



Journal of ETA Maritime Science

journal homepage: www.gemimo.org



Elektrik Motorlarının Verimlilik Standartları

A. Aydın ERCAN ¹

¹ Uzak Yol Baş Mühendis, Deniz Ulaştırma İşletme Yüksek Mühendisi

ÖNEMLİ NOKTALAR

- Gemilerimizde tükettiğimiz elektriğin ortalama %70'i elektrik motor sistemlerinde tüketilmektedir, dolayısıyla elektrik motorlarının verimlilik standartlarını bilmek bir gereklilik olarak karşımıza çıkmaktadır.
- Yılda 6-7 bin saat çalışan elektrik motorları, bir yılda kendi maliyetlerinin 20 katı'na varan oranlarda elektrik enerjisi tüketebildiklerinden dolayı %2 yada %3'lük bir verim kazancı ile kendi maliyetlerini en fazla üç yada dört yıl gibi bir sürede geri kazanabilmektedirler. Bu durum bize gemilerdeki yoğun kullanılan elektrik motorlarının satın alınması esnasında önceliğin motorun maliyeti değil, verim değeri olması gerektiğini göstermektedir.
- Avrupa birliğinde; 0,75'den 375 Kw'a kadar 2, 4 ve 6 kutuplu, 1000V'a kadar, 50 ve 60 Hz elektrik motorlarında 16 Haziran 2011'den bu yana minimum yasal zorunlu standart IE2 dir.

MAKALE BİLGİSİ

Makalenin Tarihiçesi

Alındı: 23 Eylül 2013
Düzeltilerek alındı: 10 Ekim 2013
Kabul edildi: 15 Ekim 2013

Anahtar Kelimeler

Elektrik motorları, verim, standart, yasal zorunluluk

ÖZET

Bu bildiride, elektrik motorlarının Avrupa birliğindeki verimlilik standartları ve geçmişten geleceğe gelişimi incelenmiştir. Ayrıca diğer eş standartlara da değinilmiş olup yakın zamanda gelecek olan Avrupa birliğinde yasal olarak zorunlu olacak olan elektrik motorları verimlilik standartları verilmiş olup ilgili standartlar, uygun motorların yapılan verim testlerindeki grafik eğrileri üzerinde açıklanmıştır.

Türkiye olarak elektrik motor üretiminde ve kullanımında bu standartlara uymanın önemi vurgulanmıştır.

© 2014 GEMİMO. Her hakkı saklıdır.

ARTICLE INFO

Article History

Received: 23 September 2013
Received in revised form: 10 October 2013
Accepted: 15 October 2013

Keywords

Electric Motors, efficiency, standard, legal compulsory.

ABSTRACT

In this paper, efficiency standards of the electric motors in European Union and the past and future developments are examined. In addition, other similar standards are mentioned and the electric motor standards which will be legally enforced in European Union in near future are given and these standards are explained with the help of graphic curves of the efficiency tests that are performed in related motors.

The importance of complying with these standards for Turkey in manufacturing and using electric motors is emphasized.

© 2014 GEMİMO. All rights reserved.

İrtibat:

A. Aydın ERCAN
aaercan@yahoo.com

1. Giriş

Bir zamanlar sadece çamaşır makinesi ve buzdolabı gibi elektrikli ev aletlerinde ele alınan verimlilik sınıfı olgusu, artık günümüzde elektrik motorları teknolojisinde ve seçiminde de önemli oranda rol oynamaya başlamıştır.

Pompaların tahrik sistemlerine bakıldığında türbin ve dizel/benzin motorları ile tahrik edilenler hariç diğer tüm pompaların sürücülerinin dolaylı yada dolaysız elektrik motorları olduğu görülür. Günümüzde tüm endüstri kollarında en önemli konulardan biri hiç şüphesiz ki enerji tüketimi ve enerji tasarrufu olgusudur, üretilen ürün ne olursa olsun neredeyse bütün sektörlerde üzerinde durulması gereken en hassas konu maksimum enerji tasarrufunun nasıl sağlanacağıdır. Artan petrol ve enerji maliyetleri ve azalan kaynaklar bizleri gemilerimizde de enerjinin ve sermayenin verimli kullanımı ve maliyetlerin düşürülmesine zorunlu olarak sevk etmektedir. Gemilerimizde tükettiğimiz elektriğin ortalama %70'i elektrik motor sistemlerinde tüketilmektedir, dolayısıyla elektrik motorlarının verimlilik standartlarını bilmek bir gereklilik

olarak karşımıza çıkmaktadır.

