimi suretle 90° den büyüktür ($\alpha > 90^\circ$; $\cos\alpha < 0$).

Teorik olarak α açısı maksimum 180° 'ye ayarlanabilir. Ama pratikte komütasyon süresi ve tristörlerin serbest kalma süreleri bu değerden çıkartılır. Çünkü bu zorunludur. Geriye kalan ayarlanabilecek max. açıdır

Tetikleme açısının artışına karşılık devir sayısı düşer ($\alpha / , n \setminus$). Bu açı $\alpha = 90^\circ$ iken devir sayısı maksimumdur ($n = n_1$). $U_2 = U_{WR}$ olduğunda ise hız sıfır olur.

Evirici ile şebeke arasında bir transfor matör kullanılması halî:

Bu durumda ifadelerde U_1 yerine transformatörün evirici tarafındaki gerilimini (U_o) kullanacağız. Transformatörün dönüştürme oranını

$$\frac{U_1}{U_o} = \frac{W_s}{W_o} \quad (93)$$

ile gösterelim. Burdan U_o 'yu çekelim.

$$U_o = U_1 \cdot \frac{W_o}{W_s} \quad (94)$$

Artık yeni evirici gerilimi ifadesini yazabiliriz

$$U_{WR} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} \cdot \frac{W_o}{W_s} \cdot U_1 \cdot \cos\alpha \quad (95)$$

Görüldüğü gibi ifadelere W_o / W_s oranı eklenmiştir. Daha öncekine benzer

şekilde kayma ifadesini elde edersek

$$s = -\frac{W_0}{W_s} \cdot \frac{W_1}{W_2} \cdot \cos \alpha \quad (96)$$

buluruz. $\alpha = \alpha_{\max}$ için $s = s_{\max}$ olur. Buna göre tetikleme açısının sınırlarını $\pi/2 < \alpha < \arccos(-W_s / W_0 \cdot W_2 / W_1 \cdot s_{\max})$ olarak belirleyebiliriz. Benzer şekilde hız sınırları için de $n_s < n < n_s \cdot (1 - s_{\max})$ yazabiliriz.

Şimdi ise doğru akım ara devresi akımını elde etmeye çalışalım. Rotor elektriksel gücü (9) ifadesi ile bulunabileceği gibi

$$P_s = U_{GR} \cdot I_d \quad (97)$$

ifadesiyle de bulunabilir. (9) ve (10) eşitliklerinden mekanik güç için

$$P_m = \frac{1-s}{s} \cdot P_s \quad (98)$$

yazılabilir. Burda (97) ifadesi yerine konursa

$$P_m = \frac{1-s}{s} \cdot U_{GR} \cdot I_d \quad (99)$$

elde edilir. (15) eşitliğinden elde edilen P_m ile bu ifade eşitlenir ve burdanda I_d çekilirse

$$I_d = \frac{M_d \cdot \omega_1 \cdot s}{U_{GR}} \quad (100)$$

bulunur. Doğrultucu gerilimi ifadesi burda yerine yerleştirilirse bu kez kaymanın yer almadığı

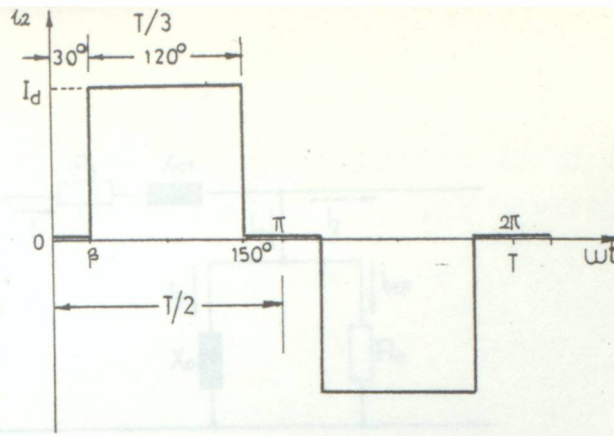
$$I_d = \frac{\pi}{3\sqrt{6}} \cdot \frac{M_d \cdot \omega_1}{U_{20}} \quad (101)$$

Bu ifadede baştaftaki sayısal değer hesaplanıp ve U_{20} 'nin yerine (90) ifadesinden istifade ederek U_1 cinsinden esiti yazılınca

$$I_d = 0,4275 \cdot \frac{W_1}{W_2} \cdot \frac{W_s}{U_1} \cdot M_d \quad (102)$$

elde edilir.

Şimdide diğer akım ifadelerini bulalım. Bu amaçla önce rotor akımı şeklini ele alalım.



Şekil 50: Senkron altı akım doğrultucu bağlantısında rotor akımı

Şekilde β açısı 30° alınmıştır. Buna göre rotor akımı efektif değeri

$$I_{2EF} = \sqrt{\frac{T/3}{T/2} \cdot I_d^2} = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot I_d \quad (I03)$$

$$I_{2EF} = 0,8165 \cdot I_d \quad (I04)$$

olarak hesap edilir. Rotor akımı temel dalgasını (harmoniğini) bulalım

$$I_{2(1)m} = \frac{2}{\pi} \int_{\beta}^{\pi-\beta} I_d \cdot \sin \omega t d(\omega t) = \frac{-2 \cdot I_d}{\pi} \cdot \cos \omega t \Big|_{\beta}^{\pi-\beta} = \frac{-2 \cdot I_d}{\pi} \cdot [\cos(\pi - \beta) - \cos \beta]$$

burdan ana dalganın genliği

$$I_{2(1)m} = \frac{4 \cdot I_d}{\pi} \cos \beta \quad (I05)$$

olarak bulunur. Burdaki β değeri (30°) yerine konunca

$$I_{2(1)} = 0,7797 \cdot I_d \quad (I06)$$

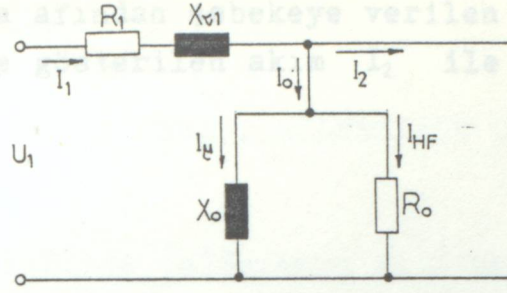
elde edilir. Temel harmonik dışındaki harmoniklerin genlikleri

$$I_{2h} = \sqrt{I_{2EF}^2 - I_{2(1)}^2} \quad (I07)$$

dir. Değerler yerine konunca

$$I_{2h} = \sqrt{(0,8165)^2 - (0,7797)^2} \cdot I_d$$

$$I_{2h} = 0,242 \cdot I_d \quad (I08)$$



Şekil 5I:Asenkron motorun rotor tarafına ilişkin direnç ve reaktansları içeren eşdeğer devresi

Kaskat devresindeki büyük "L" selfi, transformatörün selfi ve tristörler üzerindeki gerilim düşümleri yanında $R_1, X_{\sigma 1}$ üzerindeki gerilim düşümleri ihmal edilebilir. Buna göre

$$I_y = \frac{U_1}{X_{\sigma 0}} \quad (I09)$$

$$I_{HF} = \frac{U_1}{R_0} \quad (I10)$$

dir(I_{HF} fazör diyagramında görülen I_h dir. Burda karıştırmamak için bu şekilde alınmıştır). Şebeke tarafındaki stator akımı için

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{I_{2(1)}}{I_{1(1)}} \quad (I11)$$

ifadesinden $I_{1(1)}$ 'nü (stator akımının temel harmonik olarak aktif bileşeni) çekerek şu eşitlik elde edilir:

$$I_{1(1)} = \sqrt{\left(\frac{w_2}{w_1} I_{2(1)} + I_{HF}\right)^2 + I_y^2} \quad (I12)$$

$\vec{I}_{1(1)} = I_{1(1)} \angle -\varphi_1$ şeklinde düşünerek stator akımı ile gerilim arasındaki φ_1 açısı bulunabilir.

$$\arctg \varphi_1 = \frac{I_y}{\frac{w_2}{w_1} I_{2(1)} + I_{HF}} \quad (I13)$$

Bu durumda stator akımının efektif değeri

$$I_{IEF} = \sqrt{I_{1(1)}^2 + \left(\frac{w_2}{w_1} I_{2h}\right)^2} \quad (I14)$$

olarak bulunur.

Şimdide evirici ta afından şebekeye verilen akımı ele alalım. Evirici çıkışında I_R ile gösterilen akım I_2 ile aynı değişime sahip olacaktır. Buna göre

$$I_{R(1)} = 0,7797 \cdot I_d \quad (II5)$$

$$I_{REF} = 0,8165 \cdot I_d \quad (II6)$$

olur. $I_{R(1)}$ 'in vektörel büyüklük olacağını dikkate alarak faz açısı " α " olacaktır ($\vec{I}_{R(1)} = I_{R1} \angle -\alpha$).

Birde sistemin verimine göz atalım. "P", motorun şebekeden çektiği güç olmak üzere

$$P = P_m + 3(R_1 \cdot I_1^2 + R_2' \cdot I_1^2 + R_o \cdot I_{HF}^2) + U_{GR} \cdot I_d \quad (II7)$$

yazılır. Sistemin şebekeden çektiği gücü R ile gösterirsek bu güç

$$R = P - U_{GR} \cdot I_d \quad (II8)$$

bağıntısıyla hesaplanabilir. Buna göre sistemin verimi şu şekilde hesaplanır:

$$\% \eta = \frac{P}{R} \cdot 100 \quad (II9)$$

Senkron altı akım doğrultucu kaskadı kullanılan bir tahrik için bir motor seçerek son kısımda hesap yapılacaktır.

metoduyla karıştırılmak gerekir).

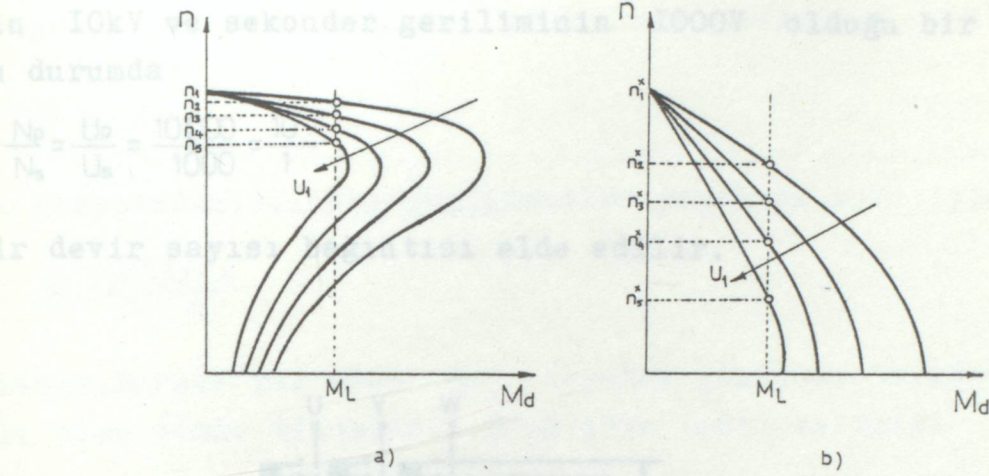
2.3. BESLEME GERİLİMİNİN DEĞİŞTİRİLMESİYLE DEVİR SAYISI AYARI

Daha önce kısım 2.I.2.'de [a) Senkron altı akım doğrultucu kaskadı], asenkron motorun döndürme momentinin, stator akısı ile rotor akımının çarpımıyla orantılı olduğu ve gerilimle değiştiğini yaklaşık bir hesapla belirlemiştik. Bundan sonra ise döndürme momenti ile gerilim arasındaki ilişki eksiksiz olarak araştırılması gereklidir. Bunun için kısım 2.I.I.'deki bir asenkron motorun devrilme momentine tekabül eden devrilme kaymasının bulunuşunun hatırlayalım. Orda devrilme kayması, moment eşitliğinde (I8) kaymaya göre türev alıp elde edilen diferansiyel oran sifıra eşitlenerek bulunmuştur. Bu kayma ifadesi bize devrilme kaymasının omik rotor dirençlerine bağlı olduğunu ve rotor dirençlerinin değiştirilmesi ile değiştirilebileceğini ifade etmektedir. Bu gerçek üzerine rotor devresine yerleştirilecek ayar dirençleri ile devir sayısının ayar etmek yoluna gidilmiştir. s_k devrilme kayması ifadesi (I8) eşitliğinde yerine yerleştirilirse devrilme momenti ifadesi elde edilir.

$$M_k = c \cdot \frac{E_{20}^2}{2X_r} \quad (I20)$$

Bu basit devir sayısı ayarı, bir ayar transformatorü veya bir döner Bu ifade, asenkron motorun devrilme momentinin omik dirençlere bağlı olduğunu ifade eden eşitliktir. İlave rotor dirençleri durumunda devir sayısı-döndürme momenti karakteristiklerinin aralıkları mesafelerini korurlar. Şebeke gerilimindeki %60 'lık bir azaltma durumunda devrilme momenti düşer ve buna bağlı olarakta karakteristik eğrinin her noktasında kendi değerinin %36 'sına azalır. Karakteristik ailesi şekil 52a 'ya uygun olarak meydana gelir. Şekil üzerinde stabil bölgede M_k yük momenti ile buna tekabül eden devir sayıları işaretlenmiştir. Bu yöntemin en büyük mahzuru, motorun yüklenebilirliğinin azalın devir sayısı ile birlikte çok hızlı olarak düşmesidir. Buna bağlı olarak nominal yükte mümkün olan devir sayısı ayar alanı çok küçük kalır. Eğer makinanın rotor devresine, karakteristik eğrilere daha önceden bilinen şekilde form veren (şekil 52b) ilave bir direnç bağlanırsa ayar alanı bu taktirde yeniden genişletilebilir. Burdan hareketle besleme geriliminin değiştirilmesiyle devir sayısı ayarı yapılırken rotor devresinde tek kademeli bir direnç kafidir (Rotor devresinde bu yararından dolayı direnç kullanılmaktadır. Besleme gerilimini değiştirerek hız ayarı metodunda rotor devresinde dirence yer verilmi olmasını, rotorda ayar dirençleri ile hız ayarı

metoduyla karıştırmamak gerekir).



Şekil 52:Değişken besleme gerilimi durumunda devir sayısı-döndürme momenti karakteristikleri

- a)Rotor dirençsiz
- b)Rotor dirençli

2.3.I. TRANSFORMATÖRLE DEVİR SAYISI AYARI

En basit devir sayısı ayarı, bir ayar transformatörü veya bir döner transformatör yardımıyla tasarlanabilir. Döner transformatör değişik nedenlerden dolayı en elverişli neticeyi verir. Bu daha sonra açıklanacaktır.

(I2I) eşitliğine göre N_p 'nin artırılmasıyla bir transformatörün sekonder gerilimi düşer (Burda N_p : primer sarım sayısı, N_s : sekonder sarım sayısı, U_s : sekonder gerilimi, U_p : primer gerilimidir). Bu yüzden primer sargı ayar uçlarını içermektedir (şekil 53). Transformatörde bağlantının

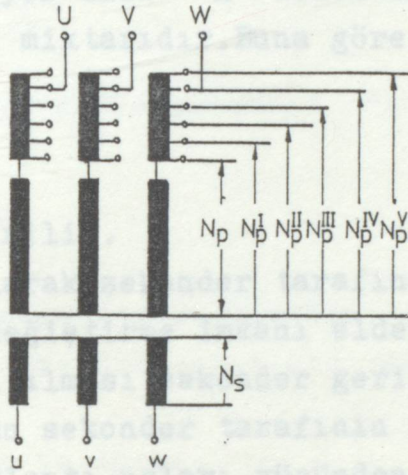
$$U_s = U_p \cdot \frac{N_s}{N_p} \quad (I2I)$$

yapıldığı kola göre sabit şebeke geriliminde belirli sekonder gerilimleri hasıl olur. Bu gerilim ayar yönteminde ayarın yalnızca kademeli olarak tasarlanabilmesi sakıncası vardır. Her uç değiştirmenin akımsız durumda yapılması gerekir. Gerçi güç altında anahtarlama yapabilen şalter mevcuttur. Fakat bunlar küçük güçler içindir ve bu çözüm çok pahalıdır. Bu yöntemde her kademe değişiminden önce tahrik durdurulur ve konum değişikliği yapıldıktan sonra yeniden devreye alınır. Primerinde ayar bağ

lantı uçları bulunan ayar transformatörünün bir sakıncası, devir sayısının geniş bir ölçüde gelişigüzel olarak düşürülememesidir. Şebeke geriliminin 10kV ve sekonder geriliminin 1000V olduğu bir örneği ele alalım bu durumda

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{U_p}{U_s} = \frac{10000}{1000} = \frac{10}{1} \quad (I22)$$

lik bir devir sayısı bağıntısı elde edilir.



Şekil 53:Primer tarafı sargı uzatmalı ayar transformatörü

Ele alınan transformatörün primer tarafının sekonder taraftan 10 kat daha fazla sayıda sarımları vardır. Sekonder geriliminin değeri %100 'lük bir gerilim ayar alanında

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{10000}{0} = \infty \quad (I23)$$

lük bir sarım sayısı bağıntısına denk düşer. Fakat sonsuz büyük sarım sayılarının gerçekleştirilmesi mümkün değildir. Ayar transformatörlerinde ayar alanının %50 'si ü zerinde sargı uzatmak ekonomik değildir (Primer tarafında). Öyleki bu metod pratikte yalnız bu sınıra kadar kullanılır.

