

ENDÜSTRİDE YÜKSEK VERİMLİ MOTOR KULLANIMININ ENERJİ VERİMLİLİĞİNE ETKİLERİ

Yavuz ÜSER, M.Ali YALÇIN, Şükrü ÖZEN

Özet - Bu çalışmada endüstride kullanılan motorların enerji ve güç kayıpları incelenmiş, sınıflandırılmış ve standart verimli motorlar yerine, enerji kaybı düşük yüksek verimli motorların kullanılmasının sanayi tesislerindeki enerji tasarrufuna etkisi araştırılmıştır. Bunun mali değerinin hesaplanması için gerekli prosedürler açıklanmıştır. Bu prosedürler hali hazırda işleyen bir sanayi tesisindeki motorlar üzerinde uygulanmış enerji tasarruf miktarı, tasarrufun mali karşılığı, yatırım tutarı ve geri ödeme sürelerinin hesaplanması verilmiştir. Bu veriler ışığında hangi değerlerdeki yüksek verimli motorların kullanılabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler – Enerji tasarrufu, Yüksek verimli motor, Motor kayıpları, Enerji etüdü

Abstract - In this study, losses of energy and power of motors which are used in industrial facilities are examined, classified and by searching effects of using low energy loss which high efficiency motors instead of standart efficiency motors and required procedures to calculate financial cost of this is explained. Procedures are applied in motors of a working industrial facility and the amount of the saved energy, financial evaluation of this energy, investment cost and pay back period are calculated. According to these data, in which values of high efficiency motors can be used is determined.

Keywords– Energy saving, High efficiency motor, Motor losses, Energy audit

Y. Üser, Akdeniz Üniversitesi Teknik Bilimler Yüksek Okulu,
Antalya, yuser@akdeniz.edu.tr

M. A. Yalçın, Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Elektrik
Elektronik Müh. Böl., Adapazarı, yalcin@sakarya.edu.tr

Ş. Özen, Akdeniz Üniversitesi Teknik Bilimler Yüksek Okulu,
Antalya, sukruozen@akdeniz.edu.tr

1.GİRİŞ

Enerji sektörü, günümüzde gelişen teknoloji doğrultusunda giderek önem kazanan kazanmaktadır. Bundan dolayı, enerjinin tasarrufu için öncelikle meydana gelen çeşitli kayıplar incelenmeli daha sonra gerekli tedbirler alınarak, kayıpların mümkün olduğu kadar azaltılmasına yoluna gidilmelidir.

Elektrik enerjisinin maliyetinin diğer enerji türlerine göre yüksek olması, tasarruf oranının küçük olduğu durumlarda bile tasarruf maliyeti açısından büyük rakamları bulur. Elektrik enerjisi fabrikalardaki prosese bağlı olarak toplam enerjinin %10-25 'ine karşılık gelirken, bazı durumlarda toplam enerji maliyetinin %50 'ye yakını ,elektrik enerjisi için ödenir. Bundan dolayı elektrik enerjisinde uygulanabilecek tasarruf yöntemleri, toplam maliyeti çok düşürecektir. Endüstride elektrik enerjisi tüketiminin %10 'u aydınlatmaya ve ısıtmaya ,%90 'ı da elektrik motorları için harcanmaktadır. Bu motorların da %95 'i alternatif akım kısa devre rotorlu motorlardır[4]. Elektrik motorları, elektriksel gücün mekanik güce çevrilmesi amacıyla kullanılır. Sanayide elektrik enerjisinin çoğu motorlarda harcandığı için motor seçimi, çalıştırılması ve bakımı enerji tasarrufu için önemlidir.

Bu çalışmada, amaç yeni bir şeyi ortaya koymak değil ,literatürde varolan tasarruf potansiyelinin bir işletmedeki uygulanabilirliğini araştırmaktır. Bunun için asenkron motorların kayıpları ve enerji tüketim standartları incelenmiş, verim ve bunu etkileyen faktörler ele alınarak motorlarda elektrik enerjisi tasarrufu için gerekli hesaplamalar verilmiştir[2].

II.ELEKTRİK MOTORLARINDAKİ KAYIPLAR

II.1 Motor Boşta Çalışırken Oluşacak Kayıplar

Motorun milinde yük olmadığı zaman rotor devri (n_r), döner alanın devir sayısı (n_s) senkron devir sayısına yakındır. Rotor devri, döner alan devrinden yaklaşık olarak %1 daha azdır.Bu durumda kayma $s=\%1$ 'dir.