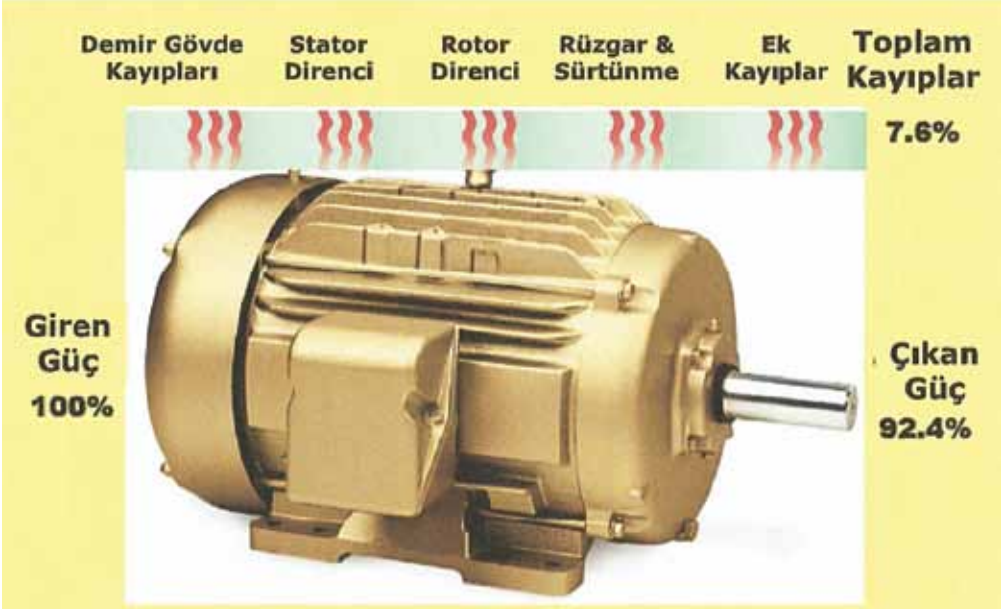
Bu standartları, Avrupa da CEMEP (Avrupa Birliğinin, Avrupa elektrik makineleri ve güç elektroniği imalatçıları komitesi ile yaptığı gönüllü antlaşma) ve CEMEP sonrası yürürlüğe giren ve halen yasal zorunluluk olan IE (Avrupa Birliğinin hazırladığı Dünya çapındaki uluslararası motor verimlilik standartları) ve ayrıca USA da NEMA olmak üzere üçe ayırabiliriz.

Dünya üzerindeki ülkelere bakıldığında verimli motorların kullanımı konusunda en sıkı kuralların 19 Aralık 2010 dan bu yana 0,75 ile 150 Kw arasındaki tüm motorlarda IE3 standartının zorunlu olması ile USA da uygulandığını ve bu konuda öncü olduklarını görmekteyiz.

Avrupa birliğinde ise 0,75'den 375 Kw'a kadar 2, 4 ve 6 kutuplu, 1000V'a kadar, 50 ve 60 Hz elektrik motorlarında 16 Haziran 2011'den bu yana minimum yasal zorunlu standart IE2 dir.

2. Elektrik Motor Verimi

Elektrik motorlarının boyutları elektrik enerjisi tüketimlerine göre değil, mekanik



Şekil 1 Bir elektrik motorunun kayıplarının genel görünümü ⁽¹⁾

enerji çıkış kapasitelerine göre belirlenir, bundan dolayı 1,5 kw lık motor çıkış şaftında 1,5 kw lık mekanik çıkış gücü üretir. Bunu da elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştürerek verir fakat bu dönüşümde asla verim %100 değildir. Güç girişi daima güç çıkışından büyüktür. Hesaplamalarda da motor kayıpları gözönüne alınarak giriş gücü hesaplanır. Motor kayıplarını etkileyen faktörler yada verimli motorlar ile daha az verimli motorlar arasındaki farkları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

Rotor ve Statorun üretiminde kullanılan çeliğin daha yüksek manyetik karakteristik özellikleri, Sargılarda %20-60 daha fazla bakır kullanımı, Gövdede %35 daha fazla çelik, toleransları geliştirilmiş yani daha az mekanik toleranslı yatak kullanımı, rotor ve stator arasında optimum hava boşluğu, daha ince çelik laminentler, daha verimli rotor tasarımı, düşürülmüş sarğı ve sürtünme kayıpları ve ek kayıplar.

Şekil 1'de Bir elektrik motoruna giren gücün nerelerde kayıplara uğrayarak iyi şeklinde atmosfere yayıldığı ve kalan gücünde net shaft gücü olarak çıktığı görülmektedir.

Elektrik enerjisinin mekanik hareket enerjisine dönüşümündeki tüm bu kayıplar elektrik motorunda ısı olarak açığa çıkarlar. Bunun anlamı daha az verimli motorlar daha

yüksek verimli motorlara göre aynı şartlarda daha yüksek sıcaklıkta çalışırlar, daha yüksek sıcaklıkta çalışma ise motor ömrünü kısaltan faktörlerdendir.

Şekil 2'de Bir elektrik motorunun verimini arttırmak için imalat aşamasında rotor ve stator üzerinde yapılması gerekenler formüller yardımıyla verilmiştir.