Çünkü

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{10000}{500} = \frac{20}{1} \quad (I24)$$

hesabı, primer tarafında sarım sayısının %100 'ü civarında sargı artımı yapılması gerektiğini gösteriyor.

Bunun haricinde primer sarım sayısının artırılması transformatörün P

tip gücünü artırır. Tip gücü, P_2 ile gösterilen ilave sargı inşa gücü civarındadır ve normal durumdakinden daha büyüktür. " P_p " transformatör primer gücü, " P_s " de sekonder gücü olmak üzere tip gücü

$$P_T = \frac{(P_p + P_s) + P_2}{2} \quad (I25)$$

olarak hesap edilir. İlave güç, ihmaller yapılmak suretiyle

$$P_2 = P_p \cdot \frac{100 - x}{x} \quad (I26)$$

hesaplanır. Burada yer alan " x " sekonder gerilimi tarafından azaltılması gerekli olan yüzde miktarıdır. Buna göre (I25) eşitliği

$$P_T = \frac{\frac{100}{x} \cdot P_p + P_s}{2} \quad (I27)$$

şeklinde sadeleştirilir.

Böylece doğal olarak sekonder tarafında da ayar bağlantı uçları vasıtasıyla gerilimi değiştirme imkanı elde edilmiş olur. (I2I) eşitliğine göre N_s 'in azaltılması sekonder gerilimini azaltmaktadır. Bu yöntem, bir transformatörün sekonder tarafının ayarda yüksek akımlı tarafı olduğu ve kademe bağlantı uçları yüzünden bu sargı kısmında bobinlerin gevşemesine sebebiyet veren (yüksek akımdan dolayı) çok büyük enine kuvvetler meydana gelebildiği için nadiren kullanılır.

Döner transformatörün kısım I.2.I. de işleme prensibi izah edilirken bahsedilen avantajlı yönleri vardır. Döner transformatör tabii elle mandalıdır. Döner transformatör, sekonder gerilimini sürekli bir şekilde nominal değeri ile sıfır değeri arasında ayarlama imkanını sunar. Buyüzden özellikle asenkron motorun devir sayısı ayarında çok işe yarar. Değişken stator gerilimiyle ve rotor devresinde ilave dirençle devir sayısının sıfıra kadar gidebildiği şekil 52b 'den kolaylıkla anlaşılmaktadır. Ama artık nominal gerilimde motorun nominal devrine ulaşamaz. Bu, ilave dirençler kısa devre yapıldığında ilk o zaman vuku bulan düşüştür. Motorun tüm devir sayısı ayar alanından istifade edebilmek için gerilim ayar alanı ve rotor dirençleri birbirinin ardısına ayar edilmelidir. Böyle yapılmasının nedeni; stator nominal geriliminde, nominal moment ve ilave dirençler devrede iken ulaşılabilen devir sayısı, rotor devresi kısa devre, nominal gerilimi azaltılmış dolayısıyla moment düşük iken ayarlanan devir sayısından biraz daha büyük olmasıdır. Bu seb

le transformatörün nominal değerlerinin belirlenmesinde yalnız tahrik gücü rol oynamaz. Bunda özellikle gerilim ayar alanının da bir rolü vardır. Asenkron makinanın statoruna verilen alternatif gerilim, şekil 54a ' da görüldüğü gibi sabit U_{pD} kısmı ile faz içinde salınabilen U_{sD} kısmından oluşur. Bu büyüklüklerin toplanması yahut çıkartılmasıyla U_{1max} ve U_{1min} sınır değerleri elde edilir. Bunlar verilen U şebeke geriliminde ve "x" gerilim ayar alanı için

$$U_{1max} = \frac{200 \cdot U}{(200 - x)} \quad (I28)$$

$$U_{1min} = \frac{U \cdot (200 - 2x)}{(200 - x)} \quad (I29)$$

ifadeleri ile hesaplanırlar. Burdaki "x" şu şekilde belirlenir:

$$x = \left(1 - \frac{U_{1min}}{U_{1max}}\right) \cdot 100 \quad (I30)$$

Şayet asenkron motorun stator gerilimi serbestçe seçilebilirse bu takdirde döner transformatörü boyutlandırmak üzere şu bağıntılar elde edilir:

Ana sargı gerilim ve akımı:

$$U_{pD} = \frac{U}{\sqrt{3}} \quad (I31)$$

$$I_{pD} = \frac{\sqrt{3}}{600} \frac{P_1 \cdot x}{U} \quad (I32)$$

Değişebilir sargının gerilim ve akımı:

$$U_{sD} = \frac{U \cdot x}{\sqrt{3} \cdot (200 - x)} \quad (I33)$$

$$I_{sD} = \frac{P_1 \cdot (200 - x)}{346 \cdot U} \quad (I34)$$

Tip gücü:

$$P_D = \frac{x}{200} P_1 \quad (I35)$$

Buna karşın şebeke geriliminin dışında motorun stator gerilimi tesbit edilirse bu durumda şebeke gerilimini motor için gerekli değere düşüren bir ön transformatör gereklidir (şekil 54b).

P_1 : motor gücü, U_1 : stator gerilimi, U : şebeke gerilimi olmak üzere dö-

ner transformator ve ön transformatörün karakteristik değerleri şöyle hesap edilir:

Döner transformator:

$$\text{Primer gerilimi: } U_{pD} = \frac{(200-x) \cdot U_1}{346} \quad (I36)$$

$$\text{Primer akımı: } I_{pD} = \frac{P_1 \cdot x}{\sqrt{3} \cdot U_1 \cdot (200-x)} \quad (I37)$$

$$\text{Sekonder gerilimi: } U_{sD} = \frac{U_1 \cdot x}{346} \quad (I38)$$

$$\text{Sekonder akımı: } I_{sD} = I_1 = \frac{P_1}{\sqrt{3} \cdot U_1} \quad (I39)$$

$$\text{Tip gücü: } P_D = \frac{x}{200} \cdot P_1 \quad (I40)$$

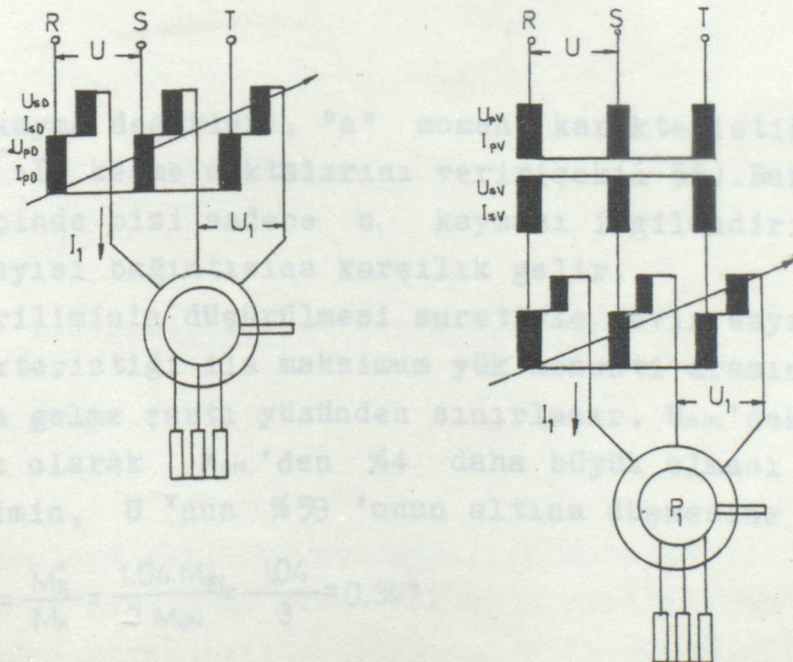
Ön transformator:

$$\text{Sekonder gerilimi: } U_{sV} = \frac{(200-x) \cdot U_1}{346} = U_{pD} \quad (I41)$$

$$\text{Sekonder akımı: } I_{sV} = \frac{200 \cdot P_1}{\sqrt{3} \cdot U_1 \cdot (200-x)} \quad (I42)$$

$$\text{Tip gücü: } P_V = P_1 \quad (I43)$$

$$\text{Primer akımı: } I_{pV} = \frac{P_1}{\sqrt{3} \cdot U} \quad (I44)$$



Şekil 54: Asenkron motorda döner transformatorle devir sayısı ayarı

Rotor devresindeki ilave dirençlerin ve stator gerilimi ayar alanının birbiri ardısına nasıl ayarlanabildiğini bir örnekle açıklayalım.

Bir motorun primer gücü 100kW, senkron devir sayısı 1500d/dk, devrilme momentide $s_k = 0,3$ 'lük bir kaymada meydana geldiği ve bu devrilme momentin nominal momentin üç(3) katı olsun. Nominal moment

$$M_{dN} = \frac{975 \cdot P_1}{n_1} = \frac{975 \cdot 100}{1500} = 65 \text{ kgm} \quad (\text{I45})$$

olarak hesaplanır. Bu sayılar şekil 55 'deki "a" eğri ile gösterilmiştir. Bir motorun devrilme momenti ve devrilme kayması biliniyorsa o zaman her hangi bir yük momentindeki ayarlı kayma, şu

$$\frac{M}{M_k} = \frac{2}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s}} \quad (\text{I46})$$

bağıntı sayesinde hesaplanır. Mevcud değerler için bu bağıntı şöyle olur

$$\frac{M_{dN}}{M_k} = \frac{1}{3} = \frac{2}{\frac{s}{0,3} + \frac{0,3}{s}} \quad (\text{I47})$$

Bu ifadenin düzenlenmesiyle ikinci dereceden bir eşitlik elde edilir.

$$s^2 - 1,8s + 0,09 = 0 \quad (\text{I48})$$

Burda kökler çözümlerse

$$s_1 = 0,05$$

$$s_2 = 1,75$$

bulunur. Bu kayma değerleri, "a" moment karakteristiği ile nominal momentin ($M/M_{dN} = I$) kesme noktalarını verir (şekil 55). Burada stabil işletim sınırları içinde bizi sadece s_1 kayması ilgilendirir. Bu kayma $n_2 = 0,9$ lik devir sayısı bağıntısına karşılık gelir.

Şebeke geriliminin düşürülmesi suretiyle devir sayısı alçaltılması, moment karakteristiği ile maksimum yük momentini arasında bir kesişme noktası meydana gelme şartı yüzünden sınırlanır. U_{min} 'deki devrilme momentinin örnek olarak M_{dN} 'den %4 daha büyük olması gerekirse bu takdirde gerilimin, U 'nun %59 'unun altına düşmesine izin verilmez. Çünkü

$$\left(\frac{U_{min}}{U} \right)^2 = \frac{M_k^*}{M_k} = \frac{1,04 M_{dN}}{3 M_{dN}} = \frac{1,04}{3} = 0,347 \quad (\text{I49})$$

$$\frac{U_{min}}{U} = 0,59$$

dir. Bu durumda söz konusu olan moment değişimi şekil 55 'de "b" eğri-
siyle gösterilmiştir. Burdan hareketle nominal momentde ayarlı olan "s"
kayması (I46) istifade edilerek yeniden hesaplanabilir.

$$\frac{M_{dN}}{M_K} = \frac{1}{1,04} = \frac{2}{\frac{s^x}{0,3} \frac{0,3}{s^x}} \quad (I51)$$

Burdan

$$s_1^x = 0,237$$

$$s_2^x = 0,365$$

değerleri bulunur. İki değerden yalnız s_1^x örneğimizle ilgilidir. Görül-
düğü gibi, devir sayısı bu şekilde yaklaşık %20 civarında ayarlanabili
Eğer karakteristik eğri, ilave rotor dirençleriyle uzatılırsa bu takdir-
de en büyük ayar alanı beklenilebilir. Ama eğrilerin eğiminin, nominal
gerilimde s_1^x kaymasının ulaşabileceği o büyük değerini almasına mü-
saade edilir (şekil 55 'deki "c" eğrisi).

Bunun için gerekli olan ön bağlantı direncinin belirlenmesinde yeni
 s_K^o devrilme kaymasının hesaplanması gereklidir. Bu kayma, eğer $M/M_K = I$
ve $s = s_1^x$ için (I46) eşitliğinden hesaplanırsa

$$s_K^o = 1,38$$

elde edilir. Bir asenkron motora ilişkin devrilme kaymasının rotor dev-
resindeki dirençle direkt orantılı olması için (23) eşitliği), şu eşit-
lik ele alınabilir:

$$\frac{s_K}{s_K^o} = \frac{R_2}{R_2 + R_Z} \quad (I52)$$

Bu ifadeden R_Z çekilirse

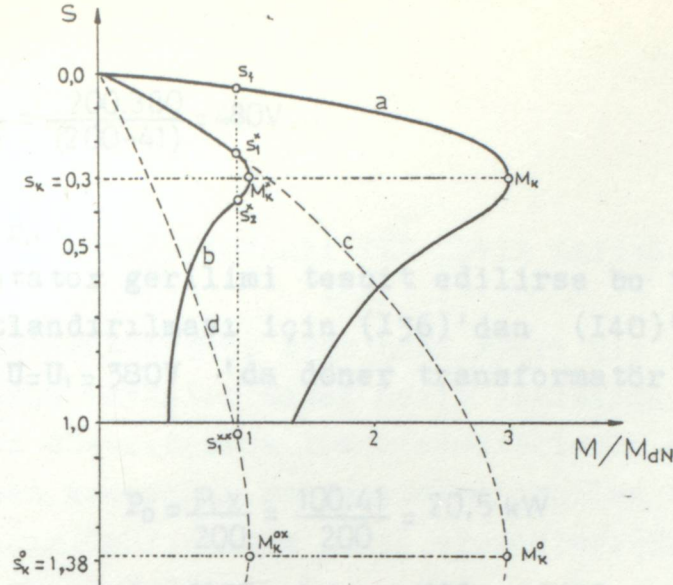
$$R_Z = R_2 \left(\frac{s_K}{s_K^o} - 1 \right) \quad (I53)$$

bulunur. Ele aldığımız örnek için uygularsak

$$R_Z = R_2 \left(\frac{1,38}{0,3} - 1 \right) = 3,6 \cdot R_2 \quad (I54)$$

elde ederiz.

Motorun besleme gerilimi, devredeki ön dirençlerde kısadevre edilmiş
rotorda olduğu gibi aynı yüzde miktarda azaltılırsa bu takdirde "d"
eğrisine uygun karakteristik meydana gelir. Çünkü (I46) eşitliğine göre
 $M_{dN}/M_K = I/1,04$ ve $s_K^o = 1,38$ için stabil karakteristik alanı içerisi



Şekil 55: Rotor devresindeki ön dirençlerin vedöner transformatör gerilim ayar alanının belirlenmesi için döndürme momenti karakteristikleri

de bulunan kayma elde edilir. Yük-nominal moment doğrusu üzerinde üzerinde üzerinde bu kayma $s_1^x = 1,035$ 'dir. Böylece nominal momente kadar bir yüklemeye için n_1 'in %0 ile %95 'i arasındaki her devir sayısı elde edilebilir. Bu sebeple $0,95.n_1$ (bu $s_1 = 0,05$ 'e tekabül ediyor) ile $0,763.n_1$ (bu $s_1^x = 0,237$ 'ye tekabül ediyor) arasında ilave dirençsiz ve $0,763.n_1$ 'de sıfır devir sayısına kadar ilave dirençle gidilir. Her iki durumda gerilim ayarı için kullanılan döner transformatör %4I 'lik aynı gerilim ayar alanı için boyutlandırılabilir((I50) eşitliğinde görülüyor).

Asenkron motorun stator gerilimi edilmediyse, o zaman bulunmuş olan %4I 'lik gerilim ayar alanında ve 380V 'luk bir şebeke geriliminde döner transformatör için şu değerler bulunur:

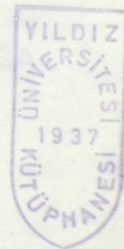
Tip gücü: $P_D = \frac{P_1 \cdot x}{200} = \frac{100 \cdot 41}{200} = 20,5 \text{ kW}$

Primer gerilimi: $U_{pD} = \frac{U}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ V}$

Primer akımı: $I_{pD} = \frac{\sqrt{3}}{600} \cdot \frac{P_1 \cdot x}{U} = \frac{\sqrt{3}}{600} \cdot \frac{100 \cdot 41}{380} = 31 \text{ A}$

Sekonder gerilimi: $U_{sD} = \frac{U \cdot x}{\sqrt{3} \cdot (200 - x)} = \frac{380 \cdot 41}{\sqrt{3} \cdot (200 - x)} = 56,6 \text{ V}$

Sekonder akımı: $I_{sD} = \frac{P_1 \cdot (200 - x)}{346 \cdot U} = \frac{100 \cdot (200 - 41)}{346 \cdot 380} = 121 \text{ A}$



Buna göre (I28) ifadesinden istifadeyle stator geriliminin

$$U_1 = \frac{200 \cdot U}{(200-x)} = \frac{200 \cdot 380}{(200-41)} = 480V$$

olması gereklidir.

