

## Asenkron Elektrik Motorlarında Verim İfadesi :

$$\text{Verim (\%)} = P2 / P1 \times 100$$

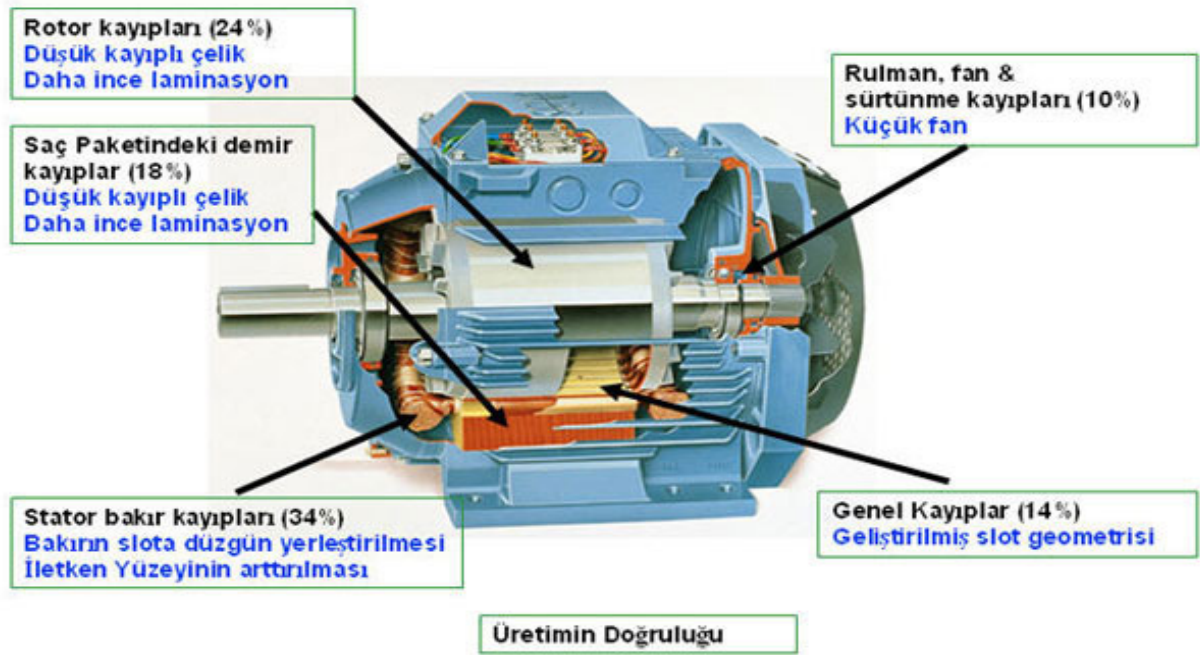
P1 = Giriş Gücü

P2 = Çıkış Gücü

Kayıpların Toplanması Yöntemi ile verim hesabı

$$P1 - P2 = \text{Kayıplar}$$

## Elektrik Motorlarında Kayıplar :



## Elektrik Motorlarında Enerji Verimliliği :

CEMEP (Avrupa Elektrik Makinaları ve Güç Elektroniği İmalatçıları Komitesi) elektrik motorları enerji verimliliği için farklı verim sınıfları belirlemiştir.

1,1 – 90 kW, 2 (3000 devir/dak) ve 4 (1500 devir/dak) kutuplu 3-Fazlı Asenkron Sincap Kafesli Motorlar için belirlenmiş 3 farklı verim sınıfı ;

EFF1 yüksek verimli > EFF2 verimi artırılmış > EFF3 düşük verimli

Elektrik motorlarında harcanan toplam enerjinin %80 'i 1,1-90 kW 2 ve 4 kutuplu motorlar tarafından tüketilmektedir.

