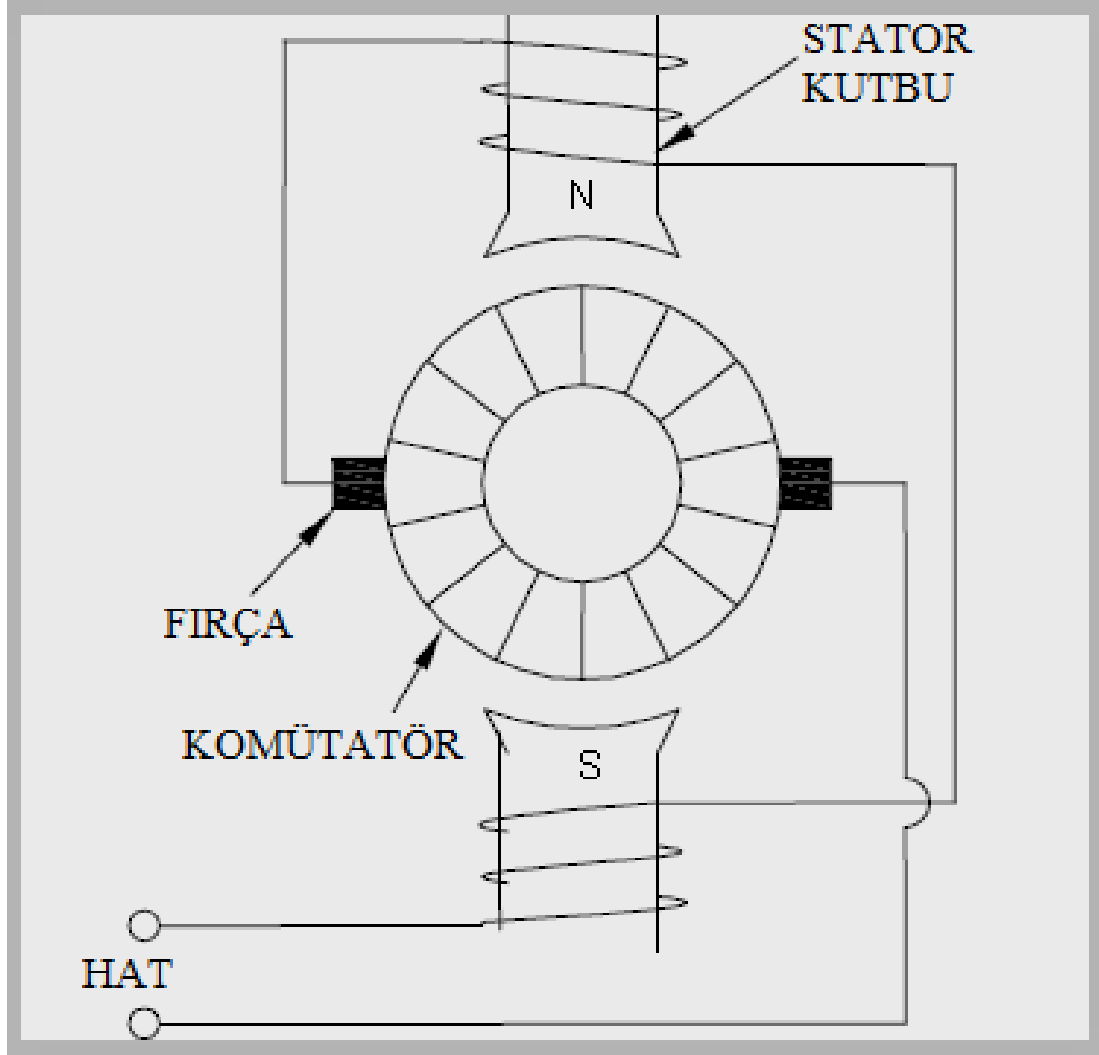


ELEKTRİK MOTORLARI

Enerji Verimliliği
Referans Kılavuzu



Hazırlayan: Hüseyin GÜZEL



YASAL UYARI: Ne CEA Technologies Inc. (CEATI), yazarlar ne de bu iş için maddi destek sağlayan örgütlerden herhangi biri (yukarıda adı geçen kişiler dahil olmak üzere) ekipman, ürün, yöntem veya bu kılavuzda açıklanan veya herhangi bir başka işlemin kullanımından kaynaklanan veya bunlardan kaynaklanan hasarlar konusunda herhangi bir yükümlülük veya sorumluluk üstlenmemektedir.

Burada yer alan bilgilerin uygulanması için sertifikalı uygulayıcıların kullanılması şiddetle tavsiye edilmektedir.

Bu rehber, aşağıdaki yardımcı konsorsiyum katılımcılarının sponsorluğuyla CEA Technologies Inc (CEATI) Müşteri Enerji Çözümleri İlgi Grubu (CESIG) için Kinectrics Inc.'in Carl Keyes, P.Eng. Tarafından hazırlanmıştır:



Natural Resources
Canada

Ressources naturelles
Canada



© 2007 CEA Technologies Inc. (CEATI) Tüm hakları saklıdır.

Ontario Hydro, Ontario Power Generation'a bu kılavuzu hazırlarken kullanılan materyaller konusunda katkıda bulunmasından ötürü teşekkür ediyoruz. .

İÇİNDEKİLER TABLOSU

1. GİRİŞ	7
2. MOTOR SINIFLANDIRMASI	8
3. ÇALIŞMA İLKELERİ	10
a. Başlıca Motor Parçaları	10
b. Çalıştırma	10
c. Motor Gücü ve Tork (Moment)	11
d. Motorların Tork-Hız Özellikleri	12
4. AC MOTORLAR	14
a. 3 Fazlı İndüksiyon Motorları	15
b. Sincap Kafes Motorları	16
c. Sargı rotorlu İndüksiyon Motorları	18
d. Tek Faz İndüksiyon Motorları	19
e. Ayrık Faz Motoru	20
f. Kapasitör Motorları	21
g. Gölge Kutup Motorları	24
h. Senkron Motorlar	24
i. Histerezis Motoru	27
j. Evrensel (Çok Amaçlı) Motorlar	28
5. DC MOTORLAR	30
a. Ayrık İkazlı DC Motor	30
b. Seri Alan DC Motor	31
c. Bileşik DC Motor	32
d. Daimi Mıknatıslı DC Motor	32
6. GELİŞMİŞ MOTORLAR	34
a. Elektronik Kompitasyonlu Motor (ECM)	34
b. Anahtarlama Relüktans Motoru (SRM)	35
c. Daimi Mıknatıslı Motor	35
d. Diğer Gelişmiş Motorlar	36
1. Yazılı Kutup Motoru	36

2. Doğrusal DC Motor	37
3. Doğrusal AC Motor	37
4. Hibrid Motorlar.....	37
7. MOTOR SEÇİMİ	38
a. Elektrik Besleme Dağıtım Sistemi Hususları	38
1. Tek Faz.....	38
2. 3 Faz.....	38
3. Gerilim ve Frekans.....	38
4. Güç Faktörü (%PF)	40
5. Gerilim Titreşimi	41
b. Motor Hususları	43
1. İndüksiyon Motor Seçimi.....	43
2. Senkron Motor Seçimi	44
3. DC Motor Seçimi.....	45
c. Motor Sürme Yükümlülükleri	46
d. Hız.....	48
e. Başlatma ve Durdurma	48
f. Alışkanlık.....	48
g. Çevresel Faktörler	48
1. Normal Hizmet Koşulları.....	48
2. Alışılmamış hizmet Koşulları	49
h. Fiziksel Faktörler	50
1. Motor Muhafazası	50
2. Montaj ve Zemin Hususları.....	51
3. İzolasyon (Yalıtım)	51
4. Servis Faktörü	52
5. Gürültü	52
6. Verimlilik ve Ekonomi	52
a. Enerji Maliyetleri.....	53
b. Motor Verimliliği.....	53
c. Verimlilik ve Motor Boyutlandırması	55
c. Yaşam Döngüsü Maliyeti.....	56
d. Motor Kayıpları Azaltma	56
e. Standart Motorlar ve Enerji Verimliliği	57

g. Verimlilik Derecelendirmesi.....	58
h. Enerji Verimli Motorların Seçimi	59
i. Mevcut Motor Envanterinin Değerlendirilmesi.....	60
j. Güç Faktörü Konusu.....	60
8. MOTOR KONTROLÜ	61
a. Motor Koruma	61
1. Ayırıcı	61
2. Aşırı Akım.....	61
3. Aşırı Yük.....	61
4. Diğer Korumalar	62
b. Motor Başlatma	63
1. 3 Faz Motor Yol Vericileri	63
a. İndüksiyon Motorlarının Çalıştırılması.....	63
b. İndirgenmiş Gerilim Yol Vericileri	65
c. Primer Direnç Yol Vericileri	65
d. OtoTrafo Yol Vericileri	65
e. Katı Hal Yol Vericileri.....	66
f. Yıldız-Üçgen Yol Verme.....	67
g. Değişken Frekanslı Sürücü (VFD) ile Yol Verme	68
h. Güç Faktörü Denetleyicisi	68
i. Kısmi Sargılı Yol Vericiler.....	68
2. Tek Faz Motor Yol Vericileri.....	68
3. DC Motor Yol Vericileri.....	69
c. Motor Durdurma	70
Elektrikli Frenleme.....	70
Tıpa Frenleme	70
Dinamik Frenleme	70
Rejeneratif Frenleme.....	70
Mekanik Frenleme.....	71

d. Motor Hız Kontrolü	71
1. Çok Hızlı Motorlar (ECM)	71
2. Sargı Rotorlu Motor Kontrolü.....	72
3. DC Motor Kontrolü	72
4. VFD	72
5. Mekanik Hız Kontrolü	74
9. MOTOR BAKIMI	75
a. Genel Arıza Türleri	75
b. Bakım Sıklığı (Zamanlaması).....	75
c. Rulmanlar	76
1. Sürtünmeyi Önleyici (Antifriksiyon) Rulmanlar	76
2. Düz Rulmanlar	77
d. Vibrasyon (Titreşim)	77
e. İzolasyon (Yalıtım).....	78
f. VFD Rulman Arızası.....	80
g. Topraklama	81
10. ONARIM VE DEĞİŞTİRME?	82
11. YÜKSEK VERİMLİLİK GÜÇLENDİRMESİ	83
a. Motoru Yeniden Boyutlandırma	83
b. Hız Ayarlamaları.....	83
c. Yük Ayarlamaları	83
d. Güç Faktörü (%PF).....	83
12. ÖNERİLEN WEB BAĞLANTILARI	84
13. KAYNAKÇA	85

1. GİRİŞ

Elektrik motorunun olmadığı bir dünyayı hayal edemiyorum. Bir kuvars saatinde bulunan en küçük motordan, bir gemiye güç sağlayan bir milyon beygir gücüne sahip motora kadar, motorlar birçok farklı uygulamada kullanılmaktadır. Aralarından seçim yapabileceğiniz çok sayıda motor tipi vardır. Her bir tipin kendine özgü benzersiz özelliklerinin olması, bir motor tipini diğerinden daha iyi bir seçenek haline getirebilir.

Bu kılavuz, gelişmiş motor teknolojileri de dahil olmak üzere, günümüzde var olan büyük elektrik motor tiplerine genel bir bakış sunmaktadır. Amaç okuyucuyu bir motor uzmanına haline getirmekten daha ziyade, enerji verimliliği açısından okuyucuya referans olmaktır.

Bu kılavuz hem tecrübesiz hem de deneyimli kullanıcılar için hazırlanmıştır. Bazı motor teorileri, tork ve beygir gücü hesaplanma yöntemleri gibi denklemler ile birlikte sağlanır. Bununla birlikte, okuyucular istedikleri kadar da derinlemesine inceleme fırsatı bulabilirler bu kılavuzda.

Bu kılavuzda yer alan konular arasında **temel teori, motor tipleri, uygulamalar ve kontrol ekipmanları** bulunmaktadır. Kılavuzda hem doğru akım (DC) hem de alternatif akım (AC) motor tipleri sunulmaktadır. Her birinin özellikleri tipik uygulamalarla birlikte ele alınmaktadır. **Bazı motorlar, bazı uygulamalar için kötü seçimler olarak dikkat çekmektedir.**

Doğru motor bakımı, uzun vadeli güvenilirlik ve performans sağlamak için gereklidir. Motor verimliliği çok önemlidir ve bu da kılavuzda özellikle vurgulanmaktadır.

Yüksek kullanımlı motorlar birçoğunda ömür boyu enerji maliyetleri, sıfır motor satın alma fiyatını aşmaktadır. Bazı motorlar yerine enerji verimliliği yüksek motorları satın almak maliyetlerdeki ufak artışlar açısından kolaylıkla daha uygun görülebilir. Basit bir takım algılama aletlerini kullanarak, okuyucu arızalı bir motoru onarmak yerine, yenisini temin etmenin daha uygun olup olmadığına nasıl karar vereceğini öğrenecek.

Son olarak, motorlarla ilgili en yeni web sitelerinin bağlantıları bu kılavuzun sonuna eklenmiştir.

2. MOTOR SINIFLANDIRMASI

Elektrik motoru, elektrik enerjisini kinetik enerjiye (yani harekete) çeviren bir cihazdır. Bu kılavuzda açıklanan çoğu motor tek bir ekseninde döner, ancak lineer olarak hareket eden özel motorlar da vardır.

Tüm motorlar alternatif akım (AC) veya doğru akım (DC) olmakla birlikte, bir kaçı da her ikisinde de çalışabilir (Bkz. Şekil 2-1).

Aşağıda bugün kullanılan en yaygın motorlar listelenmiştir. Her motor tipi, belirli uygulamalara uygun hale getiren kendine özgü özelliklere sahiptir.

Alternatif Akım (AC) Motorlar

AC motorlar 3 fazlı veya tek fazlıdır. 3 fazlı AC indüksiyon motorları, endüstriyel ve ticari uygulamalarda en yaygın kullanılan motorlardır.

Bunlar iki alt kategoriye ayrılır:

- **Sincap kafes motorları**
- **Sargı rotorlu motorlar**

3 fazlı senkron motorlar genelde büyük endüstriyel uygulamalarda veya tam hızın gerektiği yerlerde kullanılır.

Tek fazlı asenkron motorlar, üç fazlı güç mevcut değilken kullanılır; genel olarak konut, ticari ve tarımsal uygulamalarda kullanılır.

Ayrıca 1 beygir gücünün (HP) altında güç gereksinimleri olan uygulamalarda da kullanılırlar.

Ana alt kategoriler şunları içerir:

- Ayrık fazlı
- Kapasitör çalıştırılmalı
- Kapasitör başlatmalı
- Kapasitör başlatmalı - kapasitör çalıştırılmalı
- Gölgeleme kutup motoru
- Evrensel motorlar

Evrensel motorlar **çoğunlukla AC güçle çalışır**, ancak **DC güçle de çalışabilirler**.

DC motorlar genellikle hassas hız kontrolünün gerekli olduğu uygulamalarda kullanılır. Bunlar motorlar üç alt kategoriye ayrılır:

- **Seri,**
- **Paralel**
- **Bileşik**

Son Yıllarda **ileri düzey motorlar** geliştirildi, bunların birçoğu geleneksel motor sınıflandırmasını dışındadır. Genellikle OEM uygulamalarında kullanılırlar.

Örnekler:

- Elektronik Komütasyonlu
- Anahtarlmalı Relüktanslı Motorlar

3. ÇALIŞMA İLKELERİ

a. Başlıca Motor Parçaları:

Tüm motorların iki temel parçası vardır:

- **Stator** (sabit parça)
- **Rotor** (dönen parça)

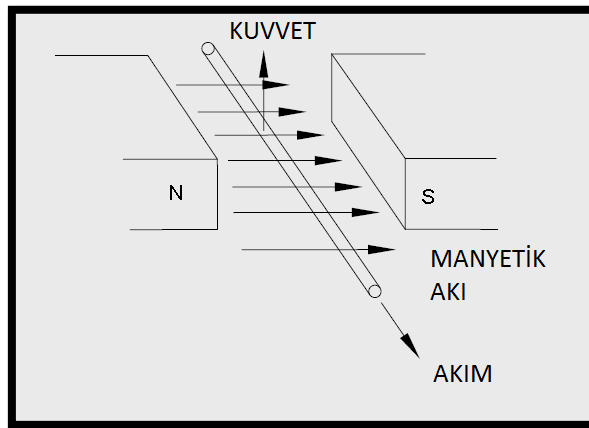
Bu iki komponentin tasarımı ve üretimi, motorun sınıflandırılmasını ve özelliklerini belirler. İlave bileşenler de (örneğin **fırçalar, kayma halkaları, rulmanlar, fanlar, kondansatörler, santrifüj anahtarları** vb.) belirli bir motor türüne özgü olabilir.

b. Çalıştırma

Bu kılavuzda anlatılan motorlar **elektromanyetizma prensibi** ile çalışırlar. Elektrostatik ve Piezoelektrik ilkeler üzerinde çalışan başka motorlar da vardır, ancak bunlar çok yaygın değildir.

Elektrik motorlarında, kuvvetin büyüklüğü; doğrudan manyetik alanın mukavemeti ve iletken üzerinden akan akım miktarı ile değişir.

Manyetik alanda bulunan bir iletken üzerindeki kuvvet:



$$F=ILB;$$

F: Kuvvet (Newton),

I: Akım (Amper),

L: Uzunluk (metre),

B: Manyetik Akı (weber/m²)

Genel olarak, bir elektrik motorunun rotoru, stator tarafından oluşturulan bir manyetik alana içindedir. Manyetik alan rotor içinde bir akım oluşturur ve stator ve rotordaki manyetik alanların neden olduğu sonuç kuvvetin döndürmesine (dolayısıyla tork oluşumuna) neden olur.

c. Motor Gücü ve Tork (Moment)

Elektrik motorlarındaki etiket plakası, beygir veya mekanik güç (kilowatt) oranını gösterir.

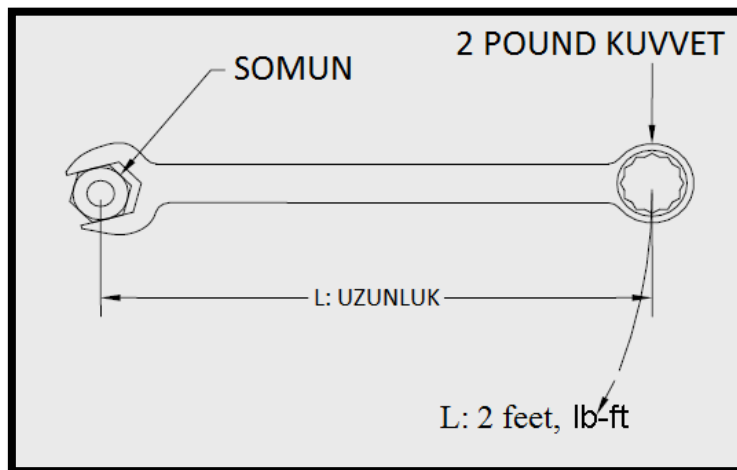
$$\text{Beygir Gücü} = \text{Kilowatt değeri} / 0,746$$

Mekanik güç çıkışını belirleyen iki önemli faktör **tork** ve **hız**dır. Tork; dönme eğilimi gösteren bir kuvvet ölçüsüdür. Genellikle pound-feet veya Newton-metre cinsinden ifade edilir.

Tork kavramını daha iyi anlamak istiyorsanız, bir somunu çıkarmak için kullanılan büyük tek ayaklı bir İngiliz anahtarını kullanabilirsiniz. Bu anahtarı sonuna 2 kilo kuvvet uygularsanız, tork 2 pound-feet olur. Somun dönmeye başlayıncaya kadar hiçbir iş yapılmıyordur. Somun aslında dönmeye başladığında, iş yapılır yani dönme momenti oluşmuşsa.

Aynı kuvvetin İngiliz anahtarına uygulanmaya devam edileceği varsayıldığında, **güç esasen, uygulanan torkun kat ettiği dönme hızıdır.**

Tork örneği;



Motor hızı genelde **devir bölü dakika (RPM)** ile gösterilir.

Motor beygir gücü ise, motorun dönme hızı ile torkun çarpımı olarak tanımlanır.

Beygir Gücü: $(\text{Hız} \times \text{Tork}) / 5.252$

Motor ne kadar yavaş çalışırsa, aynı güç çıkışını sağlamak için daha fazla tork üretmesi gerekir. Daha yüksek torka dayanabilmeleri içinse, düşük hız motorlarının daha güçlü bileşenlere sahip olması gerekir ve genellikle aynı güçteki yüksek hız motorlarından daha büyük, ağır ve daha pahalıdır.

Bazen beygir gücü ile birlikte tork ve hız kavramları birbiriyle karıştırılır. Aradaki farkı anlayabilmek için, bir otomobilin başlatma motorunu düşünün.

Bu özel motor, yüksek tork üretmek için nispeten daha düşük beygir gücüne sahip olarak tasarlanmıştır.

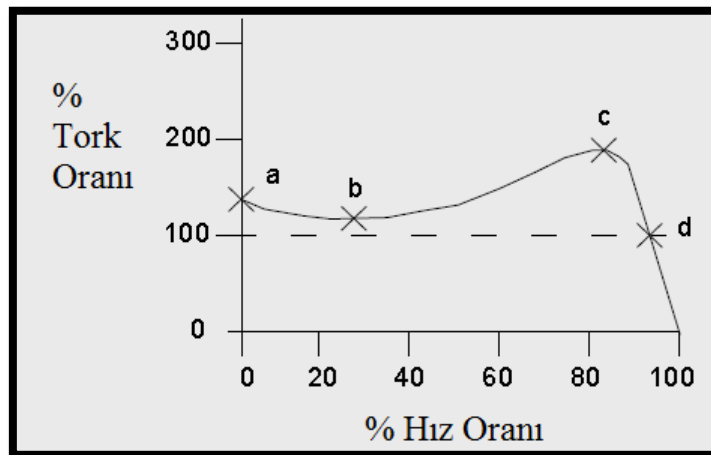
Tek amacı, başlatmayı sağlamak için yavaş yavaş otomobil motorunu çevirmektir. Aksine, küçük bir fandaki motor yüksek hızda döner ancak kolayca durdurulur. İkinci motor düşük tork üretir.

Son bir örnek vermek gerekirse, 3 beygir gücündeki masaüstü testere motorunu düşünün. Bir parça ahşabın kesme bıçağına itilmesi motoru yavaşlatmaz. Çünkü uygulama esnasında motor hem hız hem de torku birleştirir.

d. Motorların Tork-Hız Özellikleri:

Bir motor tarafından üretilen tork, tipik olarak hızla değişir. Her motor tipi kendi tork hız ilişkisine sahiptir ve bu da tork / hız olarak çizildiğinde motor seçiminin yardımcı olur.

Tork-Hız Grafiği:



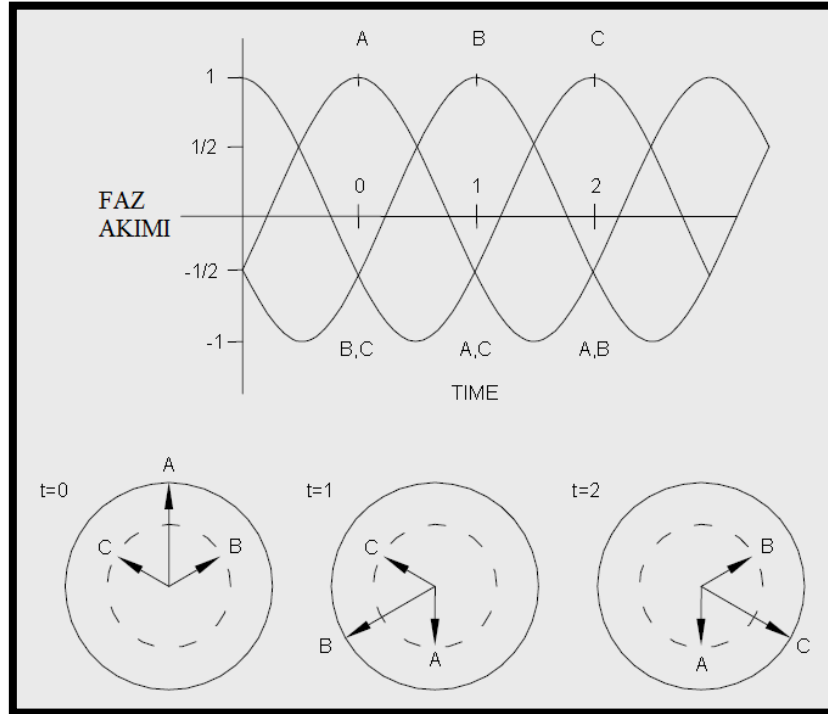
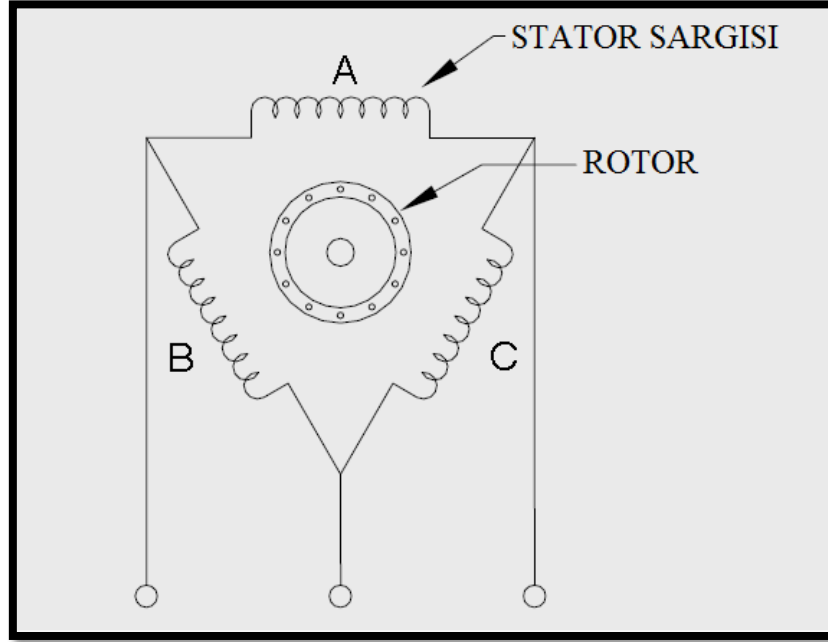
Bir tork-hız grafiğinde bulunan bazı önemli noktalar şunlardır:

- **Başlangıç torku** - sıfır hızında üretilen torktur. Motor, başlatılması zor bir yükü (yüksek bir atalet yükünü) çevirmesi gerekiyorsa, yüksek bir başlatma momenti olan bir motor seçilmelidir.
- **Çekme torku** - durma noktasında çalışma hızının ivmelenmesi sırasında üretilen minimum torktur. Bu, çalışma seviyesi noktasına ulaşmadan önce bazı geçici engelleri aşmak için gereken bir uygulama için kritiktir.
- **Arıza torku** - durma gerçekleşmeden önce motorun üretebileceği maksimum torktur.
- **Tam yük torku (frenleme momenti)** - motorun nominal çıkışını veren tam yük hızında üretilen torktur. Bu noktada hızxtork değeri motor etiket plakasındaki beygir gücü değerine eşittir.