Buna mukabil, stator gerilimi tesbit edilirse bu takdirde döner transformatörün boyutlandırılması için (I36)'dan (I40)'a kadar olan eşitlikler geçerlidir. $U=U_1=380V$ 'da döner transformatör için şu değerler bulunur:

$$\text{Tip gücü: } P_D = \frac{R \cdot x}{200} = \frac{100 \cdot 41}{200} = 20,5 \text{ kW}$$

$$\text{Primer gerilimi: } U_{pD} = \frac{(200-x) U_1}{346} = \frac{(200-41) 380}{346} = 175V$$

$$\text{Primer akımı: } I_{pD} = \frac{R \cdot x}{\sqrt{3} \cdot U_1 (200-x)} = \frac{100 \cdot 41}{\sqrt{3} \cdot 380 (200-41)} = 39,2 \text{ A}$$

$$\text{Sekonder gerilimi: } U_{sD} = \frac{U_1 \cdot x}{346} = \frac{380 \cdot 41}{346} = 45V$$

$$\text{Sekonder akımı: } I_{sD} = \frac{P_1}{\sqrt{3} \cdot U_1} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 380} = 152A$$

U_{pD} gerilimi U 'dan farklı olduğu için bir ön transformatör gereklidir. Ön transformatör değerleride şu şekildedir:

$$\text{Tip gücü: } P_V = P_1 = 100 \text{ kW}$$

$$\text{Primer gerilimi: } U_{pV} = \frac{U}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220V$$

$$\text{Primer akımı: } I_{pV} = \frac{P_1}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 380} = 152A$$

$$\text{Sekonder gerilimi: } U_{sV} = U_{pD} = 175V$$

$$\text{Sekonder akımı: } I_{sV} = \frac{200 \cdot P_1}{\sqrt{3} \cdot U_1 (200-x)} = \frac{200 \cdot 100}{\sqrt{3} \cdot 380 (200-41)} = 192A$$

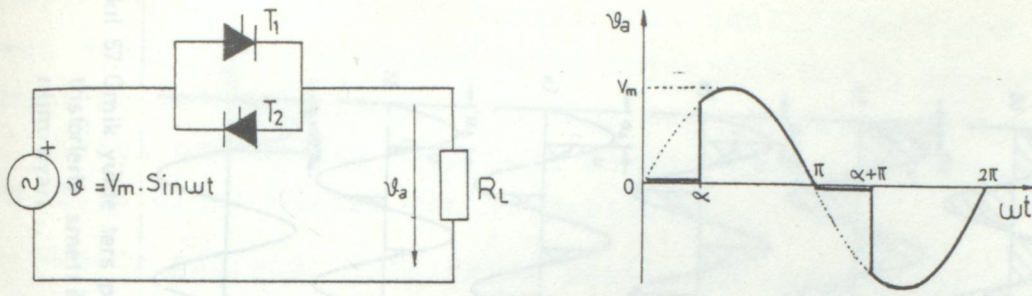
2.3.2. ALTERNATİF AKIM KIYICILARI İLE DEVİR SAYISI AYARI

Bir döner transformatörünün ayar hızı, ayarı bir ayar motoru tarafında yapılıyorsa oldukça yavaştır. Ancak devir sayısının kabaca ayarlandığı yerler için uygun düşer. Ayrıca transformatörlerle devir sayısı ayarında ayar kayıpları söz konusudur. Bu amaçla kullanılan transformatörlerin bakımında yapılmalıdır. Ömür, statik devre elemanları (Tristör, transistör, di-yot vs.) kadar uzun değildir. Bundan başka devir sayısı ayar alanında tam men kullanılamıyordu. Bu ayar sisteminin özel isteklere cevap vermesinin pek mümkün olmadığını hatırlatarak yarı iletken devre elemanların kullanıldığı kıyıcılarla devir sayısı ayarına geçelim. Bu ayar metodunda kayıplar yok denecek kadar azdır. Kademesiz devir sayısı ayarı gerçekleştirilebilir. Bakım gerektirmez ve ayar sisteminin ömrü sonsuz gibi çok uzundur. A.C. kıyıcı döner transformatörün yerine montaj edilerek kullanılır.

2.3.2.1. ALTERNATİF AKIM KIYICILARI

Alternatif akım kıyıcısını, alternatif bir gerilimi kontrol edilebilir bir alternatif gerilime dönüştüren devrelerdir. Dönüştürme olayı esnasında frekans sabit kalır. Kıyıcılarda anahtar eleman olarak genellikle tristörler kullanılır. Kıyıcılar, omik, endüktif, omik-endüktif ve gerilim kaynağı yük tiplerini besleyebilirler. Şimdi anahtar eleman olarak tristörlerin kullanıldığı tek fazlı bir alternatif akım kıyıcısını ele alalım. Gerilim ayarının nasıl yapıldığına bakalım. Bu montaj şekil 56 'da görülmektedir. Şekil 56b 'den görüldüğü gibi bu tristörlü kıyıcıda gerilim dalgası her iki yarı periyodundan kesilmiştir. Ters paralel bağlı tristörlerden oluşan bu kıyıcıda tristörlerden birisi α açısıyla pozitif yarı periyodu, diğeri ise gene aynı α açısıyla negatif yarı periyodu kesmektedir. Omik yük uçlarındaki bu gerilimin dalga şeklinden de rahatlıkla anlaşılacağı gibi bu gerilimin ortalama değeri sıfırdır. Fakat efektif değeri mevcuttur. O zaman bu kıyıcıyı efektif değeri ayarlanabilen bir gerilim kaynağı gibi düşünmek mümkündür. Gerilimin efektif değeri aşağıda şekilde hesap edilir.

$$V_{aEF} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} V_m^2 \sin^2 \omega t d(\omega t)}$$



Şekil 56: Omik bir yükü besleyen A.C. kıyıcısı

a) Montaj şeması

b) Yük uçlarındaki gerilimin dalga şekli

İfadeyi integre edilip düzenlenirse

$$V_{aEF} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}} \quad (I55)$$

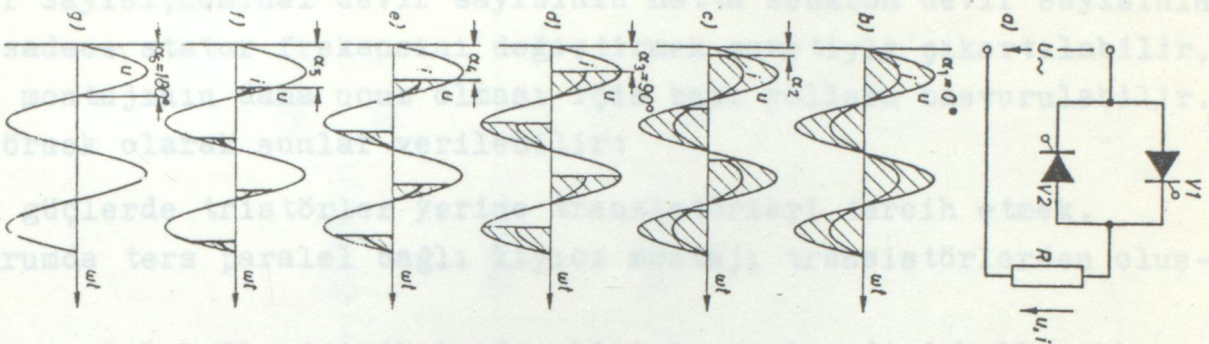
bulunur. Böylece bu ifade ile yük uçlarındaki gerilimin α tetikleme açısına bağımlılığı da belirlenmiş oluyor.

Asenkron motorun statoruna bağlanan ve bu şekilde görev gören üç fazlı kıyıcı devresiyle gerilim bir transformatör gibi ayarlanarak devir sayısı ayar edilmektedir.

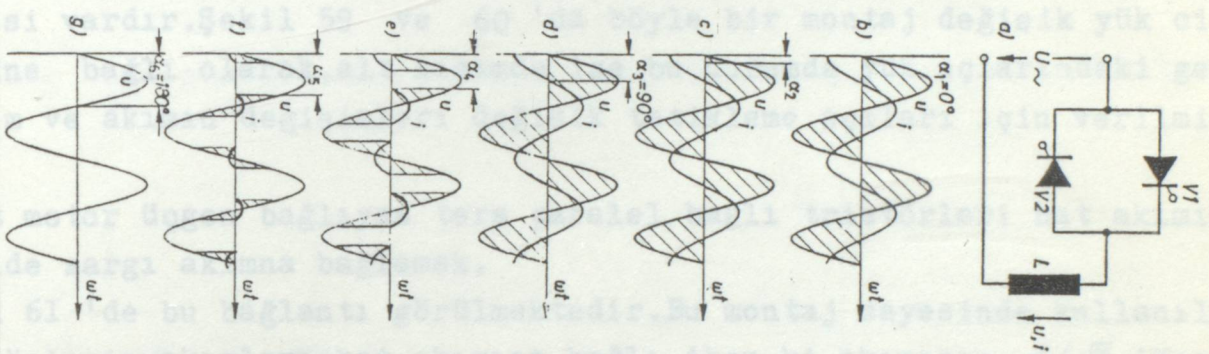
Şekildeki devrede yük olarak kolaylık olması açısından omik yük seçilmiştir. Yük, bunun dışında endüktif olabileceği gibi her zaman geçerli olan omik-endüktif olabilir. Yükün omik olmaması durumunda akım ile gerilim arasında bir faz farkı söz konusudur. Bu durum tristörlerin çalıştığı sistemde etki edecektir. Bu nedenle tetikleme açısı buna göre ayar edilir. Omik yükte tetikleme açısı $0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ arasında değiştirilebilir. Yükün omik olmaması durumunda ise tetikleme açısı (buna gecikme açısı da denilmektedir) minimum değeri, güç faktörü açısına eşit olabilir ($\alpha_{min} = \varphi$).

Bu değerin altına o sırada tristörlerden diğeri iletimde olduğu için geçilemez. Buna göre tetikleme açısının omik-endüktif yükte ayarlanabileceği sınırlar, φ faz kayma açısı olmak üzere, $\varphi \leq \alpha \leq 180^\circ$ dir. 180° üst sınır tamamen kullanılamaz. Çünkü komütasyon süresi ve tristörlerin serbest kalma zamanı kadar bir zaman payı bırakılmalıdır.

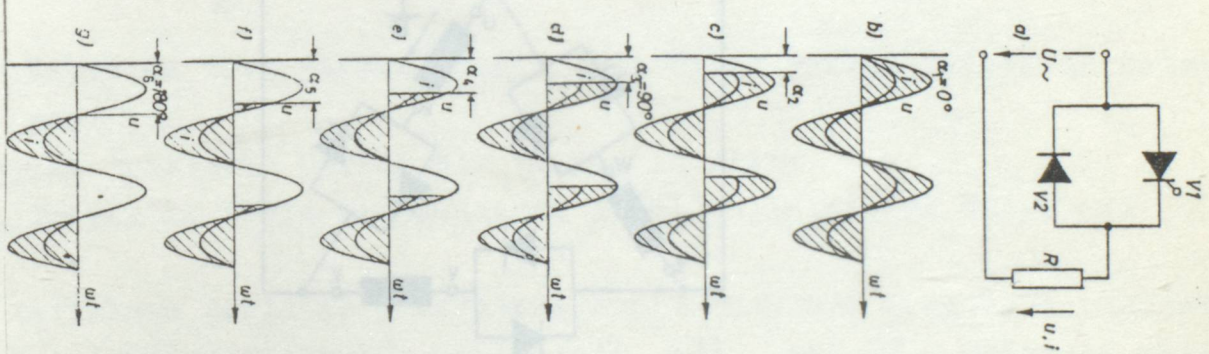
Kıyıcılarla gerilimin efektif değeri, tam sinüs dalgası durumundaki gerilim efektif değeri ile sıfır değerine kadar ayarlanabilir. Ayarın devirde tek yönlü olduğu kolaylıkla anlaşılacaktır. Devir sayısı, bu yönünde nominal devir sayısının altına sadece düşürülebilir, nominal devir sayısının üzerine çıkarılamaz. Zaten stator gerilimini değiştirmek sure-



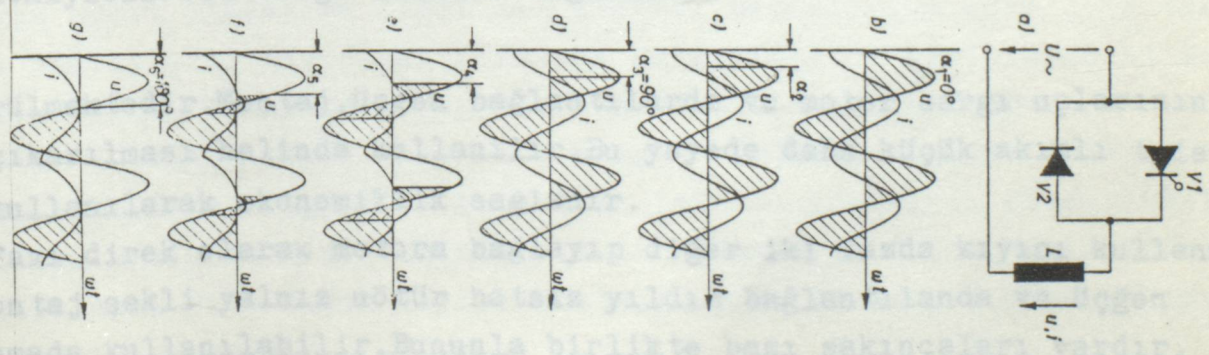
Şekil 57: Omik yükte ters paralel triistörlerle smetrik gerilim ayarı



Şekil 58: Endüktif yükte ters paralel triistörlerle smetrik gerilim ayarı



Şekil 59: Omik yükte ters paralel bir diod bir triistörle smetrik olmayan gerilim ayarı



Şekil 60: Endüktif yükte ters paralel bir diod bir triistörle smetrik olmayan gerilim ayarı

Bu tür bağlantının şeması aşağıda görülmektedir.

tiyle yapılan devir sayısı ayarının özelliğide budur. Bir asenkron motorun devir sayısı, nominal devir sayısının hatta senkron devir sayısının üzerine sadece stator frekansını değiştirmek suretiyle çıkartılabilir.

Kıyıcı montajının daha ucuz olması için bazı yollara başvurulabilir. Bunlara örnek olarak şunlar verilebilir:

-Küçük güçlerde tristörler yerine transistörleri tercih etmek.

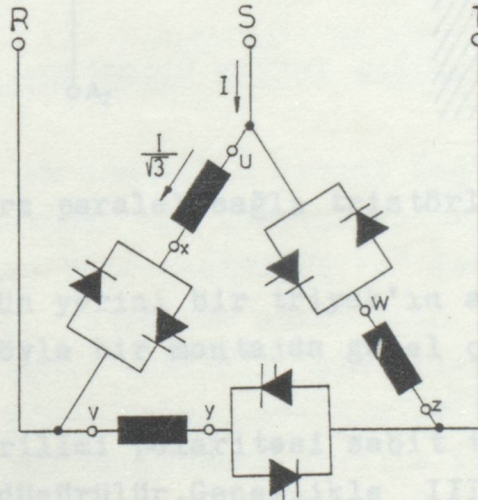
Bu durumda ters paralel bağlı kıyıcı montajı transistörlerden oluşturulur.

-Ters paralel bağlı tristörlerden birinin yerine diod kullanmak.

Bu şekilde bir montajın harmoniklerin artmasına neden olma olumsuz etkisi vardır. Şekil 59 ve 60 'da böyle bir montaj değişik yük cinslerine bağlı olarak, alt kısımda ise bu durumda yük uçlarındaki gerilim ve akımın değişimleri değişik tetikleme açıları için verilmiştir.

-Şayet motor üçgen bağlıysa ters paralel bağlı tristörleri hat akımına değilde sargı akımına bağlamak.

Şekil 6I 'de bu bağlantı görülmektedir. Bu montaj sayesinde kullanılan tristörlerin akımları, hat akımına bağlı iken ki akımının $I/\sqrt{3}$ 'üne

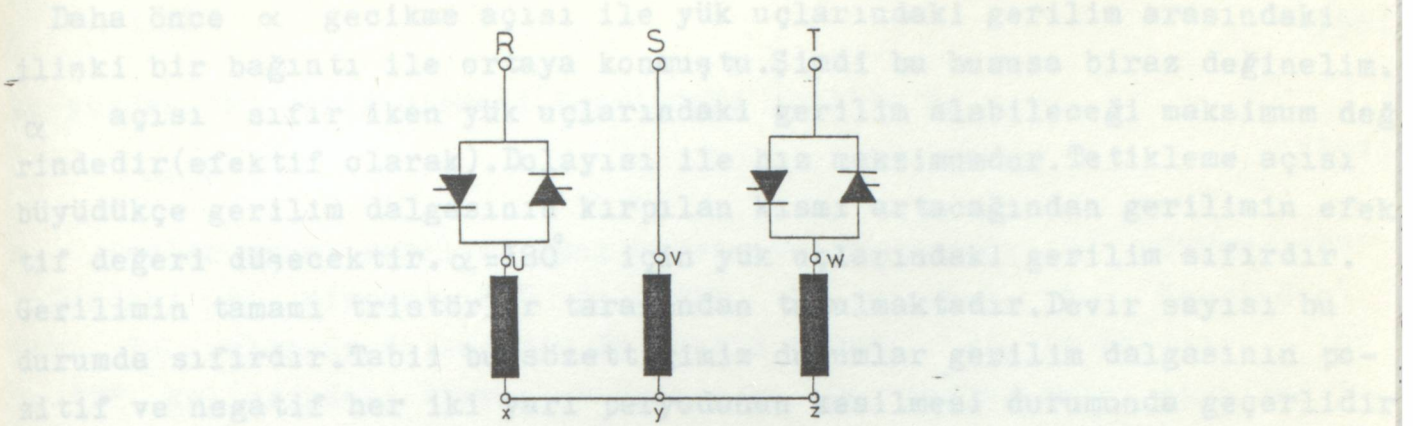


Şekil 6I: Kıyıcıların sargı akımına bağlanması

düşürülmektedir. Montaj, üçgen bağlantılarda ve motor sargı uçlarının kısa çıkarılması halinde kullanılır. Bu yayede daha küçük akımlı tristörler kullanılarak ekonomiklik sağlanır.