### CEMEP Verim Sınıflandırması :

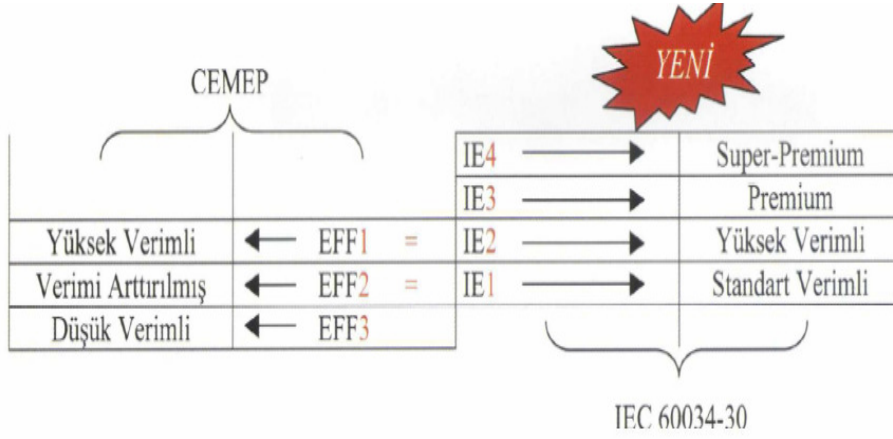
Çıkış Gücü (kW)	2 Kutuplu Motorlar (%)			4 Kutuplu Motorlar (%)		
	EFF1	EFF2	EFF3	EFF1	EFF2	EFF3
1,1	>= 82,8	>= 76,2	< 76,2	>= 83,8	>= 76,2	< 76,2
1,5	>= 84,1	>= 78,5	< 78,5	>= 85,0	>= 78,5	< 78,5
2,2	>= 85,6	>= 81,0	< 81,0	>= 86,4	>= 81,0	< 81,0
3	>= 86,7	>= 82,6	< 82,6	>= 87,4	>= 82,6	< 82,6
4	>= 87,6	>= 84,2	< 84,2	>= 88,3	>= 84,2	< 84,2
5,5	>= 88,6	>= 85,7	< 85,7	>= 89,2	>= 85,7	< 85,7
7,5	>= 89,5	>= 87,0	< 87,0	>= 90,1	>= 87,0	< 87,0
11	>= 90,5	>= 88,4	< 88,4	>= 91,0	>= 88,4	< 88,4
15	>= 91,3	>= 89,4	< 89,4	>= 91,8	>= 89,4	< 89,4
18,5	>= 91,8	>= 90,0	< 90,0	>= 92,2	>= 90,0	< 90,0
22	>= 92,2	>= 90,5	< 90,5	>= 92,6	>= 90,5	< 90,5
30	>= 92,9	>= 91,4	< 91,4	>= 93,2	>= 91,4	< 91,4
37	>= 93,3	>= 92,0	< 92,0	>= 93,6	>= 92,0	< 92,0
45	>= 93,7	>= 92,5	< 92,5	>= 93,9	>= 92,5	< 92,5
55	>= 94,0	>= 93,0	< 93,0	>= 94,2	>= 93,0	< 93,0
75	>= 94,6	>= 93,6	< 93,6	>= 94,7	>= 93,6	< 93,6
90	>= 95,0	>= 93,9	< 93,9	>= 95,0	>= 93,9	< 93,9

### IEC 60034-30 (2008) Elektrik Motorları Enerji Verimliliği Standardı :

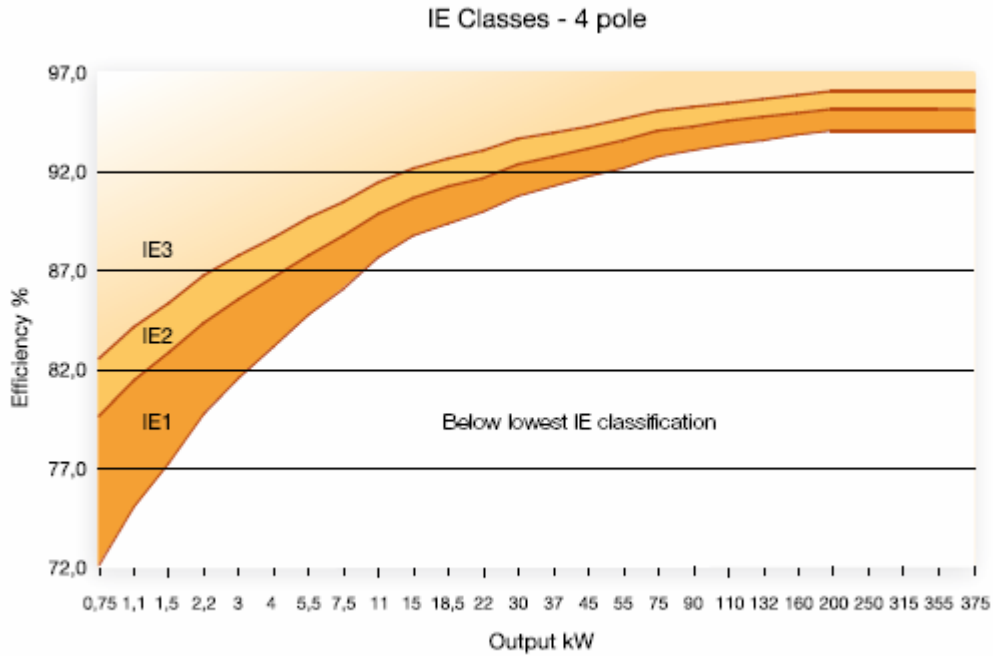
IEC 60034-30:2008 standardına göre tek hızlı,3 fazlı,kafesli endüksiyon motorları için 3 IE (International Efficiency) verim sınıfı tanımlanmaktadır.