4. AC MOTORLAR

Tüm AC motorların ortak özelliği; sabit sargılar tarafından üretilen dönen bir manyetik alana sahip olmasıdır.

Bu kavram üç fazlı motorlar için rotor etrafında eşit şekilde yerleştirilen üç bobin ile sağlanır. Her bobin üç fazlı bir güç kaynağının ayrı bir fazına bağlanır.



Her bir bobin üzerindeki akım, zamanla sinüsoidal olarak değişir; her bobin arasında 120 derece faz farkı söz konusudur. Bu, B Bobinindeki akımın A'daki gücü 1/3 oranında geciktirdiği ve C bobinindeki akımında B'deki gücü 1/3 oranında geciktirdiği anlamına gelir.

Rotor, üç bobin tarafından oluşturulan ve dönen net manyetik alanı sayesinde motorun tahrik milinde tork oluşturur. Bu alan, motora bağlı fazların sırasına bağlı olarak saat yönünde veya saat yönünün tersine dönmeyi sağlar.

3 fazlı bir motorun yönünü, üç iletkenin ikisinin bağlantı sırasını değiştirerek kolayca tersine çevirmek mümkündür.

Dönen alanın hızı statordaki manyetik kutup sayısına bağlıdır ve senkron hız olarak ifade edilir. Dönen alanın hızı statordaki manyetik kutup sayısına bağlıdır ve senkron hız olarak da ifade edilir.

Senkron hız = (120xfrekans)/kutup sayısı

Frekans, güç kaynağı frekansını ifade eder. (50hz yada 60hz)

Manyetik kutup sayısı (veya sadece kutup sayısı) AC motorlarda hızı etkileyen başlıca aktörüdür.

a. 3 Fazlı İndüksiyon Motorları:

Bir indüksiyon motorunun rotoru, eşzamanlı hızda veya statorun manyetik alanının hızında dönmez, ancak biraz geride kalır.

Bu gecikme genellikle "**kayma**" olarak adlandırılan senkron hızın bir yüzdesi olarak ifade edilir.

Motor kayması, statorun manyetik alanı ile rotor içinde akan indüklenen akımların oluşturduğu manyetik alan arasındaki etkileşimin sonucudur. Rotor çubukları, manyetik alan çizgilerini keserek faydalı tork üretir. Yük arttıkça motor yavaşlarken (yani kayma artar) daha fazla tork meydana gelir.

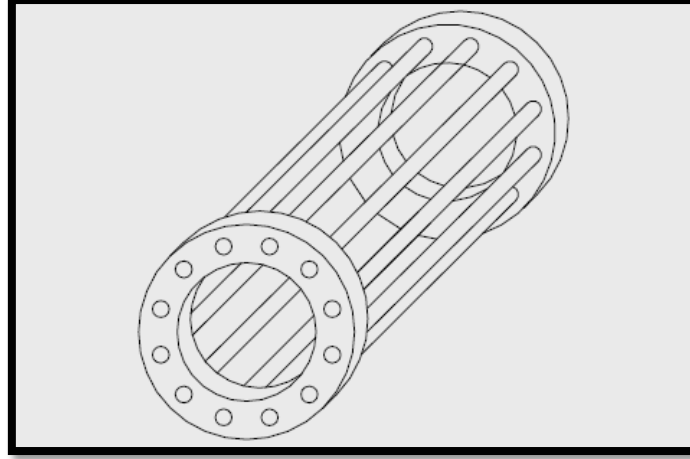
Kayma = [(Senkron hız - Çalışma hızı)/Senkron hız]x100

3 fazlı indüksiyon motorları çok sağlam ve güvenilirdir ve kullanılan en yaygın motor türüdür.

b. Sincap Kafes Motorları:

Bir sincap kafes motorunun rotoru; şafta paralel uzanan ve fiziksel olarak desteklendiği uç halkalar tarafından kısa devre yapacak şekilde yerleştirilen iletken çubuklardan oluşmaktadır.

Sincap Kafes:



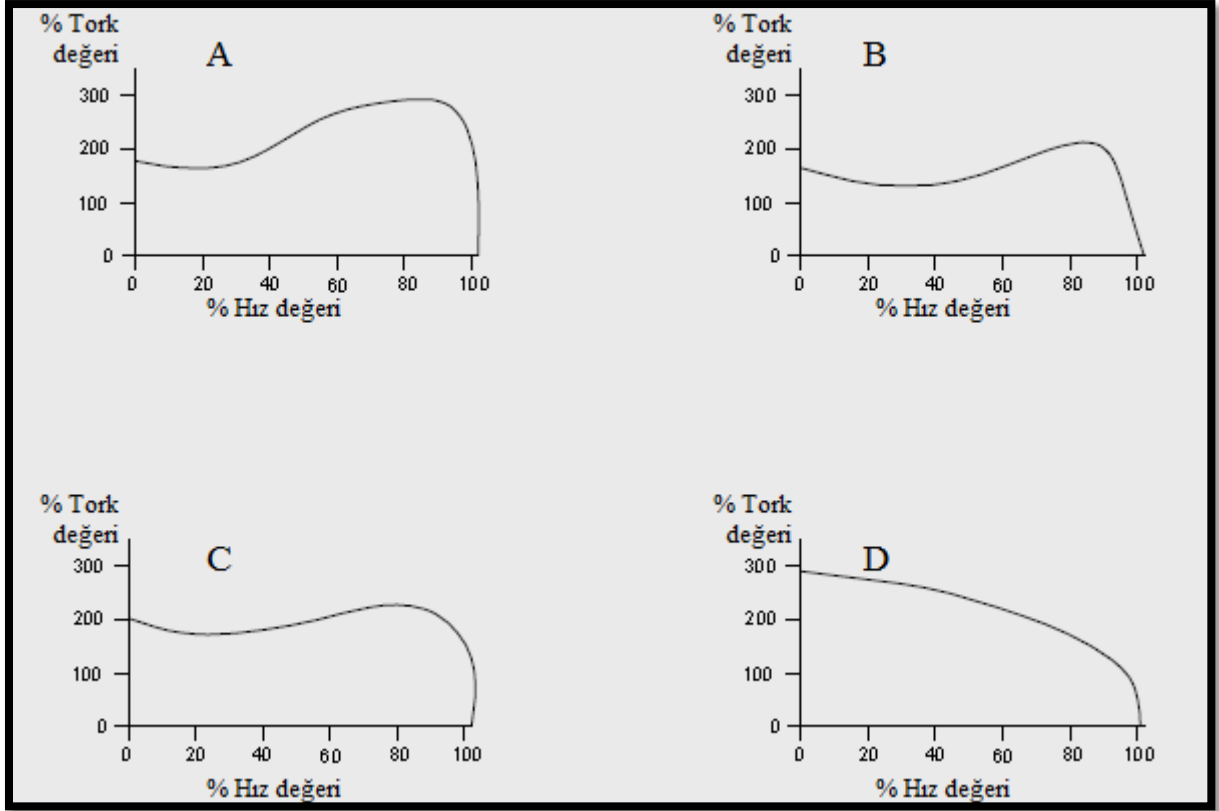
İletken çubuk barların **boyutu, şekli ve direnci**, moment hızı özelliklerini önemli derecede etkiler. Bir rotorun barında veya uç halka bağlantısında bir kopukluk, yüksek frekanslı titreşimlere ve hatta motor arızası gibi daha ciddi bir soruna neden olabilir.

Motor seçimini kolaylaştırmak için, **NEMA** (Ulusal Elektrik Üreticileri Birliği) tarafından, sincap kafes motorlarının standart tork-hız özelliklerini 200 HP'ye kadar tanımlamak için A, B, C ve D harfleri belirlenmiştir.

Sincap Kafes NEMA Tasarım Özellikleri:

Tasarım Tipi	Başlangıç Torku	Başlangıç Akımı	Bozulma Torku	Tam Yük Kayma	Tipik Uygulamalar
A (Nadiren kullanılır)	Normal	Yüksek	Yüksek	<5%	Mekanik Aletler, Fanlar ve Pompalar
B	Normal	Normal	Normal	<5%	Mekanik Aletler, Fanlar ve Pompalar
C	Yüksek	Normal	Düşük	<5%	Kompressörler, Kırıcılar ve Konveyörler
D	Çok Yüksek	Düşük	n/a	>5%	Zımba Presleri ve Yük Asansörleri

A, B, C, D Motor Tasarımlarının Tork-Hız Grafikleri:



B motor tasarımı en yaygın olandır ve motor uygulamalarının çoğuna uygundur.

A motor tasarımı yüksek başlatma akımından dolayı günümüzde genellikle belirtilmez, bunun yerini B tasarım motorları almıştır.

Motorları ayrıca **genel, kesin veya özel amaçlı** olmak üzere sınıflandırabiliriz.

Genel amaçlı bir motor, Ulusal Elektrik Üreticileri Birliği (NEMA) Standart Yayın MG1-1993, paragraf 14.02'de belirtildiği gibi standart olarak tasarlanmış herhangi bir motordur.

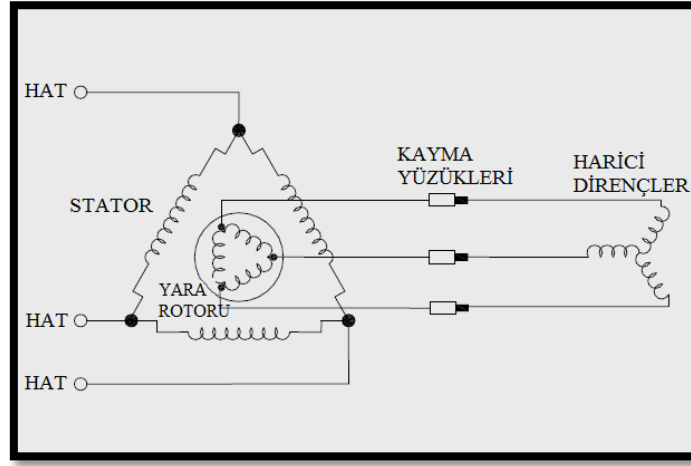
Kesin amaçlı motor, NEMA Standart Yayın MG1-1993'te belirtildiği gibi normal çalışma karakteristiklerine sahip standart değerlerde veya normal çalışma koşullarında kullanılmak üzere standart mekanik yapıda tasarlanmış herhangi bir motordur.

Özel amaçlı motor ise, belirli bir uygulama için tasarlanmış özel çalışma özellikleri veya özel mekanik yapıya sahip (veya her ikisi de) herhangi bir motordur (genel amaçlı motor veya kesin amaçlı motor hariç). 500 beygir gücü üzerindeki motorlar genellikle genel amaçlı olmaktan ziyade özel amaçlı olarak düşünülür ve özel uygulamalar için tasarlanmışlardır.

c. Sargı Rotorlu İndüksiyon Motorları:

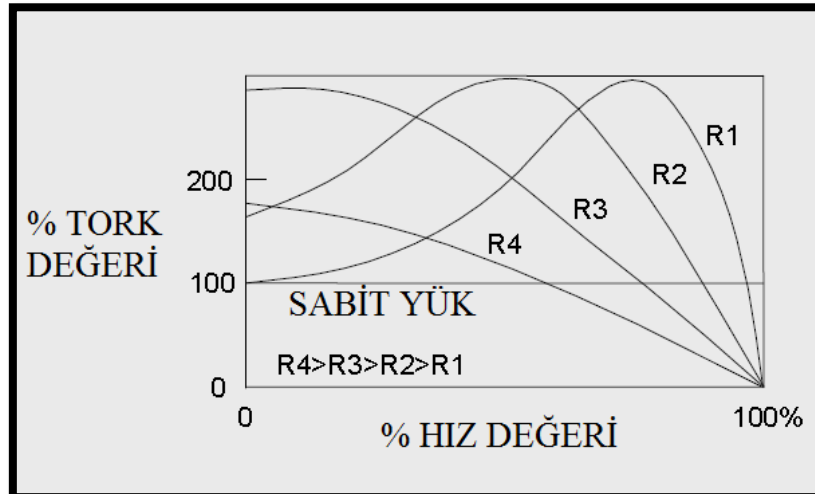
Sargı rotorlu indüksiyon motoru, sincap kafes motoru ile aynı prensipte çalışır, ancak rotor yapısında farklılık söz konusudur. Rotorda bara çubukları yerine, şaft üzerindeki kayma halkalarında sonlanan sargılardan oluşur.

Bu tip motorlar, yüksek bir çalıştırma torkunun gerekli olduğu özel uygulamalarda kullanılır. Kayma halkaları vasıtasıyla rotor devresine **harici direnç bağlanması** motorun tork-hız karakteristiklerinde değişikliklere izin verir. Çalıştırıldıktan sonra, kayma halkaları birlikte kısaltılır. Dış bağlantıyı kısaltmak, sincap kafes motorlarına benzer şekilde çalışır.



Rotor devresine harici direnç ekleyerek yaklaşık 5:1 oranında hız aralığı değişimi elde edilebilir.

Çeşitli Dış Dirençler İçin Sargı Rotorlu Tork-Hız Grafiği:



Sargı rotorlu motorun üretebileceği **azami tork**, rotor tasarımına göre değişir, ancak bu torkun değişim hızı harici rotor direncine bağlıdır. Her bir yara rotor tasarımı, harici rotor direncinin çeşitli değerlerine karşılık gelen **bir tork-hız eğrisi ailesine** sahiptir.

d. Tek Faz İndüksiyon Motoru:

Tek fazlı bir indüksiyon motoru çalışırken dönen bir manyetik alan meydana gelir ancak rotor dönmeye başlamadan önce stator sadece titreşen sabit bir manyetik alan oluşturur.

Dönen bir alan ve dolayısıyla bir başlatma torku üretmek için yardımcı bir başlangıç sargısı, ana stator sarımına dik açılarla yerleştirilir; böylece içinden geçen akımlar zamanla 90° (zamanın $1/4$ 'ü) kadar faz dışı kalır.

Bu, manyetik alanlar 90° aralıkla yerleştirilir. Sonuç olarak, rotor bir başlangıç torku oluşturan manyetik kutupları hizalamak ister. Başlatma sargısının fiziksel olarak yerleştirilmesi ve bunun ana sargıya olan bağlı polaritesi, motor çalışmaya başladığında sürekli olarak bir yönde dönmesine neden olur. Motor çalışmaya başladıktan sonra, yardımcı sargı genellikle devreden bir santrifüj düğmesi ile çıkarılır.

Arızalı bir başlatma sargı devresi; düşük bir sersemletme sesi çıkaran ve elle hafif bir döndürme yaparak her iki yönde başlayacak bir motora neden olacaktır.

Tek fazlı asenkron motorlar, üç fazlı gücün olmadığı uygulamalarda kullanılır ve genellikle 10 beygir gücünde fraksiyonel beygir gücü içindir.

10 beygir gücünden daha büyük tek fazlı motorlar mümkündür lakin çok yüksek olacak olan başlangıç akımlarını sınırlamak için genellikle güç elektroniği kartları kullanılır.

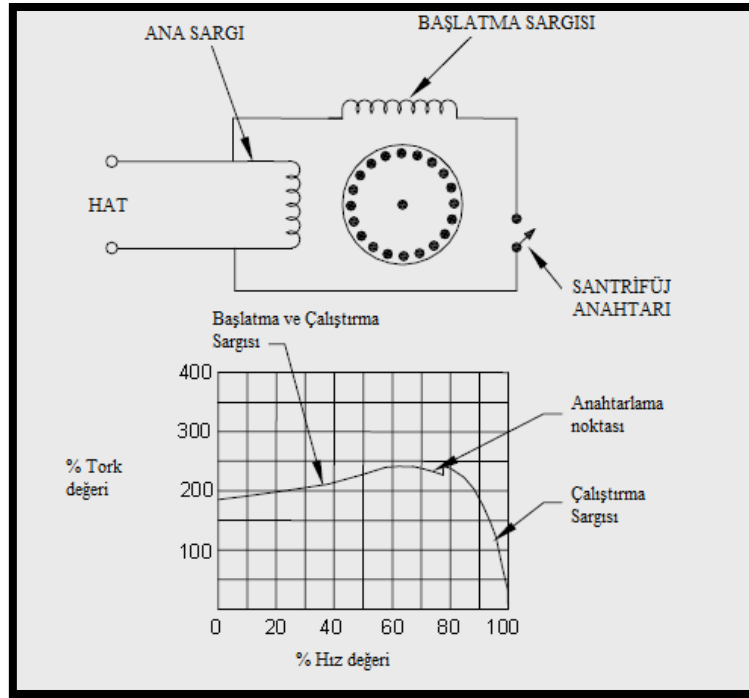
AC Tek Fazlı İndüksiyon Motorları:

Motor Tipi	Başlatma Torku	Verimlilik	Uygulama
Gölgeli kutup	Düşük	Düşük	Direk Sürücülü Fanlar
Ayrık Faz	Düşük	Orta	Direk Sürücülü Fanlar, Santrifüj Pompalar, Hava ve Soğutma Kompresörleri
	Orta	Orta	Kemerli Fanlar, Hava ve Soğutma Kompresörleri, Büyük Aletler
Kapasitör Başlatma	Orta	Orta	Kemerli Fanlar, Kompresörler, Santrifüj Pompalar, Sanayi, Çiftlik, Büyük Aletler, Ticari Aletler, İş Ekipmanları
	Yüksek	Orta	Pozitif Yerdeğiştirmeli Pompalar, Hava ve Soğutma Kompresörleri
Kapasitör Başlatma / Çalıştırma	Orta	Yüksek	Kemerli Fanlar, Santrifüj Pompalar
	Yüksek	Yüksek	Kemerli Fanlar, Kompresörler, Santrifüj Pompalar, Sanayi, Çiftlik, Büyük Aletler, Ticari Aletler, İş Ekipmanları
Kalıcı Ayrık Kapasitör	Düşük	Yüksek	Direk Sürücülü Fanlar, Soğutma Kompresörleri, İş Ekipmanları

e. Ayrık Faz Motoru:

Ayrık fazlı motorlar, başlatmak için gerekli olan faz farkını üretmek amacıyla ana stator bobininden farklı bir direnç / reaktans oranı olan bir başlangıç sargısı kullanılır.

Faz farkı arzu edilen 90° değildir ve manyetik alanlar eşit değildir. Bu, diğer motor tasarımlarına göre daha düşük bir kalkış torku ile sonuçlanır.



Bununla birlikte, ayrı faz motorunun çalışma torku; soğutmalı sirkülasyon fanları ve bazı elektrikli aletler (örneğin matkap presi) gibi birçok uygulama için yeterlidir.

Bu tür motorları üretmek ucuzdur ve bu nedenle OEM ürünlerinden en çok tercih edilenidir. Tipik boyutları yaklaşık 1/2 beygir gücündedir.

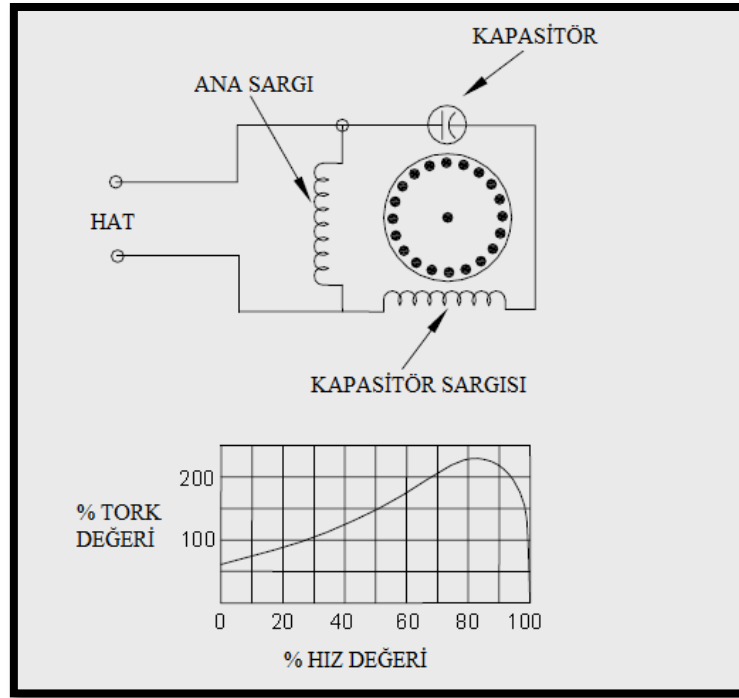
f. Kapasitör Motorları:

Birçok tek fazlı motorda, başlatmak için **manyetik alan faz farkını optimize etmek** için stator sargılarından biriyle **seri bir kapasitör** kullanılır. Bu kapasitif akım voltajını 90°'ye çıkarır. Kapasitansın eklenmesi, bir sargıda diğerine göre faz kaymasına neden olur. Sonuç, bir ayrı faz motorunun üretebileceğinden daha yüksek bir başlatma torku elde edilir.

1. Kapasitör Çalıştırma Motoru

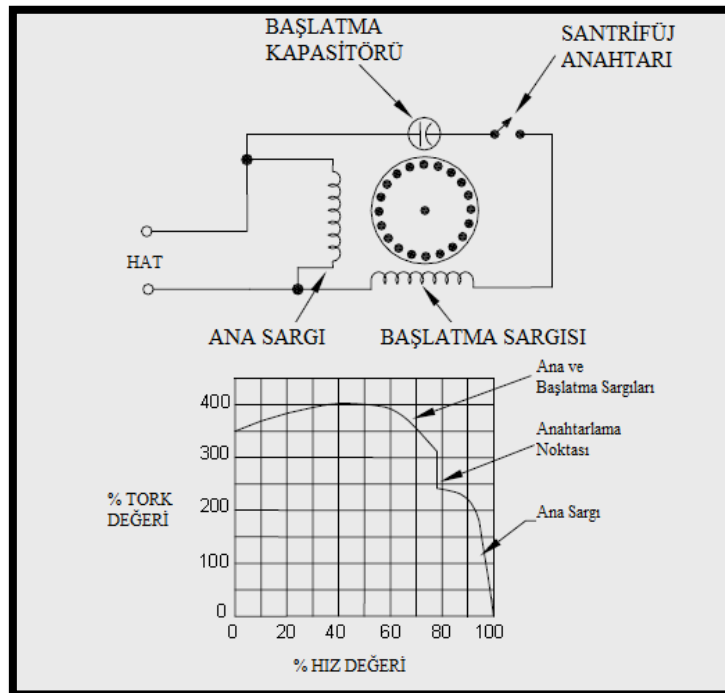
Kapasitör çalıştırma motorları; iyi bir başlatma torku ve iyi çalışan özellikleri sağlamak için, başlatma sargılarından biriyle seri olarak bağlı bir kapasitör kullanır. Bu tasarım, kondansatör anahtarlama sistemleri içeren diğer kondansatör motorlarından daha düşük maliyette sahiptir.

Bu motorlar, ayrı faz motoruna göre daha iyi başlangıç torku ve çalışma karakteristikleri elde etmekte ve bazen **daimi dairesel kapasitör (PSC) motorlar** olarak adlandırılmaktadır.



2. Kapasitör Başlatma Motoru

Kapasitör başlatma motorlarında, başlangıç sargısı ile seri bağlanmış bir kapasitör başlangıç torkunu maksimize edecek şekilde boyutlandırılır.



Motor çalışma hızına ulaştığında; başlatma sargısı, bir santrifüj anahtarı veya elektronik röle vasıtasıyla devreden çıkarılır. Çalıştırma performansı, bir ayırık faz motoruna benzer şekilde, başlatma torku kapasitör çalıştırma motorlarından daha yüksektir.

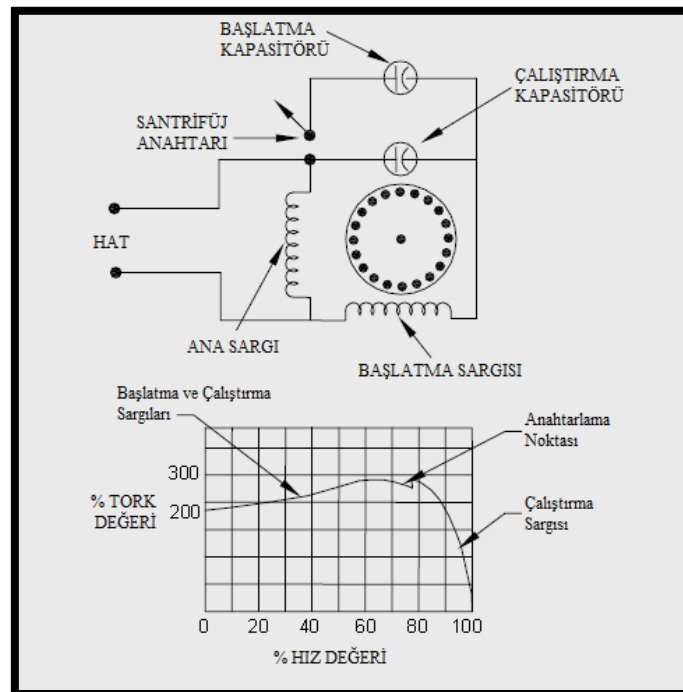
3. Kapasitör Başlatma-Çalıştırma Motorları

Bu tasarımda, ana stator sargısı ile seri çalışma karakteristikleri için optimize edilmiş bir kapasitör kullanılır. Başlatma sargısı ile seri olan ikinci bir kapasitör başlatma torkunu optimize edilmiş olur. Başlatma kapasitörü, çalışma hızına ulaştıktan sonra devreden çıkarılır.

Bazen kapasitör arıza yapabilir ve motor çalışmaz. Basit bir test ile, kapasitörü çıkarın ve bir ohmmetre ile kontrol edin.

Mümkünse en yüksek ohm ölçüğüne ayarlayın. **Terminallere temas ettiğinizde, ohm değeri hızla düşmeli ve daha sonra yavaşlamalı ve tekrar yükselmelidir.**

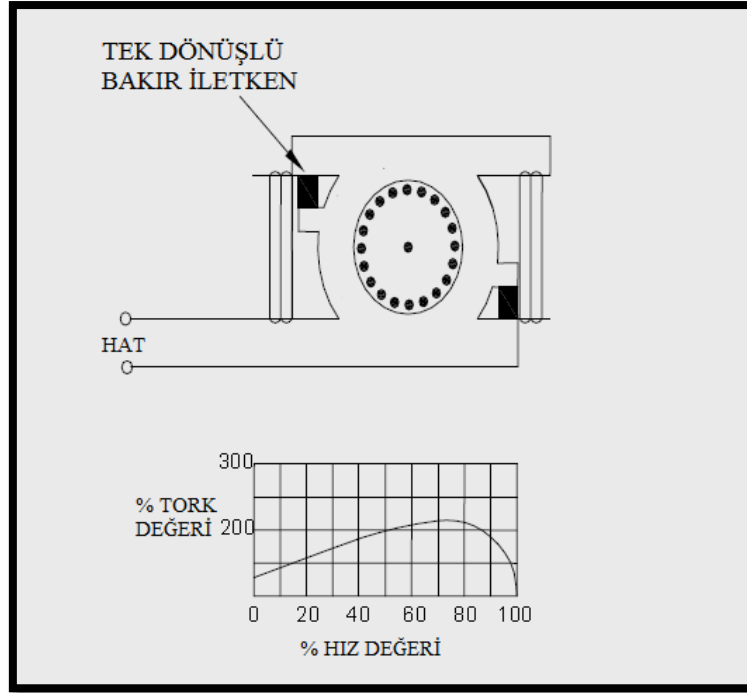
Bu, kapasitörün çalışır durumda olması gerektiği anlamına gelir. Bununla birlikte, ohm değeri; **çok hızlı şekilde sıfıra yakın bir değere düşerse**, kapasitör **kısa devre** yapmıştır. **Değer çok yüksekte kalırsa**, kapasitör **açık devrededir**. Eşit değerde yeni bir kapasitör takılması sorunu giderecektir.