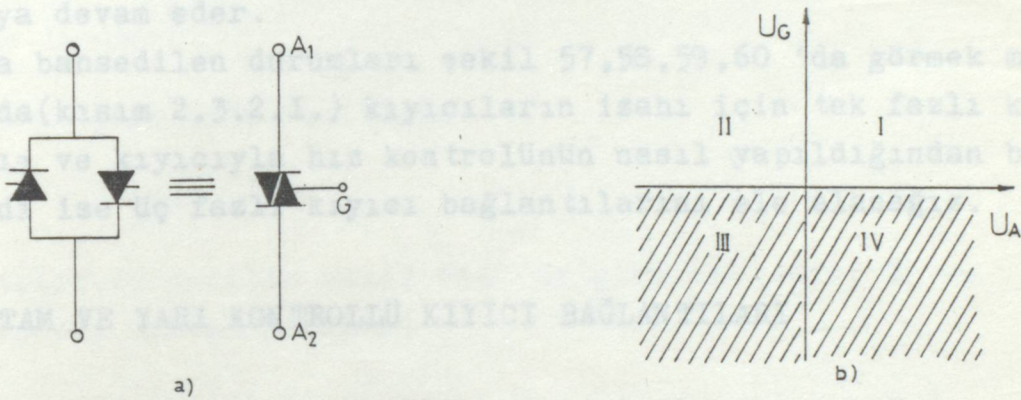
-Bir fazı direk olarak motora bağlayıp diğer iki fazda kıyıcı kullanmak. Bu montaj şekli yalnız nötr hatsız yıldız bağlantılarda ve üçgen bağlamada kullanılabilir. Bununla birlikte bazı sakıncaları vardır.

Bu tür bağlantının şeması aşağıda görülmektedir.



Şekil 62:Fazlardan yalnız ikisinde kıyıcı kullanılması durumu

-Kıyıcıda ters paralel bağlı iki tristör yerine bir triyak'ın kullanılması.



Şekil 63:Kıyıcıda ters paralel bağlı tristörler yerine triyak'ın kullanılması

a) İki tristörün yerini bir triyak'ın alışı

b) Triyak'ın böyle bir montajda genel çalıştırılma bölgeleri

" U_G " tetikleme gerilimi polaritesi sabit tutulmak suretiyle çalışma bölgeleri yarıya düşürülür. Genellikle III. ve IV. bölgeler çalışma bölgeleri olarak seçilir. Bu tip bir montajın, kontrol devresinin oldukça basit olması ve diğer hız kontrol metodlarına göre daha ekonomik olması gibi faydaları olmasına karşın; stator gerilimindeki azalmaya bağlı olarak motor maksimum momentinin düşmesi, düşük hızlarda motor akımının büyük değerlere ulaşması, yüksek akımdan dolayı bakır kayıplarının artması ve bu yüzden işletme veriminin düşmesi, motorun düşük hızlarda f zla ısınması, akım ve gerilim dalga şekillerinin çok bozulması gibi diğer kıyıcı montajlarında da mevcut olan sakıncalı tarafları vardır.

Daha önce α gecikme açısı ile yük uçlarındaki gerilim arasındaki ilişki bir bağıntı ile ortaya konmuştu. Şimdi bu hususa biraz değinelim. α açısı sıfır iken yük uçlarındaki gerilim alabileceği maksimum değindedir (efektif olarak). Dolayısı ile hız maksimumdur. Tetikleme açısı büyüdükçe gerilim dalgasının kırılan kısmı artacağından gerilimin efektif değeri düşecektir. $\alpha = 180^\circ$ için yük uçlarındaki gerilim sıfırdır. Gerilimin tamamı tristörler tarafından tutulmaktadır. Devir sayısı bu durumda sıfırdır. Tabii bu sözettiğimiz durumlar gerilim dalgasının pozitif ve negatif her iki yarı periyodunun kesilmesi durumunda geçerlidir. Tristöre ters paralel olarak bir diod bağlanması durumunda ise $\alpha = 180^\circ$ 'de yük uçlarında dioddan dolayı tek polariteli olan bir gerilim (D.C. gerilim) gözükür.

Yükün tam endüktif olması durumunda ($\varphi = 90^\circ$), α tetikleme açısı 90° 'nin altına düşürülemez. Zaten düşürülse bile bunun bir etkisi olmaz, akım gene akmaya devam eder.

Yukarıda bahsedilen durumları şekil 57, 58, 59, 60 'da görmek mümkündür.

Bukısımda (kısım 2.3.2.I.) kıyıcıların izahı için tek fazlı kıyıcılar ele alınmış ve kıyıcıyla hız kontrolünün nasıl yapıldığından bahsedilmisti. Şimdi ise üç fazlı kıyıcı bağlantılarını ele alacağız.

2.3.2.2. TAM VE YARI KONTROLLÜ KIYICI BAĞLANTILARI

Şekil 64, üç fazlı tam kontrollü kıyıcı bağlantısını göstermektedir. Alternatif akım sisteminin her kolunda kontrol edilebilir iki yarı iletken eleman (Tristörler) bulunmaktadır ("a" şekli). Burda saf omik yük halinde belirli bir α tetikleme açısı için ωt 'ye bağlı olarak sinüs formulu gerilimlerin nasıl kesildiği ele alınmıştır.

U_{RS}, U_{ST}, U_{TR} fazlar arası şebeke gerilimleri, tristörler üzerindeki U_{12}, U_{34}, U_{56} gerilimleri yük üzerindeki gerilim ve akımlara bağlı olarak şekil 64a 'da gösterilmiştir. Burada $U'_{RS}, U'_{ST}, U'_{TR}$ gerilimleri fazlar arası yük gerilimleridir. Bağlantıda yükün nötr noktası (M_p) şebekenin yıldız noktasıyla (M_p) birleştirilmez. Tristörler ideal yarı iletken eleman olarak kabul edilir. Yani ilitimde iken dirençlerinin sıfır olduğu varsayılır. "R" kolunun gerilimleri, bu koldaki "R" yükü gerilimi (U'_R), R, S kolları arasındaki fazlar arası yük gerilimi (U_{RS}) ve V_1 ile V_2 tristörleri üzerindeki gerilimden (U_{12}) meydana gelir. Şekil 65b' de U_R, U_S, U_T faz gerilimleri kesik çizgi ile gösterilmişlerdir.

$0 < \omega t < \alpha$ için V_1, V_2 tristörlerini tıkayalım. "R" kolundan bir akım akmayacaktır.

$$i_R = 0 \quad (I56)$$

Bu yüzden "R" omik direnci üzerindeki gerilim de

$$U_R = 0 \quad (I57)$$

U_{ST} fazlar arası gerilimi aynı zaman aralığı içinde V_5 yönünde, "T" kolundaki R direnci, "S" kolundaki R direnci V_4 üzerinden bir i_T akımını dolaştırır. Bu akımın değeri $-i_S$ 'e eşittir. "S" ve "T" kollarındaki dirençler üzerinde U_{ST} fazlar arası gerilimi ikiye bölünür.

$$U_{ST} = -U_T + U_S \quad (I58)$$

burda $U_T = -U_S$ dır. "R" ve "S" kolları arasındaki fazlar arası gerilimin yük tarafındaki uygunluğu şöyledir:

$$U_{RS} = -U_S + U_R$$

$U_R = 0$ dır. Buna göre (I58) eşitliği

$$U_{RS} = -U_S = -\frac{1}{2} U_{ST} \quad (I59)$$

olarak yazılır. Bu gerilim şekil 64d' de görülmektedir. V_1 ve V_2 tristleri üzerindeki tıkama gerilimi

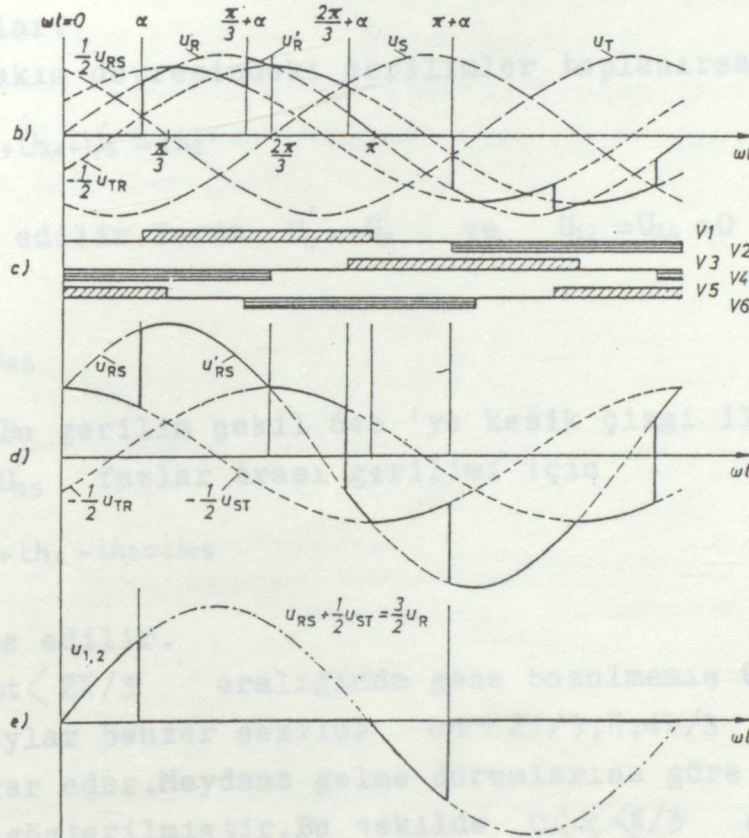
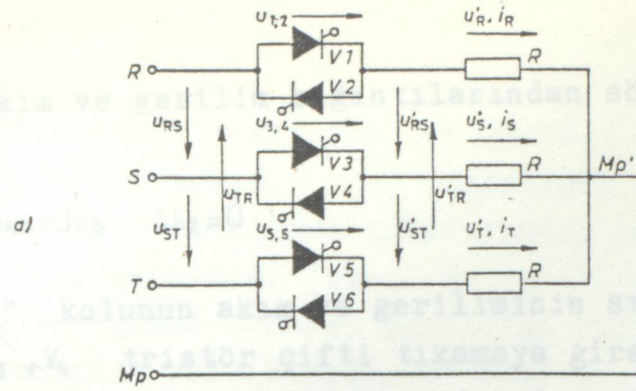
$$U_{1,2} = U_{RS} + U_{3,4} + U_S - U_R = U_{RS} + U_S \quad (I60)$$

biçiminde devre üzerinden yazılabilir. Burada $U_{3,4}$ ve U_R sifıra eşitler.

(I60) eşitliğinin sağ tarafı, şekil 64d'deki U_{RS} ve $1/2 \cdot U_{ST}$ 'nin toplamına denk sinüs formulu bir gerilim meydana getirir.

$$U_{1,2} = U_{RS} + \frac{1}{2} U_{ST} = \frac{3}{2} U_R \quad (I61)$$

Bu gerilimin değişimi şekil 64d 'de görülmektedir.



Şekil 64: Tam kontrollü A.C. kıyıcı bağlantısı

a) Bağlantı şeması

b) $\alpha = 45^\circ$ 'de R yükü üzerindeki gerilim (U'_R)

c) Tetikleme darbeleri, darbe genişliği $\psi = 180 - \alpha$ ($\alpha = 45^\circ$)

d) $\alpha = 45^\circ$ 'de yük üzerindeki fazlar arası U_{RS} gerilimi

e) $\alpha = 45^\circ$ 'de $U_{1,2}$ yarı iletken eleman (tristör) gerilimi

$\omega t = \alpha$ 'da V_1 tristörü tetiklenir. Şekil 64c 'de tristörlerin tetikleme darbeleri gösterilmiştir. $\alpha < \omega t < \pi/3$ aralığında akım ve gerilimler normal bir üç fazlı A.C. sistemi teşkil etmektedir. Tetikleme açısının etkisi yoktur. Buradan, bozulmamış döner akım (üç fazlı A.C. sistemi) sis-

temindeki gibi akım ve gerilim bağıntılarından söz edilebilir. Bunlar şöyledir:

$$U_R = U_R \quad U_{RS} = U_{RS} \quad U_{12} = 0 \quad (I62)$$

$\omega t = \pi/3$ 'de "T" kolunun akım ve geriliminin sıfır olmalarından dolayı bu durumda V_5, V_6 tristör çifti tıkamaya girer. $\pi/3 < \omega t < (\pi/3 + \alpha)$ aralığında; U_{RS} gerilimi, pozitif bir $i_R = -i_S$ akımını V_1 , "R" ile "S" kollarındaki R ve V_4 üzerinden dolaştırır. Dirençler üzerinde U_R ve U_S gerilim düşümleri meydana gelir. Böylece V_1, V_4 tristörler iletimde olurlar.

Belirlenen akım devresindeki gerilimler toplanırsa

$$U_R = U_{RS} + U_{3,4} + U_S - U_{12}$$

esitliği elde edilir. Burda $U_S = -U_R$ ve $U_{12} = U_{3,4} = 0$ dir. Buna göre ifade

$$U_R = \frac{1}{2} \cdot U_{RS} \quad (I63)$$

şeklini alır. Bu gerilim şekil 64b 'ye kesik çizgi ile taşınmıştır. Yük üzerindeki U_{RS} fazlar arası gerilimi için

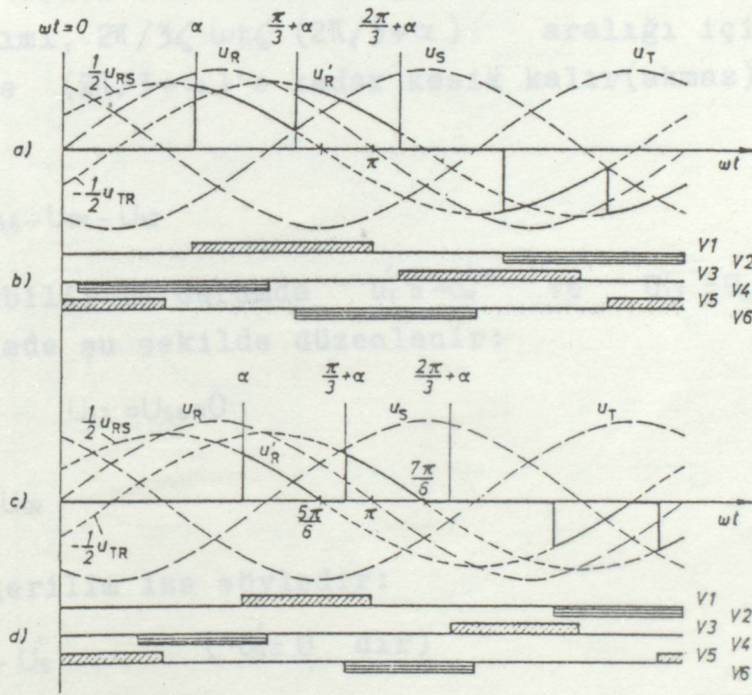
$$U_{RS} = U_{RS} + U_{3,4} - U_{12} = U_{RS} \quad (I64)$$

bağıntısı elde edilir.

$(\pi/3 + \alpha) < \omega t < 2\pi/3$ aralığında gene bozulmamış üç fazlı A.C. sistem mevcuttur. Olaylar benzer şekilde $\omega t = 2\pi/3, \pi, 4\pi/3$ ve $5\pi/3$ açılarında tekrar eder. Meydana gelme durumlarına göre yardımcı gerilimler şekil 64 'de gösterilmiştir. Bu şekilde $0 < \alpha < \pi/3$ arasındaki tetikleme açıları için yük üzerindeki gerilimler gösterildiği gibi yapılabilir. Bu gerilimler, yıldız gerilimleri ve fazlar arası gerilimlerin kısımlarında meydana gelirler (şekilden kolayca görülebilir). Tetikleme açısının $\pi/3$ den daha büyük olması durumunda bozulmamış üç fazlı A.C. sistemine artı ulaşılabilir. O zaman gerilimler fazlar arası gerilim kısımlarından meydana gelirler. Bu durum $\pi/3 < \alpha < 5\pi/6$ aralığı için (şekil 65 'deki "a" ve "b") şöyledir: α tetikleme açısının artırılmasına devam edilirse ($\pi/2 < \alpha < 5\pi/6$), bu takdirde U_R kol geriliminin yarı periyodu içinde boşluklar meydana gelir. Bu boşluklarda gerilim sıfırdır (şekil 65c 'de ve d 'de görülmektedir).

