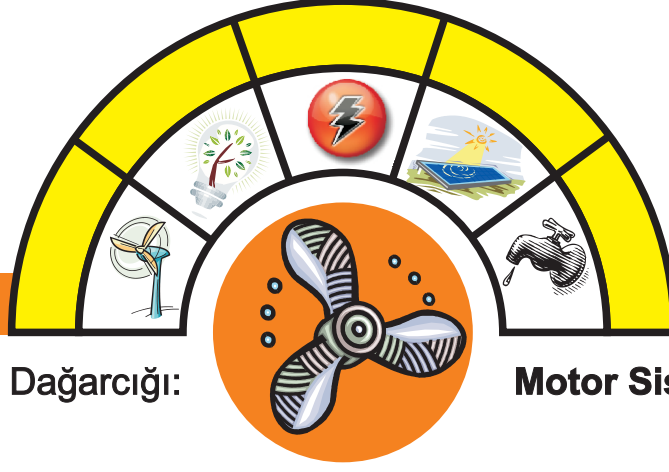




Enerji Verimliliği Bilgi Dağırcısı:

Motor Sistemleri

DOĞRU SEÇİM: YÜKSEK VERİMLİ MOTORLAR

“Fiatı en düşük olan motor, tükettiği fazla enerjinin maliyeti dikkate alındığında bir işletmenin satın alabileceği en pahalı motor olabilir.”

“5000 YTL’ye satın alınan 75 kW’lık bir motorun ömrü boyunca tükettiği enerjinin maliyeti 1 milyon YTL’yi aşabilir.”

“Ortalama bir motorun bir kaç ayda tükettiği enerjinin maliyeti, o motorun satın alma maliyetine eşdeğerdir.”

Üretilen toplam elektriğin yaklaşık yarısı, sanayi sektöründe kullanılan elektriğin ise yaklaşık üçte ikisi motorlar tarafından tüketilmektedir. Bu da sanayide yüksek verimli motor kullanımının enerji maliyetinin düşürülmesinde ne kadar önemli olduğunu gösterir. Yüksek verimli motorların kullanımı aynı zamanda sera gazları salınımında ciddi azalmalara sebep olmakta, ve enerjide dışa bağımlılığın azaltılmasına katkı yapmaktadır.

Tipik bir motorun satın alma maliyeti, o motorun toplam maliyetinin %2'sinden bile azdır. Enerji maliyeti ise toplam maliyetin %98'i olabilmektedir. Yani tipik bir motor ortalama 20 yıl olan çalışma ömrü boyunca satın alma maliyetinin 50 katından fazlasını tükettiği enerjinin maliyeti olarak ödetir. Başka bir deyişle, bir motorun bir kaç ayda tükettiği enerjinin maliyeti, o motorun satın alma maliyetine eşdeğerdir. Ortalama bir motor, satınalma maliyetine eşdeğer enerjiyi 2 ayda tüketmektedir. Hatta 5000 YTL'ye satın alınan bir motorun çalışma ömrü boyunca tükettiği enerjinin maliyeti bir milyon YTL'yi geçebilir. Ancak tüm dünyada fabrika yöneticilerinin çoğunluğu bunun bilincinde değildir, ve motor alırken standart ve yüksek verimli motorların ilk maliyetindeki az bir farka (genellikle %10 – %25 arası) tamah edip ileride bunun kat kat fazlasını ilave enerji maliyeti olarak ödemektedirler. Bozulan eski motorları da ucuz olduğu için tekrar tekrar sardırmaktadırlar. Halbuki tekrar sardırılan eski motorların zaten düşük olan verimleri daha da düşebilmekte (her tamirde %0.5 kadar), ve tamirle sağlanan maliyet tasarrufu artan enerji tüketimi ile kısa sürede yok olabilmektedir. Eskisinin yerine alınacak olan yüksek verimli yeni bir motor ise ilave maliyetini tasarruf ettiği enerjiden kısa sürede ödüycek, çalışma ömrü boyunca da enerji ve maliyet tasarrufu sağlamaya devam edecektir.

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de sanayide motorların bakımı, tamiri, ve yenilerinin satın alımından sorumlu kişilerin motor verimliliği ve motorların tükettiği enerjinin maliyetinin boyutu ile ilgili bilinç düzeyleri yeterli olmaktan uzaktır. İlgili personelin motor verimliliği ile ilgili bilinç düzeyi acilen yükseltilmeli, ve verimliliğin karar mekanizmasında önemli bir kriter konumuna getirilmesi sağlanmalıdır.