Boşta çalışan asenkron motorlar, şebekeden normal akımlarının (tam yük akımları) %15 ile %50'si arasında akım çekerler. Motor boşta iken statorun demir ve rotorun sürtünme kayıplarını karşılamak için şebekeden akımın enerji bileşenini çeker. Ayrıca bir miktar reaktif bileşeni de (mıknatıslanma akımı) çeker. Motorun boştaki güç katsayısı düşüktür. Boştaki kayıpları şu şekilde belirtebiliriz[4].

- Demir kayıpları (manyetik kayıplar) gerilime bağlı olduğu için yükten bağımsız olarak sabittir.
- Sürtünme (mekanik) kayıpları yükten bağımsız olarak sabittir. Motor hızına göre değişebilir.

II.2 Yükte çalışma sırasında oluşan motor kayıpları

Motor boşta çalışırken kayma miktarı $s=\%1$ 'dir. Yük binince rotor devri azalır ve s büyür. Döner alanın rotor sargılarını kesme hızı artar. Rotorda indüklenen elektromotor kuvveti (emk) büyür. Faz akımları büyür. Motorun şebekeden çektiği akım artar. Buna göre yükteki kayıplar;

- Stator bakır kayıpları (Primer I^2R kaybı)
- Rotor bakır kayıpları (Sekonder I^2R kaybı)
- Yükün dalgalanmasıyla oluşan kayıplar

olarak sıralanabilir. Motorlarda meydana gelen enerji kayıp oranları % olarak Tablo 1.'de verilmiştir.

Tablo 1. Motor kayıplarının oranları

Kayıplar	%
Primer I^2 kayıpları	5.6
Sekonder I^2 kayıpları	2.7
Demir göbek kayıpları	3.0
Sürtünme ve hava sürtünme kayıpları	1.4
Yükün dalgalanmasıyla oluşan kayıplar	2.3
TOPLAM	15.0

Stator kaybı stator akımına ve direncine bağlı olarak değişim göstermektedir. Stator akım ifadesi denklem (1) 'de verilmiştir.

$$I_s = \frac{P_e}{\sqrt{3}.U.Cos\varphi} \quad (1)$$

Burada; I_s stator akımı [A], P_e elektrik gücü [W], U gerilim [V], $Cos\varphi$ güç faktörüdür. Rotor kaybı rotor direnci ve s 'e bağlı olarak değişir ve denklem (2). 'de verilmiştir.

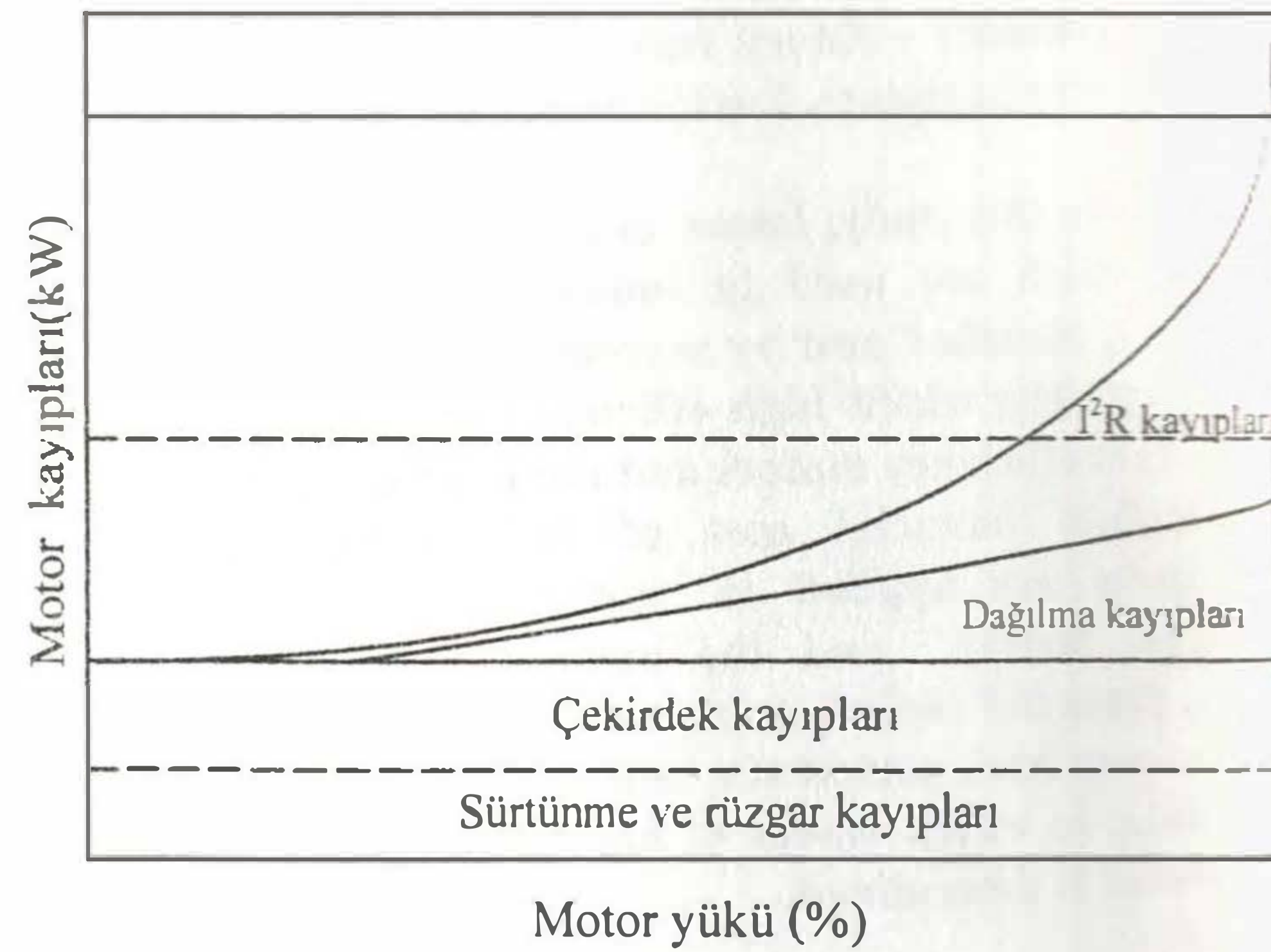
$$\text{Rotor kaybı} = \frac{746.P_\phi.f_w.s}{1-s} \quad (2)$$