Şekil 65a 'dan d 'ye kadar olan şekillerin daha iyi anlaşılması için burada tetiklenmiş olan tristörün tıkama akımı uygulanınca söneceği hatırlanmalıdır. Böylece yalnız tetikleme darbesinin kaldırılması tristör

sönmesine yetmez.Örneğin şekel 65a ve b 'de V_1 tristörüne ait tetikleme darbesi $\pi < \omega t < (2\pi/3 + \alpha)$ aralığında mevcut değildir.Çünkü bu aralıkta $-I/2 \cdot U_{TR}$ gerilimi polaritesini muhafaza ettiği ve sıfırdan (ωt ekseninden)geçmediği için, V_1 ve V_6 tristörleri üzerindeki akım, $\omega t = \pi$ 'de tetikleme darbesi kesildiği halde akmaya devam etmektedir. Bu nedenle bu aralıkta akım boşluğu ve buna bağlı olarak direnç üzerinden U_R 'nün gerilim boşluğu meydana gelmez.Bir diğeri de şekil 65c ve d 'de gösterilen durumda mevcuttur. $(\pi/3 + \alpha) < \omega t < 7\pi/6$ aralığı için, $\omega t = \pi$ ile $\omega t = (2\pi/3 + \alpha)$ arasında da V_1 tristörünün tetikleme darbesi yoktur ve $-I/2 \cdot U_{TR}$ sürme gerilimi $\omega t = 7\pi/6$ 'ya kadar V_1 tristörünün akımını muhafaza ettirmektedir.Ama tetikleme açısı burada dahada büyütülürse en yakın tristör olan V_3 'ü gecikmeyle tetikler.Öyleki boşluklu işleme geçer.



Şekil 65: Tam kontrollü üç fazlı A.C. kıyıcısı

a) $\alpha = 75^\circ$ için R yükü üzerindeki U_R gerilimi

b) $\alpha = 75^\circ$ için tetikleme darbeleri

c) $\alpha = 105^\circ$ için R yükü üzerindeki U_R gerilimi

d) $\alpha = 105^\circ$ için tetikleme darbeleri

Özellikle akım doğrultucu bağlantısının yıldız noktası (M_p) şebekenin yıldız noktasıyla (M_p) bağlanabilirse basit akım ve gerilim bağıntıları

ortaya çıkar.0 zaman akım ve gerilim değişimi için 57 ve 58 'inci şekillerde daha evvel belirlenmiş olan bağlantılar geçerlidir.Çünkü her faz tek fazlı A.C. kıyıcısı davranışı gösterecektir.Bu bağlantı,yüklenebili bir yıldız noktası iletkeni çok nadiren bulunduğu için genel durumlarda kullanışlı değildir.

Biri kontrolsüz yarı iletken eleman(diod) diğeri kontrollü yarı iletken eleman(tristör) olmak üzere ters paralel bağlanmış kıyıcı montajı çok kullanılır.Şekil 66 bu bağlantıyı göstermektedir.

$0 \leq \omega t \leq \alpha$ aralığında (I56)'dan (I6I)'e kadar olan eşitlikler, $\alpha \leq \omega t \leq \pi/3$ aralığında (I62) eşitliği geçerlidir.Eğer $\omega t \geq \pi/3$ olursa tam kontrollü bağlantıdaki(şekil 64) gerilim şekli ile yarı kontrollü bağlantıdaki(şekil 66) gerilim şekli farklı olur.Kontrolsüz V_4 ve V_6 diodları,tetiklenmiş olan V_1 tristörüyle birlikte $\omega t = 2\pi/3$ anına kadar akım ve gerilimlerin teşkil ettiği sistemin üç fazlı A.C. sistemi (bozulmamış) teşkil etmelerini sağlarlar(I62).

"S" kolu akımı, $2\pi/3 \leq \omega t \leq (2\pi/3 + \alpha)$ aralığı için doğal olarak sıfırdan geçer ve $(2\pi/3 + \alpha)$ 'e kadar kesik kalır(akmaz).Bundan dolayı yük gerilimi için

$$U_R = U_T + U_{S6} - U_{TR} - U_{12}$$

ifadesi yazılabilir.Bu durumda $U_T = -U_R$ ve $U_{12} = U_{S6} = 0$ olduğu dikkate alınarak ifade şu şekilde düzenlenir:

$$U_T = U_R \quad U_{12} = U_{S6} = 0 \quad (I65)$$

$$U_R = -\frac{1}{2} U_{TR} \quad (I66)$$

Fazlar arası gerilim ise şöyledir:

$$U_{RS} = U_R - U_S \quad (U_S = 0 \text{ dir})$$

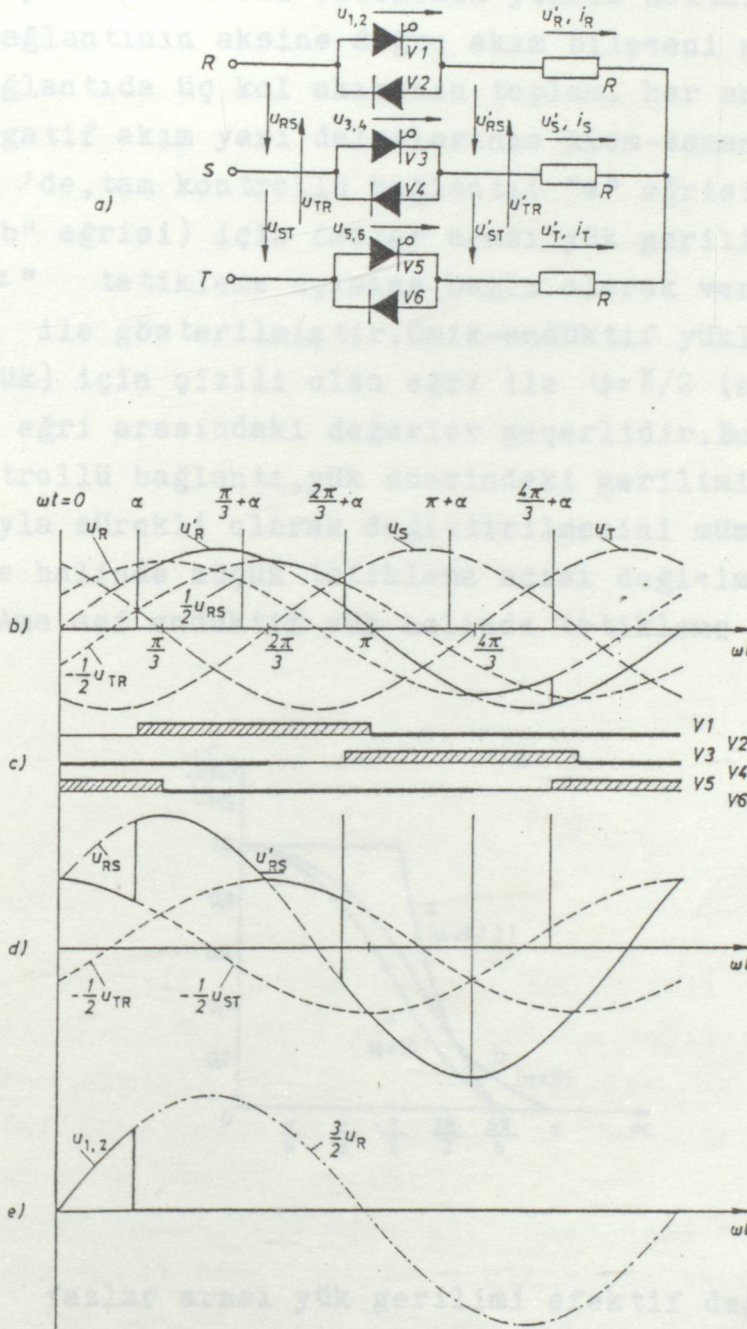
$$U_{RS} = -\frac{1}{2} U_{TR} \quad (I67)$$

Bunun eğrisel değişimi şekil 66'da gösterilmiştir. $\omega t = (2\pi/3 + \alpha)$ 'dan itibaren gerilim ve akımlar bozulmamış üç fazlı A.C. sistemini tekrar teşkil ederler. $4\pi/3 \leq \omega t \leq (4\pi/3 + \alpha)$ aralığında "T" kolundaki akım sıfırdır.Öyleki yük gerilimi için

$$U_R = \frac{1}{2} U_{RS} \quad (I68)$$

$$\dot{U}_{RS} = U_{RS}$$

bağıntıları ortaya çıkar. $(4\pi/3 + \alpha) \ll \omega t \ll 2\pi$ aralığında yine bozulmuş üç fazlı A.C. sistemi geçerlidir.

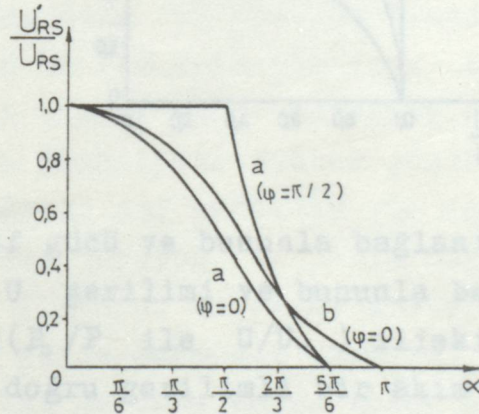


Şekil 66: Yarı kontrollü üç fazlı A.C. kıyıcı bağlantısı

- Bağlantı şekli
- $\alpha = 45^\circ$ 'de R yükü üzerindeki gerilim (\dot{U}_R)
- Tetikleme darbeleri
- Yük üzerindeki fazlar arası gerilim (\dot{U}_{RS})
- Yarı iletken eleman gerilimi ($U_{1,2}$)

Burada tek fazlı smetrik olmayan bağlantılar(42 ve 43 'üncü şekiller) bir kere daha hatırlanmalıdır.Zaman eksenine göre smetrik olmayan gerilim değişiminden dolayı büyüyen tetikleme açısıyla birlikte bir doğru akım bileşeni teskil olur.Üç fazlı bağlantıda(şekil 66b) da gerilim eğrisi "ut" zaman eksenine göre smetrik olmayan bir biçimde değişir. Fakat yükün yıldız noktası sebekenin yıldız noktasıyla birleştirilmezse tek fazlı bağlantının aksine doğru akım bileşeni meydana gelmez.Çünkü üç fazlı bağlantıda üç kol akımının toplamı her an için sıfırdır ve pozitif ve negatif akım yarı dalgalarının akam-zaman yüzeyleleri büyüktürle.

Şekil 67 'de,tam kontrollü bağlantı("a" eğrisi) ve yarı kontrollü bağlantı("b" eğrisi) için fazlar arası yük geriliminin kumanda karakteristiği " α " tetikleme açısına bağlı olarak verilmiştir.Güç faktörü açısı " φ " ile gösterilmiştir.Omik-endüktif yüklenme durumunda; $\varphi=0$ (saf omik yük) için çizili olan eğri ile $\varphi=\pi/2$ (saf endüktif yük) için çizili olan eğri arasındaki değerler geçerlidir.Bu şekilde,tam kontrollü ve yarı kontrollü bağlantı,yük üzerindeki gerilimi α tetikleme açısının ayarlanmasıyla sürekli olarak değiştirilmesini mümkün kılmış olurlar. Omik yüklenme halinde küçük tetikleme açısı değişimleri ile gerilime etkiledilebilir.Ama saf endüktif yük halinde tetikleme açısı $\alpha \gg 90^\circ$ olmalıdır

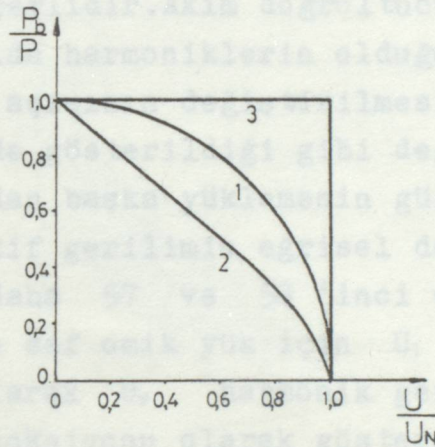


Şekil 67: U'_{RS} fazlar arası yük gerilimi efektif değeri ile U_{RS} şebeke fazlar arası gerilime oranının saf omik yük($\varphi=0^\circ$) ve saf endüktif yük($\varphi=90^\circ$) için α kesme açısına(tetikleme açısı) bağımlılığı

- a)Şekil 64a 'ya göre bağlantıda
b)Şekil 66a 'ya göre bağlantıda

2.3.2.3. REAKTİF GÜÇ BAĞINTILARI, HARMONİK GERİLİMLERİ VE HARMONİK AKIMI

Akım doğrultucu beslemeli bir doğru akım tahriği, kesme kumandasında A.C. şebekesi için değişken bir reaktif güç oluşturur. Bu şöyle açıklanabilir: akım, yalnız $\alpha=0^\circ$ 'lik bir kesme açısında (tetikleme açısında) şebeke gerilimiyle aynı fazdadır. Açılı büyütülürse akım o zaman daima gerilim karşısında kayar. Akım doğrultucu şebekeden reaktif güç çeker. Sabit doğru akım durumu için, P görünen gücünün P_b reaktif gücüne oranı ile U gerilimi arasındaki fonksiyonel değişim şekil 68 'de gösterilmiştir. Değişken U gerilimi, bağlantıda o anda mümkün olan maksimum U_N gerilimiyle orantılıdır. Doğru akım yükünü besleyen bir akım doğrultucu bağlantısı durumunda bir çeyrek daire meydana gelir (şekil 68 de "I" doğrusu).



Şekil 68: P_b reaktif gücü ve bununla bağlantılı P görünen gücü ile değişken U gerilimi ve bununla bağlantılı U_N gerilimi arasındaki (P_b/P ile U/U_N) ilişki

- 1 Değişken doğru gerilimli bir akım doğrultucuya bağlı bir doğru akım yükünün eğrisi
- 2 Kesme kumandasıyla (Kıyıcı kumandası) kumanda edilen bir A.C. sistemine bağlı saf omik bir yükün eğrisi
- 3 Kesme kumandasıyla kumanda edilen bir A.C. sistemine bağlı saf endüktif bir yükün eğrisi

Şekil 64, 65 ve 66 'da tanımlanan yük üzerindeki gerilimin faz kesme kumandasıyla değiştirildiği akım doğrultucu bağlantılarının her ikisinin yükün tam geriliminde iken belirli bir reaktif güç söz konusudur. Bu, yükün güç faktörüne bağlıdır ve sıfır ile %100 arasında her değeri alabilir. Eğer gerilim faz kesme kumandasıyla düşürülürse (sabit akımda ol-

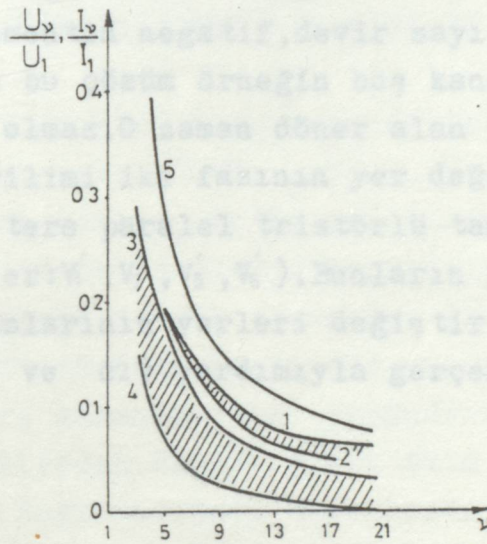
mak şartıyla) bu takdirde saf omik bir A.C. yükünün beslenmesi durumunda reaktif güç büyür. Ama bu artış, akım doğrultucu beslemeli doğru akım yükü durumundakinden daha küçükdür (şekil 68 'de 2 eğrisi). Buna karşın saf endüktif bir yük -Tristörlerin dışardan kumandasıyla bağımsız- şebeke için sabit reaktif bir yük oluşturur (şekil 68 'de 3 eğrisi).