Hem başlatma torku hem de çalıştırma karakteristikleri optimize edilmiştir.

g. Gölge Kutup Motorları:

Gölge kutup motoru, tek fazlı motorların en basit şeklidir ve maliyeti çok düşüktür. Kutup yapısının bir kısmından manyetik akı oluşumu geciktirilerek dönen bir alan meydana getirilir.



h. Senkron Motorlar:

Senkron motorlar, rotor üzerindeki sabit pozisyonlarda manyetik kutuplar üretir.

Bu kutuplar, statorun dönen alanına kilitlenir ve rotoru 50Hz yada 60Hz besleme frekansında **senkron hızda** döndürür.

Senkron motorun hızını belirlemenin basit bir yolu 3600'u kutup sayısının yarısına bölmektir veya örnek vermek gerekirse bir 2 kutuplu makine 3600 rpm, 4 kutuplu 1800 rpm ve 6 kutuplu 1200 rpm, de dönecektir.

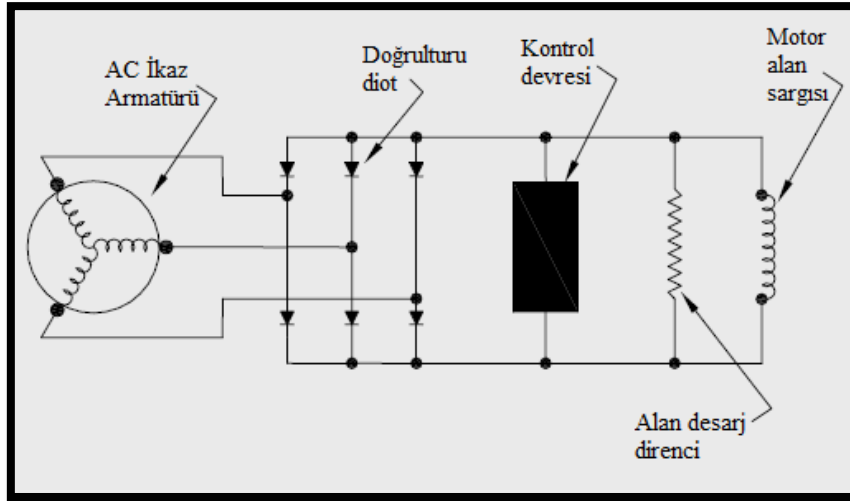
Senkron motorlar, indüksiyon motorlarından çok daha pahalıdır. Bunların kullanımı tipik olarak **üniforma hızının mutlak olarak gerekli olduğu yerlerde** ve **motor kaymasına tolerans gösterilemeyen uygulamalar** ile sınırlıdır.

Çeşitli tiplerde tek ve üç fazlı senkron motorlar vardır.

1. İkaz Rotorlu Senkron Motor

Rotor üzerindeki manyetik kutuplar, sabit bir harici DC güç kaynağından gelen kayma halkaları veya rotor şaftına monte edilmiş bir alternatör (fırçasız tip) tarafından doğrudan verilen akımla beslenen elektromıknatıslardır.

Fırçasız Senkron Motor İkazı:



Uyarma(ikaz) miktarı, fırçalı motor üzerindeki rotor akımını veya fırçasız tipteki alternatör alanının uyartımını değiştirmek suretiyle ayarlanabilir.

Rotor uyarmı(ikaz) seviyesinin değiştirilmesi motorun güç faktörünü değiştirir.

Motor, **gecikmeli bir güç faktörü** (düşük ikaz) veya **önde gelen bir güç faktörü** (yüksek ikaz) ile çalışabilir.

Bir fabrikada zayıf güç faktörünü düzeltmek için aşırı çalıştırılmış bir senkron motor kullanılabilir ve gerektiğinde ayarlanabilir.

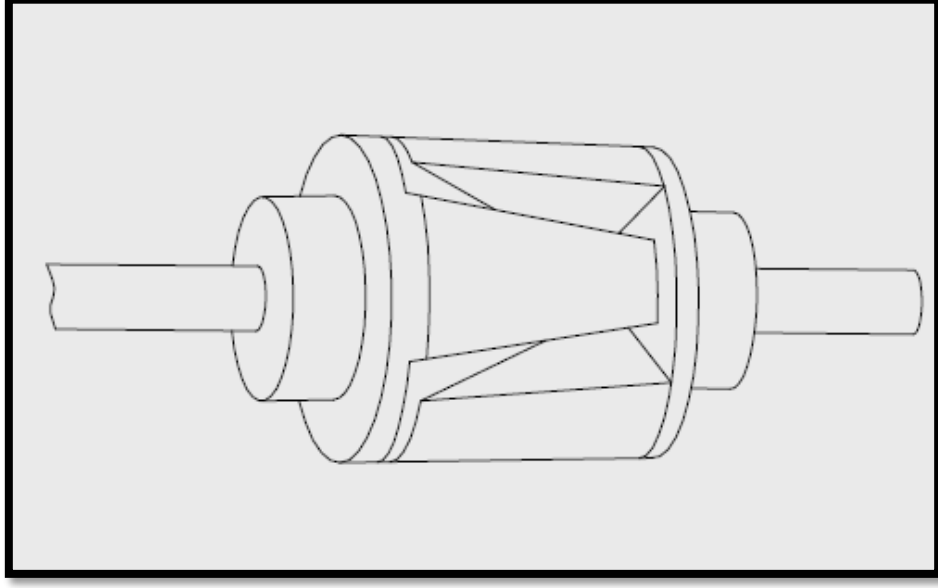
Böyle bir kurulum bazen "**senkron kondenser**" olarak adlandırılır.

2. İkazsız yada Relüktas Rotorlu Senkron Motor

Bu tasarımda, manyetik akı için sabit yolları lehine şekillendirilmiş bir demir rotor kullanılır.

Bunlar tipik olarak fraksiyonel beygir gücünden yaklaşık 30 beygir gücüne kadar değişen güçlerde olabilir.

İkazsız Senkron Motor Rotoru:



Daha küçük motorların rotorlarında daimi mıknatıslar kullanılır.

Relüktans rotorlu motorların çalışma esnasında düşük güç faktörleri vardır.

Ayrıca fiziksel olarak benzer güç oranına sahip ikazlı tip motorlardan daha büyüktürler.

3. Tek Fazlı Senkron Motorlar

Herhangi bir tek fazlı stator konfigürasyonu, bir relüktans tipi senkron motor yapmak için kullanılabilir.

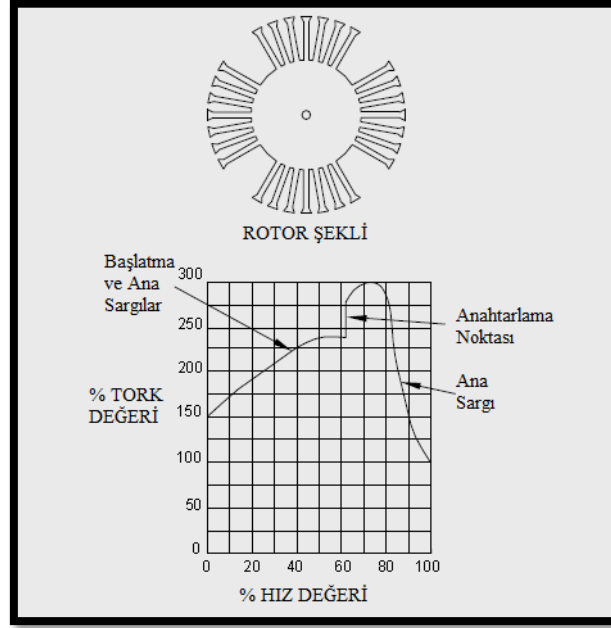
Rotor esasen bir sincap kafesdir ve bazı çubukları spesifik manyetik akı yolları lehine konumlarından çıkarılır.

Çalıştırma sırasında, rotor, bir indüksiyon motoruna benzer şekilde, dönen manyetik alan gecikir.

Motor senkron hıza yaklaştığında, relüktans torku rotorun stator alanıyla senkronize olmasına neden olur.

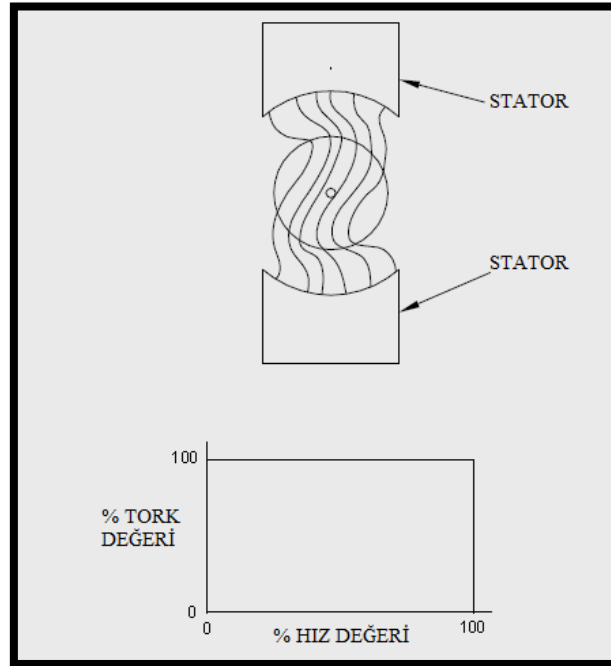
Bu tasarım, senkron hızın gerekli olduğu düşük güç gerektiren uygulamalarda kullanılır.

Tek Faz Relüktanslı Motor:



i. Histerezis Motoru:

Bir histerezis motoru için, **rotor genellikle bir manyetik olarak sert çelikten bir silindirdir ve sargısı veya dişleri yoktur.** Stator sargıları genellikle ayırık kapasitör tipindedir ve kapasitör iki fazlı çalışmaya olabildiğince uygun olacak şekilde seçilmiştir.



Rotoru oluşturan maddenin yüksek retentivitesi, manyetik yöneliminin, dönen bir manyetik alanın arkasında bir dönüşün bir kısmı tarafından geride kalmasına neden olur. Dönen alan ile rotorun manyetik polaritesi arasındaki etkileşim, rotoru durma noktasından senkronize hız ile tutarlı bir torka tabi tutmaktadır.

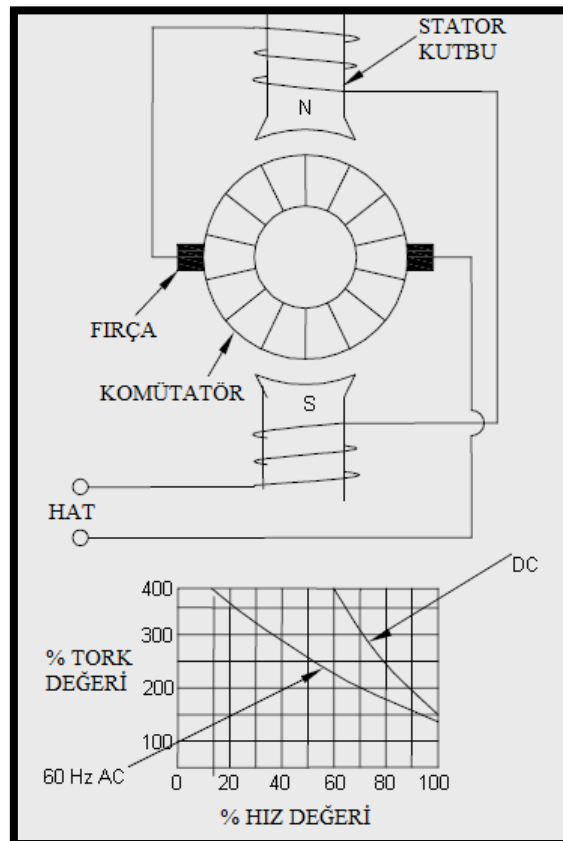
Bu tasarım yüksek atalet yüklerinin senkronize edilmesini sağlar. **Pürüzsüz rotor çevresinden dolayı çalışma genel olarak pürüzsüz ve sessizdir.**

Hysterisis motorları genellikle **saat gibi düşük güçlü uygulamalarda** kullanılır.

j. Evrensel (Çok Amaçlı) Motorlar:

Evrensel motorlar, DC motorlara benzer şekilde rotor devreleriyle seri bileziklidir. Evrensel terimi, DC veya AC gücüyle çalışabilme yeteneklerinden kaynaklanmaktadır.

Bu motorların çalışması ve yapısı; AC verimlilik için tasarlanmış bileşenlere sahip DC motorlara çok yakındır. Çalışma hızları tipik olarak 3.000 - 15.000 dev/dak arasında değişir. Yük arttıkça hız düşmektedir. Boyutuna oranla yüksek bir beygir gücü bu tasarımın karakteristiğidir. Fırça/komütatör tasarımı nedeniyle çalışma saat başına bakım gereksinimleri diğer tasarımlardan daha yüksektir.



Erişilebilir fırçalı motorlarda (tipik olarak motorun iki tarafındaki bozuk para deliği vidalı tapalar), fırça malzemesinin yeterli kalmasını sağlamak için zaman zaman fırça koşulu kontrol edilmelidir. Fırça tutacağı veya örgülü sonlandırma kablosuna yaklaştığında, aynı boyut ve fırça türüne göre değiştirilmelidir. Fırça biterse ve tutucu komütatörü tutarsa, motor çalıştırıldığında çok fazla kıvılcım oluşacaktır. Bu olursa, motoru derhal durdurun. Hasar meydana gelmiş olabilir, ancak yeni fırçalar durumu düzeltebilir.

Bu motorların yaygın kullanımı, elektrikli testereler, matkaplar, elektrikli süpürgeler ve çim biçme makineleri gibi uygulamalarıdır.

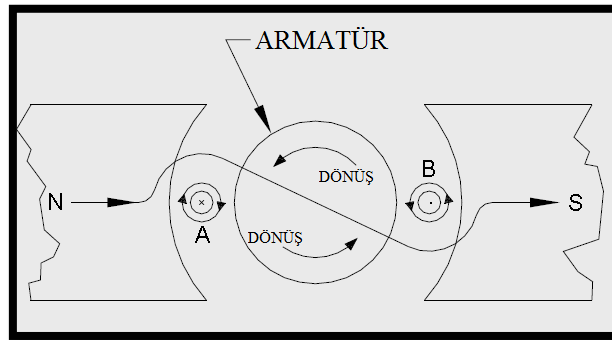
5. DC MOTORLAR

DC motorlar, bazı uygulamalar için onları daha tercih edilebilir hale getiren özelliklere sahiptir. Örneğin, çekiş gerektiren motor çalıştırma uygulamaları için düşük hızlarda çok yüksek tork sağlaması, DC motor serilerini cazip hale getirmiştir ve bunun yanında dönme hızları, besleme gerilimini değiştirerek kolayca kontrol edilebilir. Aşağıda, DC motorların tipik özelliklerini açıklayan genel açıklaması verilmiştir:

Bir DC motorun dönen kısmı (rotoru) armatür olarak adlandırılır ve sargılı rotora sahip indüksiyon motorlarındaki rotolara benzer sargılardan oluşur. Durağan kısım (stator), daimi mıknatıslar veya armatür üzerinde etki yapan alan sargılarından bir manyetik alan oluşturur.

Akım, armatür sargılarından karbon fırçaları ve bir komütatör düzeneği vasıtasıyla akar. Komütatör grubu, armatürün bir ucunda köşegenle zıt çift dikdörtgen şekilli bakır kontakların bir halkası olarak kolayca tanınabilir. Her kontak çifti, armatürde sarılmış bir bobine bağlanır. Karbon fırçaları, yaylar vasıtasıyla komütatör tertibatıyla teması sürdürür. Motor açıldığında, akım armatürdeki bir bobin sargısına bağlı bir komütatör kontağı yoluyla bir fırça vasıtasıyla akar ve çapraz karşıdan karşıya olan bir komütatör kontağı vasıtasıyla diğer karbon fırçasından dışarı akar. Bu, armatürün, stator alanının etkileşime girdiği bir mıknatıs gibi görünmesine neden olur. Armatür alanı kendisini stator alanı ile hizalamaya çalışacaktır. Bu gerçekleştiğinde tork üretilir ve armatür hafifçe hareket eder. Şu anda, ilk komütatör kontağı çifti ile bağlantı kopuk ve bir sonraki çifti karbon fırçaları ile sıraya diziyor. Bu işlem tekrarlanır ve motor dönmeye devam eder.

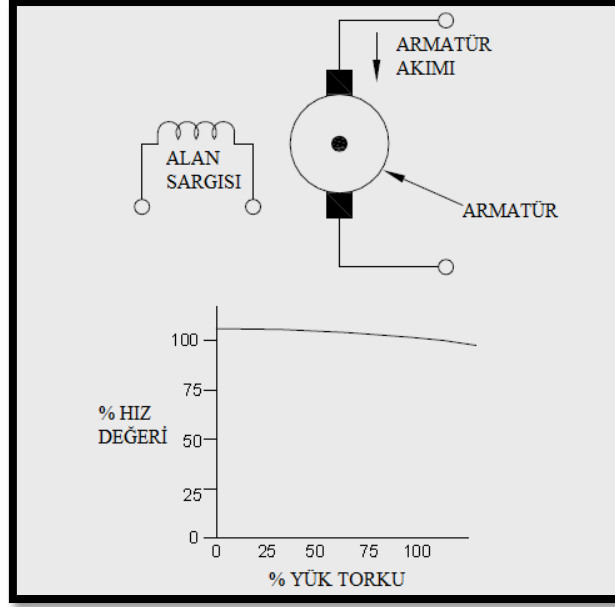
Bir DC Motorda Tork Üretimi:



a. Ayrı İkazlı DC Motor

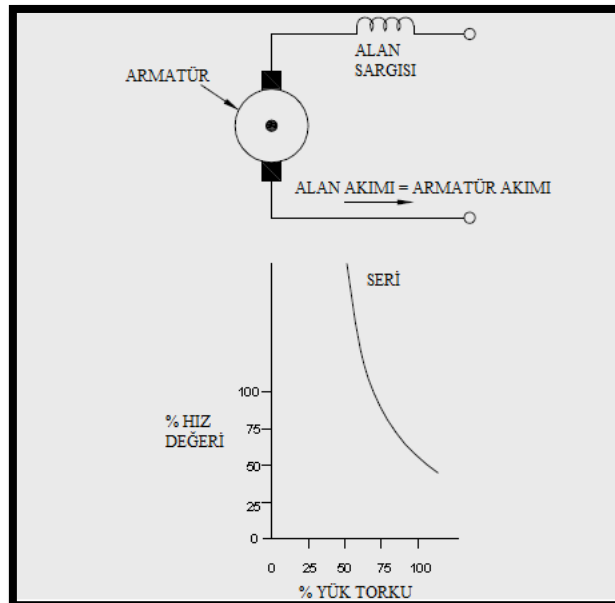
Alan (veya stator) bobini, güçlü bir stator alanı üretmek için gereken akımı en aza indirgeyen nispeten çok sayıda dönüş içerir. Ayrı bir DC güç kaynağına bağlıdır, böylece alan akımı yük veya armatür akımından bağımsız hale gelir.

Mükemmel hız ayarı, alan akımını değiştirerek hız kontrolünün sağlanması bu motor tasarımının karakteristiğidir. Aynı uyarılan DC motorlar, alan sargısındaki akım kaybolursa tehlikeli olabilecek çok yüksek hızlara (teorik olarak sonsuz büyüklükte) ulaşabilir. Bu nedenle, bu motorlar bir çeşit alan akım korumasını içermelidir.



b. Seri Alan DC Motor

Alan sargısı nispeten az sayıda dönüşe sahiptir ve armatür ile seri bağlanmıştır. Tam armatür akımı taşıdığı için, manyetik alan kuvveti yük ve armatür akımı ile artar. Bu motor tasarımı çok yüksek başlatma torkuna sahiptir ve hız ayarı zayıftır.

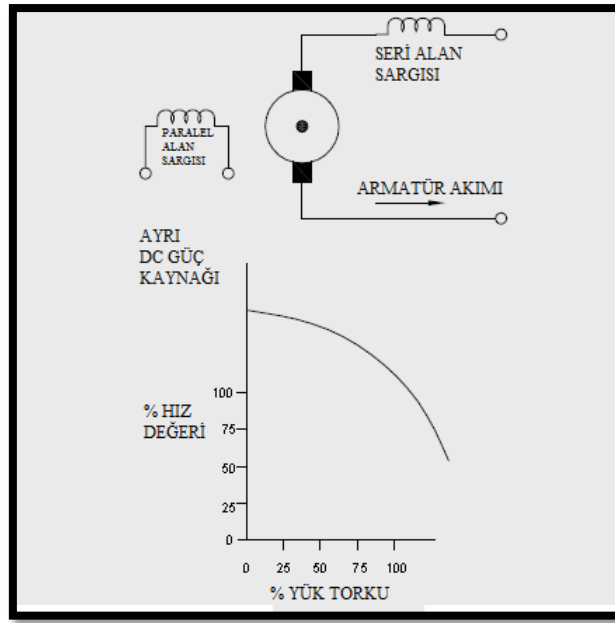


c. Bileşik DC Motor

Bileşik DC motor, genellikle alanlarının birikimli olarak eklendiği şekilde bağlanan **hem seri hem de şönt alan sargıları** kullanır.

Bu iki sargı bağlantısı, şönt(paralel) alan ve serisi alan motorlarının ara elemanlarına sahiptir.

Hız ayarı, seri alan motorunun hız ayarından daha iyidir.



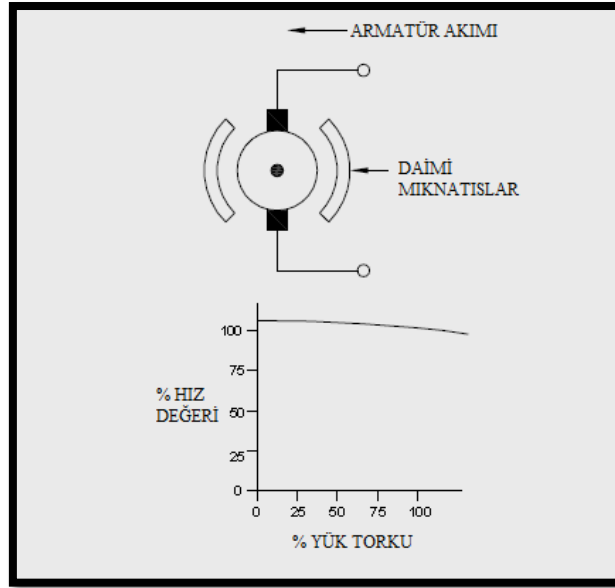
d. Daimi Mıknatıslı DC Motorlar

Bu motorlar, stator manyetik alanını oluşturmak için alan sargıları yerine kalıcı mıknatıslar kullanırlar.

Daimi mıknatıslar, motor karakteristikleri paralel alanlı DC motora benzer şekilde sabit alan kuvveti sağlar.

Daimi mıknatıslı motorlar, **düşük beygir gücü uygulamalarında**, özellikle pille çalışan motorlarda (örn. Ön cam sileceği motoru) kullanılır.

Bununla birlikte, mıknatıs teknolojisindeki son gelişmelerle daimi mıknatıslı motorlar 200 beygir gücünden daha da büyük olabilirler.

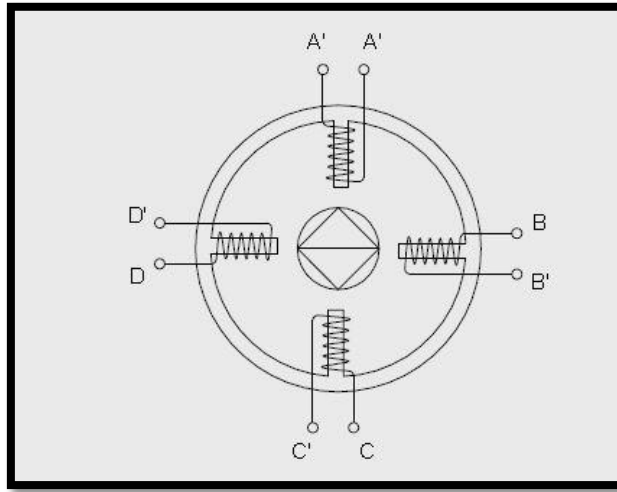


6. GELİŞMİŞ MOTORLAR

a. Elektronik Kompitasyonlu Motor (ECM):

ECM, elektronik kontrolör ile modifiye edilmiş daimi mıknatıslı bir DC motorudur.

Elektronik kontrolör, bobinlere tam zamanlı gerilimler sağlar ve zamanlama için dönüş konum sensörlerini kullanır.



Elektronik kontrolör, fan ve sürücüler gibi çok çeşitli OEM uygulamaları için motorun **tork-hız karakteristiklerini değiştirmek üzere** programlanabilir.