Premium Verim	IE3
Yüksek Verim	IE2
Standart Verim	IE1

Standart ayrıca IE3 premium verim sınıfından daha verimli olan IE4 (Super Premium Verim) verim sınıfını da ortaya çıkarmaktadır.Fakat IE4 verim sınıfı ürünlerin ticari olarak kullanımı henüz mümkün değildir.



4 kutuplu motorlar için 50 Hz deki IE verim sınıfı grafiği aşağıdaki gibidir.



IEC 60034-30'a göre ,

- Tek hızlı , 3 fazlı , 50 ve 60 Hz
- 2 , 4 veya 6 kutuplu
- 0,75-375 kw aralığında
- 1000 V'a kadar

elektrik motorları tanımlanmıştır.

**Table 1 Table with efficiency classes: IE 60034-30 (2008)**

kW	HP	IE-1 - Standard efficiency						IE2 - High efficiency						IE3 - Premium efficiency					
		2 pole		4 pole		6 pole		2 pole		4 pole		6 pole		2 pole		4 pole		6 pole	
		50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz
0.75	1	72.1	77.0	72.1	78.0	70.0	73.0	77.4	75.5	79.6	82.5	75.9	80.0	80.7	77.0	82.5	85.5	78.9	82.5
1.1	1.5	75.0	78.5	75.0	79.0	72.9	75.0	79.6	82.5	81.4	84.0	78.1	85.5	82.7	84.0	84.1	86.5	81.0	87.5
1.5	2	77.2	81.0	77.2	81.5	75.2	77.0	81.3	84.0	82.8	84.0	79.8	86.5	84.2	85.5	85.3	86.5	82.5	88.5
2.2	3	79.7	81.5	79.7	83.0	77.7	78.5	83.2	85.5	84.3	87.5	81.8	87.5	85.9	86.5	86.7	89.5	84.3	89.5
3		81.5	-	81.5	-	79.7	-	84.6	-	85.5	-	83.3	-	87.1	-	87.7	-	85.6	-
3.7	5	-	84.5	-	85.0	-	83.5	-	87.5	-	87.5	-	87.5	-	88.5	-	89.5	-	89.5
4		83.1	-	83.1	-	81.4	-	85.8	-	86.6	-	84.6	-	88.1	-	88.6	-	86.8	-
5.5	7.5	84.7	86.0	84.7	87.0	83.1	85.0	87.0	88.5	87.7	89.5	86.0	89.5	89.2	89.5	89.6	91.7	88.0	91.0
7.5	10	86.0	87.5	86.0	87.5	84.7	86.0	88.1	89.5	88.7	89.5	87.2	89.5	90.1	90.2	90.4	91.7	89.1	91.0
11	15	87.6	87.5	87.6	88.5	86.4	89.0	89.4	90.2	89.8	91.0	88.7	90.2	91.2	91.0	91.4	92.4	90.3	91.7
15	20	88.7	88.5	88.7	89.5	87.7	89.5	90.3	90.2	90.6	91.0	89.7	90.2	91.9	91.0	92.1	93.0	91.2	91.7
18.5	25	89.3	89.5	89.3	90.5	88.6	90.2	90.9	91.0	91.2	92.4	90.4	91.7	92.4	91.7	92.6	93.6	91.7	93.0
22	30	89.9	89.5	89.9	91.0	89.2	91.0	91.3	91.0	91.6	92.4	90.9	91.7	92.7	91.7	93.0	93.6	92.2	93.0
30	40	90.7	90.2	90.7	91.7	90.2	91.7	92.0	91.7	92.3	93.0	91.7	93.0	93.3	92.4	93.6	94.1	92.9	94.1
37	50	91.2	91.5	91.2	92.4	90.8	91.7	92.5	92.4	92.7	93.0	92.2	93.0	93.7	93.0	93.9	94.5	93.3	94.1
45	60	91.7	91.7	91.7	93.0	91.4	91.7	92.9	93.0	93.1	93.6	92.7	93.6	94.0	93.6	94.2	95.0	93.7	94.5
55	75	92.1	92.4	92.1	93.0	91.9	92.1	93.2	93.0	93.5	94.1	93.1	93.6	94.3	93.6	94.6	95.4	94.1	94.5