Akım doğrultucu beslemeli doğru akım yükünün şebeke akımları sinüs formu değildir. Genellikle seçilen akım doğrultucu bağlantısına bağlı olan bu akımlar, doğru akımın kesilerek ayar yapılması yüzünden meydana gelirler. Temel harmoniğin frekansı besleme şebekesinin frekansına eşittir. Temel harmonik yanında şebeke akımının tek sayılı katı olan harmonikler meydana gelir. Altı darbeli akım doğrultucu bağlantılarının en küçük harmoniği şebeke frekansının 5 katıdır ve temel harmonik harmonik akımının yaklaşık %20 'si kadardır. Şekil 69 'da "I₁" harmonik akımlarını, "I₅" temel harmonik akımını göstermektedir. Burda "v" harmonik mertebesidir. Doğru akım yüklü akım doğrultucu bağlantılar için I₁ ve I₅ eğrileri geçerlidir. Akım doğrultucu beslemeli alternatif akım tahriğinin akımlarında harmoniklerin olduğunu gösterir. Yük üzerindeki gerilim, tetikleme açısının değiştirilmesiyle ayar durumunda 64, 65 ve 66 'ıncı şekillerde gösterildiği gibi değişir (belirli bir α tetikleme açısı için). Bundan başka yüklemenin güç faktörü, kesme kumandasıyla ayarlanan alternatif gerilimin eğrisel değişiminde etki eder. Bunun için burada birkez daha 57 ve 58 'inci şekiller hatırlanmalıdır. Şekil 69, saf endüktif ve saf omik yük için U₁ şebeke geriliminin temel harmoniğine bağlı olarak U_v harmonik gerilimleri oranı "v" harmonik mertebesinin fonksiyonu olarak göstermektedir (3 eğrisi saf omik yük için, 5 eğrisi saf endüktif yük içindir). I₁ şebeke akımının temel harmoniğinden türeyen I_v akım harmonikleri, saf omik yükte harmonik gerilimleri ile aynı değişimi gösterirler (3 eğrisi). Görüldüğü gibi saf endüktif yükte harmonik akımları önemli miktarda küçülmektedir (4 eğrisi). Her iki durumda, kesme kumandalı akım doğrultuculu A.C. bağlantılarında harmonik akımlarının şebekeye yaptıkları olumsuz etkile doğru akım yüklerinin akım doğrultuculu bağlantılarında harmonik akımlarının şebekeye yaptıkları olumsuz etkilerden daha azdır ve makul düzeydedir. Akım harmonikleri A.C. motorunda yüksek değerlikli ilave kayıplar yol açarlar. Motor üzerinde bulunan gerilim, kesme kumandası yüzünden döner alanada etkileyen harmoniklerle birlikte sorun teşkil eder. Harmoniklerin döner alana etkimesi harmonik döndürme momenti meydana getirmek suretiyle olur. O zaman örneğin V₁ harmonik gerilimi (I₂₀) eşitliğine göre hesaplanabilen bir devrilme momentine yol açar.

$$\frac{M_{k5}}{M_{kN}} \approx \frac{1}{5} \cdot \left(\frac{U_5}{U_1} \right)^2$$

(I69)

Kaçak endüktivite 5 kez daha büyüktür ve U_5/U_1 oranı için şekil 69 'dan istifade edildiğinde omik-endüktif yükleme durumunda yaklaşık 0,2 değeri ortaya çıkar. Buradan V. harmoniğin devrilme momenti için temel harmoniğin 0,008 katı olan devrilme momenti elde edilir. Buna göre harmonik döndürme momentlerinin etkisi çok küçüktür. Ancak düşük düzeyde yükleme ve düşük devir sayısında harmonik devrilme momentlerinin etkisi farkedilebilir.



Şekil 69:Uygun olmayan tetikleme açısında yük üzerindeki harmonik gerilimleri ve primer şebekedeki harmonik akımları

v:Harmonik mertebesi

- 1,2 Doğru akım yükünün akım doğrultucuyla beslenmesi durumunda şebeke harmonikleri
 - 3,4 Faz kesme kumandasıyla üç fazlı A.C. 'lı beslemede şebeke harmonikleri
 - 3,5 Faz kesme kumandasıyla üç fazlı A.C. 'lı beslemede yük üzerindeki harmonik gerilimleri
- 3 eğrisi saf omik yük, 4 ve 5 eğrileri saf endüktif yükler için geçerlidir.

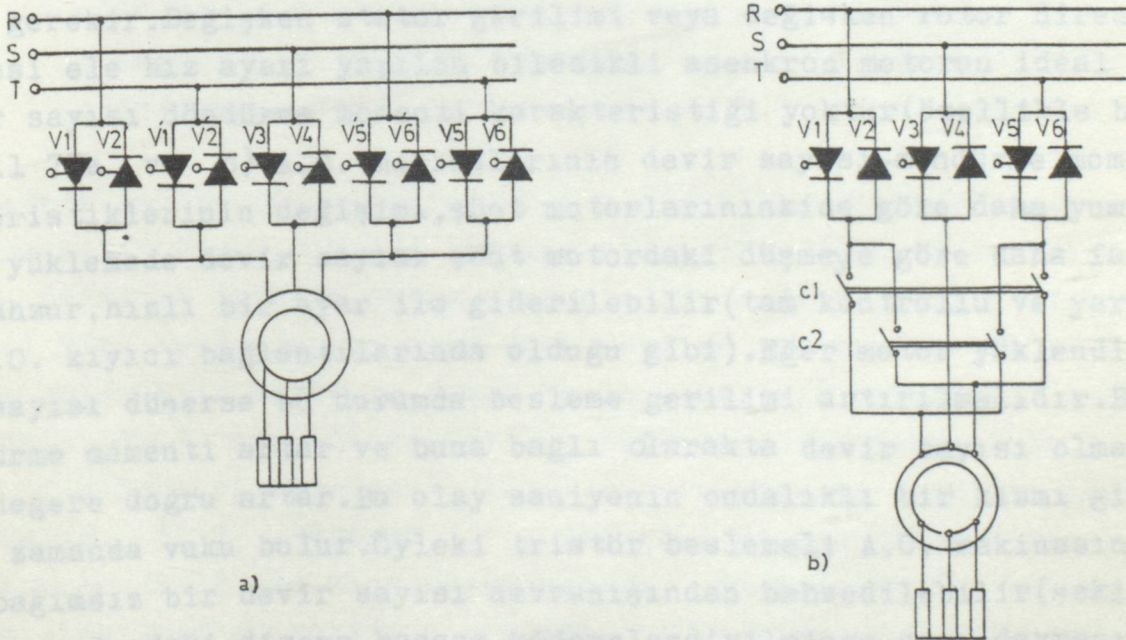
Şekil 70:Devir yavaşlığı yüzünden devir değiştirilmesi

a)Kontaklı olarak tripler üzerinden

b)Yarı kontrollü bağlantıda kontaktörler yardımıyla

2.3.2.4. FREN ÇALIŞMA VE DEVİR YÖNÜ DEĞİŞTİRİLMESİ

Tam kontrollü ve yarı kontrollü A.C. kıyıcı bağlantılarıyla (şekil 64 ve 66) bir alternatif akım tahriği, devir sayısı-döndürme momenti karakteristik alanının yalnız bir bölgesinde çalıştırılabilir. Burada istisna olarak kren ve kaldırma tahrikleri seçilsinler. Bu düzenlerde, tahrik düzenini motorun döner alanına karşı hızlandırmak için yükün her işletme durumunda kafi olabilir. Bu yüzden rotorun dönüş yönü motor çalışmadık döndürme yönüne terstir. Öyleki motorun kayması, nominal devir sayısı ile inişte $s=2$ 'ye yükselir. Motor çekilen yükü karşı akımla frenler. O zaman A.C. tahriği II. bölgede (dört bölgeli devir sayısı-döndürme momenti karakteristiğinde momentin negatif, devir sayısının ise pozitif olduğu bölgede) çalışır. Ama bu çözüm örneğin boş kancanın aşağı indirilmesi gerekiyorsa yararlı olmaz. O zaman döner alan yönünün değiştirilmesi gerekir. Bu besleme gerilimi iki fazının yer değiştirilmesi ile gerçekleşir. Şekil 70a, iki ilave ters paralel tristörlü tam elektronik çözümü gösteriyor (ilave tristörler: V_1, V_2, V_5, V_6). Bunların yardımıyla motor statorundaki R ve T fazlarının yerleri değiştirilebilir. Aynı çözüm 70b 'de iki kontaktör (c1 ve c2) yardımıyla gerçekleştirilmiştir.



Şekil 70: Devir yönünün değiştirilmesi

a) Kontaklız olarak tristörler üzerinden

b) Yarı kontrollü bağlantıda kontaktörler yardımıyla

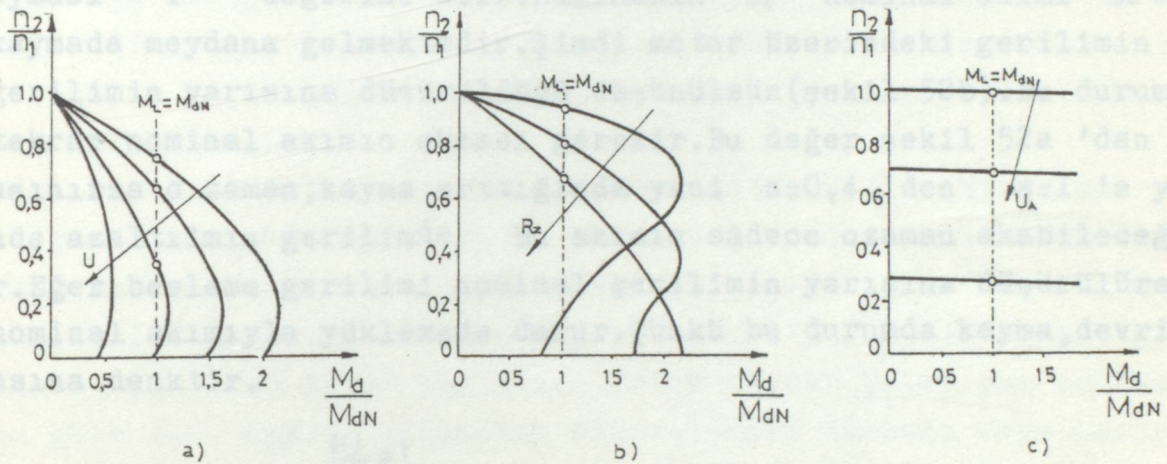
Her iki bağlantı, sağa ve sola devir yönü değiştirmeli dört bölgeli işletmeyi, ayrıca her iki yönde de ters akımla frenlemeyi mümkün kılar. Eğer mil üzerinde A.C. motorunu dışardan senkron üstü devir sayısına yükselten bir hızlandırma momenti varsa bu takdirde senkron üstü fren çalışma da mümkün olur. O zaman kayma negatif olur ve rotor akımı, döner alanla beraber bir frenleme momenti meydana getirir. Bu moment, motoru senkron devir sayısına kadar yeniden frenler. Tahrikin daha küçük devir sayılarına yada sifıra kadar frenlenmesi gerekirse bu durumda motorun karşı akımla frenlemede çalışması lazımdır. Bu amaçla döner alanın ters çevrilmesi gereklidir.

2.3.2.5. GERİLİM KESME KUMANDASIYLA KUMANDA EDİLEN TRİSTÖR BESLEMELİ A.C. TAHRİĞİNİN İŞLETME DAVRANIŞLARI VE KULLANIM ALANI

Yabancı uyartımlı D.C. şönt motorunun devir sayısı-döndürme momenti davranışı yükten bağımsızdır. Devir sayısı, sabit uyarma durumunda pratik olarak yalnız o sırada verilen rotor gerilimine bağlıdır ve geniş sınırlar içinde kademesiz olarak değiştirilebilir (şekil 5Ic). Tristör beslemeli D.C. şönt motoru genel tahrik sorunları için ideal çözümü verir. Onun tek hassas kısmı komütatörüdür. Komütatör yüzünden daima zorluklar çıkar. Bu uygun olmayan çevre münasebetleri yüzündendir. Bu tezin baş kısımlarında bahsedilen özelliklerden dolayı doğru akım motoruyla kusursuz bir işletim artık mümkün değildir. Bazı durumlarda üç fazlı A.C. motoru ilavesi gerekir. Değişken stator gerilimi veya değişken rotor dirençleri ilavesi ele hız ayarı yapılan bilezikli asenkron motorun ideal şönt motor devir sayısı döndürme momenti karakteristiği yoktur (özellikle bu ayarla (şekil 7Ia ve b). A.C. makinalarının devir sayısı-döndürme momenti karakteristiklerinin değişimi, şönt motorlarınıninkine göre daha yumuşaktır. Yani yüklemde devir sayısı şönt motordaki düşmeye göre daha fazladır. Bu mahzur, hızlı bir ayar ile giderilebilir (tam kontrollü ve yarı kontrollü A.C. kıyıcı bağlantılarında olduğu gibi). Eğer motor yüklendiğinde devir sayısı düşerse bu durumda besleme gerilimi artırılmalıdır. Böylece döndürme momenti artar ve buna bağlı olarak devir sayısı olması gereken değere doğru artar. Bu olay saniyenin ondalıklı bir kısmı gibi çok kısa zamanda vuku bulur. Öyleki tristör beslemeli A.C. makinasında yükten bağımsız bir devir sayısı davranışından bahsedilebilir (şekil 7Ia).

Eğer rotordaki direnç hassas kademelendirilmişse aynı davranış gözlenir ve örneğin kontaktörler üzerinden kademesiz olarak açma kapama yapılabilir. (şekil 5Ib). Ama rotor dirençlerinin yardımıyla yapılan devir sayısı ayarı, A.C. makinasının devir sayısı-döndürme momenti davranışı

hususunda kesme kumandasıyla yapılan hız ayarı çözümün göre bir avantaj teşkil etmez. Sabit yük momentindeki devir sayısı davranışı izlenirse o zaman A.C. makinasının her iki çözümde (rotor dirençleri ve kesme kumandasıyla yapılan ayarlar) aynı davranışı gösterdiği görülebilir (şekil 7Ia,b). Ama rotor dirençlerinin kademesiz olarak ayarı için yapılacak olan masraf, stator geriliminin kademesiz olarak değiştirilmesi için yapılacak olan masraftan daha büyüktür. Bu, özellikle rotor dirençlerinin kısa devre edilmesinde tristörlerin kullanılması durumu için geçerlidir.

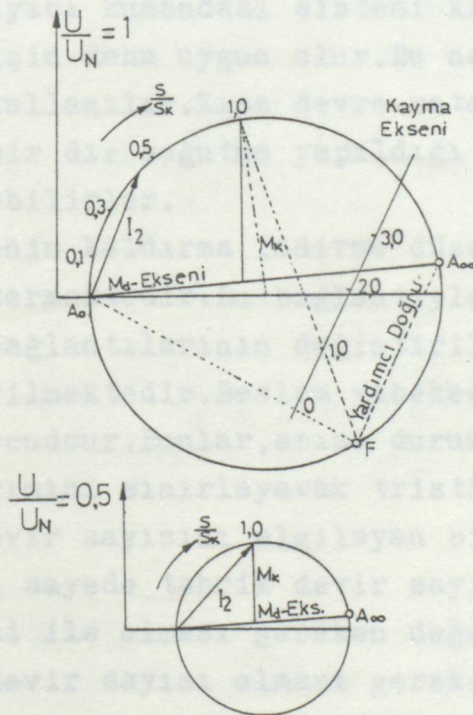


Şekil 7I: $M_L = M_{dN}$ sabit yük momentinde devir sayısı-döndürme momenti karakteristikleri

- Değişken stator geriliminde bir A.C. motorunun (bilezikli)
- Değişken rotor dirençlerinde bilezikli bir A.C. motorunun
- Değişken endüvi geriliminde bir D.C. şönt motorunun

Elektrik motorunun davranışı (23) ve (I20) eşitlikleri vasıtasıyla tanımlanabilir. Rotor direnci değişirse devrilme momenti esnasında sabit kalan devrilme kayması rotor direncindeki değişime bağlı olarak değişir (şekil 7Ib). Devir sayısı, daha önce verilen yük momentinde büyüyen devrilme kaymasıyla birlikte düşer. Heyland daire diyagramında bunun anlamı şöyledir: " A_K " kısa devre noktası büyüyen rotor direnciyle birlikte " A_0 " yönünde ilerler (şekil I2). Dairenin çapı ve devrilme momenti sabit kalır. " s_K " kayması "I" değerini alınca motor bu kez kendi döndürme momentiyle yol alır. Çünkü o zaman " A_K " noktası heyland daire sinde ulaşılabilen maksimum momentin yerinde bulunur. Buna karşın rotor direnci sabit kalır ve devir sayısı gerilim kumandasıyla değiştirilirse bu durumda heyland dairesinin daire çapı gerilimle orantılı olarak

değişir(şekil 72). Bunun aynısı, belirli bir kaymayı elde etmek üzere düzenlenen akım için geçerlidir. Öyleki ona ait döndürme momenti gerilimin karesiyle orantılı olarak azalır. Asenkron motorun davranışı hakkında ki basit özellikler yine daire diyagramı yardımıyla açıklanabilir. Burada hareketle, gerilim kesme kumandasıyla yapılan gerilim azaltımına rağmen motor için sinüs formlu bir besleme geriliminin muhafaza edildiği (korunduğu) kabul edilir. Takip eden bütün olayları harmonik durdurucu stator geriliminden dolayı ihmal etmek gerekir. Şekil 72a 'da k_a kısım momenti örnek olarak asenkron motorun devrilme momentine denktir. Böylece devrilme kayması "I" değerini alır. Makinanın I_2 nominal akımı $s=0,4$ lük kaymada meydana gelmektedir. Şimdi motor üzerindeki gerilimin nominal gerilimin yarısına düşürüldüğü düşünülün (şekil 52b). Bu durumda rotordan tekrar nominal akımın akması gerekir. Bu değer şekil 52a 'dan 52b 'ye taşınırsa o zaman, kayma arttığında yani $s=0,4$ 'den $s=1$ 'e yükseldiğinde azaltılmış gerilimde bu akımın sadece o zaman akabileceği açıklanır. Eğer besleme gerilimi nominal gerilimin yarısına düşürülürse motor nominal akımıyla yüklemeye durur. Çünkü bu durumda kayma, devrilme kaymasına denktir.



Şekil 72: Heyland dairesinin asenkron motorun stator gerilimine bağımlılıkları
 a) $U/U_N = 1$ iken b) $U/U_N = 0,5$ iken

(6) nolu darbe aşısına katında bu darbeler 100 aşımındaki darbeler. Değişken stator gerilimi ile beslenen A.C. motorunun önemli bir mahzuru, rotor devresinde bulunan ve devrilme momentini küçük bir devir sayısı ayar alanı içinde değiştiren dirence dikkat edilmesi gerçeğidir. Bu tedbirler sayesinde stabil devir sayısı-döndürme momenti davranışı ve yeterli devir sayısı ayar alanına ulaşılır. Bu, nominal yükte ve nominal gerilimde yaklaşık %20 'lik bir kaymanın meydana geldiğini ifade eder. Kısa devre edilmiş asenkron motorun (sincap kafesli) nominal yükte, güce göre %1 ile %5 arasında bir kayması vardır. Daha büyük kayma, rotor da sıcaklığa dönüşen daha büyük kayma demektir. Bu yüzden statorda kullanılan gerilim kesme kumandası yalnız bilezikli asenkron motorda tatbik edilir. Burada kayma gücünün büyük bir kısmı rotor dirençleri üzerinde yer değiştirilebilir.