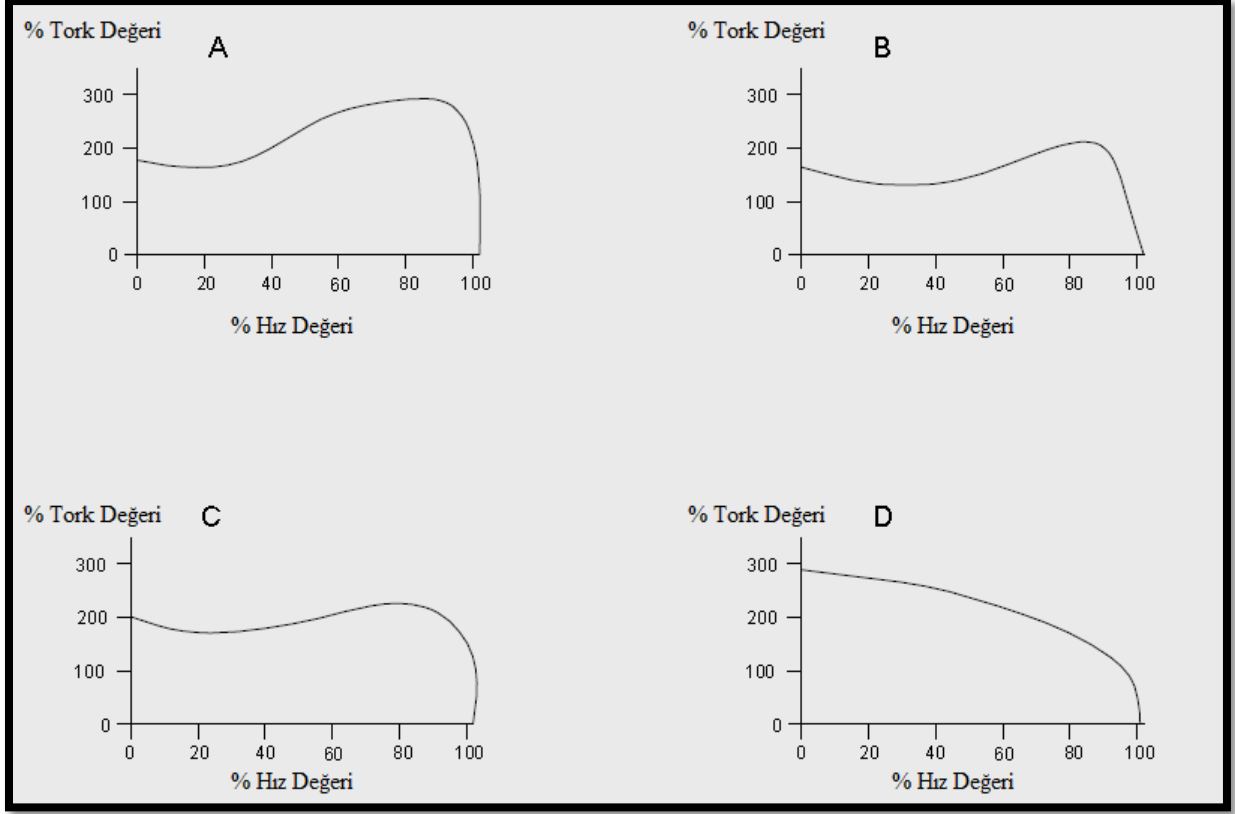
Halen alternatif motor teknolojilerinden daha pahalıya mal olmasına rağmen, bu motorların yüksek verimlilik ve esnek çalışma özellikleri ECM'leri çekici kılmaktadır.

Bir ECM temelde tüm hız ve tork kontrolleri yerleşik olan fırçasız bir DC motordur. Tipik uygulamaları arasında fanlar ve pompalar için değişken tork sürücüleri ve ticari soğutma cihazları bulunur.

Fırın fanlarında, tam yükte standart indüksiyon motoruyla karşılaştırıldığında verimliliği yüzde 20 ila 30 puan daha yüksek olabilir. Bununla birlikte, sabit hava sirkülasyonu açısından, ECM'nin standart doğrudan ikazlı üfleme motorlarına kıyasla kesin bir avantajı söz konusudur. **ECM; yarı hızda, çok hızlı bir üfleyici motorun enerjisinin % 10 kadarını tüketebilir.** ECM, çamaşır makineleri gibi ev aletleri için, üretebildiği geniş tork-hız karakteristikleri nedeniyle **mekanik transmisyonun** yerini alabilir.

b. Anahtarlama Relüktans Motoru (SRM):

Anahtarlama relüktans motorunun avantajı düşük hızda yüksek tork sağlamasının yanı sıra, çok yüksek hızlara çıkabilmesidir.



ECM'de olduğu gibi, elektronik kontrolör de bobinlere tam zamanlı gerilim sağlar ve zamanlama için dönüş konum sensörlerini kullanır.

Anahtarlama Relüktans motorları yılda birkaç yüz bin **prime çamaşır makinesi** için kullanılmaktadır.

c. Daimi Mıknatıslı Motorlar:

Alt fraksiyonelden çoklu beygir gücüne kadar değişen güçlerde yüksek verimli, değişken hızlı motorlar üretmek için yeni nesil yüksek mukavemetli manyetik malzemeler ve güç elektroniği teknolojisi kombine edildi.

Genellikle bu motorlar / kontrolörler amaca yöneliktir ve bu nedenle OEM ürünlerine dahil edilmişlerdir.

d. Diğer Gelişmiş Motorlar:

1. Yazılı Kutup Motoru:

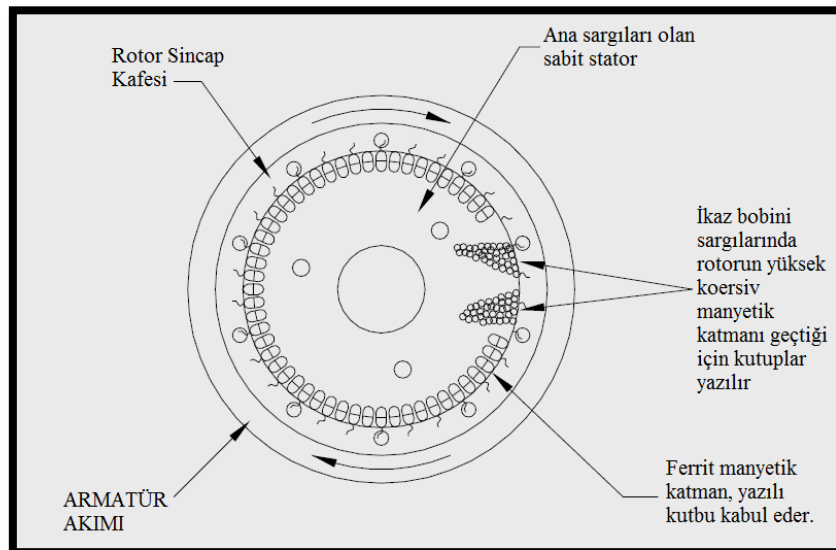
Yazılı kutuplu motorlar, motor çalışırken manyetik kutupların yerlerini değiştirebilen özel tek fazlı AC motorlardır.

Yazılı kutup motorlarında "sabit" mıknatıs kutupları, sabitleyicide bir **eksitatör kutbuyla rotor içindeki bir manyetik katmana sürekli ve anlık olarak yazılır**. Manyetik kutuplar, rotor devri değiştiğinde her devir sırasında rotor üzerinde farklı bir noktaya yazılır. Bu kutup düzenini sabit kutup/sn hızında tutar.

*Çoğu yazılı kutup motoru, , geleneksel motorların aksine iç statorunun etrafında dönen harici bir rotora sahiptir. Bu ters yapı, makinenin kısa güç bozukluklarına maruz kalmasını sağlayan **volan efekti** oluşturur. Motora monte edilmiş 3 fazlı bir jeneratör, tam yükte 15 saniyeye kadar harici yüklere güç sağlar.*

Rotorun daimi mıknatıslardan oluşması, başlatma akımını azaltır. Yazılı kutuplu motorlar, konvansiyonel asenkron motorlarda olduğu gibi, başlatma akımının yalnızca üçte birine ihtiyaç duyarlar.

Yazılı kutup motoru, güç elektroniğinden daha fazla etkilenen çok sayıda harici enerji hattı arızasına sahip aydınlatma sahasında bir pazar payı bulmuştur çünkü bunlar güç elektroniğinden çok fazla etkilenmezler.



2. Doğrusal DC Motorlar:

Doğrusal bir DC motor, dönen bir DC motor gibi, iletkenlerdeki akım etkileşimi ve kalıcı toprak mıknatısları tarafından sağlanan manyetik akı ile mekanik kuvvet üretir. Bu motorlar, bir stator tertibatından ve bir kaydırıcıdan oluşmuştur. Stator düzeneği, iletkenleri enine yarılarında sarılmış lamine çelik bir yapı içerir. Sürgü, mıknatıslar, komütasyon bileşenleri ve bir yatak yüzeyi barındırırlar.

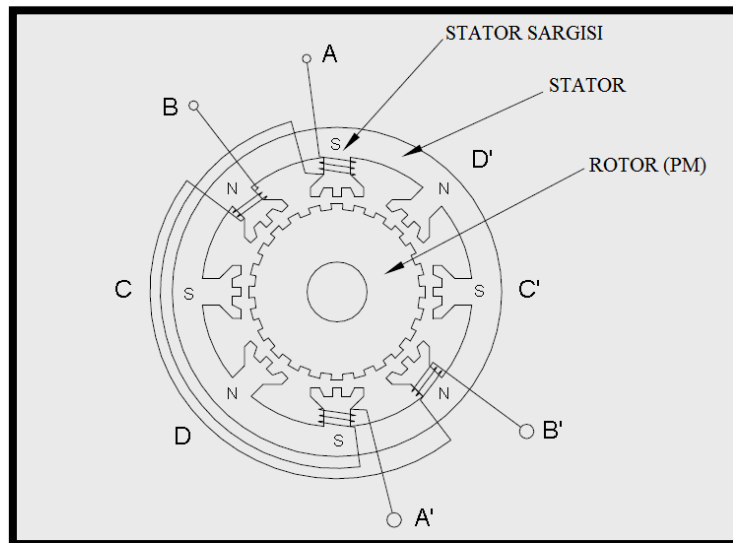
Bazı Doğrusal DC motorlar, **salınım efekt sensörlerini** ve katı hal anahtarlarını harekete geçiren ek bir mıknatıs setini içeren **fırçasız bir kaydırıcı** kullanmaktadır. Bu tür motorlar 0.1 mikron hassasiyette sahip olup aşınma ile bozulmazlar. Geniş bir itme ve hareket yelpazesiyile yükleri direkt olarak tahrik edebilirler.

3. Doğrusal AC Motorlar:

Doğrusal AC motorlar (LIM) genellikle ray ikaz sistemlerinde kullanılır. Stator bobinleri raylar boyunca gömülüdür ve bu motorlarda saatte 400 km'ye kadar hızlar elde edilebilir.

4. Hibrid Motorlar:

Hibrid motor, değişken dirençli (VR) ve kalıcı mıknatıslı (PM) motorların özelliklerini elde etmek için tasarlanan bir birleşim motorudur. Yüksek geri çekme momentine ve mükemmel tutma ve dinamik torka sahiptirler ve yüksek basamak hızlarında çalışabilirler. Normal olarak, 0,9 ila 5 derece basamak açılarını sergilerler. Fazlar belirtilen sırada ayrı ayrı enerjilenirse, rotor 1.8 derece artışlarla dönecektir. Bu motor daha fazla tork elde etmek için bir kerede iki fazlı olarak çalıştırılabiliriz. Aynı zamanda bir veya iki faz arasında dönüşümlü olarak yarım adımlar veya 0.9 derece artışlar üretebilir.



7. MOTOR SEÇİMİ

a. Elektrik Besleme Dağıtım Sistemi Hususları

Elektrik besleme dağıtım sistemi **doğru voltajı sağlamalı** ve motor yükünü başlatmak ve çalıştırmak için **yeterli kapasiteye** sahip olmalıdır. Aşağıdaki tablo, tipik bir motor etiketinde neler bulabileceğini göstermek için nominal sistem geriliminin çapraz karşılaştırmasını sunmaktadır.

Besleme voltajının sınırı, motorun çalışması için gereken akıma bağlıdır. Örneğin, bir 50 beygir gücündeki motorun 208/120 voltta çalışması için 150 Amper gerekecek, ancak 600/347 volt'ta sadece 50 Amper gerekir. Bu nedenle, hem iletken hem de motor içindeki iletken boyutu çok büyük olduğu zaman belli bir voltaj için belirli bir beygir gücünün üzerinde motorlar kullanmak ekonomik açıdan pratik olmayacaktır.

Tek Faz:

Tek fazlı motorlar 60 Hz'de 120/240 volt, 50 Hz'de ise 110/220 volt'da çalışırlar.

Üç Faz:

60 Hz'de 200, 240/460, 460 volt, ve 50Hz'de ise 220, 220/380, 380 volt veya 600 volt için ise 100 beygiri gücüne kadar 3 fazlı motorlar mevcuttur. 125 beygiri gücü ve üzeri için, 60 Hz'de 460, 600, 2400 veya 4160 volt için kullanılabilirler.

Gerilim ve Frekans:

Motorlar, standartlar dışındaki gerilimler ve frekanslarda çalışmak üzere tasarlanabilir. Bunun bir örneği, uçak endüstrisinde kullanılan düşük gerilimli 400 Hz motorların yanı sıra bazı maden araçlarıdır. Güç sisteminin nominal besleme gerilimi ile motor üzerindeki kullanım veya tip etiketi gerilimi genellikle farklıdır. **Aşağıdaki tabloda, 60 Hz frekans bir sistemde, motor plakasındaki gerilim ile o motor için doğru besleme gerilimi arasındaki ilişki gösterilmektedir.**

Nominal Sistem Gerilimi	Motor Plakas Gerilimi
120 - 1 faz	115
208/120 - 3 faz	200
240 - 1 faz veya 3 faz	230
480/277 - 3 faz	460
600/347 - 3 faz	575
2400 - 3 faz	2300
4160/2400 - 3 faz	4000

Belirli bir uygulama için bir motor seçimi yaparken aşağıdaki kriterler göz önünde bulundurulmalıdır:

1. Tahrik edilen yükün mekanik gereksinimleri
2. Motor sınıflandırması
3. Elektrik dağıtım sistemi
4. Fiziksel ve çevresel faktörler

Nihai seçim, bir üreticinin gereksinim duyduğu veya karşılayacağı bir motor olacaktır. 3 fazlı endüksiyon motorlar, $\pm 10\%$ luk gerilim değişimlerini karşınl başarıyla çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Aşağıdaki tablo, tipik bir B tasarım indüksiyon motoruna tam yükte $\pm 10\%$ luk bir değişimin etkilerini göstermektedir:

Karakteristik	Gerilim	
	110%	90%
Kayma	-17%	+23%
Verimlilik	+1%	-2%
Güç Faktörü	-3%	+1%
Akım	-7%	+11%
Sıcaklık	-4%	+7%
Başlatma Torku	+21%	-19%
Başlatma Akımı	+10%	-10%

Besleme sisteminden standart dışı veya yanlış gerilim kullanılmış olan bir motorun kullanımı önlenmelidir. Örneğin, etiketinde voltajı 440 V olan bir motor bazen 480 V sisteme bağlanabilir. Motor için izin verilen maksimum voltaj 484 V ($110\% \times 440$). Motor yukarı doğru besleme gerilimi sınırında çalıştığı için yukarı doğru besleme gerilimi değişimi için bir izin söz konusu değildir. Doğru voltaj oranına sahip bir motor kullanılmalıdır veya doğru voltajı sağlamak için bir transformatör takılmalıdır.

Motorun düzgün çalışması için faz voltaj dengesizliği $\pm 1\%$ den az olmalıdır. $\pm 3.5\%$ lik bir faz dengesizliği, sıcaklık artışının $\pm 25^\circ\text{C}$ e ve voltaj dengesizliğinin 6-10 misli kadar akım artışı ile sonuçlanır. Bu etkiler, motorda akan negatif bileşenler nedeniyle ortaya çıkar.

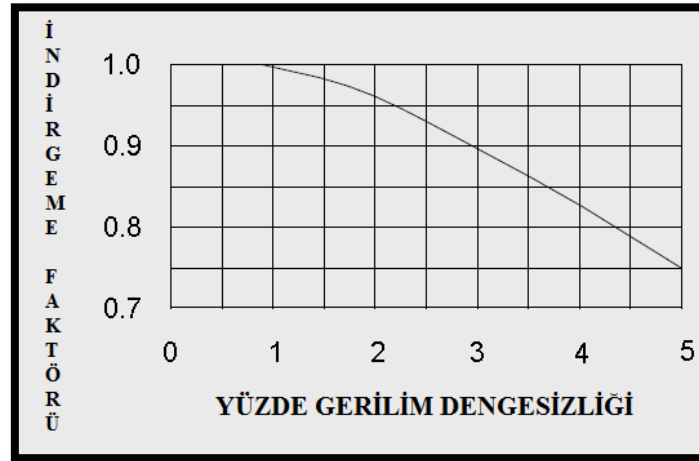
Gerilim dengesizliği aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\text{Gerilim Dengesizliği} = \frac{\text{Ortalamadan Maksimum Sapma}}{\text{Gerilim Ortalaması}} \times 100$$

Örnek olarak; hat gerilimleri 400, 385 ve 409 volt olarak ölçülürse, ortalama 398 volt olur. Ortalama değerden maksimum sapma 13 volt (398-385) ve dolayısıyla voltaj dengesizliği $(13/398) \times 100 = \% 3.26$ 'dır.

Bir motorun faz dengesizliği % 1'in üzerinde olacak şekilde çalıştırılması gerekiyorsa, motor aşağıdaki grafiğe göre indirgeme faktörü azaltılmalıdır:

3-fazlı Sincap Kafes İndüksiyon Motorları - Dengesiz Gerilime Göre İndirgeme Faktörü:



Faz dengesizliği % 5'ten büyükse, motor çalıştırılmamalıdır. Motorun normal çalışması için frekans değişimi % 5'e kadar izin verilir. Bununla birlikte, eğer sistem yardımcı bir şebekeden besleniyorsa, bu asla bir problem oluşturmamalıdır. Motor hızı, güç kaynağının frekansına bağlı olarak doğrudan değişir.

Güç Faktörü:

Çoğu AC motor, manyetik alanı geliştirmek için besleme sisteminden reaktif güç ister. **KVAR olarak ölçülen reaktif güç**, herhangi bir mekanik çalışma sağlamaz.

Faydalı mekanik iş, besleme sistemi tarafından sağlanan **gerçek güçle** gerçekleştirilir ve **kilowatt** olarak (**kW**) ölçülür.

Besleme dağıtım sistemi, motorun çalışması için hem gerçek hem de reaktif güç sağlar.

Gerçek ve reaktif gücün vektörel toplamına görünür güç denir ve **kVA** olarak ifade edilir.

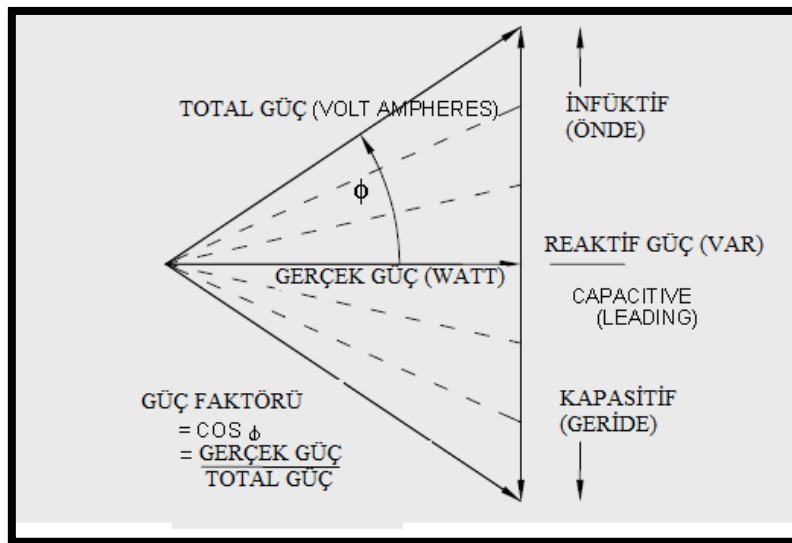
Reaktif bileşen, motor az ya da çok yüklü olursa olsun, sabit kalır. Bu nedenle, az yüklü motorların tam dolu bir motora göre daha düşük bir güç faktörü olduğu bilinir. **Çok**

düşük düzeltilmemiş güç faktörü olan bir tesis, düşük yüklü motorların sayısının çok yüksek olduğunu gösterir.

Eğer kVA'yı fatura ederseniz, reaktif güç bileşeni için para ödersiniz ve ancak karşılığında faydalı bir iş elde edemezsiniz. Gerçek gücün (kW) toplam güce bölünmesi (kVA) "**güç faktörü**" olarak tanımlanır. Elde edilebilir en yüksek güç faktörü 1 dir ve çoğunlukla % 100 eşit bir yüzdelik olarak ifade edilir.

Endüstriyel müşteriler, güç faktörlerini iyileştirmek için motor yüklerinin indüktif bileşenini iptal etmek için **kapasitörler** kullanırlar. Gerçek güç hattının üzerindeki yukarı dikey vektör; indüktif reaktans bileşenini, aşağı dikey vektör; kapasitif reaktans bileşenini ve yatay vektör ise gerçek gücü temsil eder. Kapasitif reaktans indüktif reaktansa eşit olduğunda, iki dikey vektörler birbirlerini iptal ederek yalnızca gerçek güç bileşenini (yani birim güç faktörü) ortaya çıkarırlar.

Bununla birlikte, kapasitans indüktansı aşarsa, aşırı voltaj ve harmonik problemlerine neden olabilecek önde gelen bir güç faktörü ortaya çıkacaktır. Bunu önlemek için, kondansatörler servis girişinde uygun şekilde açılmalı veya kapatılmalıdır veya motor yüküne daha iyi monte edilmiş olmalıdır.



$$\text{GÖRÜNÜR GÜÇ} = \sqrt{\text{GERÇEK GÜÇ}^2 + \text{REAKTİF GÜÇ}^2}$$

Gerilim Titreşimi:

Başlatma motorları veya diğer büyük yükler; yüksek ani akımların, devre empedansı üzerindeki etkisinden dolayı besleme sistemi üzerinde gerilim düşmesine neden olurlar. Bu, aydınlatma devresindeki titreşim gibi. Motor hızlanmaya başlarken, akım

normal çalışma seviyelerine düşer ve sistem voltajı yükselir. Voltaj düşüşünün büyüklüğü ve oluşum sıklığı belirli eşikleri aştığında bu titreşim sakıncalı olur.

Voltaj düşüşünün büyüklüğü ve oluşma sıklığı itiraz eşiğinin altında ancak algı eşiğine yakınsa, insanlar ışığın titreştiğini fark eder, ancak genellikle sinir bozucu bulmazlar.

Voltaj düşüşünün büyüklüğü ve oluşma sıklığı algı eşiğinin altındaysa, insanlar genelde titreme fark etmez.

PC'ler, televizyonlar ve PLC'ler gibi bazı elektronik cihazlar, voltaj titreşimlerini diğerlerinde olduğu kadar tolere edemeyebilir. Bazı aygıtlar hafif titreme olaylarına maruz kalabilir, ancak bazıları kilitleyebilir veya bileşen hatası verebilir.

Örnek olarak, 208 V besleyiciden beslenen 5 beygircündeki bir motoru ve 120 V aydınlatma devresini düşünün.

5 beygir gücünde bir motor için;

- Tam Yük Akımı = 16 A,
- Başlatma akımı = 96 A
- Besleyici empedansı = 0.06 Ω

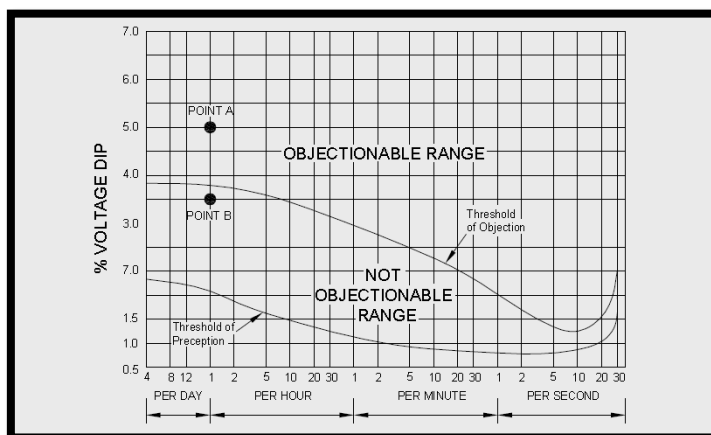
Besleyici Gerilim Düşüşünü Hesaplayın:

Besleyici boyunca gerilim düşüşü = başlatma akımı (A) x besleyici empedansı (Ω)

$$= 96A \times 0.06\Omega$$

Sonuç = 6 V

Besleyici boyunca 6 V düşüş, 1320 V aydınlatma devresindeki voltajın % 5'ine eşittir ve gözle görünür bir titremeye neden olur.



Motor her saat başı bir kez çalıştırılırsa, titreşim eğrisindeki nokta itiraz edilebilir aralıktadır (**A noktası**).

Bu sorunu düzeltmek için, aydınlatma devreleri ayrı bir besleyiciden beslenebilir veya besleyici boyunca gerilim düşüşü azaltılabilir. Bu durumda,% 3.6 veya daha az bir düşüş sakıncalı değildir.

Farklı bir besleyiciden aydınlatma sağlamak veya besleyiciyi yükseltmek sıklıkla kullanılan bir yaklaşımdır.

Motor için indirgenmiş bir voltaj başlatıcısı başka bir alternatiftir ve genellikle çok uygun maliyetli bir çözümdür.

Eğer başlatma akımı, indirgenmiş bir voltaj marşını kullanarak normal değerinin % 70'ine sınırlandırılmışsa, voltaj düşmesi % 3.5 (% 70 x % 5) ve saatte bir çalışmaya başlayan motor için de sakıncalı değildir (**B noktası**).

b. Motor Hususları:

3-Faz Motorlar:

1. İndüksiyon Motor Seçimi
2. Senkron Motor Seçimi
3. DC Motor Seçimi

1. İndüksiyon Motor Seçimi:

Sargı rotorlu indüksiyon motorlarına genellikle sincap kafes motorlar denir. Nispeten düşük maliyet, yüksek erişilebilirlik ve minimum bakım gereksinimleri nedeniyle endüstrinin en dikkat çekici unsuru olarak kabul edilirler.

1 - 200 beygircü aralığındaki 3 fazlı sincap kafesli indüksiyon motorları, tasarım tipi olarak A, B, C veya D olarak gösterilir.

Bu standart tasarımlar, her sınıfa özgü yük gereksinimlerini baz alarak belirli bir uygulama sınıfına uygundur.

Yara rotorlu indüksiyon motorları bazı uygulamalar için yararlıdır, çünkü rotor devreleri, istenen başlatma veya çalışma karakteristiklerini sağlayacak şekilde değiştirilebilir; Bununla birlikte, fırça servis bakımını gerektirirler.

Aşağıdaki tablo, hangi tasarım türünün seçilmesi gerektiği konusunda sizlere yardımcı olabilir:

B tipi motorlar, yüksek başlatma torku veya yüksek tepe yükleri ile karşılaşılanlar hariç hemen hemen tüm uygulamalarda en yaygın ve tatmin edici olandır.

Başlama akımı neredeyse aynı olmasına karşılık başlatma torku B tipi motorlardan yüksek olduğu için A tipi motorlar yeni uygulamalarda nadiren kullanılır.

SINIFLANDIRMA	BAŞLATMA TORKU %	BOZULMA TORKU %	BAŞLATMA AKIMI	KAYMA	TİPİK UYGULAMALAR
Tasarım A ve B Normal başlatma akımı	100-200%	200-250%	Normal	<5%	Başlatma torku gereksinimlerinin nispeten düşük olduğu vantilatörler, üfleyiciler, santrifüj pompalar ve kompresör vs. uygulamalar
Tasarım C Yüksek başlatma torku ve normal başlatma akımı	200-250%	200-250%	Normal	<5%	Konveyörler, kırıcılar, yaylı makineler, karıştırıcılar, pistonlu pompalar ve kompresörler vb. yük altında çalıştırmaya ihtiyaç duyulan uygulamalar
Tasarım D Yüksek başlatma torku ve kayma	275%	275%	Düşük	>5%	Zimba presleri, makaslar, asansörler, vinçler, petrol kuyusu pompalama ve tel çekme makineleri gibi yüksek tepe yükleri gereken uygulamalar
Sargı Rotorlu Motor	Bozulma değerine kadar herhangi bir tork değeri	225-275%	Başlatma torkuna bağlı.	Rotor direncine bağlı	Yüksek başlatma veya sınırlı (2: 1) hızın gerekli ve yüksek atalet yüklemesinin hızlandırılması gereken uygulamalar

2. Senkron Motor Seçimi:

Çalışma karakteristikleri nedeniyle bazen bir indüksiyon motoru yerine senkron motor seçilmelidir. Yalnız bu seçim önemli ölçüde daha pahalıdır ve yalnızca aşağıdaki hususlar göz önüne alınarak yapılmalıdır:

Hız: Senkron motorlar, yük sınırları üzerinde herhangi bir hız düşüşü olmaksızın senkron hızla çalışırlar. Kesin hız gerekiyorsa bunlar seçilmelidir.