2.1. Verim Kazanç Hesabı

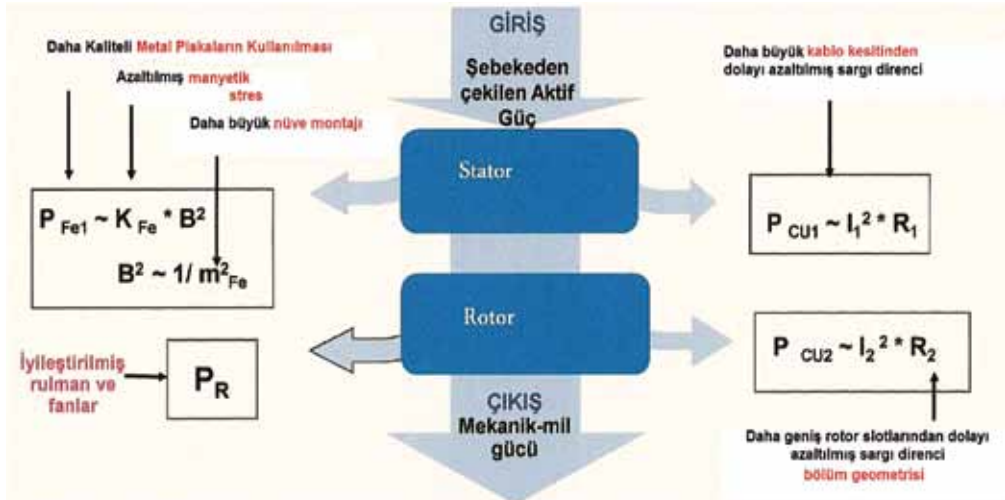
Örnek: 45 Kw'lık, 4 kutup/1500 devir/dk, 400 V' luk, IE2 yüksek verimlilikteki bir motoru IE3 premium (süper yüksek) verimlilikteki bir motorla yenilediğimizi düşünelim. 45 Kw motorun IE2 verimliliği: %93,1 ve IE3 verimliliği: %94,2 olduğuna göre ve motorun S1 görev modunda sürekli çalışan bir motor olduğunu düşünelim bu durumda motor gemide yılda en az 6000 saat (250 gün çalışma ve 115 gün dinlenme ile) çalışacaktır.

Yıllık Elektrik Tasarruf Miktarı = Motor Gücü (Kw) x Yük Faktörü x İşletme Saati x ($1 / \eta$ mevcut) - ($1 / \eta$ daha yüksek))

Motorların genel olarak %75 yük faktörü ile çalıştığı kabul edilir ve motorlarda genellikle %75 yükte motor verimi azami seviyeye ulaşır.

Yıllık Elektrik Tasarrufu = 45 Kw x 0,75 x 6000 saat x (($1 / 0,931$) - ($1 / 0,942$)) = 2539 kwh/yıl.

Elektriğin Kwh fiyatı vergiler dahil 36 ku-



Şekil 2 Bir Elektrik motorunda verim arttırmak için yapılanlar ⁽²⁾

Tablo 1 IE Standartlarında motorların verimlerine bağlı yıllık harcamalarının maliyetle kıyaslanması⁽³⁾

Elektrik Motor Gücü (KW)	Verim Standartı (Int. Efficacy)	Motor Verimi	Yıllık Güç Tüketimi (KWh)		Yıllık Tüketim Maliyeti (TL)		Satış Fiyatı (TL) (4K-1500 d/d)
			3000 saat çalışma / yıl	7000 saat çalışma / yıl	3000 saat çalışma / yıl	7000 saat çalışma / yıl	
0.75	IE2	79.6	2120	4947	763	1780	239
0.75	IE3	82.5	2045	4773	736	1718	299
1.1	IE2	81.4	3040	7095	1094	2554	289
1.1	IE3	84.1	2942	6867	1059	2472	360
1.5	IE2	82.8	4076	9511	1467	3423	342
1.5	IE3	85.3	3956	9232	1424	3323	427
2.2	IE2	84.3	5872	13701	2113	4932	419
2.2	IE3	89.5	5530	12905	1990	4645	527
3	IE2	85.5	7895	18421	2842	6631	482
3	IE3	89.5	7541	17598	2714	6335	607
4	IE2	86.6	10393	24249	3741	8729	594
4	IE3	89.5	10055	23464	3619	8447	747
5.5	IE2	87.7	14111	32925	5079	11853	737
5.5	IE3	91.7	13495	31488	4858	11335	932
7.5	IE2	88.7	19025	44391	6849	15980	933
7.5	IE3	91.7	18402	42939	6625	15458	1185
11	IE2	89.8	27561	64310	9921	23151	1230
11	IE3	92.4	26785	62500	9642	22500	1555
15	IE2	90.6	37252	86920	13410	31291	1590
15	IE3	93.0	36290	84677	13064	30484	2022
18.5	IE2	91.2	45641	106 497	16430	38338	2200
18.5	IE3	92.6	44951	104 887	16182	37759	2533
22	IE2	91.6	54039	126 100	19454	45390	2560
22	IE3	93.0	53225	124 193	19161	44709	2939
30	IE2	92.3	73131	170 639	26327	61430	3317
30	IE3	93.6	72115	168 269	25961	60576	3816
37	IE2	92.7	89806	209 547	32330	75437	4030
37	IE3	93.9	88658	206 869	31916	74472	4436
45	IE2	93.1	108 754	253 759	39151	91353	4750
45	IE3	94.2	107 484	250 786	38694	90283	5223
55	IE2	93.5	132 353	308 824	47647	111176	5767
55	IE3	94.6	130 814	305 233	47093	109883	6331
75	IE2	94.0	179 521	418 883	64627	150797	7745
75	IE3	95.0	177 631	414 473	63947	149210	8535
90	IE2	94.2	214 968	501 592	77388	180573	9100
90	IE3	95.2	212 710	496 323	76575	178676	10006
110	IE2	94.5	261 905	611 111	94285	220000	11360
110	IE3	95.4	259 434	605 346	93396	217924	12492
132	IE2	94.7	313 622	731 785	112 903	263442	13455
132	IE3	95.6	310 669	724 895	111 840	260962	14810
160	IE2	94.9	379 347	885 142	136 564	318651	16223
160	IE3	95.8	375 783	876 827	135 281	315657	17919
200	IE2	95.1	473 186	1104 100	170 346	397476	20294
200	IE3	96.0	468 750	1093 750	168 750	393750	22270
250	IE2	95.1	591 482	1380 126	212 933	496845	24192
250	IE3	96.0	585 937	1367 187	210 937	492187	26487
315	IE3	96.0	738 281	1722 656	265 781	620156	33480