Normal bir kısa devre rotorlu asenkron motor devir sayısı ayarının bu şekli için uygun değildir. Kısa devre rotorlu asenkron motorun rotor direncinin artırılması vasıtasıyla devir sayısı-döndürme momenti davranış düzeltilir. Öyleki gerilim kesme kumandası üzerinden devir sayısı ayarı mümkün olur. Ama rotor kayıpları artık okadar kolay yok edilemez.

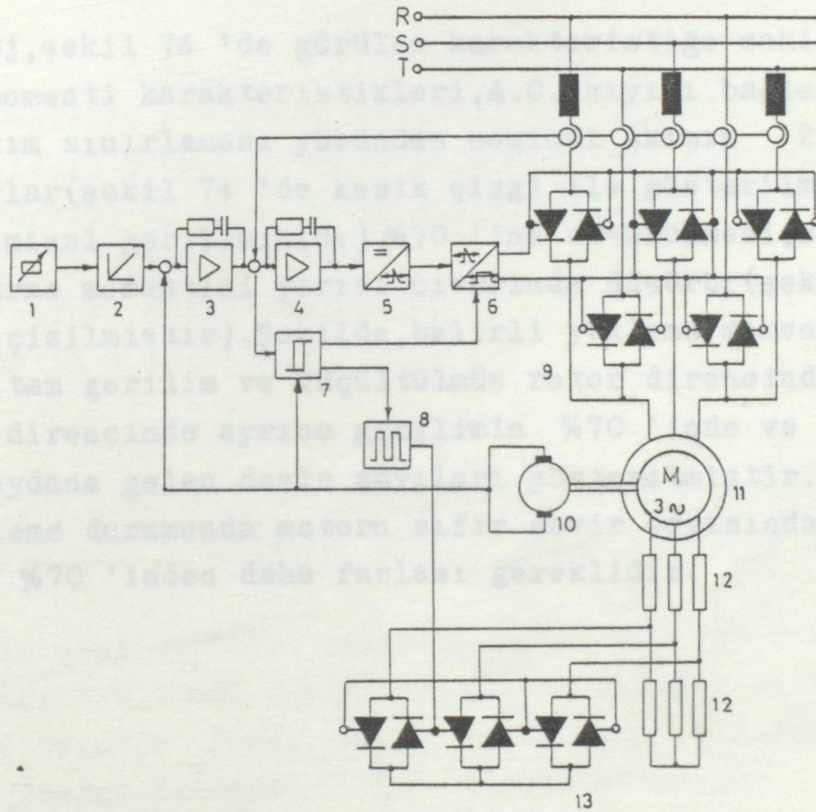
Buna göre A.C. kıyıcı kumandası sistemi kısa zamanlı veya kesintili çalışan tahrikler için daha uygun olur. Bu nedenle devamlı olarak bilezikli asenkron motor kullanılır. Kısa devre rotorlu asenkron motorlar ancak rotor devresi iyi bir soğutma yapıldığı zaman A.C. kıyıcı bağlantısıyla kumanda edilebilirler.

Şekil 73, bir krenin kaldırma indirme düzeni için düzenlenen A.C. kıyıcı kumandasını göstermektedir. Bu bağlantıyla dört bölge çalıştırılabilir. Rotor direnci bağlantılarının değiştirilmesi tristör şalterler üzerinden gerçekleştirilmektedir. Beslem şebekesinin R, S ve T fazlarında endüktanslar mevcuttur. Bunlar, arıza durumunda kollar arasında akabilecek kısa devre akımını sınırlayarak tristörlere zarar vermesini önler. Rotor gerçek devir sayısını algılayan bir tako generatör (IO) monte edilmiştir. Bu sayede tahrik devir sayısı düzeltmeli olarak çalıştırılması (I) potansiyometresi ile olması gereken değer verilir. (2) olması gereken değer entegratörü, devir sayısı olması gereken değer sıçrayışlarını seçilebilir bir devir sayısı rampasına (dn/dt) uymasını temin eder. (3) nolu devir sayısı ayar kuvvetlendiricisi devir sayısı rampasını kuvvetlendirir ve (4) nolu akım ayar kuvvetlendiricisine olması gereken değeri akım cinsinden verir. Bu büyüklükler kuvvetlendirildikten sonra (5) nolu darbe katına verilir. Bu şekilde meydana gelen doğru gerilim sinyali, darbe katında şebeke gerilimiyle senkron kayabilen darbelere dönüşür. Bitişikte

(6) nolu darbe uzatma katında bu darbeler 180 uzunluğundaki darbeler dönüştürülür. Bu darbeyi uzatma yoluyla yapılır. Endüktif yükte yüklenme durumunda tristörün uzun süre iletimde kalmak zorunda olduğu için bu gereklidir. İletimde kalma, gerilimin geciktirdiği akımın pozitif değer almasına kadardır. Bu yüzden darbenin en azından 90° gecikmesi lazımdır. Şekil üzerinde bundan başka (7) nolu bir lojik blok görülmektedir. Bu blok, belirli giriş şartlarına bağlı olarak stator tristörlerinin bağlantılarını değiştirir ve rotor tristörlerini devreye sokup çıkartır.

12) Rotor ayar dirençleri

13) Rotor dirençlerinin devreye sokup çıkartmaya yarayan tristör şalter



Şekil 73: Rotor dirençleriyle ve stator tarafında gerilim kesme kumandasıyla bilezikli bir asenkron motorun beslenmesine ilişkin bağlantı. Statordaki ters paralel bağlı tristörlerin yardımıyla kontaksız olarak devir yönü değiştirilabilmektedir.

- 1) Olması gereken değer vericisi
- 2) Olması gereken değer integratörü
- 3) Devir sayısı ayar amflifikatörü
- 4) Akım ayar kuvvetlendircisi (amplifikatörü)

- 5) Darbe generatörü
- 6) Darbe uzatma bloğu
- 7) Bağlantı değiştirme lojiği
- 8) Tetikleme darbe kuvvetlendiricisi
- 9) Devir yönü değiştirmesinde yarayan ters paralel bağl tristörlerden oluşan tristör ayar düzeni
- 10) Tako generatör
- 11) Bilezikli asenkron motor
- 12) Rotor ayar dirençleri
- 13) Rotor dirençlerinin devreye sokup çıkartmaya yarayan tristör şalter

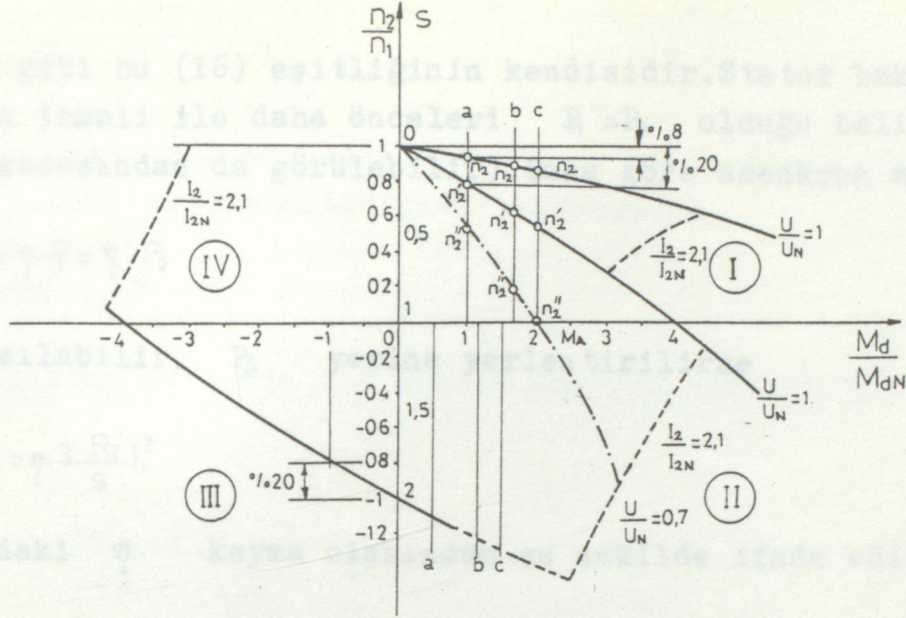
Bu montaj, şekil 74 'de görülen karakteristiğe sahiptir. Devir sayısı-döndürme momenti karakteristikleri, A.C. kıyıcı bağlantı beslemesinin yaptığı akım sınırlaması yüzünden nominal akımın 2,1 katına sınırlandırılırlar (şekil 74 'de kesik çizgi ile gösterilmiştir). Stator geriliminin nominal gerilimin (U_N) %70 'ine düşürülmesi, sıfır devir sayısındaki döndürme momentini yarısı civarında düşürür (şekil 74 'de noktalı çizgi ile çizilmiştir). Şekilde, belirli yüklemeler için (şekil 74 b ve c), tam gerilim ve küçültülmüş rotor direncinde, tam gerilim ve tam rotor direncinde ayrıca gerilimin %70 'inde ve tam rotor direncinde iken meydana gelen devir sayıları gösterilmiştir. Bu takdirde örneğin "c" yüklemesinde motoru sıfır devir sayısından kaldırabilmek için gerilimin %70 'inden daha fazlası gereklidir.

Bu amaçla şekil 74 'teki asenkron motor eşdeğer devresini ele alalım. Ortadaki köprüyü ihmal ederek yaklaşık eşdeğer devre şekil 75 'teki gibidir. Bu durumda $R_{eq} = R_s + R_r$ olur. R_s ve R_r değerleri R_s ve R_r olarak belirtilmektedir. Bu durumda yaklaşık eşdeğer devreden R_{eq} gücünü yazarız.

$$P_{gk} = \frac{P_{em}}{s} = \frac{P_{em}}{s} \cdot \frac{R_r}{R_r} = \frac{P_{em}}{s} \cdot \frac{R_r}{R_s + R_r}$$



Şekil 75: Asenkron motorun yaklaşık eşdeğer devresi (ortadaki köprüyü ihmal ederek)



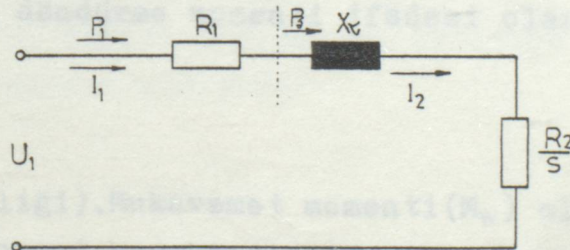
Şekil 74: Değişken stator gerilimiyle ve bağlantının değiştirilebilir olduğu rotor direnciyle yapılan hız ayarında bilezikli bir asenkron motorun devir sayısı-döndürme momenti karakteristiği

- Küçük yükte yüklemeye
- Nominal yükte yüklemeye
- Aşırı yükte yüklemeye

2.3.2.6. STATOR GERİLİMİNİN A.C. KIYICILARI İLE DEĞİŞTİRMEK SURETİYLE DEVİR SAYISI AYARINA İLİŞKİN BAĞINTILARIN ELDE EDİLMESİ

Bu amaçla şekil 8 'deki asenkron motor eşdeğer devresini ele alacağız. Ortadaki köprüyü ihmal edersek yaklaşık eşdeğer devre şekil 75 'deki gibi olur. Bu durumda $I_1 = I_2$ olur. $X_{\sigma} = X_{\sigma 1} + X_{\sigma 2}$ olduğunu da hatırlatarak yaklaşık eşdeğer devreden P_s gücünü yazalım.

$$P_s = 3 \cdot \frac{R_2}{s} \cdot I_2^2 = 3 \cdot \frac{R_2}{s} \cdot I_1^2$$



Şekil 75: Asenkron motorun yaklaşık eşdeğer devresi (ortadaki köprü sola kaydırılmış durum)

Görüldüğü gibi bu (I6) eşitliğinin kendisidir. Stator bakır ve demir kayıplarının ihmal ile daha önceleri $P_1 = P_2$ olduğu belirtilmişti (bu güç akış şemasından da görülebilir). Buna göre asenkron motorun verimi

$$P_m = \eta \cdot P_1 = \eta \cdot P_2 \quad (I70)$$

olarak yazılabilir. P_2 yerine yerleştirilirse

$$P_m = \eta \cdot 3 \cdot \frac{R_2 \cdot I_1^2}{s}$$

olur. Buradaki η kayma cinsinden şu şekilde ifade edilir:

$$\eta = 1 - s \quad (I71)$$

Bu da yerine konunca

$$P_m = (1 - s) \cdot 3 \cdot \frac{R_2 \cdot I_1^2}{s} \quad (I72)$$

Öte yandan mekanik güç ifadesi şu şekilde de yazılabilir:

$$P_m = M_d \cdot \omega \quad ; \quad [\omega = \omega_1 \cdot (1 - s)]$$

Bu ifade daha önce verilmiş olan (47) eşitliğidir. ω 'nın stator açıl frekansı (ω_1) cinsinden değerinden istifade ile

$$P_m = (1 - s) \cdot \omega_1 \cdot M_d \quad (I73)$$

biçiminde ifade edilir. (I72) ile (I73) ifadeleri eşitlenirse bu takdirde

$$3 \cdot \frac{R_2 \cdot I_1^2}{s} \cdot (1 - s) = (1 - s) \cdot \omega_1 \cdot M_d$$

eşitliği ve buradan döndürme momenti ifadesi olarak

$$M_d = \frac{3 \cdot R_2 \cdot I_1^2}{\omega_1 \cdot s}$$

elde edilir (I7 eşitliği). Mukavemet momenti (M_w) olarak fanların sahip olduğu vantilatör moment karakteristiği için -ki bu hız ayar matodu bu karakteristiğe sahip tahrik düzenleri için en iyi sonucu vermektedir- şu ifade yazılır:

$$M_w = k_m \cdot \omega^2 = k_m [\omega_1(1-s)]^2 \quad (I74)$$

Bu ifadeye "k_m" bir sabittir. Motorun, iş makinasıyla bir kavrama üzerinden direkt olarak akuple edildiğini varsayarak

$$M_d = M_w \quad (I75)$$

ve bu eşitlikten istifade ile ilgili değerler yerine konup akım ifadesi çekilerek

$$I_1^2 = \frac{k_m \cdot \omega^3 \cdot s(1-s)^2}{3 \cdot R_2}$$

yazılır. Her iki tarafın karakökünü alarak akım için

$$I_1 = \omega_1(1-s) \sqrt{\frac{k_m \cdot s \cdot \omega_1}{3 \cdot R_2}} \quad (I76)$$

elde edilir. Bu ifadeye k_m=sbt., ω₁=sbt., R₂=sbt. 'dir. Karakök içinde "s" hariç diğerleri sabittir. Bunları tek bir sabitle ifade edelim.

$$K_m = \frac{k_m \cdot \omega_1}{3 \cdot R_2}$$

Buna göre (I76) ifadesi

$$I_1 = \omega_1(1-s) \cdot \sqrt{K_m \cdot s}$$

olur. Buradaki ω₁ 'i karakök içine alırsak

$$I_1 = (1-s) \cdot \sqrt{K_m \cdot \omega_1^2 \cdot s} \quad (I77)$$

olur. Burada "ω₁²" değeri değişmeyen terimini ve K_m sabitini tek bir sabit altında toplamak mümkündür.

$$K = K_m \cdot \omega_1^2$$

(I77) ifadesi bu durumda

$$I_1 = (1-s) \cdot \sqrt{K \cdot s} \quad (I78)$$

Böylece I_1 akımının kayma ile değişimi bulunmuş olur. Burada önemli olan husus I_1 akımının alacağı maksimum değerdir. Bunun için (I78) ifadesinde kaymaya göre türev alarak dI/ds diferansiyel oranı sıfıra eşitlenir. Buradan bulunacak kayma değeri bize maksimum akımın meydana geldiği kaymayı verir. Bu işlemler yapılırsa

$$s = \frac{1}{3} \quad (I79)$$

bulunur. Bu değer (I78) ifadesine yerleştirilir ve (I78) ifadesi ile oranlanmış olarak yazılırsa

$$\frac{I_1}{I_{1max}} = \frac{(1-s)\sqrt{K \cdot s}}{(1-1/3)\sqrt{K \cdot 1/3}}$$

durumuna gelinir. Burdan düzenleme ile aşağıdaki ifade elde edilir.

$$\frac{I_{1max}}{I_{1n}} = \frac{2}{3\sqrt{3} \cdot \sqrt{s_n} \cdot (1-s_n)} \quad (I80)$$

Eğer $I_1 = I_{1n}$ ise $s = s_n$ 'dir diyebiliriz. Buna istinaden (I80) ifadesinde değişiklik yapılmıştır ve buna göre düzenlenmiştir. Şimdi (I78) ifadesinin her iki tarafının karesini alıp aynı işlemi nominal akım içinde yaparak bunları oranlayalım. Bu durumda aşağıdaki oransal ifade elde edilir:

$$\left(\frac{I_1}{I_{1n}}\right)^2 = \frac{s(1-s)^2}{s_n(1-s_n)^2} \quad (I81)$$

(I74) ifadesini herhangi bir kayma değeri ve nominal değer için

$$\frac{M_d}{M_{dN}} = \frac{(1-s)^2}{(1-s_n)^2} \quad (I82)$$

şeklinde düzenleyelim. Bu ifadenin sağ yanındaki kısma dikkat edilirse (I81) ifadesinin sağ tarafında yer almaktadır. Buna göre akımlar ile momentler arasında bir ilişki kurulabilir. İlişki şöyledir:

$$\left(\frac{I_1}{I_{1n}}\right)^2 = \frac{s}{s_n} \cdot \frac{M_d}{M_{dN}} \quad (I83)$$

(I81), (I82) ve (I83) ifadelerinin bu şekilde yazılmalarının nedeni: Genellikle nominal değerler bilinir yada hesaplanabilir. Bu ifadelerden istifade ile aranılan durumdaki değerler bulunabilir.