Güç Faktörü Düzeltmesi: Senkron motorlar, mekanik güç üretirken, besleme sisteminin zayıf olmasından kaynaklı olarak güç faktörünü düzeltmek için reaktif güç üretebilir. Besleme Sistemi reaktif güç sağladığı zaman, önde gelen bir güç faktöründe çalıştığı söylenir.

Daha Düşük İşletme Maliyeti: Senkron motorlar, özellikle daha büyük beygir gücü aralıklarında, indüksiyon motorlarına göre **daha enerji verimlidir**.

Genel bir kural; beygir gücü gereksiniminin motorun hızını (devir/dakika(RPM) olarak) aştığı durumlarda senkron bir motor seçilmelidir.

3. DC Motor Seçimi:

DC hız kontrolü, çoğunlukla hassas hız kontrolünün gerekli olduğu yerlerde seçilir, çünkü DC hız kontrolü daha basittir, daha az maliyetlidir ve AC hız kontrol sistemlerinden daha geniştir.

Çok yüksek başlatma torku ve / veya aşırı yüksek tork kapasitesi gerektiğinde, DC motorlar çoğunlukla seçilir ve Ekipmanın pille çalıştığı yerlerde de uygundur.

Tek Fazlı Motorlar

Tek fazlı motorlar, amaçlandığı şekilde yük veya uygulamanın türüne göre seçilir.

Aşağıdaki tablo, tek fazlı motorların motor tipleri, karakteristikleri ve tipik kullanımlarını göstermektedir:

TİP	RPM	Tam Yük Torkunun Yüzdesi Olarak BAŞLAMA TORKU	Karşılaştırmalı Verimlilik	TİPİK UYGULAMALAR
Gölgeli kutup	1050, 1550, 3000	Çok Düşük, 50-100%	Düşük	Doğrudan çalışan küçük fanlar ve üfleyiciler.
Daimi Ayrık Kondansatör (PSC)	825, 1075, 1625	Düşük, 75-150%	Orta	Direkt ikazlı fanlar ve körükler
Ayrık Faz	1140, 1725, 3450	Düşük ile Orta, 130-170%	Orta	Bantlı ve doğrudan ikazlı fanlar ve üfleyiciler, küçük araçlar, santrifüj pompalar ve cihazlar.
Kondansatör başlatmalı	1140, 1725, 3450	Orta ile Yüksek 200-400%	Orta ile Yüksek	Pompa, kompresör, alet, konveyör, tarım ekipmanları ve endüstriyel vantilatörler

c. Motor Sürme Yükümlülükleri:

Bir motor, yükünü düzgün şekilde çekebilmesi açısından durma noktasından çalışma hızına hızlıca ulaşması için yeterli tork üretmesi gerekir ve tasarım sınırlarını aşmadan olası tüm gereklilikler için yeterli gücü sağlamalıdır.

Örneğin; bağlı yük için başlatma torku yetersiz olan bir motor dönmeyebilir veya ivmelenme sırasında yavaş çalışabilir. Başlatma akımı çok uzun süre sabit kalabilir ve dolayısıyla aşırı yük korumasını açabilir. Çalışırken, yük aniden yükselirse (örneğin, kağıt parçalayıcıya çok fazla sayfa yüklenmesi durumunda), yetersiz (gereğinden küçük) bir motor durabilir.

Motoru doğru bir şekilde belirlemek için yükün bazı özellikleri dikkate alınmalıdır. Motorlar, çalışan yükün hız ve tork gereksinimlerini karşılamak için boyutlandırılmalı ve en uygun boyutta (güçte) seçilmelidir. Yük türleri; çalışma süresi ve yük varyasyonlarını tanımlayan farklı özelliklere göre sınıflandırılabilir.

Mevcut bir motorun değiştirilmesi düşünülüyorsa, belirli bir süre boyunca motora gelen güç girişinin izlenmesi optimum bir boyut belirleyemeye yardımcı olacaktır. Düşük akü gücüyle çalışan veri kaydediciler, yük eğilimlerini belirlemede çok faydalı olabilir.

Motor yüklerinin çoğunluğunu tanımlayan **üç genel görev sınıflandırması** vardır:

1. Sürekli Görev,
2. Tekrarlayan Görev ve
3. Aralıklı Görev

1. Sürekli Görev - Sabit Tork: Motor uygulamalarının çoğunluğu sürekli görevdir. Bu döngü esasen sınırsız olarak uzun bir süre için **sabit bir motor yüküne** sahiptir.

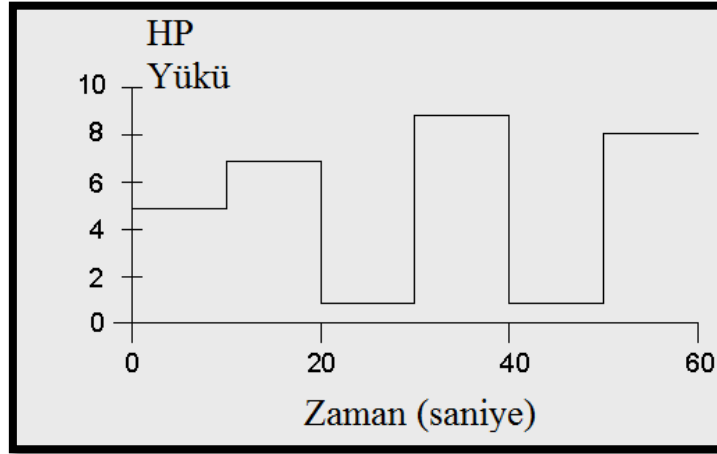
2. Tekrarlayan Görev Döngüsü - Değişken Tork: Bu motor uygulaması, **iyi tanımlanmış ve tekrarlanan çeşitli yüklere** sahiptir. Örneğin, bir plastik enjeksiyon kalıplama makinesi.

Yinelenen görev döngüsü yükleri için motor boyutlandırması, karekök ortalaması veya RMS beygir gücü ile belirlenir. **RMS beygir gücü aşağıdaki denklemle hesaplanır:**

$$HP_{RMS} = \sqrt{\frac{\sum HP^2 t}{\sum t}}$$

RMS beygir gücü, beygir gücü karelerinin toplamının karekökü, zaman aralıklarının toplamına bölünüp, çıkan sonucun karekökü alınarak hesaplanır;

Örneğin; aşağıdaki **beygir gücü eğrisini** inceleyebilirsiniz:



Bu yük için zaman aralığı ve yükü:

Zaman (Saniye) t	0 - 10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60
Yük HP (Beygirgücü)	5	7	1	9	1	8
HP ² t	250	490	10	810	10	640

RMS beygir gücü şu şekilde hesaplanır:

$$HP_{RMS} = \sqrt{\frac{\sum 250 + 490 + 10 + 810 + 10 + 640}{\sum 10 + 10 + 10 + 10 + 10 + 10}} = 6.07$$

Sonuç: 6.07 HP motorlar mevcut olmadığından bir sonraki yüksek standart değerine sahip olan 7.5 HP motor uygun seçim olacaktır.

3. Aralıklı Görev:

Bu döngü belirsiz yük aralıkları ile yüksüzlük arasında değişir.

Örneğin, garaj kapı açıcısı. Motorun beygir gücünün belirlenmesi açısından yüklü güç gereksinimiyle eşleşecek şekilde motor seçilir.

d. Hız

- **Sabit hız örneği:** havalandırma fanı
- **Çoklu hız örneği:** fırın fanı
- **Ayarlanabilir hız örneği:** transmisyonsuz çamaşır makinesi

e. Başlatma ve Durdurma

Başlama ve durma frekansı(sıklığı): Sık sık çalışmaya başlatmak için sarım ve çekirdek sıcaklığının motor oranını aşmamasını sağlayın.

Başlatma tork gereksinimi: Motorun çalıştırma torkunun yeterli olduğundan emin olmak için yüksek atalet yüklerine dikkat edin.

Hızlanma kısıtlamaları: Yüklü sürülen motorun, aşırı yük korumasının açılmasını önleyecek kadar hızlı bir şekilde tam hıza ulaştığından emin olun.

Tersine, bazı yüklerin tam hıza çıkması için zaman gerekir, ör. bir konveyör bandını ele alalım - değişken hızda bir ikaz ünitesi bunu başarmak için gerekli olabilir ve çalıştırma esnasında akımı daha düşük tutmayı sağlar.

f. Alışkanlık

Üreticilerin "**standart**" motor serileri çoğu uygulamaya uygun modellerdir. Standart motorlar daha ucuzdur, mühendisliği kanıtlanmış ve teslim süresi kısadır. Bununla birlikte, standart bir motorun uygun olmadığı özel uygulamalara uymak için motorlar sayısız varyasyonla sipariş edilebilir. Her motor tedarikçisi, teslimat süresi ve fiyatı hakkında özel bilgi sağlayabilir.

g. Çevresel faktörler

1. Normal Hizmet Koşulları:

Motor nominal değerleri; normal çalışma koşullarında çalışan motorlar için geçerlidir.

NEMA MG-1 Standardı, normal çevre koşullarını şu şekilde tanımlar:

1. Ortam sıcaklığına 0 ila 40° C arasında maruz kalma; su soğutması kullanıldığında ise 10° C ila 40° C arasında maruz kalma.
2. 3300 feet (1000 metre) 'yi aşmayan bir yüksekliğe maruz kalma, (MG 1-14.04'e bakınız).
3. Sağlam bir montaj yüzeyinde kurulum yapma.
4. Makinenin havalandırmasına ciddi zararları olmayan alanlara veya ilave muhafazalara kurulum yapma.

Alışılmamış Hizmet Koşulları:

Motor, olağandışı servis koşullarında çalıştırılması gerekiyor ise üreticiye danışılmalıdır.

NEMA standartları tipik olağandışı hizmet koşullarını şu şekilde tanımlar:

1. Motorların şunlara maruz kalması;

- a) Yanıcı, patlayıcı, aşındırıcı veya iletken tozlara.
- b) Kirin birikmesinin normal havalandırma ile etkileşebileceği havalanma veya çok kirli çalışma koşullarına
- c) Kimyasal dumanlara, yanıcı veya patlayıcı gazlara.
- d) Nükleer radyasyona.
- e) Buhara, tuz yüklü havaya veya yağ buharına.
- f) Nemli veya çok kuru yerlerde, ısıma sıcaklığında, haşere istila edilmesine veya mantar gelişimine elverişli atmosferlere.
- g) Anormal şok, titreşim veya harici kaynaklardan gelen mekanik yüklemeye.
- h) Motor shaftına anormal eksenel veya yan itki uygulanmasına.

2. Motorları şu durumlarda çalıştırmak;

- a) Anma geriliminden veya frekansından veya her ikisinden kaynaklı olarak aşırı kalkış söz konusu olduğu durumlarda. (AC motorlar için MG 1012.44 ve DC motorlar için MG 1-16.64 NEMA standardına bakınız).
- b) AC besleme geriliminin sapma faktörü %10'u aştığı durumlarda.
- c) AC besleme gerilimi %1 den fazla dengesiz olduğu durumlarda (bakınız MG 1-12.45 ve MG 1-14.35 standartlarına).
- d) Bir DC motorunu besleyen doğrultucunun çıkışı dengesizdir, böylece bir çevrim boyunca akım darbelerinin en yüksek ve en düşük pik amplitüdleri arasındaki fark, anma armatür akımındaki en yüksek darbe amplitüdünün % 10'unu aştığı durumlarda.
- e) Düşük gürültü seviyelerinin gerekli olduğu durumlarda.

3. En yüksek anma hızının üzerindeki hızlarda çalıştırma.

4. Kötü havalandırılan bir odada, çukurda veya eğik bir yerde çalıştırma.

5. Motorları şunlara tabi çalıştırmak:

- a) Burulma darbe yüklerine.
- b) Tekrarlayan anormal aşırı yüklere.
- c) Geri vites veya elektrik frenlemesine.

6. Herhangi bir sargısı sürekli olarak enerjilenen bir makinenin durma anında çalışması veya kısa sürede çalışması.

7. Ortalama armatür akımının nominal tam yük Amperinin yüzde 50'sinden az olduğu, 4 saatlik bir periyot süresince veya 4 saatten fazla bir süre boyunca armatür akımında nominal akımın yüzde 50'sinden daha az süreyle sürekli çalıştığı bir DC makinesinin çalışması.

h. Fiziksel faktörler

1. Motor Muhafazası:

Motor muhafazası, beklenen çalışma ortamından korumak için seçilmelidir.

Aşağıdaki tablo, standart muhafazaları NEMA'nın belirlediği şekilde motor muhafazalarını listelemektedir:

Tip	Karakteristikler
Açık tip	
Damla geçirmez (ODP)	dikey 15 cm yükseklikten sıvı damlamasıyla çalıştırın
Su sıçramasına dayanıklı	dikey 100 cm yükseklikten sıvı sıçratmasıyla çalıştırın
Korumalı	Sınırlı boyutlu açıklıklar (az ¾ inç) ile korunmaktadır.
Yarı korumalı	Motorun yalnızca üst yarısı korumalıdır
Damla geçirmez - Tam korumalı	Sınırlı boyutlu açıklıklı damla geçirmez motor
Haricen havalandırılmalı	Ayrı motor ikazlı üfleyici ile havalandırılan, başka koruma tipleri olabilir.
Boru havalandırılmalı	giriş kanalları veya hava soğutma borusu vardır
Hava koşullarına karşı korumalı - tip 1	Havalandırma kanalları yağmur, kar ve havadaki partiküllerin girişini en aza indirir. Çapı ¾ inçten az olan kanallar vardır.
Hava koşullarına karşı korumalı - tip 2	Motorlar, motora üflenmiş yüksek hızdaki parçacıkları boşaltmak için boyutu 1 inç olan kanallar vardır.
Tamamen kapalı tip:	
Havalandırılmamış (TENV)	harici soğutma için ekipman yoktur.
Fan soğutmalı (TEFC)	Harici entegre fan ile soğutulur.
Patlamaya dayanıklı (TEC)	İç patlama tehlikesine karşı dirençlidir. Dıştaki gazın ateşlenmesini önler.
Toz ateşlemeye dayanıklı	Tutuşabilir ve performansı düşürecek toz miktarları hariçtir.
Su geçirmez	Mili etrafındaki sızıntı hariçtir.
Boru havalandırılmalı	giriş kanalları veya hava soğutma borusu vardır
Su soğutmalı	Sirkülasyon suyu ile soğutulur.
Su-hava soğutmalı	Su soğutmalı hava ile soğutulur.
Hava-hava soğutmalı	Hava soğutmalı hava ile soğutulur.
Korumalı TEFC	Fan, soğutulur ve sınırlı boyutlarda açıklıklar ile korunur.
Kapsüllü	Şiddetli çalışma koşulları için reçine dolu sargılar vardır.

2. Montaj ve Taban Hususları

Motorlar genel olarak yatay olarak monte edilip ayakları zemine sabitlenir, ancak şu montajlarda yaygın olarak görülmektedir:

- Duvara montaj
- Tavana montaj
- Kaideye montaj
- Yüzeye montaj
- flanşa montaj

Standart mil tipleri veya materyalleri gerekli montaj düzeneği veya makine konfigürasyonu için uygun değilse, milin boyutu ve uzunluğu istenilen ölçülere göre belirtilir.

3. İzolasyon(Yalıtım)

Bir motorda kullanılan yalıtım türü, motorun çalışma sıcaklığına bağlıdır. Motorlar ortam sıcaklığı ve yalıtım sınıfı ile sınıflandırılır.

A sınıfı, eski sınıflandırmadır. B sınıfı daha geçerli bir standarttır.

F ve H sınıfı, daha yüksek sıcaklık uygulamaları için kullanılır ve çoğu motor üreticisi tarafından "standart" olarak mevcuttur.

Ortalama ısı yalıtım ömrü, arttıkça hızla azalır. Serin çalışan bir motorun daha uzun bir yalıtım ömrü olacaktır.

Sınıf	AC Motor DC. Motor W/1.00 S.F. Maksimum Toplam Sıcaklık Aralığı		DC Motor Toplam Sıcaklık Aralığı
A	105°C	A	110° C
B	130°C	B	140° C
F	155°C	F	170° C
H	180°C	H	195° C

Yukarıdaki tablo, 20,000 saat çalışma ömrü ve 40° C maksimum ortam sıcaklığı için **maksimum izin verilen stator sargı sıcaklığını** göstermektedir.

Genel bir kural; izolasyon ömrü **her 10 °C kullanılmayan yalıtım sıcaklığı kapasitesi için iki katına çıkar.**

Örneğin, toplam sıcaklığın 110° C olması için bir motor tasarlanmış, ancak 130° C (B Sınıfı) bir sistem söz konusu olduğunda kullanılmayan 20° C lik bir kapasite var demektir. Bu ilave marj, beklenen motor yalıtım ömrünü 20.000 saatten 80.000 saate çıkarmaktadır.

4. Servis Faktörleri

Motor servis faktörü, **sürekli bir şekilde mekanik güç çıkış oranını aşma yeteneğinin** bir göstergesidir.

1'den büyük bir hizmet faktörü, bir sonraki daha büyük motor boyutunu seçmede, tepe beygir gücü talebi için bir marj sağlar.

40° C lik bir ortam sıcaklığında, 200 beygirgücüne kadar olan entegre HP motorları için standart servis faktörü 1,15'dir.

Motor verimliliği genellikle servis faktörü değerlendirmesi esnasında azaltılır. Daha yüksek sıcaklık veya yüksek rakım (> 3300 feet) için servis faktörleri, genellikle gerekli olduğu yerde belirlenir.

5. Gürültü

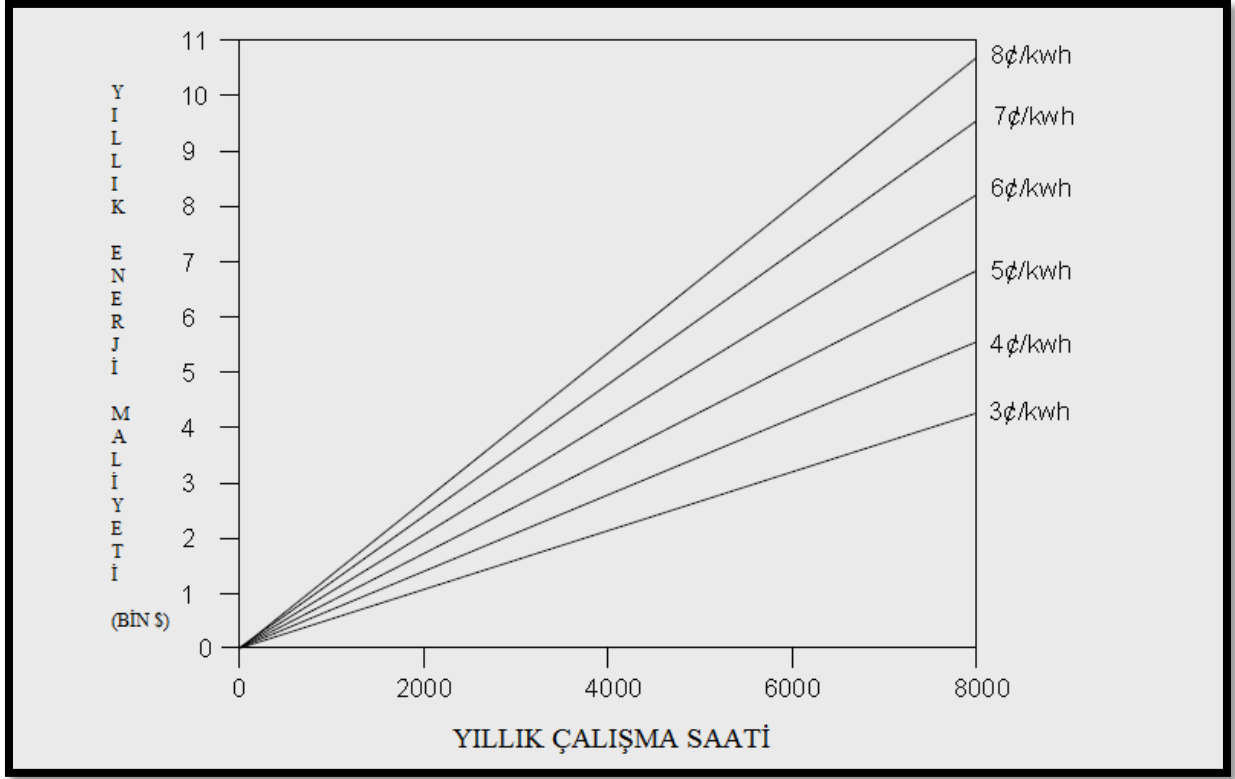
Gürültünün bulunduğu bir bölgede bir motor çalıştırılıyorsa, düz rulmanlı motorlar ve özel havalandırma sistemleri bulunur. Düz rulmanlar, rulman veya bilyalı rulmanlardan daha iyidir.

6. Verimlilik ve Ekonomi

Belirli bir uygulama için bir motor seçerken, hem sermaye maliyeti hem de işletme için enerji maliyeti göz önüne alınmalıdır.

a. Enerji Maliyetleri

Bir yıl süresince motor çalıştırmak için elektrik maliyeti, motorun satın alma fiyatını kolayca aşabilir. Aşağıdaki grafik, 20 beygir gücündeki tipik bir standart verimlilik motorunun, bir yıl boyunca % 88 verimlilikle çalıştırılması için gereken işletme maliyetini göstermektedir:



Bir motorun ömrü boyunca işletme maliyeti, genellikle satın alma fiyatının birkaç katı olduğundan, motor verimliliğinde açısından küçük değişiklikler önemli tasarruf sağlayabilir.

b. Motor Verimliliği

Bir motorun verimliliği, **mekanik güç çıkışının elektrik güç girişine oranıdır** ve genellikle yüzde olarak ifade edilir.

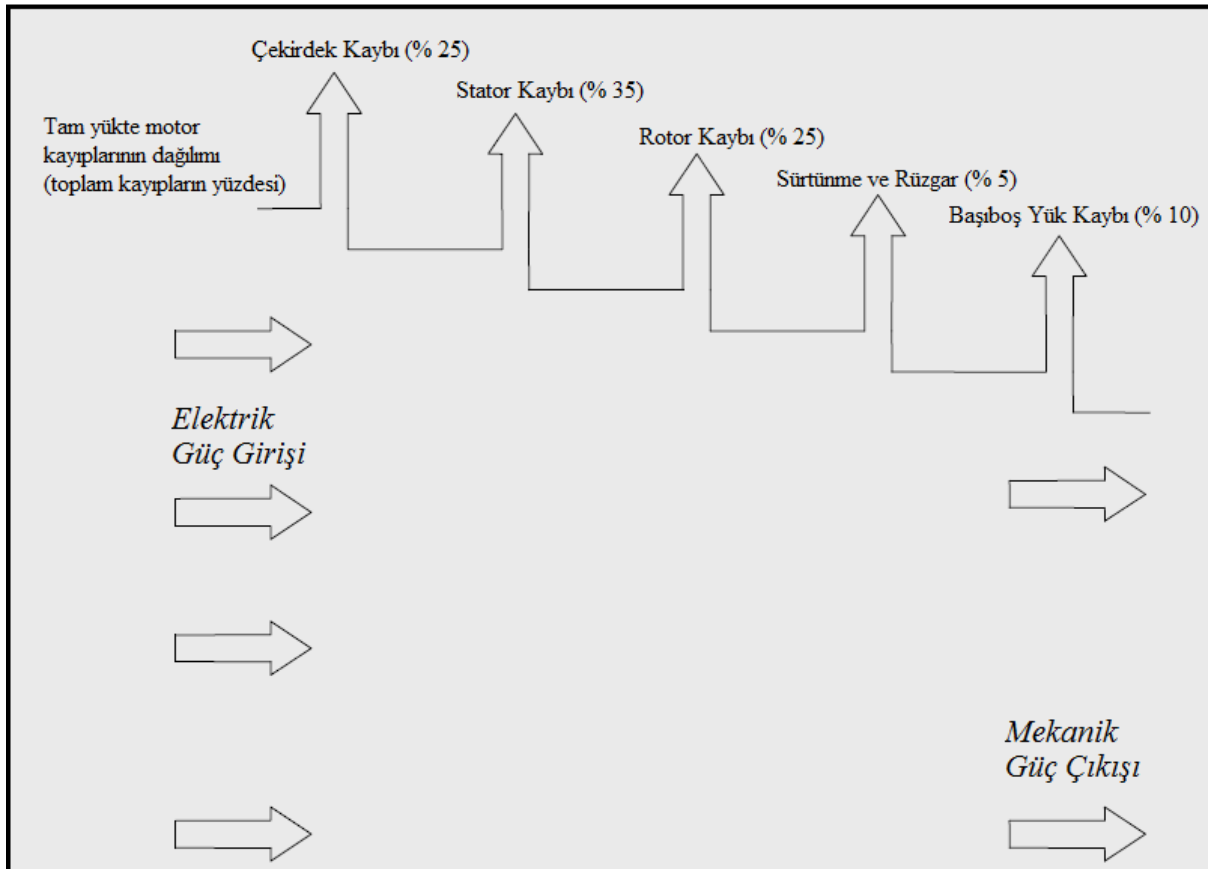
$$\text{Verimlilik} = \frac{\text{Çıkış}}{\text{Giriş}} \times 100 = \frac{\text{Giriş} - \text{Kayıplar}}{\text{Giriş}} \times 100$$

Elektrik motorları genellikle etkin cihazlardır, ancak arttırılmış malzemeler ve geliştirilmiş tasarımlarıyla daha az kayıp ile çalışabilirler. **Bunlar, standart motora kıyasla daha az elektrik giriş gücü kullanarak aynı mekanik çıkış gücünü ürettikleri için**

enerji verimli motorlar olarak adlandırılır. Motorlar, elektrik enerjisini tüketirken faydalı mekanik enerji çıkışı sağlamayan kayıplarla karşılaşabilirler.

Bu kayıplar beş alanda gerçekleşir:

- Çekirdek kayıpları
- Stator kayıpları
- Rotor kayıpları
- Sürtünme ve Rüzgar kayıpları
- Başboş yük kayıpları



Çekirdek kayıpları; Histerez kayıpları (çekirdeği mıknatıslamak için gereken enerji) ve stator çekirdeğinde **girdap akımı kayıplarını** (manyetik olarak indüklenen dolaşım akımları) içerir. Çekirdek kayıplar toplam kayıpların yaklaşık % 25'ini oluşturmaktadır.