ruş (0,36 TL) olduğuna göre 2539 x 0,36 = 914 TL / yıl kazanç elde edilmiş olacaktır.

45 Kw'lık IE3 verimliliğindeki bir motorun fiyatı KDV dahil (1971 Euro) 5125 TL ve IE2 verimliliğindeki motorun ise (1792 Euro) 4660 TL olduğuna göre ;

Alınırken fazladan verilen ücret: 5125-4660 TL = 465 TL ise yıllık kazanç oranlar-sak $465 / 914 = 0,5$ yaklaşık ½ yıl yani 6 ay gibi bir sürede süper yüksek verimlilikteki bir motorun yüksek verimlilikteki bir motora göre satın almadaki fiyat farkı, sağladığı verim kazancı ile kendini amorti etmektedir.

Tablo 1'de, IE standartlarına göre yüksek verim ile süper yüksek verimli motorların karşılaştırılması olarak yıllık 3000 ve 7000 saat çalışmalarına göre tükettikleri enerji ile bunun elektrik maliyeti ve motorların piyasa satış fiyatları verilmiştir. Buradan görülmektedir ki, çalışan motorlar bir yılda kendi maliyetlerini 20 kat'ına varan oranlarda elektrik enerjisini tüketebildiklerinden dolayı %2 ya da %3'lük bir verim kazancı ile kendi maliyetlerini en fazla üç yada dört yıl gibi bir sürede geri kazanabilmektedir. Bu durum bize ge-

milerdeki yoğun kullanılan elektrik motorlarının satın alınması esnasında önceliğin motorun maliyeti değil, verim değeri olması gerektiğini göstermektedir.

3. Elektrik Motorlarının Verim Standartları

3.1. CEMEP (European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics) Standartları

CEMEP Avrupa Elektrik Makineleri ve Güç Elektronikleri İmalatçıları Komitesi'nin Avrupa Birliği (EU) ile yaptığı gönüllü bir antlaşmadır.

1,1 Kw ile 90 Kw arası 2 ve 4 kutuplu motorları kapsar, yasal ve uluslararası standart olan IE (International Efficiency) standartlarının gelmesi ile bir hükmü kalmamıştır.

CEMEP'e göre sınıflandırmada; EFF1 sınıfı yüksek verim, EFF2 sınıfı iyileştirilmiş verim ve EFF3 sınıfı ise standart verimi ifade eder. Şu anda EFF1 sınıfı IE2 ye karşılık gelmekte olup 2011 den bu yana minimum yasal zorunluluk sınıfıdır. 1.1.2015 den itibaren ise Avrupa topluluğunda süper yüksek verim sı-

Tablo 2 CEMEP'e göre motor verim sınıfları ⁽⁵⁾

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

nı olan IE3 sınıfı minimum yasal zorunluluk olarak geleceğinden ve de CEMEP de karşılığı olmadığından dolayı tamamen ortadan kalkmış olacaktır.

3.2. NEMA (National Electrical Manufacturers Association) Standartları

USA'daki mevcut enerji yasası EAct (Energy Policy Act), Aralık 2010 da EISA (Bağımsız enerji güvenlik hareketi) tarafından yeni düzenlemeler getirilerek daha etkin hale getirildi.