75	100	92.7	93.0	92.7	93.2	92.6	93.0	93.8	93.6	94.0	94.5	93.7	94.1	94.7	94.1	95.0	95.4	94.6	95.0
90	125	93.0	93.0	93.0	93.2	92.9	93.0	94.1	94.5	94.2	94.5	94.0	94.1	95.0	95.0	95.2	95.4	94.9	95.0
110	150	93.3	93.0	93.3	93.5	93.3	94.1	94.3	94.5	94.5	95.0	94.3	95.0	95.2	95.0	95.4	95.8	95.1	95.8
132		93.5	-	93.5	-	93.5	-	94.6	-	94.7	-	94.6	-	95.4	-	95.6	-	95.4	-
150	200	-	94.1	-	94.5	-	94.1	-	95.0	-	95.0	-	95.0	-	95.4	-	96.2	-	95.8
160		93.8	-	93.8	-	93.8	-	94.8	-	94.9	-	94.8	-	95.6	-	95.8	-	95.6	-
185	250	-	94.1	-	94.5	-	94.1	-	95.4	-	95.4	-	95.0	-	95.8	-	96.2	-	95.8
200		94.0	-	94.0	-	94.0	-	95.0	-	95.1	-	95.0	-	95.8	-	96.0	-	95.8	-
220	300	94.0	94.1	94.0	94.5	94.0	94.1	95.0	95.4	95.1	95.4	95.0	95.0	95.8	95.8	96.0	96.2	95.8	95.8
250	350	94.0	94.1	94.0	94.5	94.0	94.1	95.0	95.4	95.1	95.4	95.0	95.0	95.8	95.8	96.0	96.2	95.8	95.8
300	400	94.0	94.1	94.0	94.5	94.0	94.1	95.0	95.4	95.1	95.4	95.0	95.0	95.8	95.8	96.0	96.2	95.8	95.8
330	450	94.0	94.1	94.0	94.5	94.0	94.1	95.0	95.4	95.1	95.4	95.0	95.0	95.8	95.8	96.0	96.2	95.8	95.8
375	500	94.0	94.1	94.0	94.5	94.0	94.1	95.0	95.4	95.1	95.4	95.0	95.0	95.8	95.8	96.0	96.2	95.8	95.8

### Koruma Sınıfları IEC 34 – 5 :

Motorlar, koruma derecelerine göre I P \_ \_ koduyla sınıflandırılmışlardır.

I P \_ \_ (Ingress Progress) diziminde ilk rakam katı maddelere karşı korumayı tarif ederken ikinci rakam sıvılara karşı korumayı belirtmektedir.

<b>İlk Rakam Katı Maddelere Karşı</b>	<b>İkinci Rakam Sıvı Maddelere Karşı</b>
0 - Korumasız	0 - Korumasız
1 - 50 mm'den büyük cisimlere karşı koruma. El teması gibi.	1 - Dikey olarak gelen sulara karşı koruma. Su damlaması gibi.
2 - 12 mm'den büyük cisimlere karşı koruma. Parmak gibi.	2 - Dikeyden 15 ° 'ye kadar açıyla gelen sulara karşı koruma.
3 - 2.5 mm'den büyük cisimlere karşı koruma. El aletleri gibi.	3 - Dikeyden 60 ° 'ye kadar açıyla gelen sulara karşı koruma.
4 - 1 mm'den büyük cisimlere karşı koruma. İnce teller gibi.	4 - Tüm yönlerden gelen sıçrayan sulara karşı koruma.
5 - Toza karşı koruma	5 - Tüm yönlerden gelen fışkıran sulara karşı koruma.
6 - Toza karşı tam koruma	6 - Tüm yönlerden gelen güçlü su fışkırmalarına karşı koruma.
	7 - Geçici süre suya daldırmaya karşı koruma. 0.15 m. ile 1 m. arası.
	8 - Sürekli suya daldırmaya karşı koruma.