Stator kayıpları; stator sargılarının direnci boyunca akan akımın I^2R ısıtma gücü etkisinden kaynaklanmaktadır. Toplamın yaklaşık % 35'ini oluşturmaktadır.

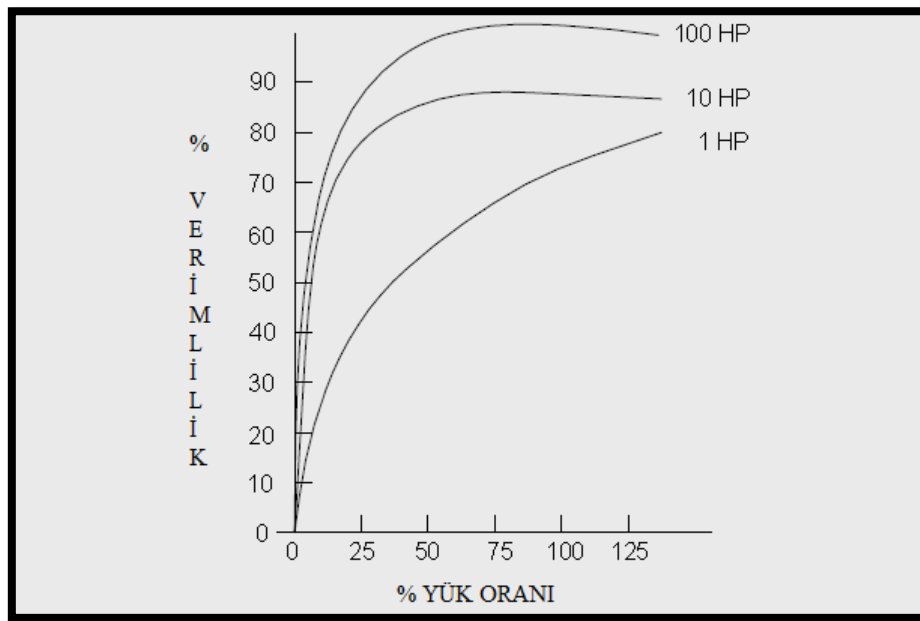
Rotor kayıpları; rotordaki I^2R ısıtma etkisinden kaynaklanmaktadır. Rotor kayıpları toplamın yaklaşık % 25'inden sorumludur.

Sürtünme ve rüzgar kayıpları; rulman sürtünmesini, rotor tertibatındaki rüzgar sürtünmesini ve motorun soğutma fanı yükünü içerir. Toplamın yaklaşık % 5'ini oluşturur.

c. Verimlilik ve Motor Boyutlandırması

İndüksiyon motorlarının verimliliği **yüke bağlı olarak** değişir.

Tepe verimliliği, tasarıma bağlı olarak tam yükün yaklaşık % 60 ile % 100'ü arasındadır ve tam yükün yaklaşık % 30'unun altında düşer.



İyi bir mühendislik uygulaması, bir motorun biraz fazla daha büyük boyutta tasarlanmasını aşağıdaki sebeplerden dolayı zorunlu kılar:

- Üretimde artışı sağlamak için
- Yük dalgalanmalarını ve aşırı yükleri karşılamak için
- İkaz(tahrik) edilen yükün aşınmasına bağlı olarak yük artışını karşılamak için
- Düşük sarım sıcaklıklarından dolayı motorun çalışma ömrünü artırmak için

Bir motorun tam yük altında yaklaşık % 75 oranında boyutlandırılması, genellikle makul bir marj olarak kabul edilen değerin bir parçasını oluşturur.

1,15 değerindeki servis faktörü; tam yüke kıyasla ek bir % 15 marjın, kısa vadeli tepe yükün karşılanmasını sağlar.

Başlangıç maliyeti ve enerji maliyetleri daha büyük olduğu için güç faktörü ve verimliliği daha düşük olan indüksiyon motorları aşırı büyük boyutlarda olmamalıdır (<% 50 yük).

d. Yaşam Döngüsü Maliyeti

Elektrikli bir motor, kullanım ömrü boyunca (yani 15-25 yıl veya daha fazla) yıllık satın alma maliyetinin on katına kadar maliyet tüketebilir.

Verimliliğin iyileştirilmesi; **yaşam döngüsü maliyetini, sermaye ve işletme maliyetlerini de içeren önemli tasarruflarla** sağlanabilir.

$$\text{YAŞAM DÖNGÜSÜ MALİYETİ} = C + E_T + M$$

C = başlangıç sermaye maliyeti + kurulum maliyeti

E_t = toplam enerji maliyeti

M = toplam bakım maliyeti

Daha detaylı hesaplamalarda; indirgeme faktörleri, enflasyon ve enerji fiyatlarındaki artışlar da söz konusudur. Bununla birlikte, enerji yaşam döngüsü maliyeti; en önemli faktör olduğundan, **bu formülle basit karşılaştırmalar hızla yapılabilir.**

Örneğin, 10 beygir gücündeki bir motorun, zamanının % 50'sini 7,5 beygirlik ortalama bir güç çıkışıyla çalıştırıldığını varsayalım. Verimliliği de % 88 olsun. Satın alma bedeli 700 \$ ve kurulum da 100 \$ olsun. Motorun 10 yıl sürülmesi ve bakımı için yıllık 30 \$ maliyetinin olması beklenir. Elektrik fiyatı da 0,05 \$ / kWsaat olsun.

$$C = 700 + 100;$$

$$E_t = 8760 \times 0,5 \times ((7,5 \times 0,746) / 0.88) \times 0,05 \times 10;$$

$$M = 30 \times 10;$$

$$\text{Yaşam Döngü Maliyeti} = 800 + 13.924 + 300 = \text{\$15.024}$$

Satın almak için **150 \$ daha fazla maliyeti** olan, enerji açısından verimli (**% 93**) bir motor için aynı hesaplamayı yaparsak; 14995 \$ 'lık bir yaşam döngü maliyeti sağlayarak **699 \$ tasarruf** sağlayabiliriz.

e. Motor Kayıplarını Azaltma

Stator ve rotorun I²R gücündeki ısıtma kayıpları, ilgili sargılarının direncini azaltarak en aza indirgenebilir. Bu da, daha yüksek iletken malzemeler kullanarak veya her ikisini kullanıp, kesit alanını arttırarak sağlanır.

Yüksek dereceli çelik kullanılarak da çekirdek kayıpları azaltılır. Bu da genellikle çeliğin artan silikon içeriğiyle sağlanır.

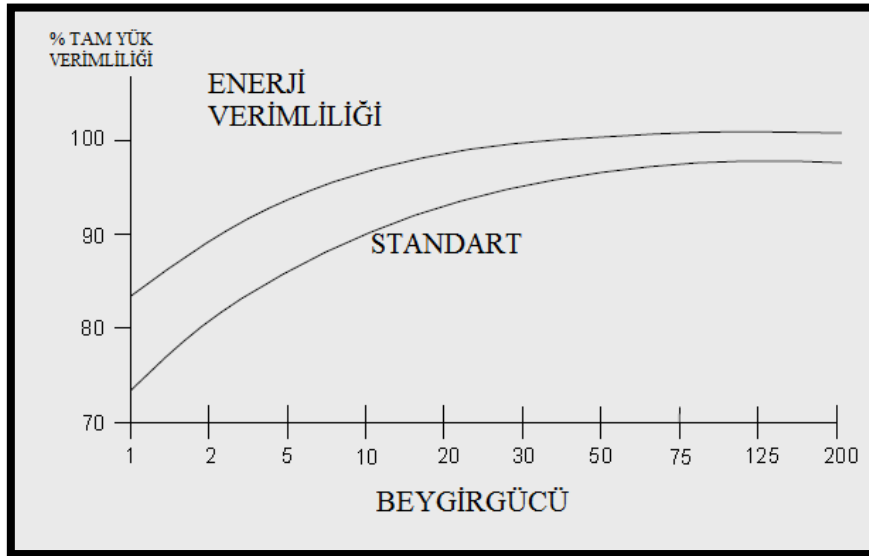
İnce çekirdek laminasyonları, daha **düşük girdap çekirdeği kayıplarına** neden olur. Statorun ve rotorun kesit alanını arttırmak; manyetik akı seviyelerini düşürür ve böylece **Hysterisis kayıplarını azaltır**.

Sürtünme kayıpları, daha küçük ya da daha iyi rulmanlarla azaltılır.

Daha küçük fanlar kullanılarak rüzgar yaşı kayıpları en aza indirgenebilir. Buna rağmen, **enerji tasarruflu motorlar genellikle standart motorlara göre daha serindir**.

f. Standart Motorlar ve Enerji Verimliliği

Tipik enerji tasarruflu motorlar, standart motorlara göre genellikle % 1.5 ila % 8 daha verimli olup, 1 beygircüde verimlilik kazanımları % 12'dir.



"Yüksek Verimli", "Premium Verimli" veya "Enerji Verimli" 3 fazlı indüksiyon motorlarının niteliksel terimleri üreticiler arasında farklılık gösterir.

CSA Standardı C390 (1993 yılı), enerji verimi yüksek 3 fazlı bir indüksiyon motorunun nominal yükün % 75'inde veya % 100'ünde nominal verimlilik derecesinin, nominal yükün % 100'ünde veya % 100'ünde olduğu, 1 ila 200 beygircü arasında bir motor olduğunu belirtir.

CSA C390 (1993), Kanada'da tanınmış bir standarttır.

NEMA'nın gönüllü verimlilik programı da dahil olmak üzere diğer derecelendirme standartları aşağıda açıklanmaktadır.

g. Verimlilik Derecelendirmeleri

Motor verimliliği ve performansı için standartlaştırılmış testler uygulanır. Üreticiler motoru yükleyen ve verimliliği test etmek için **girdi ve çıktı gücünü ölçen bir dinamometre** kullanırlar.

Motor verimliliğini ölçmek için yaygın olarak kullanılan üç farklı standart vardır:

- CSA C390 (IEEE 112 - B Yöntemi)
- IEC 34-2
- JEC-37

Bu üç yöntem arasında bazı farklılıklar vardır, ancak **başlıca farklılık, başıboş yük kayıplarının belirlenmesindedir.**

IEEE 122 - B yöntemi, dolaylı yük kayıplarını in direkt bir süreç vasıtasıyla saptamaktadır. IEC standardı, başıboş yük kayıplarının; girişin % 0.5'inde sabitleneceğini varsayıyor ve JEC standardı da başıboş yük kayıpları olmadığını varsaymaktadır. **Bu nedenle, farklı standartlar tarafından belirlenen motor verimliliği karşılaştırılabilir değildir.** Farklar 5 puan veya daha fazla olabilir.

Genellikle, CSA C390 (IEEE 112 - B yöntemi) en doğru yöntem olarak düşünülür. Standartlar arasında gelecekte uyumluluğun olması muhtemeldir, ancak bunun olması zaman alacaktır.

NEMA, üreticilerin, motorlarını "NEMA tarafından belirlenen asgari seviyelere ulaşması veya aşması durumunda "Premium Verimli" olarak etiketlemesine izin veren gönüllü bir program uygulamıştır. **(NEMA Premium ™, MG-1 2003 gönüllü standardı, 1-500 beygüçlü aralığındaki motorlara uygulanabilir).**

Aşağıdaki tablo, bir motor seçimi için, enerji verimli bir motora kıyasla **"Premium Verimliliğin"** enerji tasarrufu açısından avantajını göstermektedir:

Beygüçü	Tam Yükte, % Verimlilik			NEMA Premium Motor Kullanımından Yıllık Tasarruf	
	Enerji Verimli Motor	Premium Verimli Motor	Göreceli Enerji Tasarrufu	Yıllık Enerji Tasarrufu kWsaat	Dolar Tasarrufu \$/yıl
10	89.5	91.7	2.2	1200	60
25	92.4	93.6	1.2	1553	78
50	93.0	94.5	1.5	3820	191
100	94.5	95.4	0.9	4470	223
200	95.0	96.2	1.2	11,755	588

Kanada'da 1998'den sonra satılan 1 ila 200 beygirgücü arasındaki indüksiyon motorları CSA Standard CAN / CSA-C390-98'de belirtilen asgari verimlilik standartlarını karşılamalıdır. **Bu motorlara EPAct motorlar denir.**

Motorların bir OEM ekipmanının bir parçası olduğunun farkında olarak, minimum verimlilik gereksinimleri belirlenmektedir (örn; Klimalar için EER). Bu, üreticinin tasarımında genel verimliliği en iyi düzeye getireceğini garanti eder.

Motor verimliliklerini karşılaştırırken, karşılaştırma yukarıdaki test yöntemlerinden birini kullanarak motorun **"Nominal Verimliliği"** ne dayalı olmalıdır.

Enerji tasarruflu motor seçiminde kullanabileceğiniz **ücretsiz yazılımları** çevrimiçi bulmanız mümkündür.

Kanada'da, **"CanMOST"** motor seçiminde kullanılan güzel bir programdır. CanMost, ABD motor enerji yönetimi yazılımı **Washington State University Enerji Programı** tarafından geliştirilen başarılı **MotorMaster + 'ın uluslararası bir versiyonu olan "IMSSA"** (Uluslararası Motor Seçimi ve Tasarruf Analizi) yazılımından türetilmiştir.

Yazılım mevcut motorlarla kullanımı; kolay, kapsamlı ve günceldir.

CanMOST'un veritabanı aşağıdakilerden oluşur:

- 25.000 adet Kuzey Amerika motoru hakkındaki veriler
- 18.000 adet Avrupa motoru, Verimli Elektrik Motor Sistemlerinin Avrupa Veritabanı (EuroDEEM)
- Yalnızca Kanada'da bulunan bazı 575 voltluk motorlarla ilgili veriler

h. Enerji Verimli Motorların Seçimi

Enerji verimli ve Premium verimli motorlar daha fazla ve daha iyi malzeme kullandıklarından daha pahalıdır.

Enerji verimliliği yüksek bir motora kıyasla maliyeti, makul bir süre boyunca düşük işletme maliyetleri ile geri kazanıldığından, Premium verimli motorlar seçilmelidir.

Yüksek yıllık çalışma saatleri ve ortalama yüksek yüklemeli uygulamalarda enerji verimli motorlar seçilmesi daha doğru bir tercihtir.

Bir elektrik motorunun işletme maliyeti; motorun beygirgücü değerini, motor yüklemesini, yıllık çalışma saatlerini ve karma elektrik oranını bilmek suretiyle

hesaplanabilir. "**Karma**" oran hem talep hem de enerji yükünü dikkate alan ortalama elektriksel bir orandır.

Karma bir oran elde etmenin en basit yöntemi, toplam elektrik faturasını fatura döneminde tüketilen kW's oranına bölmektir.

i. Mevcut Motor Envanterinin Değerlendirilmesi

Mevcut motorların bir envanterinin oluşturulması **bir verimlilik iyileştirme planının temelini** oluşturabilir. **Boyutlar, tip, görev döngüsü ve yükleme** önemli faktörlerdir. Önceki geri sarma (bilindiği hallerde) dahil olmak üzere **motorun geçmişi kaydedilmelidir. Yüksek çalışma saatlerine sahip motorların izlenmesi, optimum boyutlandırma sağlamaya yardımcı olur.**

Yüksek görev döngüsüne sahip en büyük motorlar, enerji verimliliği açısından incelenmelidir. Çalışma süresinin değişikliği durumunda büyük ölçüde büyük boyutlu motorlar da muhtemelen seçilebilir. **Yüksek çalışma süresine sahip daha önce tamir edilmiş motorlar, bir dinamometre veya eşdeğer ekipmanlar kullanarak verimlilik açısından test edilmelidir.** Bu tür testler, ekonomik nedenlerden dolayı çok büyük motorlarla sınırlı kalacaktır. Bu bilgilere dayanarak, sağlam iş vakaları, sermaye geliştirme finansmanı açısından rekabet etmek üzere geliştirilebilir.

Bir Motor envantere sahip olmak, yeni bir motor satın alıp almayacağınıza veya arızalı bir motoru onarmaya karar vermek açısından bizlere yardımcı olabilir. Eski küçük motorlar, günümüzde daha yüksek verimlilikte olan ürünler göz önüne alındığında, tamir etmeye değmez mesela.

j. Güç Faktörü Konuları

Motor güç faktörü ayrıca yükün % 75'in altına düşer. Hafif yüklü bir motor tipik olarak daha düşük güç faktörüne sahip olacak ve yüke daha yakından uyan bir motora kıyasla daha yüksek bir kVAR girişi elde edeceksiniz.

8. MOTOR KONTROLÜ

Dört ana motor kontrolü konusu bulunmaktadır:

1. Koruma
2. Başlatma (Yol Verme)
3. Durdurma
4. Hız kontrolü

a. Motor Koruma

Motor koruması; tahrik edilen yükten, besleme sisteminden veya motorun kendisinden kaynaklı **çeşitli alt-üst olmuş koşullardan motoru, tedarik sistemini ve personeli korur.**

1. Ayırıcı

Elektrik Yasası gerekliliklerine uygun olarak, genellikle, yeterli kapasiteli uygun bir ayırma aygıtı (AYIRICI) gereklidir. Amacı, besleme iletkenlerine bağlı motoru sağlıklı açarak personelin tesisatta güvenle çalışmasını sağlamaktır.

2. Aşırı akım

Aşırı akım koruması, besleme sisteminde aşırı akım talebi olması durumunda elektrik beslemesini kesintiye uğratır. Genellikle **sigortalar** veya **devre kesiciler** şeklindedirler ve bu cihazlar **kısa devre** veya **çok yüksek aşırı yük oluştuğunda** çalışır.

Motor tripi için aşırı akım koruması varsa, genellikle iyi bir neden vardır. Yinelenen açma işlemini iyice araştırın ve **motorun daha yüksek bir ayarı güvenle tolere edebildiğini doğrulayana kadar trip ayar seviyesini artırmaktan kaçının.** Fazların dengeli olmasını ve motorun aşırı yüklü bir durumda sürekli çalışmaması için işletme akımları **3 fazın her birinde** ölçülmelidir.

3. Aşırı yük

Aşırı yük koruması, mekanik aşırı yük koşullarından motoru korur.

Yaygın olarak 4 aşırı yük koruma cihazı vardır:

- Aşırı yük röleleri
- Termal aşırı yükler
- Elektronik aşırı yük röleleri
- Sigortalar

Aşırı yük röleleri, bir bobin içinden akan yük akımının manyetik etkisiyle çalışır. Yük akımı çok yüksek olduğunda, bir dalgıç bobin içine çekilir ve devre kesilir. Açma akımı, pistonun başlangıç pozisyonunu bobine göre değiştirerek ayarlanır.

Termik aşırı yük rölesi, motor beslemesi ile seri bağlanmış bir ısıtıcı kullanır. Üretilen ısı miktarı, besleme akımı ile birlikte artar. Aşırı yük oluşursa, üretilen ısı bir dizi kontağı açarak devreyi kesintiye uğratar. Gerekli açma noktası için farklı bir ısıtıcı takarak açma akımı değiştirilir. **Isıtıcı, motorun sargıları içerisindeki gerçek ısınmaya çok yakındır ve anında sıfırlanmasını ve yeniden başlatılmasını önlemek için bir "bellek" özelliğine sahip olduğu için, bu tür koruma çok etkilidir.**

Elektronik aşırı yüklerle yük akımı algılanır ve motor üzerindeki ısıtma etkisi hesaplanır. Bir aşırı yük durumu mevcutsa, algılama devresi güç devresini kesintiye uğratar.

Açma akımı, özel uygulamaya uyacak şekilde ayarlanabilir. **Elektronik aşırı yükler çoğunlukla toprak arızası ve faz kaybı koruması gibi ek koruyucu fonksiyonları yerine getirirler.**

Sigortalar bir motoru korumak için de kullanılabilir, ancak tek bir sigorta patlaması durumunda motorun çalışmasını önlemek için bir takım tek faz koruma da kullanılır.

4. Diğer korumalar

Düşük gerilim koruması; besleme gerilimi, ayarlanmış bir değerin altına düştüğünde çalışır. Normal besleme geriliminin tekrar başlatılması üzerine motor yeniden başlatılmalıdır. **Besleme gerilimi ayarlanmış bir değerin altına düştüğünde düşük voltaj bırakma devreyi keser ve besleme gerilimi normale döndüğünde devreyi yeniden kurar.**

Faz kesme koruması, bir fazın başarısızlığı durumunda 3 fazlı bir devrenin tüm fazlarındaki gücü kesintiye uğratar. **Normal füzyon ve aşırı yük koruması, 3 fazlı motorun tek fazlı çalışmaya zarar vermesini yeterince koruyamayabilir.** Bu, özellikle bir delta konfigürasyon voltajı tarafından tedarik edilen motorlar için kritik bir sorundur. **Bu koruma olmadan, motor bir faz kaybedildiğinde çalışmaya devam edecektir.** Rotor devresinde büyük negatif dizi akıntıları oluşmakta ve stator sargılarında aşırı derecede akım ve ısınmaya neden olacak ve bu da sonunda yanacaktır. **Faz hatası koruması, bir motorun tek fazlamadan düzgün şekilde korunmasının tek etkili yoludur.**

Faz tersinmesi koruması 3 fazlı bir devrede bir faz dönüşünün tespit edilmesiyle çalışır. Bu tür bir koruma, asansör gibi motorlarda hasar verecek veya motorun tersine çevrilmesini tehlikeli hale getiren uygulamalarda kullanılır.

Toprak arıza koruması, bir motorun bir fazının şasiye kısa devre yapması durumunda çalışır ve böylece yüksek akımların stator sargılarına ve demir göbeğine zarar vermesini önler. Diğer motor koruma cihazları **rulman ve sarma sıcaklık monitörleri, akım diferansiyel röleleri ve titreşim izlemeleri** içerir.

Genel olarak, kullanılan koruma seviyesi motorun değeri ile orantılı olarak artacaktır. Bu nedenle, motor kritik bir süreci harekete geçirmedeği sürece **20 beygirgücünden daha düşük motorlar normalde aşırı yüklenme ve aşırı akım korumadan başka bir şeye sahip değildir.**

b. Motor Başlatma

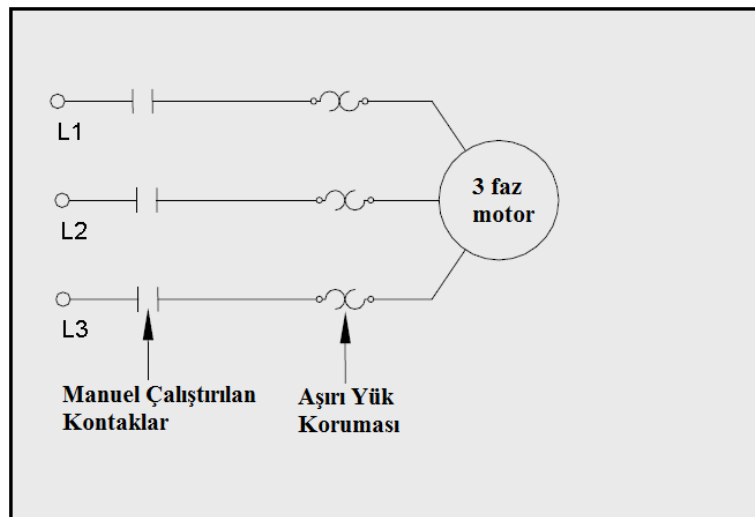
İndüksiyon motor yol vericileri, en kötü hat gerilimi ve yük koşulları altında yeterli başlatma torku sağlamak için motora **yeterli akım** sağlamalıdır.

1. 3-Faz Motor Yol Vericileri

a. İndüksiyon Motorlarının Çalıştırılması:

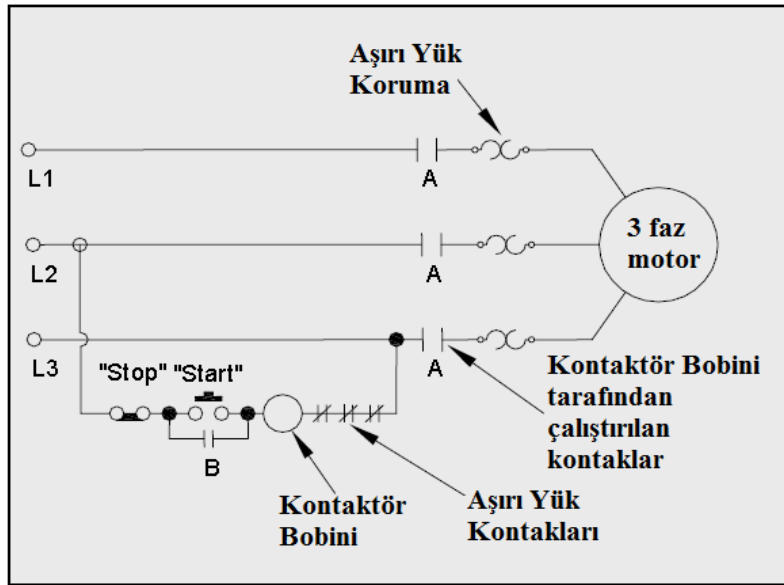
Hat yol vericileri en ucuz seçenektir ve genellikle indüksiyon motorları için kullanılır. 200 beygirgücüne kadar olan tüm NEMA tasarım indüksiyon motorları ve daha büyük olanları, **tam indüksiyon başlatmaya** dayanabilir. Manuel yol vericiler küçük motorlar için sıklıkla kullanılır - yaklaşık 10 beygirgücüne kadar olan motorlarda. Bunlar, her faz için **bir kontak setine** sahip bir **anahtar** ve bir **termal aşırı yük aygıtı** içerir. **Devre dışı kalırsa yol verici kontaktları kapalı kalır ve güç tekrar uygulandığında motor yeniden başlar.**

Bir motorun beklenmedik şekilde yeniden başlatılmasından dolayı arızalanma ihtimali varsa bunun yerine **manyetik bir yol verici** kullanılmalıdır.



Manyetik yol vericiler daha büyük motorlarda veya uzaktan kumandayla kullanılır. Yol vericinin ana elemanı, bir elektromanyetik bobin tarafından çalıştırılan bir kontak seti olan kontaktördür. Bobine enerji verildiğinde, A kontaklarının kapanmasına neden olur ve bir kontrol sinyali ile büyük akımların başlatılmasına ve kesilmesine izin verir. **Kontrol geriliminin, motor besleme gerilimi ile aynı olması gerekmez ve bu gerilim başlatma ve stop kontrollerinin güç devresinden uzakta olmasını sağlayan düşük gerilimdir.**

Sigorta korumalı indirici bir trafo, genellikle yüksek gerilim motorları için kullanılır. Başlatma ve durdurma işlevlerine ek olarak, alçak gerilim beslemesi olarak da uzaktan kumanda durum ışıklarına güç sağlayabilir.



Yol verici buton kontaklarının kapatılması, kontaktör bobinini enerjilendirir. Bobin devresi üzerinde kotalanacak bir B yardımcı kontağı kilitlenir. Kontrol devresi, durdurma butonunun çalıştırılması, termik aşırı yük rölesinin çalışması veya güç kaybı ile kesintiye uğrarsa, kontaktör enerjisini keser.