Son kısımda yer alacak hesaplamalardan birisi gene bu konuda olacak ve orada bu ifadelerden istifade edilecektir.

Bu kısmın sonunda şunlar söylenebilir:Eğer A.C. kıyıcısı(veya buna A.C. ayarlayıcısı da denir) ile beslenen bilezikli asenkron motorla D.C. şönt motor karşılaştırılırsa,kumanda için yapılan masrafın her ikisi içinde yaklaşık aynı olduğu görülür.A.C. tahriğinin devir sayısı-döndürme momenti karakteristiği D.C. tahriğine göre daha yumuşaktır.A.C. motorundaki devir sayısının D.C. motoruna göre yükten bağımsız olduğu daha belirgin bir şekilde farkedilir.Devreye sokulup çıkartılabilen bir rotor direnci kadamesiyle devir sayısı-döndürme momenti davranışı düzeltiler.A.C. tahriği ile mantıklı çözümler kullanmak suretiyle gerçekleştirilebilen devir sayısı ayar alanı yaklaşık 1:50 'dir(bu değer 1:10 e göredir) ve doğru akım tahrikininkinden daha büyüktür.A.C. kıyıcısı ile beslemede,rotorda meydana gelen yüksek kayma güçleri kısa devre rotolu asenkron motor için zararlıdır.Çünkü bu kayma güçleri dışarı verilememektedir.Bunlar üç-beş kat'a kadar aşırı boyutlandırma gerektirirler.A.C. 'lı çözümün tercih edilmesinin diğer bir nedeni asenkron motorların sağlam bir yapısının oluşudur.Halka bilezikli rotor D.C. makinasının komütatörüne göre daha az arızalar çıkartır.A.C.b tahrikinin diğer bir avantajı,fren işletmede evirici çalışmaya geçmek zorunda olunmamasıdır.Oysa D.C. tahriklerinde fren işletim için evirici çalışmaya geçilmelidir.Bu yüzden şebeke gerilimi salınımlarında eviricinin devrilme tehlikesi,yani negatif gerilim bölgesinden pozitif gerilim bölgesine geçerken akım ileten tristörlerin kendiliğinden tetiklenmesi söz konusudur.Şüphesizki asenkron motorda fren momenti motoru besleyen gerilimin karesiyle orantılı olarak azalır.Bunuda unutmamak gerekir.

Boyutlandırmada aşağıda verilen bağıntıların da kullanılabileceğini belirterek konuya son vereceğiz.Fakat son kısımda yapılacak hesaplamada yukarda çıkartılan ifadeler esas tutulacaktır.Aşağıdaki hesaplamaları yapabilmek için şunların bilinmesi gereklidir:

Şebeke nominal gerilimi:	U_N
Şebeke gerilimi salınımı:	U/U_N
Stator nominal akımı:	I_1
Maksimum kalkış veya frenleme akımı:	I_{1max}

Verilen I_{EF} hat akımı efektif değerinde $I_{Vort.}$ yarı iletken akımı orlama değeri şöyle hesaplanır:

$$I_{Vort.} = \frac{I_{EF} \cdot \sqrt{2}}{\pi} \cdot \frac{I_{1max} \cdot \sqrt{2}}{\pi} \quad ; \quad I_{EF} = I_{1max} \quad (I84)$$

Yarı iletken elemanların bulunduğu kollardaki sigortaların seçimi için şu hesap yapılır:

$$I_{EFsi} = I_{vort} \cdot \frac{\pi}{2} \quad (185)$$

Tristör üzerinde meydana gelebilecek en büyük gerilim zorlaması

$$\hat{U}_v = \frac{U}{U_N} \cdot \sqrt{2} \cdot U \cdot \delta \quad (186)$$

bağıntısıyla hesap edilir. Buradaki " δ " emniyet faktörüdür. U/U_N oranı kural olarak %10 'u aşmayan şebeke gerilimi artışlarının yerini tutar.

Motorun devir sayısı: $n = 54$

$f = 50 \text{ Hz}$

$J = 1,4 \text{ kgm}^2$

$n_n = 1480 \text{ d/dk}$

$\gamma = 894,5$

Direkt bağlantıda çalıştırma:

Kalkış momenti: $2,5 \cdot M_{em}$

Kalkış akımı: $6,7 \cdot I_n$

Devrilme momenti: $M_d = 2,5 \cdot M_{em}$

$R_1 = 0,0591 \Omega$

$R_2 = 0,0604 \Omega$

$R_s = 57,2 \Omega$

$X_s = 7,79 \Omega$

$\cos \phi = 0,81$

Bir fan'ı tahrik eden bir motorun kullanıldığı senkron altı akım doğru akım başındaki yarı iletken akım ve gerilimlerinin bir kısmı gerektirir.

Motorun devir sayısı $500 \text{ d/dk} < n < 1480 \text{ d/dk}$ sınırları içinde ayarlanacak istenilen n olarak (0,19) ifadesinde süratüne göre kabul eden süratüne momentini ihmal ederek n sabitini bulalım.

$$M_d = K \cdot \omega = K \cdot n$$

$$484 = K \cdot (1480) \rightarrow K = 2,21 \cdot 10^{-4}$$

500 d/dk 'ya ve 1480 d/dk 'ya tekabül eden hız değerleri

$$\delta = \frac{1500 - 1480}{1500} = 0,0133$$

$$s = \frac{1500 - 500}{1500} = 0,667$$

(91) ifadesinden bu kayna değerlerine karşılık gelen tetikleme açıları

3. HESAPLAMA ÖRNEKLERİ :

3.1. SENKRON ALTI AKIM DOĞRULTUCUSUNA İLİŞKİN HESAPLAMA

Bu amaçla aşağıdaki değerlere sahip bir asenkron motoru ele alalım

$$P_m = 75 \text{ kW} = 100 \text{ HP}$$

$$n_1 = 1500 \text{ d/dk}$$

$$2p = 4$$

$$\text{Koruma sınıfı: } I_p \text{ 54}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$J = 1,4 \text{ kgm}^2$$

$$n_n = 1480 \text{ d/dk}$$

$$\eta = \%94,5$$

$$\cos \varphi = 0,86$$

$$I_{IN} = 140 \text{ A } (U_N = 380 \text{ V'da})$$

$$M_{dN} = 484 \text{ Nm}$$

Direkt bağlantıda çalıştırmada;

$$\text{Kalkış momenti: } 2,5 \cdot M_{dN}$$

$$\text{Kalkış akımı: } 6,7 \cdot I_{IN}$$

$$\text{Devrilme momenti: } M_K = 2,5 \cdot M_{dN}$$

$$R_1 = 0,0591 \Omega$$

$$R_2 = 0,0604 \Omega$$

$$R_o = 57,2 \Omega$$

$$X_o = 7,79 \Omega$$

$$\frac{w_2}{w_1} = 0,81$$

Bir fan'ı tahrik eden bu motorun kullanıldığı senkron altı akım doğru tucu kaskadındaki yarı iletken akım ve gerilimlerinin ne olması gerektiğini bulalım.

Motorun devir sayısı $500 \text{ d/dk} \ll n \ll 1480 \text{ d/dk}$ sınırları içinde ayarlanmak istensin. İlk olarak (0.19) ifadesinden sürtünme işine te kabül eden sürtünme momentini ihmal ederek "k" sabitini bulalım.

$$M_w = K \cdot \omega^2 = k \cdot n^2$$

$$484 = k \cdot (1480)^2 \quad \text{-----} \rightarrow k = 2,21 \cdot 10^{-4}$$

500 d/dk 'ya ve 1480 d/dk 'ya tekabül eden kayma değerleri

$$s_n = \frac{1500 - 1480}{1500} = 0,0133$$

$$s' = \frac{1500-500}{1500} = 0,667$$

(91) ifadesinden bu kayma değerlerine karşılık gelen tetikleme açıları şu şekilde hesaplarız:

$$\alpha_n = \text{Cos}^{-1}(-s \cdot \frac{W_2}{W_1}) = \text{Cos}^{-1}(-0,0133 \cdot 0,81) = 90,61^\circ$$

ve s' kayma değeri için aynı işlem yapıldığında

$$\alpha' = 122,7^\circ$$

olarak elde edilir. (80) ifadesinden hareket edilerek bu açı değerleri de ara devre geriliminin ne olacağını bulalım.

$$\begin{aligned} U_{GR} &= -U_{WR} \\ &= -s \cdot \frac{q}{\pi} \cdot \sqrt{2} \cdot U \cdot \text{Sin} \frac{\pi}{q} \cdot \text{Cos} \alpha_n \\ &= -2 \cdot \frac{3}{\pi} \cdot 2.380 \cdot \text{Sin} \frac{\pi}{3} \cdot \text{Cos}(90,61) = 5,478V \end{aligned}$$

$$U_{GR_n} = 5,478V$$

$\alpha' = 122,7^\circ$ için bu gerilim aynı şekilde hesaplanarak

$$U'_{GR} = 277,24 V$$

olarak elde edilir. Ara devre akımı olan I_d 'yi (99) ifadesinden çekmek suretiyle bulabiliriz. Buna göre

$$I_d = \frac{s}{1-s} \cdot \frac{P_m}{U_{GR}}$$

nominal hız için

$$I_{dN} = \frac{0,0133}{1-0,0133} \cdot \frac{75 \cdot 10^3}{5,478} = 184,54A \quad \text{-----} \rightarrow I_{dN} = 184,54A$$

olarak hesaplanır. 500 d/dk 'ya tekabül eden ara devre akımını bulabilmek için önce bu devir sayısına karşılık gelen döndürme momentinin bulunması gereklidir. Bunun için motorun fan'a bir ara transmisyon mekanizması kullanmadan direk olarak akuple edildiğini varsayacağız ($M_d = M_w$). (0.19) ifadesinden hareketle

$$M_d = k \cdot n^2 = 2,21 \cdot 10^{-4} \cdot (500)^2 = 55,25 \text{ Nm}$$

bu, (47) ifadesine yerleştirilerek 500 d/dk 'daki mekanik güç

$$P_m = M_d \cdot \omega = 55,25 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 500}{60} = 2,8728 \text{ kW}$$

olarak bulunur. Burdan sonra artık 1480 d/dk için hesaplandığı şekli (99) ifadesinden 500 d/dk 'ya tekabül eden ara devre akımı bulunabilir. Hesaplar yapıldığında bu değer

$$I_d = 20,75 \text{ A}$$

olarak elde edilir. Görüldüğü gibi tristör ve diodların akımlarını seçerken yani boyutlandırırken nominal devir sayısındaki akım değerini nazarı itibara almak gereklidir. Burdan akım bakımından zorlanmanın en yüksek devir sayısında meydana geldiği görülmektedir.

Şimdi şekil 50 'den hesaplanan rotor akımı efektif değerini ((I₀₃) eşitliği) bulalım.

$$I_{2EF} = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot I_d = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot 184,54 = 150,676 \text{ A}$$

Bu akımın maksimum değeri ise

$$I_{2max} = \sqrt{2} \cdot I_{2EF} = \sqrt{2} \cdot 150,676 = 213,088 \text{ A}$$

$$I_{2max} \approx 213 \text{ A}$$

olarak bulunur. Bulunan bu son akım değeri diodların boyutlandırma akımı seçilir. Keza bu akım değeri (II6) eşitliğinden de görüldüğü gibi eviricinin şebeke tarafındaki akımla aynıdır. Dolayısıyla tristörler için de bu değer boyutlandırma akımı olarak alınabilir.

Gerilim yönünden boyutlandırmada $U_{GR} = 277,4 \text{ V} \approx 278 \text{ V}$ gerilim değeri esas alınır.

Ayar alanının en alt sınır değerinde meydana gelen bu gerilimden hareketle (83) eşitliğinden istifade ederek rotor boşta çalışma gerilimi bulunabilir. (83) ifadesinden U_{20} 'ı çekerek değerleri yerine koyunca

$$U'_{20} = \frac{\pi}{3 \cdot \sqrt{6}} \cdot \frac{U_{GR}}{s} = \frac{\pi}{3 \cdot \sqrt{6}} \cdot \frac{278}{0,667} = 178 \text{ V (faz-faz)}$$

Bu gerilimin tepe değeri $U_{2\max(\text{faz-faz})}$ bu akım değerine göre seçilmelidir.

$$U'_{2\max(\text{faz-faz})} = \sqrt{2} \cdot U_{20} \cdot s = \sqrt{2} \cdot 178 \cdot 0,667 \approx 168 \text{ V}$$

dir. Faz-nötr gerilimi ise $U'_{2\max(\text{faz-nötr})}$ olarak bulunur.

$$U'_{2\max(\text{faz-nötr})} = \frac{U'_{2\max(\text{faz-faz})}}{\sqrt{3}} = \frac{168}{3} \approx 97 \text{ V}$$

olarak bulunur.

3.2. STATORDA A.C. KIYICISI DURUMUNDA HESAPLAMA

Bu hesap için gene aynı değerlere sahip asenkron motoru ele alacağız. Fakat bu hesaplamada yöntemin gereği olarak akım maksimum değeri oldukça yüksek çıkacağından motorun kesintili işletmede çalıştırıldığını ve normal çalışma periyodu içinde nominal gücün dolayısıyla nominal akımın ortalama olarak %70 'inde çalışıldığını varsayarak hesaplamayı buna göre yapmak gereklidir. Buna göre motorun nominal akımı

$$I_{IN} = \%70 \cdot I_{IN} = 0,7 \cdot 140 = 98 \text{ A}$$

olarak alınacaktır. (I81) ifadesinden yada (I80) ifadesinden yararlanmak suretiyle $s = I/3$ kaymada sözkonusu olan maksimum akım değeri bulunabilir. Bir önceki hesaplama örneğinde bulunan değerlerden de istifade edilerek maksimum akım

$$\left(\frac{I_{I\max}}{I_{IN}} \right)^2 = \frac{s \cdot (I-s)^2}{s_n \cdot (I-s_n)^2}$$

$$\left(\frac{I_{I\max}}{98} \right)^2 = \frac{1/3 \cdot (I-1/3)^2}{0,0133 \cdot (I-0,0133)^2} \quad \text{-----} \quad \frac{I_{I\max}^2}{(98)^2} = \frac{0,148148}{0,012948}$$

$$I_{I\max}^2 = 109881,98$$

$$I_{I\max} = 331,58 \approx 332 \text{ A}$$

Tristör akımları bu maksimum akım değerine göre seçilmelidir.

- Tristörlerin gerilim yönünden boyutlandırılması ise (I86) eşitliği den istifade etmek suretiyle yapılabilir. Bu amaçla buradaki emniyet faktörünü 1,2 alıp ve şebeke geriliminde %10 'luk bir dalgalılığı var olduğunu dikkate alarak bu hesabı yapalım.

$$\%100 + \%10 = \%110 \text{ ----} \rightarrow 1,1$$

$$\frac{U}{U_N} = 1,1$$

$$\hat{U}_v = 1,1 \cdot \sqrt{2} \cdot 380 \cdot 1,2 = 709,369 \text{ V} \approx 710 \text{ V}$$

$$\hat{U}_v = 710 \text{ V}$$

Tristör gerilimi bu değerde seçilir.

Sonuç olarak her iki hesaplamada (senkron altı akım doğrultucu kaskı ve statorda kıyıcıların kullanılması halinde) yarı iletken devre elemanlarının nasıl seçileceği gösterilmiş olmaktadır.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- I-Leistungselektronik in der Antriebstechnik, Band 2: Drehstromantriebe
D.REINHARD, W.RICHTER
- 2-Tristör-Stromrichter für Antriebsregelung
Prof.Dr.-Ing.habil.Rudolf LAPPE
- 3-Leistungselektronik
Franz ZACH
- 4-Siemens-Zeitschrift I975/2
- 5-Siemens-Zeitschrift I977/3
- 6-Tristör-Handbuch (Siemens)
Arnulf HOFFMANN, Karl STOCKER
- 7-Güç elektronığı
Tamer KUTMAN (İTÜ)
- 8-Bursa Elektromekanik Seminer Notları
- 9-Elektrik Motorları
W.SCHUISKY, İlhami ÇETİN (İTÜ)
- 10-Elektriğin Sanayie Uygulaması
Prof.Kemal HALICI
- II-Grundlagen der Leistungselektronik
Prof.Dr.-Ing.K.HEUMANN
- I2-Sammel Kataloge(SA I)-Siemens