### İzolasyon Sınıfları IEC 34 – 1 :

IEC standartlarının 34 – 1 bölümünün içerisinde izolasyon değerlerinin derecelendirilmesine de yer verilmiştir.

Motorların sargıları ve kullanılan izolasyon malzemeleri dayandıkları sıcaklığa göre sınıflandırılmış ve bu ayırım harflerle ifade edilmiştir.

	<b>İzolasyon Sınıfı</b>				
	<b>A</b>	<b>E</b>	<b>B</b>	<b>F</b>	<b>H</b>
Sıcaklık yüksekliği	105	120	130	155	180
Maksimum sargı sıcaklığı	100	115	120	140	165
Ortam sıcaklığı	40	40	40	40	40
Kızgın nokta için sınır	5	5	10	15	15

Pek kullanım alanları bulunmasa da Y ve C sınıfı izolasyon sınıfları da mevcuttur. Bunlardan Y sınıfı (eski gösterimi O'dur) 90 °C sıcaklık sınırını belirtirken, C sınıfı 180 °C'den büyük sıcaklık sınırını belirtmektedir.

## Çalışma Rejimleri IEC 34 – 1 :

IEC çalışma rejimlerini 8 kısımda derecelendirmiştir. Bunlar ;

S1 – Sürekli çalışma. Motor sabit yükte ısı dengesine ulaşmaya yetecek zaman kadar çalışır.

S2 – Kısa süreli çalışma. Motor sabit yükte ısı dengesine ulaşmaya yetecek zaman bulamadan çalışır. Durma süreleri motorun ortam ısısına dönmesine yetecek zaman kadardır.

S3 – Aralıklı periyodik çalışma. Sabit yük ile, ardışık (birbirini izleyen), özdeş çalışma ve durma dönemleri. Isı denge noktasına asla ulaşılmaz. Başlangıç akımının ısı yükselmesine çok az etkisi vardır.

S4 – Kalkışlı, aralıklı periyodik çalışma. Sabit yük ile, ardışık, özdeş kalkma, çalışma ve durma dönemleri. Isı dengesine asla ulaşılmaz fakat kalkış akımı ısı yükselmesi üzerinde etkilidir.

S5 – Elektrik frenleme ile aralıklı periyodik çalışma. Ardışık, özdeş kalkış dönemleri, sabit yükte çalışma, elektrik frenleme ve durma. Isı denge noktasına ulaşılmaz.

S6 – Aralıklı yük ile sürekli çalışma. Sabit yükte ve yüksüz, ardışık, özdeş çalışma dönemleri. Durma periyodu yoktur.

S7 – Elektrik frenleme ile sürekli çalışma. Ardışık, özdeş kalkış dönemleri, sabit yükte çalışma ve elektrik frenleme. Durma periyodu yoktur.

S8 – Yük ve hızda periyodik değişmeler ile sürekli çalışma. Ardışık, özdeş kalkış, sabit yükte ve belli bir hızda çalışma, diğer bir yük ve hızda çalışma dönemleri. Durma yoktur.

En sık kullanılanlar açısından kısaca özetlemek gerekirse; S2 türü çalışma rejimi için simgeden sonra rejim süresi belirtilir. Örnek S2 30 dakika. S3 ve S6 çalışma rejimi türleri için simgelerinden sonra çalışma katsayısı verilir. Örnek S3 % 25, S6 % 40 gibi.

Yukarıdaki paragrafta belirtilen çalışma rejimlerinin genelde (standart değer değildir) motor çıkış gücüne katsayı olarak etkileri ise aşağıdaki tabloda verildiği gibidir.