EAct, 0,75 ile 150 Kw arası 2,4 ve 6 kutuplu, 460 V a kadar motorlarda minimum verim olarak IE2 yi kabul ederken, EISA yasal minimum verim gerekliliğini 19.Aralık.2010 dan itibaren ilgili motorlarda NEMA Premium (super yüksek) seviyeye çekti. Bu seviye Avrupa topluluğunun uluslararası düzeyde hazırladığı standartta IE3 seviyesine karşılık gelmektedir.

3.3. IE (International Efficiency) Standartları

Elektrik motorlarının verim ölçüm standartları IEC (International Electrotechnic Comitee) Uluslararası Elektroteknik komitesinin IEC 60034-2:1996 sayılı standardı ile yapılmaktaydı, burada toplam motor kayıplarına %0,5'lik yüke bağlı hesaplanamayan kontrolsüz kayıplar ilave edilmekteydi. Bu yöntemin yerine IEC 60034-2-1:2007 de motorların her birine ait ayrı ayrı gerçek ölçümler yapılarak belirlenmesini benimsedi. Bunun sonucunda aynı motorda yapılan yeni yöntemeye dayalı ölçümlerde gerçek verimin bir önceki hesaplama yöntemine göre daha düşük olduğu ortaya çıktı, yeni ölçümlere da-

yalı verimler ve yeni verim standartları;

*IE1 (Standart verim)

*IE2 (Yüksek verim)

*IE3 (Premium/Süper yüksek verim)

Uluslararası verimlilik standardı olarak tüm dünya ülkelerine uygulanmak ve tek bir standardizasyona gitmek amacıyla IEC 60034-30: 2008 olarak Kasım 2008'de indüksiyon motorları için Uluslararası Elektroteknik Komitesi tarafından tanımlandı.

Avrupa Topluluğu (EU) ise 640/2009 regülasyonu ile Temmuz/2009'da IEC'nin 60034-30 standardını temel alarak IE Standartlarını yayınladı.

Kasım-2010'dan itibaren ise motor verimlilik ölçümleri ile ilgili olarak IEC 60034-2:1996'nın bir hükmü kalmayarak onun yerini tamamıyla IEC 60034-2-1:2007 almış oldu.

IE verimlilik standartları nihayetinde Avrupa topluluğunda 16.06.2011 tarihinden itibaren 2, 4 ve 6 kutuplu, 1000 V'a kadar 50/60 Hz'lik, 0,75 den 375 Kw'a kadar tüm indüksiyon motorlarında yasal olarak uygulanmaya başlandı.

Regülasyonun istisnaları ise; dalgıç yada su içerisinde çalışacak motorlar, dişli, pompa fan yada kompresör üniteleri ile entegre motorlar, 1000 metre'den daha yüksek deniz seviyelerinde çalışacak motorlar, 40 °C derece ortam sıcaklığının üzerinde çalışacak motorlar, maksimum işletme sıcaklığı 400 °C'nin üzerinde olacak motorlar, ortam sıcaklığı -15 °C'nin altında olacak motorlar, soğutma sıvısı motor girişinde 5 °C'nin altında yada 25 °C'nin üzerinde olan motorlar, fren motorları, Ayrıca kural şu motorları ihtiva etmez. 8

Tablo 3 Eski ve yeni ölçme tekniklerine göre bazı motorların verim mukayeseleri ⁽⁴⁾

	Önceki EFF ölçme tekniklerine göre EN/IEC 60034-2:1996 50 Hz	Kayıpların her motor için ayrı ayrı hesaplandığı IEC 60034-2-1:2007 50Hz 'e göre olan yeni teknik	Yeni tekiye göre belirlenen kayıplar IEC 60034-2-1:2007 60 Hz
5.5 kW 4-pole	89.2%	88.2%	89.5%
45 kW 4-pole	93.9%	93.1%	93.6%
110 kW 4-pole	95.9 % (CEMEP'e göre tanımlanmaz)	94.5%	95.0%

Tablo 4 EU 640/2009 ve IEC 60034-30:2008 IE Avrupa ve Uluslararası motor verim standartları⁽³⁾