Burada; P_ϕ BG olarak çıkış gücü, f_w toplam sürtünme ve hava sürtünme kayıplarının toplamı, s motor devir kaymasıdır. Hiçbir zaman için rotorun devir sayısı $N-S$ kutuplarının devir sayısına eşit olamaz. Yani rotor devir sayısı senkron devirden daha azdır. Bir devir kayması söz konusudur.

Buna göre kayma ile belirtilen devir sayıları arasındaki ilişki denklem (3) 'de gösterilmiştir [5].

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100 \quad (3)$$

50 BG gücüne kadar bir motorda oluşan kayıpların yüke bağlı değişimi Şekil 1.'de verilmiştir.



Şekil 1. 50 BG 'ye kadar bir motorda oluşan kayıpların yüke bağlı olarak değişimi

III.YÜKSEK VERİMLİ MOTORLAR VE ENERJİ VERİMLİLİK HESABI

Motorun mekanik güç çıkışının çekilen elektrik gücüne oranı ,aşağıdaki gibi motor verimi η olarak ifade edilir.

$$\eta = \frac{0,746 \times BG \text{ olarak çıkış gücü}}{Kw \text{ olarak çıkış gücü}} \quad (4)$$

Verim, motor tipi ve büyüklüğüne göre %70 ile %96 arasında değişir [6]. Kısmi yükte çalışan motorların verimleri de düşüktür. Bu verimler motordan motora değişiklik gösterir. Çünkü farklı firmaların ürettikleri motorların opsiyonları ve kayıpları birbirinin aynısı değildir. Örnek olarak bir motorun tam yükteki verimi %90 yarı yükte %87 ve ¼ yükte %80 iken, aynı özelliklerdeki başka bir motorun tam yükteki verimi %91 iken ¼ yükteki verim %75'dir. Bu tamamen motor kayıp oranlarının değişimine bağlıdır. İstenen bir mekanik enerji çıkışı için elektriksel güç tüketimini azaltmak diğer bir ifadeyle motor verimini artırmak için kayıpların azaltılması gerekir.

Motor kayıplarını içeren verim ifadesi denklem (5) 'de verildiği biçimde ifade edilebilir.

$$\eta = \frac{\text{Çıkış gücü}}{\text{Çıkış gücü} + \text{Kayıplar}} \quad (5)$$

Denklemden (5)'den görüldüğü gibi, verimi artırmak için kayıpları azaltmak gerekir. Bunun için enerji fiyatlarının yükselmesine paralel olarak yüksek verimli motorlar geliştirilmiştir. Bu motorların maliyetleri standart motorlara göre %15-25 daha pahalı olduğu halde kısa bir sürede kendini geri ödemektedir.