Çalışma Rejimi	Açıklama		10 dk.	30 dk.	60 dk.	
S2	Kısa süreli çalışma	Motor Çıkış Gücü Katsayısı	1.6	1.3	1.05	
			Süre (toplam çalışma süresinin % 'si)			
%10	%20		%40	%60		
S3	Aralıklı periyodik çalışma		1.6	1.4	1.25	1.1
S6	Aralıklı yük ile sürekli çalışma	1.6	1.5	1.4	1.25	



## Soğutma Şekilleri IEC 34 – 6 :

IEC standartlarının 34- 6 bölümü elektrik motorlarının soğutma şekillerine ayrılmıştır. International Cooling'in kısaltması olan IC harfleri ile ifade edilen bölümde kısaltmayı iki haneli rakamlar takip eder. Bunlardan birincisi soğutma devresinin düzenlemesini, ikincisi ise soğutucunun dolaşımını sağlayan gücün beslenme yöntemini gösterir.

<b>İlk Rakam soğutma devresinin düzeni</b>	<b>İkinci Rakam soğutucu gücün beslenme yöntemi</b>
0 - Serbest dolaşım.	0 - Serbest yayımlı
1 - Giriş borulu havalandırma.	1 - Kendinden dolaşım
2 - Çıkış borulu havalandırma.	2 - Havalandırma, motordan ayrılmaz olan ve ayrı bir mile bağlanmış aygıt ile sağlanmış
3 - Giriş ve çıkış borulu havalandırma.	3 - Havalandırma, motor üzerine takılmış bağımlı bir düzen ile sağlanmış.
4 - Gövde yüzeyinden soğutma.	4 - Kullanılmıyor
5 - Çevreleyen ortam kullanılarak, motoru, motordan ayrılmaz bir soğutucu ile soğutma	5 - Havalandırma, motordan ayrılmaz olan bağımsız bir düzen ile sağlanmış
6 - Çevreleyen ortam kullanılarak, motoru, motor üzerine takılmış bir aygıt ile soğutma	6 - Havalandırma, motorun üzerine takılmış bağımsız bir düzen ile sağlanmış
7 - Çevreleyen ortam kullanılmadan, motoru, motordan ayrılmaz bir aygıt ile soğutma	7 - Havalandırma, motordan bağımsız ve ayrı bir aygıt ile sağlanmış
8 - Çevreleyen ortam kullanılmadan, motoru, motor üzerine takılmış bir aygıt ile soğutma	8 - Havalandırma, bağıl yer değiştirme ile sağlanmış.
9 - Bağımsız monte edilmiş soğutma aygıtı ile havalandırma.	

## Yapı Şekilleri IEC 34 – 7 :

Motorların yapım (inşa) tiplerinin ve kurma (montaj) düzenlemelerinin çeşitlerinin sınıflandırılması IEC 34 – 7 bölümünde yayınlanmıştır ve kolaylık açısından IM (International Mounting) olarak kısaltılmıştır.

Bu bölümün simgelemesi iki ayrı kodlamadan oluşmuştur.

**Kod I :** Yalnızca yan kapaklardan yataklanmış ve tek mil çıkıntılı motorları kapsamaktadır. B harfi yatay milli motorları ifade ederken, V harfi dikey motorları simgelemek için seçilmiştir. Bu tip motorlar (yan kapaklardan yataklanmış ve tek mil çıkıntılı) B veya V harflerini takip eden bir sayı ile gösterilir. En çok kullanılan bazıları aşağıda belirtilmiştir.

**Kod II :** Bu kısım genel ve özel kullanım için tasarlanmış tüm elektrik motorlarını kapsamaktadır. IM harflerini takip eden 4 adet rakam ile sınıflandırılmıştır. Rakamların anlamları ise aşağıda belirtilmiştir.