P (kW)	IE1, 50 Hz			IE2, 50 Hz			IE3, 50 Hz		
	2 K	4 K	6 K	2 K	4 K	6 K	2 K	4 K	6 K
0.75	72.1	72.1	70.0	77.4	79.6	75.9	80.7	82.5	78.9
1.1	75.0	75.0	72.9	79.6	81.4	78.1	82.7	84.1	81.0
1.5	77.2	77.2	75.2	81.3	82.8	79.8	84.2	85.3	82.5
2.2	79.7	79.7	77.7	83.2	84.3	81.8	85.9	86.7	84.3
3	81.5	81.5	79.7	84.6	85.5	83.3	87.1	87.7	85.6
4	83.1	83.1	81.4	85.8	86.6	84.6	88.1	88.6	86.8
5.5	84.7	84.7	83.1	87.0	87.7	86.0	89.2	89.6	88.0
7.5	86.0	86.0	84.7	88.1	88.7	87.2	90.1	90.4	89.1
11	87.6	87.6	86.4	89.4	89.8	88.7	91.2	91.4	90.3
15	88.7	88.7	87.7	90.3	90.6	89.7	91.9	92.1	91.2
18.5	89.3	89.3	88.6	90.9	91.2	90.4	92.4	92.6	91.7
22	89.9	89.9	89.2	91.3	91.6	90.9	92.7	93.0	92.2
30	90.7	90.7	90.2	92.0	92.3	91.7	93.3	93.6	92.9
37	91.2	91.2	90.8	92.5	92.7	92.2	93.7	93.9	93.3
45	91.7	91.7	91.4	92.9	93.1	92.7	94.0	94.2	93.7
55	92.1	92.1	91.9	93.2	93.5	93.1	94.3	94.6	94.1
75	92.7	92.7	92.6	93.8	94.0	93.7	94.7	95.0	94.6
90	93.0	93.0	92.9	94.1	94.2	94.0	95.0	95.2	94.9
110	93.3	93.3	93.3	94.3	94.5	94.3	95.2	95.4	95.1
132	93.5	93.5	93.5	94.6	94.7	94.6	95.4	95.6	95.4
160	93.8	93.8	93.8	94.8	94.9	94.8	95.6	95.8	95.6
200-375	94.0	94.0	94.0	95.0	95.1	95.0	95.8	96.0	95.8

kutuplu motorlar, kutupları değişken motorlar, senkron motorlar, durmalı çalışan motorlar S2.....S9'a kadar, konvertör operasyonu için özel olarak geliştirilen motorlar.

Tablo 3 bize eski ve yeni motor verim ölçme tekniklerine göre yapılan ölçümlerin sonuçlarını mukayeseli olarak vermektedir. Buradan görülmektedir ki eski ölçme tekniklerindeki daha yüksek olan verim yeni ölçme tekniğine göre yapıldığında %1 dolaylarında azalmaktadır, diğer taraftan 60 Hz'de motor verimi 50 Hz'e göre artmaktadır. Tablo 4 bize Avrupa topluluğu (IE) standartlarının motor güçlerine göre 2, 4 ve 6 kutuplu motorlar için verim değerlerini göstermektedir.

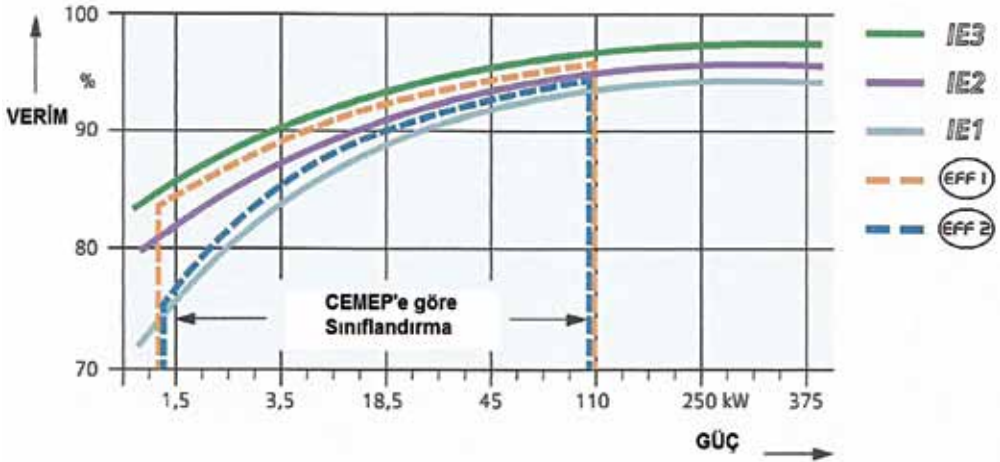
3.3.1. IE Standartlarının Yürürlülüğe Giriş Tarihleri

16.06.2011: S1 (sürekli çalışan) indüksiyon motorları için yasal minimum zorunlu verim standardı IE2 (yüksek verim) olacak.

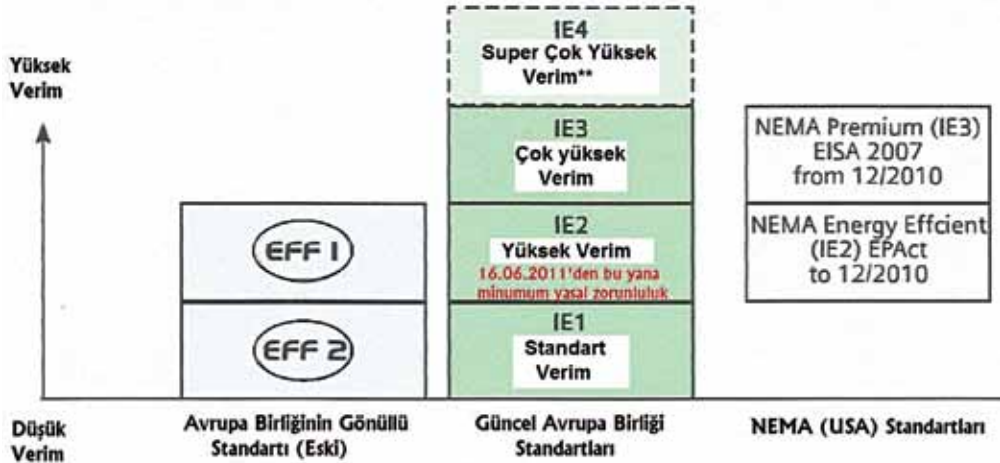
01.01.2015: 7,5 ile 375 Kw arası motorlar için minimum yasal zorunlu verim standardı IE3 (süper yüksek/premium verim) olacak, alternatif olarak IE2 motorlara frekans invertörü bağlanacaktır.