Yüksek verimli motorlar standart verimli motorlara göre daha iyi tasarım modelleri ve kaliteli malzemelerden yapılmaktadır. Bu motorların sargılarında kullanılan bakır iletkenin kesitinin arttırılması ile primer $I^2 R$ kayıpları düşürülebilir. Demir göbek kayıpları akı yoğunluğunun azalması ve genellikle stator göbeğinin boyunun arttırılması ile sınırlandırılabilir. Bunun yanında bu kayıplar levha kalınlığının azalması ve kaliteli alaşım kullanılarak da azaltılabilir. Sürtünme ve hava sürtünmesi kayıpları için tasarımda iyileştirme yapılabilir. Ayrıca yüksek verimli motorlarda azalan kayıplar nedeniyle açığa çıkan ısının dışarıya verilmesi gereksinimi azalır[4].

Buna göre standart bir motorun yüksek verimli bir motor ile değiştirilmesi durumunda tasarruf edilebilecek enerji miktarı için gerekli hesaplamalar aşağıda sırası ile verilmiştir.[1]

Motor değişimiyle elde edilen aylık kilovat-saat enerji tasarrufu;

$$KT_i = DT_i \cdot \text{ÇS} \cdot KF \quad (6)$$

ve buradan aylık demand enerji tasarrufu;

$$DT_i = \text{NominalGüç} \cdot \text{MS} \cdot \text{YK} \cdot \left(\frac{1}{\eta_{svm}} - \frac{1}{\eta_{yvm}} \right) \quad (7)$$

ile hesaplanabilir. Burada; MS aynı güçteki motor sayısı ,KF kullanıma faktörü, η_{svm} standart tip motor verimi, η_{yvm} yüksek verimli motorun verimini göstermektedir.

Demand düşümünden kaynaklanan yıllık toplam mali tasarruf ;

$$DTM = DT_i \cdot (\text{Ortalama Demand Birim Fiyatı}) \cdot \left(12 \frac{\text{ay}}{\text{yıl}} \right) \quad (8)$$

ile hesaplanır. Buradan yıllık kullanım tasarrufu;

$$KT_i = DT_i \cdot \text{ÇS} \cdot KF \quad (9)$$

Buradan yıllık kullanımdan kaynaklanan tasarrufun parasal karşılığı;

$$KMT = KT_i \cdot (\text{Ortalama Elektrik Birim Fiyatı}) \quad (10)$$

olarak hesaplanır. Toplam tasarrufun karşılığı kullanım ve demand'dan kaynaklanan parasal tasarrufun toplamıdır.

$$YMT = KMT + DMT \quad (11)$$

Standart motorlar yüksek verimli motorlarla değiştirildiğinde, her bir motor için değişim fiyat farkı ;

$$DFF = (\text{Yük.Ver. Motor Fiyatı} - \text{Standart Ver.Motor Fiyatı}) \quad (12)$$

Birden fazla motorun değişim fiyat farkı ise ;

$$TDFF = \text{MS} \cdot DFF \quad (13)$$

olarak belirlenir. Buradan yüksek verimli motorlar için yapılan yatırımın bize mali olarak geri dönüşümü belirlenecek olursa ;

$$\text{Geri Ödeme Süresi} = \frac{TDFF}{YTM} \times \left(12 \frac{\text{ay}}{\text{yıl}} \right) \quad (14)$$

şeklinde hesaplanır.

Burada dikkat edilmesi gereken nokta hesaplanan yıllık mali tasarruf veya toplam enerji tasarrufu, tüm standart motorların yüksek verimli motorlarla hemen değiştirilmesi durumunda geçerlidir. Ancak pratikte bu pek geçerli olmaz. Ortalama standart tip elektrik motorlarının ömrü 12 yıldır. Dolayısıyla tüm motorlar bir anda değiştirilemez. Ekonomik ömrünü tamamlayan motorların yüksek verimli motorlarla değiştirilmesi daha mantıklı ve akıllıcadır.

Bu çerçevede bir tesiste bulunan motorların her yıl 1/12 'si değiştirilmesi durumu geçerlidir. Böylece N'inci yılda ki enerji tasarrufu ETN olmak üzere, standart verimli motorların yüksek verimliler ile değiştirilmesi durumundaki enerji tasarrufu aşağıdaki gibi hesaplanabilir [3].

$$ETN = N \cdot (1/12) \cdot KT \quad (15)$$

Tasarrufun parasal karşılığı ise;

$$MTN = N \cdot (1/12) \cdot YMT \quad (16)$$

Belirlenen her yıl için (N) , kümülatif enerji tasarrufu ve kümülatif enerji tasarrufunun parasal karşılığı ;

$$KET_N = ET_1 + ET_2 + \dots + ET_N \quad (17)$$

$$KMT_N = MT_1 + MT_2 + \dots + MT_N \quad (18)$$

ifadesi ile belirlenir. Kümülatif net mali tasarruf ise kümülatif mali tasarrufun ,kümülatif yatırım tutarından çıkarılmasıyla hesaplanır.