1. rakam yapım tipinin sınıfını gösterir 2. ve 3. rakam kurulma (montaj) düzenini gösterir 4. rakam ise mil uzantısını gösterir

1. rakam	2. ve 3. rakam	4. rakam
1 - Yalnızca yan kapak yataklı ayaklı motorlar	Pek çok kombinasyon mevcut olduğundan detaya girilmemiştir. (bkz. TS 3211 çizelge 1-9)	0 - Mil uzantısı yok
2 - Yalnızca yan kapak yataklı ayak ve flanş üzerine kurulu makineler		1 - Silindirik bir tek mil uzantısı
3 - Flanşı yan kapak üzerinde olan yalnızca yan kapak yataklı ve flanş üzerine kurulu makineler		2 - Silindirik iki mil uzantısı
4 - Flanşı gövde üzerinde olan yalnızca yataklı flanş üzerine kurulu makineler		3 - Konik bir tek mil uzantısı
5 - Yataksız makineler		4 - Konik iki mil uzantısı
6 - Yan kapaklı ve ayaklı yataklı makineler		5 - Flanşlı bir tek mil uzantısı
7 - Yalnızca ayaklı yataklı makineler		6 - Flanşlı iki mil uzantısı
8 - 1-4 sayılarında kapsanma yan düşey makineler		7 - D-ucu uzantısı flaşlı N-ucu uzantısı silindirik
9 - Özel kurulma düzenli makineler		8 - Diğer tüm mil uzantısı

Kod I ile Kod II arasındaki bağıntıyı gösteren tablo ise aşağıdadır.

Kod I	Kod II	Kod I	Kod II
IM B 3	IM 1001	IM V 6	IM 1031
IM B 5	IM 3001	IM V 8	IM 9111
IM B 6	IM 1051	IM V 9	IM 9131
IM B 7	IM 1061	IM V 10	IM 4011
IM B 8	IM 1071	IM V 14	IM 4031
IM B 9	IM 9101	IM V 15	IM 2011
IM B 10	IM 4001	IM V 16	IM 4131
IM B 14	IM 3601	IM V 18	IM 3611
IM B 15	IM 1201	IM V 19	IM 3631
IM B 20	IM 1101	IM V 21	IM 3015
IM B 30	IM 9201	IM V 30	IM 9211
IM B 34	IM 2101	IM V 31	IM 9231
IM B 35	IM 2001	IM V 36	IM 2031

### Gürültü Sınırları IEC 34 – 9 :

Elektrik motorlarının (1 KW – 400 KW arası güçler için geçerlidir) 600 r.p.m. ile 3750 r.p.m. hız aralığında ve boşta çalışırken hava ortamına yaydıkları ses gücü düzeyinin maksimum sınırlarını ve yine hava ortamında yaydıkları ve motor yüzeyinden 1 metre mesafe uzaklıktaki gürültü için ortalama ses basıncının maksimum sınırları IEC'nin 34-9 bölümünde anlatılmıştır.



## Titreşim Değerleri Sınırları IEC 34 – 14 :

Elektrik motorlarının (56 mm eksen yüksekliğinden büyükler için geçerlidir) 600 r.p.m. ile 3600 r.p.m. hız aralığında ve boşta çalışırken sahip olmaları gereken maksimum mekanik titreşim değerleri IEC 34-14 kısmında belirtilmiştir.

Ölçüm yapılacak motor serbest asılma ile elastik şekilde monte edilmiş olmalıdır. Kama yuvasına yarım kama takılmalıdır. Doğru akım motorları nominal hızında çalışacağı voltajla beslenmelidir. Ölçüm yapılması gereken noktalar atıfta bulunan standartların detayında **belirtilmiştir**. Elde edilmesi gereken maksimum değerlerin belirtildiği tablo ise aşağıdadır.

Derece	Nominal Hız Devir / dakika	$56 \leq H \leq 132$	$132 < H \leq 225$	$H > 225$
Normal	$600 \leq 1800$	1.8	1.8	2.8
	$> 1800 \leq 3600$	1.8	2.8	4.5
Düşük	$600 \leq 1800$	1.71	0.12	1.8
	$> 1800 \leq 3600$	1.12	1.8	2.8
Özel	$600 \leq 1800$	0.45	0.71	1.12
	$> 1800 \leq 3600$	1.71	1.12	1.8

Değerler mm/s (milimetre/saniye) cinsindedir.

## KAYNAKLAR :

- 1- IE 60034-30 (2008) Standard on efficiency classes for low voltage AC motors
- 2- [http://www.empomotor.com/empoteknik\\_bilgiler.html](http://www.empomotor.com/empoteknik_bilgiler.html)
- 3- Empo Motor-Cemil Ünal-Enerji verimliliği sunumu
- 4- <http://www.femsan.com/genelst.php>