Aşırı yük kontakları, herhangi bir fazdaki bir aşırı yüklenmede, tüm fazların açılmasına neden olacak şekilde düzenlenmiştir.

Kontaktörler, çeşitli çalışma voltajlarına göre sınıflandırılmıştır ve motor gücüne ve görev türüne göre boyutlandırılmıştır.

*Bir motorun yanına (veya kumandaya) ilave bir **ACİL KIRMIZI DURDURMA** butonunu eklemek, manyetik bir yol verici seçtiğimiz zaman oldukça mantıklıdır. Durdurma devresinde normalde kapalı olan durdurma butonu, basınca manyetik kontaktörün enerjisini kesecek şekilde seri bağlanır.*

b. İndirgenmiş Gerilim Yol Vericileri:

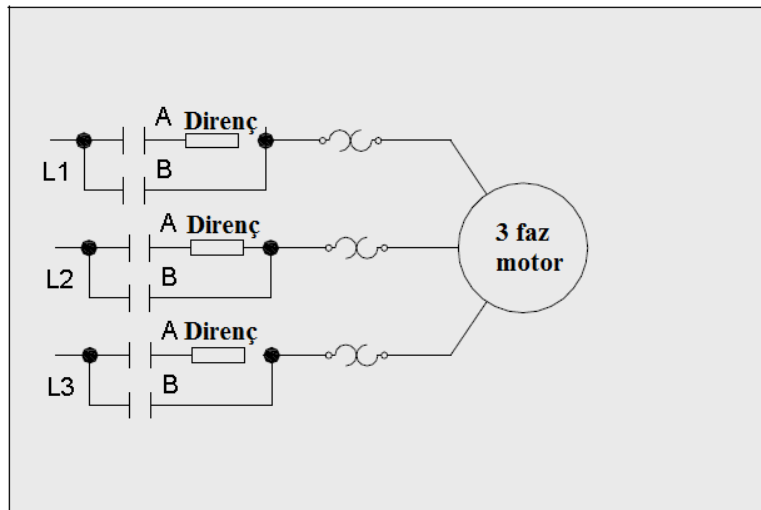
İkaz edilen yük veya güç dağıtım sistemi, tam gerilim başlatmayı kabul edemez ise, bazı tür indirgenmiş voltaj veya "yumuşak" çalıştırma şeması kullanılmalıdır.

İndirgenmiş Gerilim Yol vericileri, enerji tasarrufu sağlamazlar. Bunlar yalnızca gerilim sarkması ve mekanik koruma gibi başlatma sorunlarına hitap etmeyi amaçlamaktadır ve **yalnızca düşük başlatma torkunun kabul edilebilir olduğu durumlarda kullanılabilir.** (Ayrıca bkz. Güç Faktörü Kontrol Cihazına).

c. Primer Direnç Yol Vericileri:

A kontaklarını kapatmak; gerilim düşümü sağlayan dirençler üzerinden motorun beslenmesini sağlar ve böylece motor için mevcut olan başlatma voltajını düşürür. Dirençlerin değeri; başlatma akımını en aza indirip yeterli başlangıç torku sağlayacak şekilde belirlenmelidir.

Motor ani akımı, ivmelenme sırasında azalır, bu da dirençlerdeki gerilim düşüşünü azaltır ve daha fazla motor torku sağlar.



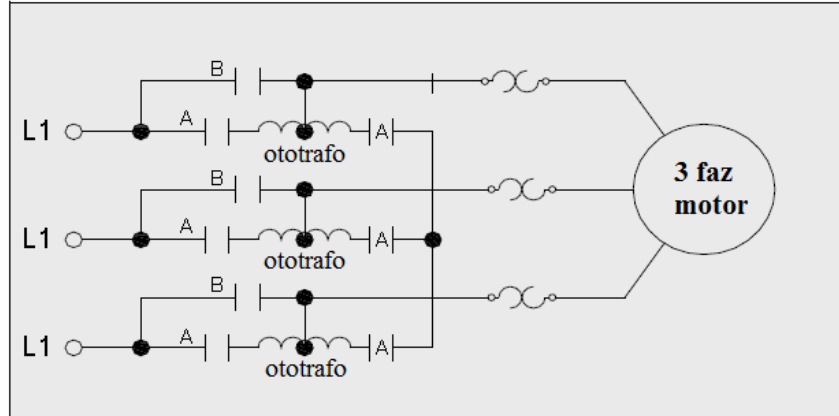
d. OtoTrafo Yol Vericileri:

Bir ototrafo, sarımındaki çeşitli noktalarda var olan musluklarla birlikte, lamine edilmiş bir çekirdek üzerinde, tek sargı transformatörüdür. Musluklar genellikle toplam dönüş sayısının bir yüzdesidir ve böylece uygulanan voltaj; çıkışın yüzdesi olarak ifade edilir.

Üç ototrafodan, birisi Yıldız konfigürasyonunda veya iki tanesi açık üçgen konfigürasyonda bağlanır ve **uygun başlatma akımı sağlamak üzere musluklar seçilir.**

Motor, önce A kontaklarını kapatarak düşük voltajda enerjilenir. Kısa bir süre sonra, ototrafo A kontaklarını açıp, B kontaklarını kapatarak devreye girer, böylece motora

tam gerilim sağlanır. Ototrafoların yüksek kapasiteye sahip olmaları gerekmez, çünkü yalnızca kısa bir süre için kullanılırlar.

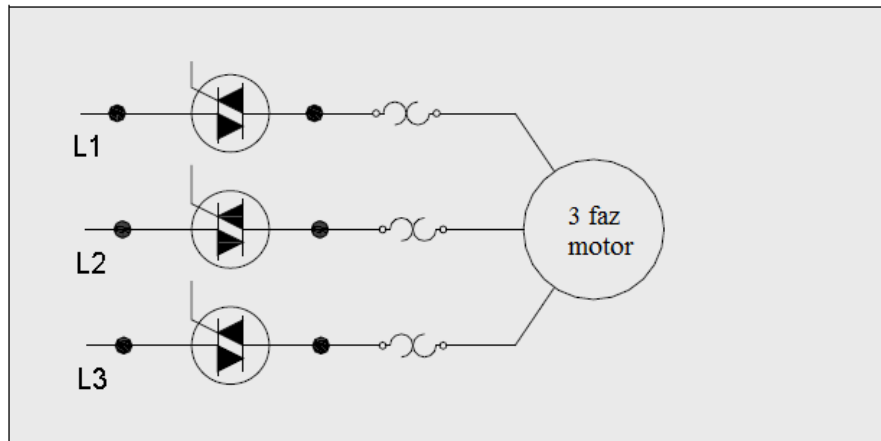


e. Katı Hal Yol Vericileri:

Katı hal yol vericileri, **motora uygulanan gerilimi kontrol etmek için** irtirler veya diğer katı hal aygıtları (örneğin silikon kontrollü doğrultucu, triyaklar, transistörler vb.) kullanılırlar. Bir **tristör** esasen bir mekanik kontaktörün yerini tutabilen elektronik bir anahtardır.

Bununla birlikte, mekanik bir kontaktörden farklı olarak, **bir tristör, her bir çevrim sırasında AC dalga formundaki bir noktada açılabilir veya kapatılabilir.**

60 çevrimli bir AC dalga için, faz başına saniyede 120 kez (yani, yarı çevrim başına açma-kapama çevrimi) olabilir. Her çevrim sırasında AÇIK süresini azaltma; motora uygulanan ortalama voltaj çıktısını azaltma etkisine sahiptir. AÇMA süresini kademeli olarak arttırarak, voltajı kademeli olarak tam gerilime yükseltebiliriz. Başlama voltajını azaltarak, akım da azaltılır. Devre voltajı başlatma işlemine kıyasla, başlatma zamanı daha uzun sürer. Başlatma işlevi enerji tasarrufu sağlamaz, aksine voltaj sarkması ve mekanik koruma dahil olmak üzere başlama sorunlarına çözüm getirir.



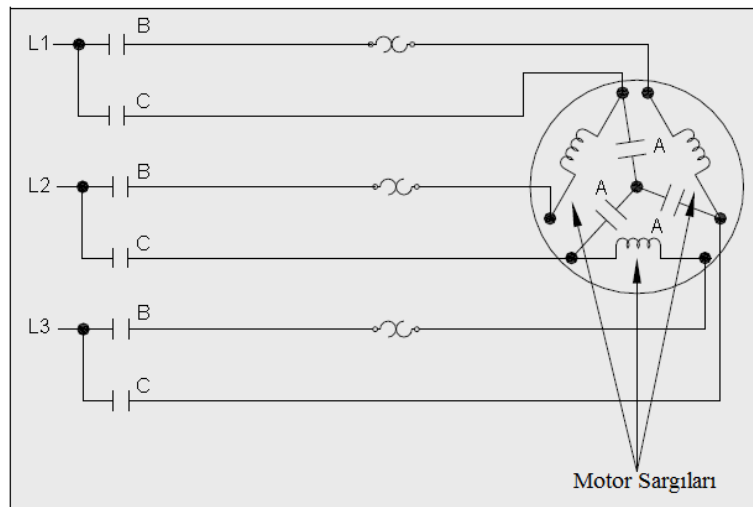
Tristörler tam olarak kontrol edilebildiğinden, başlatma akımını sınırlamak ve yumuşak durdurmayı sağlamak mümkündür (tek tek yol vericinin özelliklerine bağlı olarak)

Başlatma akımı ve tork kolayca ayarlanabilir ve katı hal yol vericileri genellikle aşırı yük koruması gibi diğer fonksiyonları da içerir (Ayrıca bkz. Güç Faktörü Kontrol Cihazı).

Işık dimmerleri ortamı loş yapmak için tiristörleri kullanırlar. Düğmeyi çevirmek veya sürgüyü hareket ettirmek her $\frac{1}{2}$ çevrim esnasında tristörün açık olduğu süreyi değiştirir. Tiristor her $\frac{1}{2}$ çevrimin başında açıldığında tam parlaklık sağlar.

f. Yıldız-Üçgen Yol Verme:

Yıldız-Üçgen Yol Verme, **stator sargılarının altı derivasyonunun tamamının mevcut olduğu bazı motorlarda** kullanılabilir (bazı motorlarda sadece üç kabloya erişilebilir).



Önce A ve B kontaklarını kapatarak, sargılar motora, ancak geriliminin yalnızca % 57'sini veren bir Yıldız konfigürasyonunda bağlanır.

Daha sonra, C kontaklarını kapatıp, A kontaklarını açarak motoru bir Üçgen konfigürasyonunda yeniden bağlayarak tam voltaj uygulanır.

Başlatma akımı ve torku, tüm voltaj değerlerinin % 33'üdür ve uygulamaları, çok düşük başlatma torku gerektiren yüklerle sınırlar.

Bu tür yol vericiler, **görevini gerçekleştirmesi birçok kontaktöre bağlı olduğu için fiziksel olarak büyük ve maliyetlidir.**

g. Değişken Frekanslı Sürücü ile Yol Verme:

Değişken Frekanslı Sürücüler (VFD'ler) de motor çalıştırmada etkili araçlardır. **Motora uygulanan voltaj frekansını arttırarak motoru hızlandırmak suretiyle yükü tahrik etmek için yeterli torku korurken ani akımı en aza indirilebilirler.** VFD'lerin bu şekilde uygulanması enerji tasarrufu sağlamaz; ancak değişken tork uygulamalarını gerçekleştirmemizi sağlar.

h. Güç Faktörü Denetleyicisi:

Bir güç faktörü denetleyicisi (PFC); motor hafifçe yüklendiğinde, motor voltajını düşüren katı hal aygıtıdır. Mıknatıslanma akımı ve direnç kayıpları, voltajdaki azalma ile orantılı olarak azalır. Yük arttıkça voltaj normal seviyeye yükselir ve düşük yük periyotlarında **güç faktörünü arttırır.**

PFC'ler tek ve 3 fazlı indüksiyon motorları için üretilmiştir. Enerji tasarrufu yapmak için, uzun motor çalışma süresince ortalama motor yükü minimum olmalıdır. Kompresörler gibi sabit yüklü cihazlar, motor yükü için optimum boyuta sahipse, PFC'ler için iyi birer adaydırlar. Bir masa tezgahı motoru, motor uzun süre çalıştırılıyorsa ve malzeme miktarı sabit olmadığında potansiyel bir uygulama olacaktır. PFC'ler yumuşak başlatma ve durdurma işlevleri de sağlayabilir.

Başlangıçta NASA tarafından 1984 yılında geliştirilen çeşitli PFC'ler birkaç yıldır pazarlanmaktadır. Birçoğu, enerji tasarruflu muhafazalar olarak tüketici pazarına sunuldu. **Buzdolabı gibi eski cihazlar bu cihazları kullanarak az miktarda enerji tasarrufu sağlayabilir.**

i. Kısmi Sargılı Yol Vericiler:

Kısmi sargılı yol verici motorları bazen 230/460 V motor gibi darbeli gerilimlerde sargılı motorlarda kullanılır. Bu motorların düşük gerilim için paralel bağlanmış iki takım sargısı ve yüksek gerilim işletimi için seri halinde bulunur.

Daha düşük voltajda kullanıldığında, motorlar ilk önce sadece bir sargıya enerji vererek çalıştırılabilir. Bu, başlatma akımını ve torkunu tam gerilim değerlerinin yaklaşık yarısına sınırlar. Daha sonra, motor çalışma hızına yaklaştığında, ikinci sargı normalde bağlanır.

2. Tek Faz Motor Yol Vericileri

Tek fazlı motorlar tipik olarak 10 beygirgücünün altındadır. Yol Vericiler, küçük tek fazlı motorlar için **basit kuru kontak anahtarından** daha büyük boyutlu **manyetik kontaktörlere** kadar değişiklik gösterebilir.

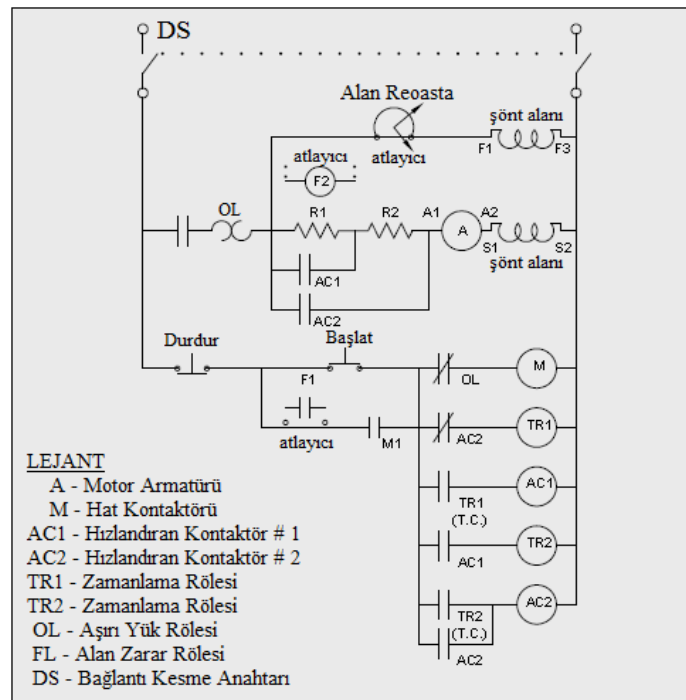
Yarı iletken yol vericiler ani akımları sınırlamak ve değişken hız kapasitesi sağlamak için kullanılabilirler. Bu tür yol verici, kısıtlı tek fazlı hatlarda daha büyük motorların kullanılmasına izin verdiği için özellikle çiftlik uygulamaları için uygundur.

Daha önce belirtildiği gibi, güvenlik endişesi varsa, manyetik yol vericiler her zaman önerilir. Basit bir anahtarın maliyeti yalnızca birkaç dolardır; manyetik bir yol verici motorun ise 100 dolara veya daha fazlasına mal olabilir; Bununla birlikte, ciddi bir arızadan kaçınılması manyetik yol vericiyi paha biçilmez hale getirebilir.

3. DC Motor Yol Vericileri

Çoğu motor armatürünün DC direnci düşüktür (0,05-0,5 ohm) ve armatür dönmeye başlayana kadar karşı **EMK**(Elektromanyetik Kuvvet) mevcut olmadığından, DC motorun armatürüyle **seri bir harici başlatma direnci kullanmak** ilk armatür akımını güvenli bir değerde tutmak için gereklidir. Armatür dönmeye başlarken karşı EMK artar. Karşı EMK, uygulanan voltaja karşı geldiğinden, armatür akımı azaltılır.

Motor normal hıza ulaştığında ve armatüre de tam gerilim uygulandığında, armatürle seri haldeki harici direnç azaltılır veya yok edilir. Bir DC motorda **yol verme direncinin kontrolü**, manuel olarak, bir operatör tarafından veya birkaç otomatik cihazdan herhangi biriyle gerçekleştirilir. Otomatik cihazlar genellikle sadece motor hız sensörleri tarafından kontrol edilir.



DC motorlara yol vermenin diğerk bir yolu ise, ani akımları azaltmak için **elektronik indirgenmiş voltaj yol vericileri** kullanmaktır. Bu tür kontrol, özellikle değışken hız kontrolünün gerekli olduğu yerlerde popülerdir.

DC motor, armatürdeki akım yönünü tersine çevirerek ters çevrilir. Armatür akımı tersine çevrildiğinde kutuplar boyunca geçen akım da ters çevrilir. Dolayısıyla, kutuplar, otomatik komütasyon sağlamak için doğru polariteyi korurlar.

c. Motor Durdurma

Bir motoru durdurmanın en yaygın yöntemi, besleme gerilimini kesmek ve motorun durmasına izin vermektir. Bununla birlikte, bazı uygulamalarda, motor bir frenleme tertibatı vasıtasıyla daha çabuk durdurulmalıdır veya yerinde sabit tutulmalıdır.

a. Elektrikli Frenleme:

Elektriksel frenleme, **geciktirici bir tork üretmek için motor sargılarını** kullanır. Rotorun ve yükün kinetik enerjisi, motorun rotor çubuklarında ısı olarak dağılır. İki elektrikli frenleme aracı vardır:

1. Tıpa Frenleme
2. Dinamik Frenleme

Tıpa frenleme, motoru ters yönde döndürmek için çalıştırırken bir indüksiyon motorunu çok hızlı bir durma noktasına getirir. Motoru durduktan sonra ters dönmesinin önlenmesi sıfır hız anahtarı ile sağlanır.

Dinamik frenleme ise, AC güç kaynağını motordan çıkararak ve stator fazlarından birine doğrudan akım uygulayarak durmayı gerçekleştirir. Ne tıpa ne de dinamik frenleme, durduktan sonra motor sabit tutabilir.

*Elde taşınan dairesel ve taşınabilir gönye testerelerinde genellikle elektrikli frenleme uygulanır. Anahtar serbest bırakıldığında, motor; bükme bıçağını izin verilenden daha hızlı durdurur. **Bu özellik evrensel bir motor üzerinde çalışmaz ise, fırçaları aşınmaya karşı kontrol edin ve gerekirse değıştirin.***

b. Rejeneratif Frenleme:

Rejeneratif frenleme, bir durma komutu verildiğinde geçici olarak motoru jeneratöre dönüştürerek, durdurmayı sağlayan bir araçtır.

Motor (şu an jeneratör) çıkışı güç dirençleri vasıtasıyla yok edilir veya bir aküyü şarj etmek için uygulanır.

Rejeneratif frenleme, hibrid elektrikli taşıtlarda kullanılır. Bir kısmı geleneksel frenler tarafından boşaltılırken, bir kısmı araç aküsüne geri gönderilir ve elbette akünün şarj kabulü şarj durumuna bağlıdır. Araçlarda, frenleme konusunda sürücüye daha iyi kontrol sağlamak için bu düzenleme gereklidir.

c. Mekanik Frenleme:

Mekanik frenleme, motorun haricinde geciktirme torku sağlayan cihazların kullanımı şeklindedir.

Çoğu, bir tambur veya diskle yapılan sürtünmeye dayanır ve solenoid bir yay ile ayarlanır veya motor tarafından serbest bırakılır.

Bu cihazlar motoru sabit tutma özelliğine sahiptir.

Bir girdap akımı freni, motor şaftına bağlı bir elektromanyetik rotor vasıtasıyla girdap akımlarını indükleyerek; **geciktirme torku sağlayan elektromekanik bir cihazdır**. Fren kuvvetinin miktarı, rotor akımını değiştirerek kontrol edilebilir.

d. Motor Hız Kontrolü

Aşağıda tipik **motor hızı kontrollerine örnekler** verilmektedir

Hız kontrolü beş genel alana ayrılabilir:

1. Çok hızlı motorlar
2. Sargı rotorlu indüksiyon motor kontrolü
3. DC motor kontrolörleri
4. İndüksiyon ve senkron motorlar için değişken hız sürücüleri
5. Mekanik hız kontrolü

1. Çok Hızlı Motorlar (ECM)

Çok hızlı(Multi-speed) sargılı indüksiyon motorları, **dört kademeli hız gerektiren uygulamalar için** uygundur. Hız farklı sargı konfigürasyonlarda seçilir ve her ayarda esasen sabittir. Bu motorlar genellikle **havalandırma fanları** ve **pompalar** gibi uygulamalarda bulunur.

Genellikle çok hızlı motorlar düşük devirlerde verimli değildir. Bu nedenle bu tür motorlar, sabit hava akışı gereken uygulamalar için zayıf bir seçimdir. **Bir ECM değişken hızlı fanlar için daha iyi bir seçim olacaktır.**

2. Sargı Rotorlu Motor Kontrolü

Bir sargı rotorlu indüksiyon motorunun tork-hızı karakteristikleri, **kayma halkaları vasıtasıyla rotor devresine harici direnç ekleyerek geniş bir aralıkta değiştirilebilir.** Rotor devresinden açığa çıkan güç, **ya ısı olarak boşaltılır ya da geri kazanılır ve faydalı elektriksel ya da mekanik enerjiye dönüştürülür.**

Sargı rotorlu motorlar için daha yüksek seviyede bakım gerekir. Periyodik olarak temizlik ve fırça değiştirmeye ihtiyaç duyulmaktadır.

3. DC Motor Kontrolü

Motor Hız, armatür voltajıyla orantılı olduğu için DC motorun kontrol edilmesi en basit yöntemdir.

Hız çok geniş bir yelpazede değişebilir. DC voltaj, **faz kontrollü doğrultucularla AC voltaja dönüştürülebilir** veya bir motor-jeneratör grubu (**Ward Leonard sistemi**) tarafından üretilebilir.

Egzersiz koşu bandında, tipik olarak değişken voltajlı dc denetleyicisi ile hızı değiştirilen 90V DC motorlar kullanılır.

4. İndüksiyon ve Senkron Motorlar için Değişken Hız Sürücüleri (VFD'ler)

Değişken frekans sürücüleri (VFD'ler), **hızı kontrol etmek** (indüksiyon ve senkron motorlarda) ve **kaymayı** (indüksiyon motorlarında) **engellemek** gerektiğinde uygulanır. İndüksiyon motorlarının hızı **elektriksel ve mekanik yöntemlerle** ayarlanabilir. Değişken frekans sürücüleri motor hızını elektrikle kontrol eder.

Bir VFD kullanmak, sürücünün enerji tüketmesine rağmen, genel enerji verimliliğini artırabilir. Yük gereksiniminin geniş bir aralıkta değiştiği, önemli kısmi yük operasyonlarına sahip uygulamalar, VFD'leri cazip bir seçenek haline getirir. Toplam enerji tasarrufu, çeşitli alternatif yöntemlerle karşılaştırıldığında (örn., fan amortisörleri ve pompa devridaim gibi), VFD'ler kullanılarak gerçekleştirilir.

VFD'ler, katı hal aygıtları(elektronik kartlar) kullanarak motora verilen AC gerilim frekansını değiştirerek çalışırlar. Gerilim aynı zamanda frekans oranına sabit bir voltaj

sağlamak üzere kontrol edilir. Bunlar nispeten daha ucuz ve güvenilir oldukları için değişken hız gerektiren uygulamaları gerçekleştirmenin tercih edilen yolu olmuştur.

Motor yavaşlarken, motorun kendisini etkili bir şekilde soğutması güçleşir. Düşük hızlarda ve büyük yüklerde motorun aşırı yüklenmesi söz konusudur ve entegre edilmiş havalandırma sistemlerinin olması gerekebilir.

Farklı hızlarda çalışma, tahrik edilen cihazlarda **mekanik rezonansa** neden olabilir. Bu hızlarda VFD'lerin çalışma aralığı tanımlanmalı ve programlanmalıdır.

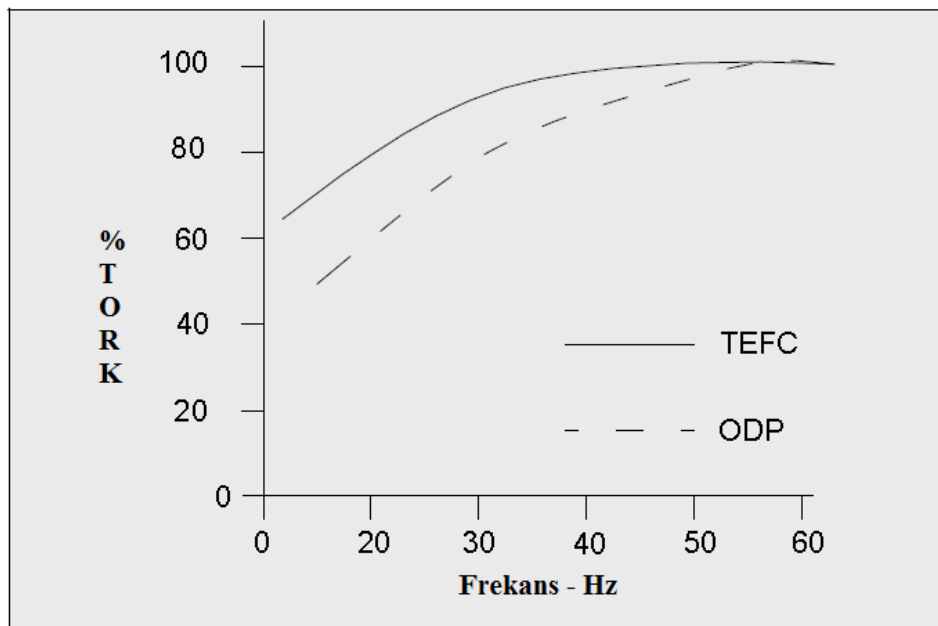
VFD'ler, bazı durumlarda, elektrik dağıtım sistemi üzerinde istenmeyen etkilere neden olan ve ekipmanın çalışmasını etkileyebilecek **harmonik gerilimler ve akımlar üretir**. Bazen bu etkileri en aza indirmek için transformatörler, hat reaktörleri veya filtreleme aygıtlarını **izole etmek** gerekecektir.

Bazı **yeni nesil VFD'ler** dahili olarak **harmonikleri ortadan kaldırma özelliğine** sahiptir ve harici azaltma gereksinimlerini ortadan kaldırmışlardır.