$$KNT = KMT - KYT \quad (19)$$

$$KYT = N \cdot (1/12) \cdot TDF \quad (20)$$

Bu tasarruf önlemindeki hesaplama prosedüründe görüldüğü gibi hesaplanan yatırım tutarı, yüksek verimli motorlar ile standart motorların değişmesiyle oluşan fiyat farkına dayanır. Ayrıca standart motorlar ekonomik ömürlerini doldurduğunda zaten değiştirileceğinden ilave bir işçilik gerektirmemektedir. Yatırımın geri dönüşü ise başlangıç maliyetine bağlı olmakla beraber birkaç aydan birkaç yıla kadar sürebilir. Genelde bu zaman kısadır.

IV. FERROKROM FABRİKASINDA YAPILAN ENERJİ ETÜDÜ VE DEĞERLENDİRMELER

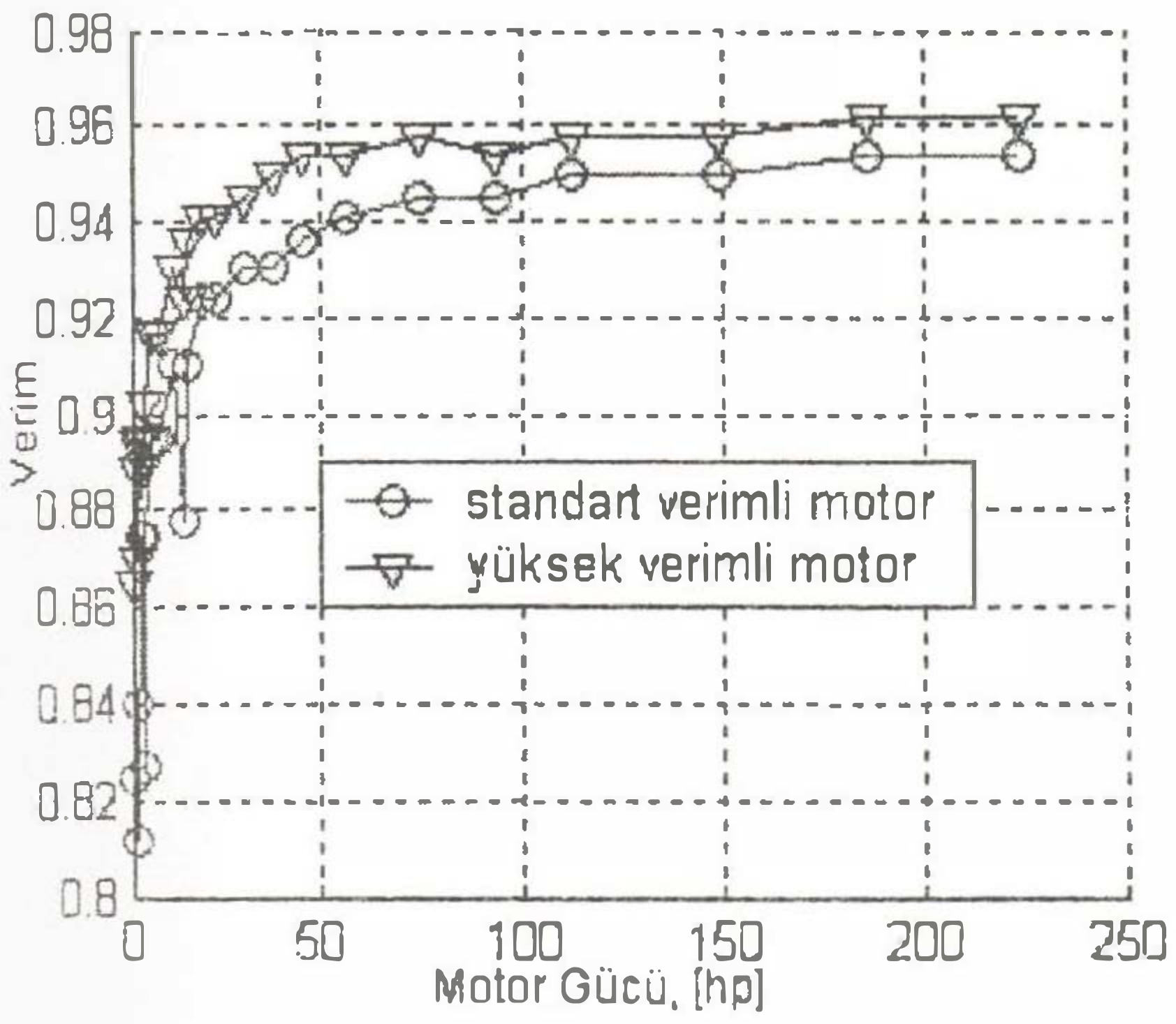
Yukarıda açıklanan motor verimlilik prosedürleri ,Antalya ETİ Elektrometalurji A.Ş. Ferrokrom ve karpit fabrikasındaki çalışan 3 fazlı asenkron motorlar üzerinde uygulanmıştır. Motorların hangi durumda çalıştığını görmek için öncelikle tüm motorların yükte ve boşa çalışma değerleri alınmış, demand metre ile ölçümler yapılmıştır. Fabrikada hali hazırda çalışan bölümlerin motor verileri alınmıştır. Buna göre değiştirilecek