01.01.2017: 0,75 ile 375 Kw arası motorlar için minimum yasal zorunlu verim standardı IE3 olacak olup, alternatif olarak IE2 motora konvertör ilave edilerek standart karşılanabilir.

Şekil 3'te 0,75 kw ile 375 kw arası motorlar için Avrupa topluluğunun hazırladığı Uluslararası Verim Standartları (IE) ile 1,1 kw ile 110 kw arası motorlar için CEMEP standart-



Şekil 3 Eski ve yeni Avrupa Birliği standartlarının güç - verim diyagramında toplu gösterimi⁽³⁾



Şekil 4 Elektrik motorlarının verim standartlarının birbirleriyle mukayese verim grafiği⁽³⁾

**IE4 verim standardı hazırlama çalışmaları devam etmekte.

larının güç-verim eğrisi görülmektedir. Esasen şekil 3, tablo 2 ve tablo 4'ün diyagram olarak toplu gösterimini ifade eder. Bu şekil bize küçük güçlerden büyük güçlere doğru çıktıkça farklı verim standartlarındaki motorlar arasındaki verim farkının gittikçe azaldığını özellikle 100 kw dan sonra neredeyse sabit olarak devam ettiğini ve ayrıca yüksek güçlere çıktıkça tüm verim standartlarında motor verimlerinin arttığını 250 kw'dan büyük motorlar için ise sabitlediğini göstermektedir.

Şekil 4'deki grafik bize verim standartlarının mukayeseli karşılaştırması sayesinde her-















hangi bir standarttaki verimin diğer standartta tekabül eden karşılığını göstermektedir.

Tablo 5'te dünyanın çeşitli ülkelerinde IE standartlarının yürürlüğe girişi durumlarını göstermektedir.

4. Sonuç

Kaynakların sınırlı ve giderek tükenmekte olduğu dünyamızda gemimizdeki elektrik motorlarından maksimum fayda sağlayabilmek adına; her bir motorun kullanım ve plaka bilgilerini (anma gücü, devir verim vs) ve yıllık çalışma saatlerini içeren bir liste ha-

Tablo 5 Elektrik motorlarının verim standartlarının çeşitli ülkelere göre uygulanma durumu ⁽⁴⁾

Country		Voltage Range	Power Range	Poles	Current Status
EU		400V ±10%, 50Hz	0.75 to 375 kW	2 to 6	IE2 Zorunlu 16 Haziran 2011'den beri
Switzerland		400V ±10%, 50Hz	1 to 400 kW	2 to 6	IE2 Zorunlu 1 Temmuz 2011'den beri
USA		480V ±10%, 60Hz	1 to 200 hp	2 to 6	IE3 Zorunlu 19 Aralık 2010'dan beri
Canada		400V / 575V ±10%, 50Hz	1 to 200 hp	2 to 6	IE3 Zorunlu 1 Ocak 2011'den beri
Brazil		220V / 380V / 440V / 460V / 480V ±10%, 60Hz	0.75 to 250 kW	2 to 8	IE2 Zorunlu 8 Aralık 2009'dan beri
Chile		380V / 400V / 420V / 440V / 460V / 690V ±10%, 60Hz	0.75 to 7.5 kW	2 to 6	IE2 Zorunlu 4 Ocak 2011'den beri
China		380V ±10%, 50Hz	0.55 to 315 kW	2 to 6	IE2 Zorunlu 1 Temmuz 2011'den beri
Hong Kong		380V ±10%, 50Hz	0.75 to 375 kW	2 to 6	IE2 Introductory phase since December 2009
India		415V / 690V ±10%, 50Hz	0.37 to 315 kW	2 to 8	IE2 Expected 2013
Israel		400V ±10%, 50Hz	0.75 to 185 kW	2 to 8	IE2 Zorunlu 1 Şubat 2008'den beri
Japan		200V / 220V / 400V / 440V / ±10%, 50 / 60Hz	0.2 to 160 kW	2 to 6	IE2 Expected
Korea		Up to 600V ±10%, 60Hz	0.75 to 200 kW	2 to 6	IE2 Zorunlu 1 Temmuz 2008'den beri
UAE		400V ±10%, 50Hz	0.75 to 375 kW	2 to 6	IE2 Recommended from 16 June 2011
South Africa		400V / 525V ±10%, 50Hz	0.75 to 375 kW	2 to 6	IE1 recommended
Australia		415 / 690V +10% -6%, 50Hz	0.73 to 186 kW	2 to 8	IE2 Zorunlu 1 Nisan 2006'dan beri IE3 beklenmekte
New Zealand		415 / 690V +10% -6%, 50Hz	0.73 to 186 kW	2 to 8	IE2 Zorunlu 1 Nisan 2006'dan beri IE3 beklenmekte
Singapore		415V ±10%, 50Hz	1.1 to 90 kW	2 to 4	IE2 only on government projects