VFD'ler son yıllarda daha ucuz ve daha güvenilir hale gelmiştir. Buna göre, önce bir VFD'ye ihtiyaç olup olmadığı veya daha basit bir çözüm bulunup bulunmadığı değerlendirilmelidir. Biri, önemli tasarrufların elde edilip edilemeyeceğini belirlemek için motorun kısmen yükleneyeceği zamanı değerlendirmelidir.

Motor tam yük altında çalıştırıldığında VFD baypas edilmediği sürece, VFD toplam yükün % 2 ila % 5'ine karşılık gelen bir enerji tüketir ve sabit hız motoruna göre daha fazla çalışabilir.

Tork Mukavemetine Azaltılmış Soğutmanın Etkisi:



Bir VFD'nin kullanılması, bazen nominal geriliminin çok üzerinde motorda gerilim geçişlerine sebep olabilir ve bu da yalıtım sisteminin arızalanmasına sebep olabilir. Bunun nedeni ise, PWM anahtarlama frekansının dalga şekli ve motoru besleyen kabloların uzunluğu ile motorun indüktansı arasındaki etkileşimden kaynaklanmaktadır.

Voltaj yükselmeleri nedeniyle motor izolasyonunda stres artışı oluşabilir. Bir VFD'den gelen yüksek frekans kesintisi, motor yalıtımını hızla bozabilecek çok yüksek gerilim sıçramaları üretebilir.

Bu problem, **uygun filtreleme yapılarak** (hat reaktörleri), **kabloların mesafesi kısa tutularak** (<100 feet), **gelişmiş yalıtım sistemlerinin ile inverter motorlarının kullanılmasıyla** ve **tamir edilen motorların yalıtım sistemlerinin iyileştirilmesiyle minimize** edilebilir.

5. Mekanik Hız Kontrolü

Tahrik edilen yükün hızı da motor harici cihazlar kullanılarak ayarlanabilir. Bunlar; **sürekli değişken şanzıman, akışkan kuplajı(kavrama), girdap akım debriyajları ve manyetik kuplaj sürücüsü** cihazlarıdır. Bu cihazlar, motorun nominal hızını, gereken yük hızına ayarlar.

Manyetik kuplaj sürücüsü, motor ve yük arasında torku iletmek için elektromıknatısları veya nadiren toprak mıknatıslarını kullanır.

Manyetik bir kuplaj, bir motorun boşaltılmaya başlamasına ve torku kademeli olarak uygulamanıza izin verebilir.

Mekanik hız kontrol cihazlarında **dahili kayıplar** söz konusudur, lakin bu kayıplar genellikle pompa daraltma veya fan karıştırıcı gibi diğer kontrol araçları kullanıldığında daha az olur.

Kısmi santrifüj yükleri için enerji tasarrufu; mekanik daraltma yöntemlerine kıyasla % 30 veya daha fazla olabilir. Son açıklama, VFD'ler için de geçerlidir.

9. MOTOR BAKIMI

Genel olarak, motorlar **çok az bakım gerektiren güvenilir makinelerdir**. Bununla birlikte, **motor ömrünü uzatmak ve planlanmamış kesintiler ve üretim kaybı olasılığını en aza indirmek için koruyucu bakımın yapılması çok önemlidir**.

a. Genel Arıza Türleri:

İzolasyon(yalıtım) ve rulman arızası, motor arızalarının **en yaygın iki tipidir** ve genellikle basit bakımlarla önlenabilir.

b. Bakım Sıklığı (Zamanlaması):

Bakım revizyonları arasındaki **sıklık veya zaman aralığı** aşağıdaki bir dizi faktöre bağlıdır:

- Çalışma saatleri
- Başlama, tıkanma veya ters dönme sıklığı
- Yük
- Çalışma ortamı, ortam sıcaklığı veya kirliliği
- Üretimdeki önemi

Normal servis koşullarında sürekli çalışmakta olan motorlar, ortalama olarak her beş veya altı yılda bir revize edilmelidir.

Daha ağır koşullarda çalışan motorlarsa daha sık gözden geçirilmelidir.

Daha az saat çalıştıran motorlarda bu zaman aralığı biraz daha uzatılabilir. Üreticinin tavsiyelerine göre **rutin bakım muayenesi ve yağlama** yapılmalıdır.

Hiçbir öneri mevcut olmadığında, aşağıdaki tablo; **yağlama ve muayene aralıkları için önerebileceğimiz bir kılavuz** olarak kullanılabilir:

Bakım Sıklığı veya Zaman Aralığı Tablosu:

HIZ	Beygircü Büyüküğü	8 Saat/Günlük Çalışma	24 Saat/Günlük Çalışma
3600 RPM	1 - 25 30 - 40 >40	5 yıl 6 ay 4 ay	2 yıl 2 ay 2 ay
1800 RPM	1 - 20 25 - 50 60 - 70 >75	5 yıl 4 yıl 1 yıl 9 ay	2 yıl 1.5 yıl 4 ay 3 ay
1200 RPM ve Aşağısı	1 - 10 15 - 30 >40	5 yıl 4 yıl 1 yıl	2 yıl 1.5 yıl 4 ay

c. Rulmanlar

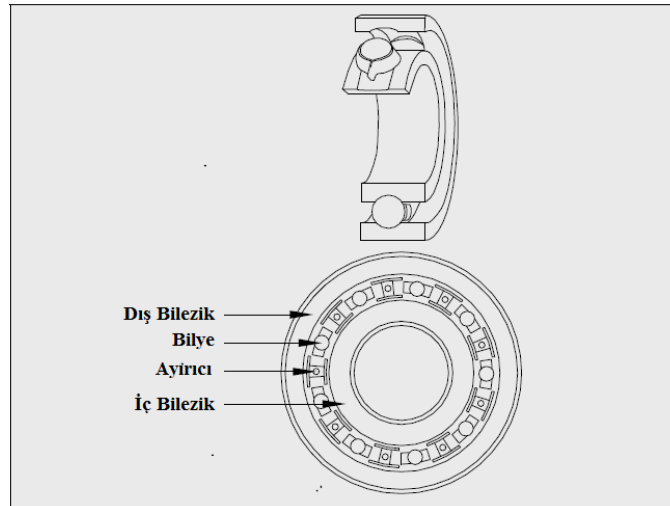
Motorlarda yaygın olarak iki tür rulman kullanılır: **Antifriksiyon ve Düz rulman**

1. Sürtünmeyi Önleyici (Antifriksiyon) Rulmanlar:

Sürtünmeyi önleyici rulmanlar, rulman ve dönen şaft arasındaki yuvarlanma elemanlarını kullanırlar. Bilyalı ve makaralı rulmanlar bu tür örneklerdir.

Bu rulmanlarda genellikle gres yağ kullanılır. Motorlarda kullanılan bazı bilyalı ve makaralı rulmanlar mühürlenir ve bu sayede bakıma ihtiyaç duyulmaz, ancak birçoğu kapalıdır ve gres yağ ile periyodik olarak yeniden doldurulmaları gerekir.

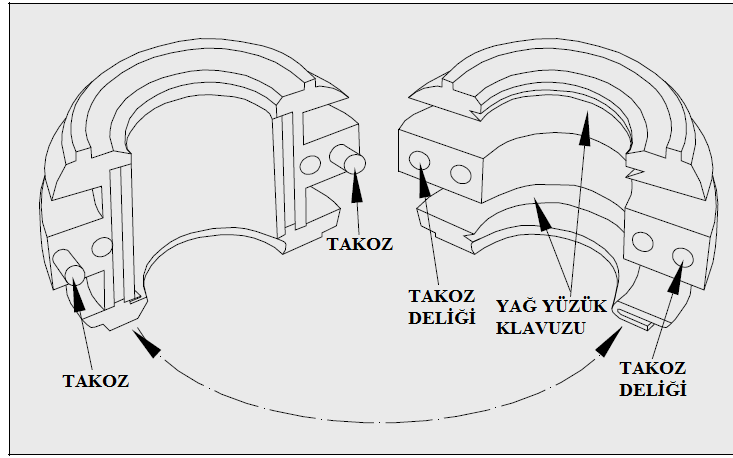
Rulmanların doldurulduğu gres yağının frekansı ve derecesi için üreticinin tavsiyeleri takip edilmelidir. Aşırı yağlamayı önlemek için de rulmanlar sadece 1/3 oranında doldurulmalıdır.



Bir rulmanın **aşın yağlanmaması için**, çalıştırdıktan sonra ve yağ tapasını değiştirmeden önce yaklaşık 10 dakika boşaltma tapasından fazla gres yağı çıkmasına izin verilmelidir. Bazı gres yağ türleri diğerleriyle uyumlu olmadığından, farklı gres yağlarını karıştırmaktan kaçınmalısınız.

2. Düz Rulmanlar:

Düz rulmanlar bronz veya bambit gibi yumuşak bir malzemeden yapılmıştır.



Bazı sürtünme önleyici rulmanlar sadece millerle çalışacak şekilde tasarlandığından itme yüklerini destekleyemezler. Düz rulmanlar sürtünme önleyici rulman tiplerine göre **daha sessizdir**.

Yağ, bu tip rulmanların yağlanması için kullanılır ve dönen yüzeyleri, dönerken ince bir filmle destekler. Yeterli yağlamadan çalıştırmak hasara neden olacaktır.

d. Vibrasyon (Titreşim)

Aşırı titreşim, rulmanın ömrünü kısaltabilir ve motor verimliliğini düşürebilir.

Titreşimi en aza indirmek için yükün dengelenmesi ve motor ile hizalanması gerekir.

Titreşim, aşınmış rulmanların bir sonucu olabilir.

Rulman değişikliğinin gerekip gerekmediğini belirlemek için rulmanların ve milin boşluk ve uç hareketleri ölçülmelidir.

Ölçümün kabul edilebilir olup olmadığını belirlemek amacıyla motorun titreşimini ölçmek için taşınabilir bir ivmeölçer kullanılabilir

Toplam titreşim genliği için NEMA sınırları aşağıdaki gibidir:

Motor Senkron Hızı (rpm)	Toplam Titreşim Genliği (in)
3000 ve üzeri	0.0010
1500 - 2999	0.0015
1000 - 1499	0.0020
999 ve altı	0.0025

Titreşim ölçümlerinin zaman içindeki değişimi, rulmanın bozulmasının ve değiştirme ihtiyacının belirlenmesi için yararlıdır.

Motor ve milleri arasında daha iyi izolasyon sağlamak için kuplajlar(kavrama) mevcuttur ve hafif yanlış hizalama daha toleranslıdır.

e. İzolasyon (Yalıtım)

Motor sargı yalıtımı, iletkenlerin ve mekanik bileşenlerin elektriksel olarak birbirinden yalıtımını sağlar.

İzolasyon mekanik ve elektriksel streslere maruz kalarak zamanla bu yalıtım yeteneğini azalır.

Yüksek çalışma sıcaklıkları, yalıtım ömrünü ciddi şekilde etkiler.

Yalıtım ömrünü maksimuma çıkarmak için:

- Havalandırma ekranları ve örtüleri temiz tutulmalı ve engellenmemelidir.
- Isı dağılımının kısıtlanmasını önlemek için **kir ve gres**, motorun dışında tutulmalıdır
- Toz ve kirin vakumlanması (tercih edilir) veya açık motorlardan dışarı atılması gerekir.
- Kiri atmak için yalnızca düşük basınç (<5 psi), kuru, yağsız hava kullanılmalıdır.

Sargıların yağ, gres veya kimyasallarla kirlenmesi yalıtımı olumsuz yönde etkileyebilir. Kirliliğin olabileceği alanlarda **tamamen kapalı motorlar** kullanılmalıdır.

Nem, yalıtım sistemlerinin başarısız olmasına neden olabilir. Sargılar ıslak olduğundan veya yüksek nemli alanlarda olduğundan emin olmak için, motora enerji verilmeden önce yalıtım direnci ölçülmelidir.

1 megohm/kV değerinden küçük değerler, sargıların kurutulması gerektiğini ya da izolasyonun başarısız olduğunu gösterir.

Gerilim Değeri	İzolasyon Direnci
600 Volt ve aşağısı	1,5 Megohm
2300 Volt	3,5 Megohm
4000 Volt	5.0 Megohm

Motor çalışmadığında nem birikimini önlemek için bazı motorlara saha ısıtıcıları monte edilebilir.

Aynı ısıtma etkisi, çalışmadığı sürece motorun bir fazına bir AC veya DC voltaj uygulayarak da elde edilebilir.

Gerilim seviyesi, stator sıcaklığı havanın çiğlenme noktasının üstünde tutulacak şekilde belirlenmelidir.

Polarizasyon indeks testi, büyük (> 500 Beygiegücü) motorların izolasyon durumunu belirlemek için kullanılır.

Polarizasyon endeksi veya P.I., iki zaman aralığında alınan yalıtım direnci değerlerinin oranıdır.

Tipik P.I. testi, bir dakikada elde edilen ile on dakika içinde elde edilen yalıtım direnci değerini karşılaştırır.

$$P.I. = \frac{R_{10}}{R_1}$$

Burada;

R10 = 10 dakikalık direnç değerini

R1 = 1 dakikalık direnç değerini gösterir

Polarizasyon indeksi **2 veya daha fazla ise** sargılar kabul edilebilir durumda olduğunu gösterir

Yüksek potansiyel veya Hipot testi, bir sarımın belirli bir yalıtım mukavemeti seviyesine sahip olup olmadığını belirleyen bir **aşırı gerilim testidir**. İyi yalıtım, Hipot testinde kullanılan voltajlardan daha yüksek gerilim seviyelerine dayanabilir.

DC Hipot testi, yalıtım mukavemetini sağlamak için **iyi bir tahribatsız, rutin testtir**. 600 volt veya daha düşük gerilimde çalışan motorların **bir dakika içinde DC Hipot testi için uygulanan gerilim seviyesi** aşağıdaki gibi belirlenebilir:

$$V_{test} = 1.7 \times (2E + 1000) \text{ (yeni motorlar için)}$$
$$V_{test} = 2E + 1000 \text{ (servisteki motorlar için)}$$

Burada;

Vtest = DC Hipot test voltajı

E = Motorun anma gerilimi

AC Hipot testi, yalıtım sisteminde herhangi bir zayıflık olup olmadığını belirlemek için motor üreticileri ve motor tamir merkezleri tarafından **bir geçiş / arıza test tipi** olarak kullanılır. AC Hipot testinde yer alan akımlardan dolayı, izolasyonun bozulması kalıcı hasara neden olur, **bu nedenle tahrip edici bir test olarak kabul edilir** ve bir bakım programının parçası olarak kullanılmamalıdır.

Daha büyük motorların periyodik bakımı, daha güvenilir ömür sağlamak için sökme, temizleme, hipotermi ve rulman değiştirmeyi içerir. Kayma halkaları veya komütatörlü motorlar aşınmanın aşırı olmadığını garanti eder. Özellikle aşırı kıvılcım veya renk değişimi gözlemleniyorsa, komütatör veya halkaların ilave temizlenmesi gerekebilir.

f. VFD Rulman Arızası

Zaman zaman, rulmanlar, **motor şaftından ortak şebeke akımı aktığı için** VFD ikazlı motorlarda başarısız olur.

Bu, çukurlaşmaya ve motor rulmanlarının nihai olarak arızalanmasına yol açabilir.

Sorunun çözümü; rulmanın, seramik veya diğer iletken olmayan malzemelerle yalıtılarak, akımın rulmanı geçip mil topraklama fırçalarına akmasını engellemektir. Yalıtımlı rulmanları tahrik olmayan uca takmak yardımcı olabilir.

Tüm motorlar bu sorun söz konusu değildir Lakin sorunun mevcut olabileceğini bilmek, nispeten nadir olan bu durum ortaya çıkarsa bizler için yararlı olacaktır.

g. Topraklama

Rulman akımlarından dolayı motor yatağının hasar görmesinin en büyük nedenlerinden biri, özellikle yüksek çalışma frekanslarında yetersiz topraklamadır.

Duyulabilir rulman gürültüsü bir semptomdur, ancak ortaya çıkana kadar hasar meydana gelmiştir çoktan.

VFD Rulman Sorunlarını Önlemek İçin Önerilen Adımlar:

Her VFD Uygulaması	taşıyıcı frekansı <6Hz ayarlayın
	taşıyıcının VFD modelini belirleyin
	frekans değişim ayaları 1kHz'den büyük değil
	Mümkün olan en kısa iletken uzunluğu
	VFD'den motora sürekli düşük empedanslı toprak yolu bulunan ekranlı kablo
< 25 HP Motor	Şaft topraklama aygıtı
25 HP ve Üzeri Motor	Yalıtımlı motor rulmanları veya ESIM
Uzun kurşun iletken	İndüktif veya RLC filtresi
Motora zor erişim	Yalıtımlı motor rulmanları veya ESIM
Korumaya rağmen motor rulman arızası	Zarar verici akım döngülerini bulmak için gerilim analizi
Gürültülü motor rulman çalışması	Motor rulmanlarında EDM bulguları aramak için titreşim analizi
Arızalı motor rulmanı söküldü	Motor rulman bileziklerinde oyuk veya çukurluk olup olmadığını kontrol edin

10. ONARIM VEYA DEĞİŞTİRME?

Mevcut bir motorda tamiratın maliyeti genellikle yenisini temin etmekten daha ucuzdur. Bununla birlikte, motorun yıllık çalışma saatleri, onarım veya değiştirme kararında büyük bir paya sahip olacaktır. Aşağıdaki örnek tablo, ekonomik analizin basit bir örneğini göstermektedir.

Onarım veya Değiştirilme Ekonomik Analizi:

Motor Beygirgücü Büyüklüğü	40
Mevcut Motor Verimliliği	87%
Premium Motor Verimliliği	94.5%
Yıllık Enerji Maliyet Tasarrufları	\$1073
Onarım Maliyeti - Sadece Geri Sarma	\$1000
Yeni Premium Verimli Motor	\$1700
Fiyat Farkı (1700-1000)	\$700
Yük faktörü	0.75
Saat / Yıl	8000
Diferansiyel olarak Basit Geri Ödeme Ay Miktarı	~8.3
Değiştirme Maliyetinde Basit Geri Ödeme Ay Miktarı	~25

Bu örnekteki motor, **yüksek verimli bir yük faktörü ve yıllık çalışma saatlerine sahiptir** ve bu da, enerji açısından verimli bir motorla değiştirilmesi için önemli bir sebeptir. **Sağlıklı bir standart verimli motorunun bile değiştirilmesi biraz caziptir**; Bununla birlikte, onarım kararı yılda az çalışma saati olan motorlar için çok daha caziptir. Motorun kritik bir ekipman parçasının değiştirilmesi, güvenilirlik bakımından iyi bir seçenek olabilir.

Eğer onarmaya karar vermişseniz, onarım fabrikasını seçerken dikkatli olun. Daha büyük motorlar için, çekirdeğin zarar görmemesini sağlamak için geri sarma işlemi gerçekleştirilmeden önce ve sonra motorun çekirdek kaybı testini istemek akıllıca olacaktır. Hasarlı bir çekirdeğin yalnızca daha fazla kayıp olması değil, ancak hasar lokalize edildiyse, stator göbeğinde sıcak noktalara yol açarak ömrünü kısaltabilir. Sorunu gidermek için çekirdeğin demontajı ve onarımı gerekecektir.

11. YÜKSEK VERİMLİLİK GÜÇLENDİRMESİ

Mevcut bir standart verimli motorunu, yüksek verimli bir motorla değiştirme kararı verildiyse, **sonuçta gerçek tasarruf sağlanmasına özen gösterilmelidir**. Yanlış olan ise, yeni motorun, bazı durumlarda, eski motora göre daha fazla enerji tüketebilir olduğunun hesap edilmemesidir. Bu, yeni motorun daha az verimli olduğunu söylemek demek değildir, daha ziyade yeni motorun yük kombinasyonu eskisinden farklı performans göstermesidir. **Bu, artış gerekli olmadığına daha fazla iş yapılmasına neden olabilir**. Bu nedenle bir motor değiştirirken, yükün yeni motora uyacak şekilde ayarlandığından emin olun.

a. Motoru Yeniden Boyutlandırma

Yük sürme yeteneğine sahip olduğundan emin olmak için bir motorun büyüklüğünü arttırmak yaygın bir uygulamadır. Büyük boyutlu bir motor daha az verimlidir ve güç faktörüne daha az katkıda bulunur. Değişken yükler için, motorun asla tam yük kapasitesini veya servis faktörü oranını aşmadığından emin olun.

b. Hız Ayarlamaları

Enerji tasarruflu motorlar tipik olarak standart verimli motorlara kıyasla daha düşük kayma değerlerinde çalışırlar. Bu, değişken bir tork yükü için, enerji açısından verimli bir motor denge noktasında daha yüksek bir RPM'de(hızda) çalışacak ve daha fazla enerji tüketecek demektir. Bu sorunu gidermek için, motor ile yük arasındaki makara oranı ayarlanmalıdır.

c. Yük Ayarlamaları

Direk olarak birleştirilmiş değişken tork yükleri için, enerji açısından verimli bir motor önceki alt bölümde belirtildiği gibi daha hızlı çalışmaya meyledecektir. Bu durumlarda yükün ayarlanması gerekecektir. Örnekler arasında fan perdesinin değiştirilmesi veya pompa çarklarının kesilmesi sayılabilir. Bunu, gerçekleştirmek için özel yetenekler gerekir.

d. Güç Faktörü

Enerji tasarruflu motorların tipik olarak standart verimli motorlara kıyasla daha yüksek güç faktörleri vardır. Aşırı düzeltmenin gerçekleşmediğinden emin olmak için mevcut güç faktörü düzeltme kondansatörlerinin yeniden değerlendirilmesi gerekecektir.

12. ÖNERİLEN WEB BAĞLANTILARI

Kuruluşları ve programları, yazılımları ve literatürü listeleyen araçlar ve kaynaklar:

1. Natural Resources Canada – Kanada Motor Seçme Aracı "**CanMOST**" için giriş sayfası
<http://oee.nrcan.gc.ca/industrial/equipment/software/intro.cfm?attr=24>

2. **NEMA Premium Motorlar**
<http://www.nema.org/gov/energy/efficiency/premium/>

3. US Department of Energy – **Alet ve Ekipman Standartları**
http://www.eere.energy.gov/buildings/appliance_standards/notices_rules.html

4. Bakır Motor Rotor Projesi - **Verimi artırmak için bakırın bir rotor malzemesi olarak kullanılması**
<http://www.copper-motor-rotor.org/>

5. US Department of Energy - Motorlar, Pompalar ve Fanlar için En İyi Uygulamalar
<http://www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/motors.html>

6. Motor Kararları Meselesi - Motorlu enerji maliyetlerini düşürmek ve verimliliği artırmak için bir araç olarak sağlam motor yönetimi ve planlamayı teşvik eden ulusal bir kampanya
<http://www.motorsmatter.org/>

7. BC Hydro Power Smart – Elektrik Motorları
<http://www.bchydro.com/business/investigate/investigate784.html>

8. Hydro Quebec Virtual Library – Site has several downloadable Acrobat files on motors and efficiency
<http://www.hydroquebec.com/majorcustomers/ee/bibliotheque.html#anch07>

9. US Department of Energy - Motor Master, dahil olmak üzere yazılım yüklemeleri
<http://www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/software.html>

10. Electrical Apparatus Service Association, Inc. - Tamir / Geri Sarmanın Motor Verimliliği Üzerindeki Etkisi EASA / AEMT

Geri Kazanım Çalışması ve Motor Verimliliğini Sürdürmeye Yönelik Uygulama Kılavuzu
- EASA 2003
www.easa.com

13. KAYNAKÇA

1. "Motors Reference Guide," 3rd Edition, Ontario Hydro, August 1997. (Basic motor theory and other currently relevant information were derived from this guide with the permission of the present copyright holder, Ontario Power Generation).

2. Lawrie, Robert J., "Electric Motor Manual", McGraw Hill, 1987.

3. "Electronically Commutated Motor," GE Consumer& Industrial.

<http://www.geindustrial.com/products/static/motors/ecm/descrip.html>

4. "Written Pole Single Phase Motors," Precise Power.

http://www.precisepwr.com/single_phase_motors.asp?bhcp=1

5. "Linear DC Motors," Electric Motors Reference Center.

http://www.electricmotors.machinedesign.com/guiEdits/Content/bdeee3/bdeee3_7.aspx

6. "Hybrid Step Motor," National Instruments.

<http://zone.ni.com/devzone/cda/ph/p/id/287#toc3>

7. Smeaton, Robert W. "Motor Application & Maintenance Handbook," 2nd Edition, 1987.

8. "CanMOST - The Canadian Motor Selection Tool," Natural Resources Canada.

<http://oee.nrcan.gc.ca/industrial/equipment/software/intro.cfm?attr=24>

9. "Are Bearing Currents Causing Your Motor Failures?" Engineering Update, Greenheck Fan Corporation, Volume 6, Issue 1, Spring 2004.

10. Spear, Mike, "Get A Fix on ASD Problems, - Adjustable Speed Drives Sometimes May Harm Bearings and Lubricants," Chemical Processing, December, 2005.

11. "Motor Decisions Matter," Consortium for Energy Efficiency.

<http://www.motorsmatter.org/>

12. "NEMA Premium Motors," National Electrical Manufacturers Association.

<http://www.nema.org/gov/energy/efficiency/premium/>

13. "Best Practices on Motors , Pumps and Fans" U.S. Department of Energy.

<http://www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/motors.html>

14. "The Effect of Repair / Rewinding on Motor Efficiency EASA/AEMT Rewind Study and Good Practice Guide to Maintain Motor Efficiency," EASA 2003.

www.easa.com

15. "Laboratory Testing Of The Magnadrive Adjustable-Speed Coupling Systems (ASCS)," Motor Systems Resource Facility (MSRF), Oregon State University, January, 2000.

16. "Appliance & Equipment Standards," U.S. Department of Energy.

http://www.eere.energy.gov/buildings/appliance_standards/notices_rules.html

17. "Energy-Efficient Motor Systems Assessment Guide," Natural Resources Canada, 2004.

18. "Motor Terms," Rockwell Automation, 2005.

<http://www.rockwellautomation.com/index.html>

19. Brunner, Conrad U, "Motor Efficiency Standards SEEEM Harmonization Initiative", IEA Electric Motor Systems Workshop, Paris, 15-16 May 2006

20. Little, Arthur, "Opportunities for Energy Savings in the Residential and Commercial Sectors with High- Efficiency Electric Motors," U.S. Department of Energy, December, 1999.

21. "Analysis of Energy Conservation Standards for Small Electric Motors," Building Technologies Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, U.S. Department of Energy, June 2003.
22. "When to Purchase NEMA Premium™ Efficiency Motors - Motor Systems Tip Sheet #1," U.S. Department Of Energy Publication, September 2005.
23. "Energy Management Guide for Selection and Use of Single-Phase Motors," National Electrical Manufacturers Association Standards Publication MG11-2001.

Görüşleriniz ve yorumlarınız bekliyoruz

Lütfen aşağıdaki mail adreslerine önerileri ve sorularınızı gönderebilirsiniz:

info@ceati.com

Enerji Verimliliği;

- Ekonomik refah sağlar.
- Çevresel performansa katkıda bulunur.
- Sosyal sorumluluktur.
- Güvenliğimiz için önemlidir.