standart verimli motorlar yerine yüksek verimli motorlar satın alınırsa enerji ve mali tasarruf miktarı, geri ödeme süresi hesaplanmıştır. Motor değerleri Tablo 2 'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Fabrikada ölçümü yapılan motorların nominal güçleri ve sayısı

Motorun Kullanıldığı Yer	Nominal Motor Gücü (hp)	Nominal Motor Gücü (Kw)	Motor Sayısı
Bant #1	2,94	2,19	2
Bant #2	5,36	4	3
Bant #3	0,25	0,19	7
Pompa #1	5,09	3,8	2
Pompa #2	54,12	40,37	2
Pompa #3	4,93	3,68	2
Elevatör #1	4,95	3,69	2
Elevatör #2	12,86	9,59	1
Elevatör #3	15,54	11,59	1
Elevatör #4	24,79	18,49	1
Vantilatör #1	1,47	1,1	6
Vantilatör #2	2,94	2,19	7
Vantilatör #3	12,33	9,2	2
Vantilatör #4	14,74	11	1
Şarjör	2,01	1,5	3
Elek	8,84	6,59	1
Konkasör	34,45	25,7	1
Aspiratör #1	22,78	16,99	1
Aspiratör #2	11,74	8,76	1
Aspiratör #3	29,49	22	1
Aspiratör #4	34,45	25,7	1
Welman	19,7	14,7	1
Elektr.Kald.	9,38	7	1
Fan #1	10,05	7,5	1
Fan #2	29,49	22	1
Fan #3	24,79	18,49	1
Hava Kilidi	2,01	1,5	12
Konveyör	2,01	1,5	4
Döndürme	3,95	2,95	1
Helezon #1	2,94	2,19	2
Helezon #2	1,47	1,1	6
Vibratör	1	0,75	6
Ray	4,95	3,69	1
Valf	0,08	0,06	2
Toplamlar			87

Şekil 2'de standart verimli motorlarla yüksek verimli motorların verimleri karşılaştırılarak, gösterilmiştir. Grafikte verilen değerler, sekiz farklı firmanın değerlerinin ortalaması olup motorun tam yükte çalışması halinde geçerlidir[8]. Fabrikada kullanılan ara değerlerdeki motor verimleri Matlab fonksiyon uydurma özelliklerinden yararlanılarak belirlenmiştir.



Şekil 2. Standart Verimli Motor ve Yüksek Verimli motorların kıyaslanması

Tüm motorlar için kullanma faktörü 1 olarak kabul edilmiştir. Yük faktörü ise fabrikanın genel ortalaması alınmıştır ve 0,75 olarak kabul edilmiştir. Elektrik enerjisi fabrikalarda sözleşme esasına göre iki tür fiyatlandırmaya tabiidir. Sözleşme fabrikanın maksimum çekebileceği enerji miktarına göre yapılır. Buna göre sözleşmede belirtilen enerji miktarından daha fazla enerji çekilmiş ise bu demand enerji miktarıdır. Fiyatı normal kullanıma göre çok yüksektir ve ayrıca belirlenmiş demand enerji fiyatından hesaplanır. Demand enerji miktarı demand metrenin okuduğu değerdir. Demand metre sayacı her ay sıfırlanmakta ve o ay içerisinde en yüksek güç çekimine karşılık gelen değerde sabit kalmaktadır. Bunun altında kalan enerji seviyeler normal sayacın belirlediği kullanım ücretine tabiidir. Burdaki iki enerji değeri, birim enerji fiyatlarıyla çarpılarak kullanım ücretleri bulunur. Elektrik şirketine ödenen ücret ise bu iki değer toplamıdır. Buna göre Tablo 3 'de enerji tasarruf miktarları hesaplanmıştır.