zırlanmalıdır. Dikkatler gücü 15 kW ve daha fazla ve yılda 200 saatten fazla kullanılan motorlar üzerinde yoğunlaşmalıdır.

Motorlar yüke uygun olarak seçilmeli, aşırı ihtiyatlı davranıp gereğinden büyük motor seçme alışkanlığından vazgeçmelidir. Böylelikle motorların plakalarında yazılı anma güçlerine göre düşük güçte ve dolayısıyla düşük verimde çalışmaları önlenmelidir. Motorlarda yük arttıkça verimde artar ve motor verimi genellikle %75 yükte azami seviyeye

ulaşır, düşük yüklerde tüketilen elektrik enerjisi mekanik güç yerine artan oranda ısıya çevrilir ve motorlarda artan ısınmadan dolayı doğan ısınma riskini arttırıp motor ömrünü kısaltır, bundan dolayı motor seçerken ihtiyacımız olan elektrikselsel gücü belirleyip onun %25 üzerinde elektrik motor gücü seçilmesi en ideal sonucu verecektir.

Değişken hızlı sürücü (DHS) sistemleri – invertörlü yada değişken frekanslı sürücü sistemleri olarak da bilinir – alternatif akımın

frekansını ve dolayısıyla motorun dönüş hızını (dakikadaki devir sayısını) değiştirerek motorun gereğinden fazla yük çekmesini önler, bu da aynı işin çok daha az enerji kullanılarak yapılmasını sağlar. Motorlara invertör sistem ilavesi ile %50 ye varan enerji tasarrufu mümkündür. Bu da verimin %50 arttırılması anlamına gelir.

Elektrik motor sistemlerinde kabaca enerji tasarruf potansiyelinin sadece %10 luk bir kısmı verim artışıyla sağlanabilir geriye kalan %90 lık kısım ancak motorların invertör sistemleriyle donatılmaları ile gerçekleşir.

18.5 kW'a kadar olan küçük güçlü motorların arızalanmaları durumunda genel prensip olarak doğrudan IE3 verim sınıfı ile yenilenmeli, üzerindeki güçlerde ise yılda 2000 saatin üzerinde çalışan motorlarda 10 yılı doldurdularsa aynı şekilde IE3 verim sınıfı ile doğrudan yenilenmelidirler. Motor sardırma-ya ise hem yenisine yakın bir maliyeti ve hem de %0.5'den %5'e kadar değişen oranlarda verim kaybı oluşturması sebebiyle asla önermemekteyiz.

Gemide sürekli çalışan yılda 6000 saat ve üzeri 0,75'den 375 kW'a kadar elektrik motorlarının arızalanmaları veya bakım gerektirmeleri durumunda 2015'de yürürlüğe girecek yeni motor verimlilik regülasyonu ge-

reği motor şayet IE3 altı bir verimlilik sınıfına sahipse doğrudan IE3 bir motor ile yenilenmelidir. Bunun işletmemize, verimden dolayı aşağıda da hesap sonucunu verdiğimiz büyük oranda kazanç sağlamanın yanında bir sonraki arızalanma olasılığını da azaltacaktır.

Yılda 7000 saat çalışan 75 KW'lık IE1 standart verim düzeyindeki bir motorun IE3 premium verim düzeyindeki bir motorla değiştirilmemesi sonucu yada EFF3 verim düzeyindeki bir motorun EFF1 yüksek verim düzeyindeki bir motorla değiştirilmemesi sonucu 10 yıl'da, fazladan tüketilen elektrik enerjisine ödenen para IE3 süper yüksek verim düzeyindeki elektrik motoruna ödenecek paranın 4,3 katı, EFF1 yüksek verim düzeyindeki elektrik motoruna ödenecek paranın ise yaklaşık 4,0 katıdır.

5. Kaynakça

- (1) Enerji Bakanlığı Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Enerji Verimliliği Raporu, 2012
- (2) Siemens Standard Drives A&D SD, 2012
- (3) Siemens EFF-IE Dönüşüm Raporu ve Fiyat Listesi, 2013
- (4) AgHort News Munters Europa AB, 2011
- (5) Cemep ve Nema Org, 2013
- (6) Türkmen B. Tesisat Mühendisliği Eylül/Ekim Makale, 2011
- (7) IEC 60034-1:2010, Rotating Electric Machines, Part 1, Part 2