Tablo 3. Motor Enerji Tasarruf Miktarları

Motorun Kullanıldığı Yer	Nominal Motor Gücü (hp)	Nominal Motor Gücü (Kw)	Motor Sayısı	DT (kW)	KT (kW)	DMT (\$/Yıl)	KMT (\$/Yıl)	YMT (\$/Yıl)	DFF (\$)	TDDF (\$)
Bant #1	2,94	2,19	2	0,177	1292,263	12	58	70	39	78
Bant #2	5,36	4	3	0,401	2927,152	25	130	155	55	165
Bant #3	0,25	0,19	7	0,064	469,070	4	21	25	26	182
Pompa #1	5,09	3,8	2	0,262	1913,345	17	85	102	53	106
Pompa #2	54,12	40,37	2	1,090	7954,277	68	354	422	600	1200
Pompa #3	4,93	3,68	2	0,254	1857,120	16	83	99	50	100
Elevatör #1	4,95	3,69	2	0,255	1862,167	16	83	99	50	100
Elevatör #2	12,86	9,59	1	0,214	1562,999	14	70	84	97	97
Elevatör #3	15,54	11,59	1	0,224	1635,339	14	73	87	137	137
Elevatör #4	24,79	18,49	1	0,283	2066,818	18	92	110	196	196
Vantilatör #1	1,47	1,1	6	0,293	2136,198	19	95	114	29	174
Vantilatör #2	2,94	2,19	7	0,620	4522,922	39	201	240	39	273
Vantilatör #3	12,33	9,2	2	0,412	3005,427	26	134	160	88	176
Vantilatör #4	14,74	11	1	0,223	1627,944	14	73	87	130	130
Şarjör	2,01	1,5	3	0,193	1411,872	13	63	76	26	78
Elek	8,84	6,59	1	0,182	1327,808	12	59	71	60	60
Konkasör	34,45	25,7	1	0,368	2687,309	23	120	143	327	327
Aspiratör #1	22,78	16,99	1	0,276	2015,395	18	90	108	183	183
Aspiratör #2	11,74	8,76	1	0,228	1667,165	15	75	90	78	78
Aspiratör #3	29,49	22	1	0,316	2310,205	20	103	123	259	259
Aspiratör #4	34,45	25,7	1	0,368	2687,309	23	120	143	326	326
Welman	19,7	14,7	1	0,254	1853,317	16	83	99	164	164
Elektr. Kald.	9,38	7	1	0,128	935,983	8	42	50	90	90
Fan #1	10,05	7,5	1	0,144	1049,512	9	47	56	47	47
Fan #2	29,49	22	1	0,316	2310,205	20	103	123	259	259
Fan #3	24,79	18,49	1	0,283	2066,818	18	92	110	196	196
Hava Kilidi	2,01	1,5	12	0,774	5647,489	49	251	300	26	312
Konveyör	2,01	1,5	4	0,258	1882,496	17	84	101	26	104
Döndürme	3,95	2,95	1	0,187	1362,042	12	61	73	45	45
Helezon #1	2,94	2,19	2	0,177	1292,263	12	58	70	39	78
Helezon #2	1,47	1,1	6	0,293	2136,198	19	95	114	29	174
Vibratör	1	0,75	6	0,206	1501,810	13	67	80	26	156
Ray	4,95	3,69	1	0,128	931,083	8	42	50	50	50
Valf	0,08	0,06	2	0,006	43,376	1	2	3	21	42
Toplamlar				10	71.953	\$628	\$3.209	\$3.837	\$3.866	\$6.142

TEDAŞ 'dan alınan bilgilere göre fabrikadaki elektriğin demand maliyeti 5,18 \$/kW ,kullanım ücreti ise 0.0444 \$/kW olarak hesaba katılmıştır. Fabrika 3 vardiyeli sistemi ile çalıştığı için motorların ortalama çalışma saatleri 20 saat/gün yani yıllık 7300 saat olarak hesaplanmıştır. Tablo 4'de motor değişim programının her yılı için enerji tasarrufu ,kümülatif enerji tasarrufu,

kümülatif mali tasarruf, kümülatif yatırım tutarı ve kümülatif net tasarruf hesaplanmıştır. Ayrıca motorlar ekonomik ömrünü doldurduğunda zaten değiştirileceğinden ilave bir işçilik ücreti gerektirmemektedir. Tablo 4'e göre motor değişim programının geri dönüşümü 3. yılından itibaren başlar.

Tablo 4. Motor değişim Programı boyunca enerji ve parasal tasarruf miktarları

Yıl Sonu	Yıllık Enerji Tasarrufu (kW)	Kümülatif Enerji Tasarrufu (kW)	Yıllık Parasal Tasarruf (\$/yıl)	Kümülatif Parasal Tasarruf (\$/yıl)	Kümülatif Yatırım Tutarı (\$/yıl)	Kümülatif Net Tasarruf (\$/yıl)
1	59.996,08	59.996,08	320	320	512	-192
2	11.992,16	71.988,24	640	959	1.024	-64
3	17.988,25	89.976,49	959	1.919	1.536	383
4	23.984,33	113.960,82	1.279	3.198	2.047	1.150
5	29.980,41	143.941,23	1.599	4.796	2.559	2.237
6	35.976,50	179.917,73	1.919	6.715	3.071	3.644
7	41.972,58	221.890,31	2.238	8.953	3.583	5.370
8	47.968,66	269.858,97	2.558	11.511	4.095	7.416
9	53.964,75	323.823,72	2.878	14.389	4.607	9.782
10	59.960,83	383.784,55	3.198	17.586	5.118	12.468
11	65.956,91	449.741,46	3.517	21.104	5.630	15.473
12	71.953,00	521.694,46	3.837	24.941	6.142	18.799

V. SONUÇLAR

Bu çalışmada, kurulu mevcut bir fabrikada kullanılan kayıpları istenenden yüksek olan standart verimli motorlar yerine, kayıpların daha da azaltılmış şekilde hesaplanarak üretilen yüksek verimli motorların kullanılmasının enerji tasarrufundaki etkileri incelenmiştir. Hesaplamalar yapılarak yıllık enerji ve para tasarrufu çıkartılmıştır. Ayrıca bu sonuca göre fabrikada bulunan %90 motorların değiştirilmesi gerektiği kanısına varılmıştır. Çünkü motorlar tam yüke yakın değerlerde çalışmamaktadır. Kullanılan motorların çoğu eski motor olduğu ve sarımları fabrika personeli tarafından yapıldığı fakat hiçbir mühendislik hesaplama olmadığı için motorların rotor, stator, sürtünme kayıplarının fazla olduğu ortaya çıkmıştır. Bunun için motor verimleri azdır. Buna göre belirtilen fabrikada, tasarruf durumunda geri ödeme süresi 19 aydır. Bu prosedür farklı sanayi dallarında , farklı fabrikalar için uygulanabilir.

Bu fabrika için elde edilen sonuçlar, fabrika yönetimine sunulmuş ve değiştirilmesi için gerekli işlemlerin başlatılması önerilmiştir. Bu da motorlardaki enerji tasarrufuna olan eğilimi arttırmaktadır. Yukarıdaki örnekle sanayici aynı ürünü aynı kalitede daha düşük

maliyetle elde ederek, ulusal ve uluslararası alanda rekabet edebilmesi daha kolay olacaktır.

Not: Antalya ETİ Elektrometalurji A.Ş. Ferrokrom ve karpit fabrikası, yönetiminde ve Elektrik Baş Mühendisliği biriminde çalışanlara ilgi ve desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1]. Kaya D., Phelan P., Chau D. and Sarac H., 2002 *Energy Conversation in Compressed-air systems* , International Journal of Energy Research , 26:837-849
- [2]. Cengel Y.A., Cerci Y., *A12. Turkish National Conference on Thermal Sciences and Technologies with International Participation, Conference Proceeding, Sakarya / Turkey, 2:392-399*
- [3]. Kaya D., Güngör C., 2002, *Sanayide Enerji Tasarrufu Potansiyeli -I, Mühendis Makine, Sayı:514,sayfa 20-30*

- [4]. EİEİ / UETM, 2002, *Sanayide Enerji Yönetimi Esasları*, Cilt III
- [5]. A. Altunsaçlı, Mahmut Alacacı, *Elektrik Makinaları-2, Asenkron motorlar, Senkron Makinalar*, 2003, İskenderun
- [6]. Washington State Energy Office, WA, *Motor Master Data Base*, 1993
- [7]. EİEİ / UETM, *Elektrik Enerjisinin Verimli Kullanımı*, Enerji Tasarrufu Eğitim Yayınları – Kitap:7, 1993, Ankara
- [8]. Nadel S., Shepard M., Grenberg S., Katz G. and Almeida A., *Energy Efficient Motor Systems: A Handbook on Technology, Program and Policy Opportunities*. Washington D.C. , 1991, American Council for Energy-Efficient Economy