Verimlilik konusunda ön plana çıkmayan standart motorlar EFF3 sınıfında, verimlilikleri artırılmış olanlar EFF2 sınıfında, ve verimlilik açısından birinci sınıf olan en yüksek verimli motorlar ise EFF1 sınıfında yer almaktadırlar. Bazı çok uluslu firmaların karar vericileri bu gerçeği tüm netliğiyle anlamışlar, ve arızalanan standart motorları en yüksek verimli olanları ile (EFF1 sınıfı) değiştirme kararı alıp bu kararı uygulamaya koymuşlardır. Sanayideki enerji fiyatlarının nispeten düşüklüğüne rağmen, yüksek verimli motorlar maliyet farklarını genellikle 12 ay içinde amorte etmektedirler. Enerji bilinci yüksek olan işletmeler, yeni kurulan sistemlerde de yüksek verimli motorların kullanılmış olmasına dikkat etmektedirler.

Bir örnek vermek gerekirse, 20 hp gücündeki standart bir motorun verimi %88 civarındadır. Ama aynı güçteki yüksek verimli bir motorun verimi %91'e çıkmakta, ve en yüksek verimli motorlarda bu değer %93'e ulaşmaktadır. Yani standart motorlar tükettikleri elektrik enerjisinin %12'sini ısıya dönüştürüp atık ısı olarak çevreye yayarken, en yüksek (premium) verimli motorlar bu %12'lik dilimin %5'lik kısmını kullanılabilir mekanik güce çevirip sadece %7'lik kısmı atık ısıya dönüştürmektedir. Düşük atık ısı oranı motorun daha serin çalışmasını sağlayıp ömrünü uzatmakta, ve motorun aşırı yüklenme ve anormal işletme şartlarına daha iyi direnç gösterip elektrik akımı ve voltajındaki kalitesizliklere daha toleranslı olmasını sağlamaktadır.

Ortalama %75 yük faktörü ile yılda 6000 saat çalışan 20 hp'lık bir motorun %88.3 verimli standart olanı yerine verimi %93.0 olan yüksek verimli olanının seçilmesi yılda 4102 kWh elektrik enerjisinin tasarrufunu netice verecektir. Türkiye'de her kWh elektrik üretiminde ortalama 0.65 kg CO₂ salındığı dikkate alınırsa, yüksek verimli motor yılda yaklaşık 3 ton sera gazının atmosfere girmesini önleyecektir. Enerji tasarrufu ve çevre katkısına ek olarak yüksek verimli motorlar daha yüksek güvenilirlikleri (ve dolayısıyla daha az arızalanıp üretim kaybına daha az sebep olmaları) ve daha düşük bakım masrafları ile de işletme maliyetlerini düşürürler.

Verimsiz motorların arızalandıklarında tamir edilerek ve sargılarının yenilenerek ömürlerinin süresiz olarak uzatılması yerine yüksek verimli yenileri ile değiştirilmesi pratiğinin artık yerleşmesi gerekmektedir. Bunun başarılması, sanayide davranış değişikliğinde yeni bir çığır açacaktır.

Motorların büyük kısmı çalıştıracakları aletler ile beraber paketlenmekte, ve müşteriler yeni aldıkları bir üründe nasıl bir motor kullanıldığını pek sorgulamamaktadır. Bu da motorlarda rekabetçi ortam içinde doğal olarak verimlilik yerine motorun ilk maliyetinin ön plana çıkmasına ve fiatı genellikle %10 ila %25 arası daha ucuz olan standart motorların tercih edilmesine sebep olmaktadır. Bu alışılmış uygulama artık sorgulanmalı, ve yeni motor alımında veya motor tahrikli yeni sistemlerin üretiminde sadece yüksek verimli motorlar dikkate alınmalıdır. Arızalanan standart verimli bir motor tamir edileceği veya tekrar sarılacağı zaman da yüksek verimli motorlar göz önünde bulundurulmalıdır. Hala iş gören eski ama düşük verimli motorlar yenileri ile değiştirileceği durumlar, yüksek verimli motorları hatırlanması gereken zamanlardır. Eğer mevcut motor daha evvel tekrar sarılmışsa veya aşırı büyük ise ve dolayısıyla düşük yükte kullanılıyorsa bu daha da böyledir.



Örnek 75-kW (100-hp)'lık 1500 dev/dak'da çalışan eski bir motor, yine aynı devirde çalışan yeni bir yükseltilmiş verimli (EFF2) standart motor ile veya yüksek verimli (EFF1) motor ile değiştirilecektir. Mevcut motor %75 yük faktörü ile yılda 6000 saat çalışmaktadır. Standart motorun verimi %93.6, yüksek verimli motorun verimi ise %94.8'tir. Eğer standart ve yüksek verimli motorların KDV dahil fiyatları sırasıyla 4210 ve 5240 YTL ve elektriğin birim maliyeti 0.16 YTL/kWh ise, yüksek verimli motorun sağlayacağı yıllık enerji ve maliyet tasarrufunu ve ilave maliyetin geri ödeme süresini hesaplayınız.

Bu ve benzeri hesaplar aşağıdaki formüller kullanılarak kolayca yapılabilir:

$$\text{Enerji Tasarrufu} = \text{kW} \times \text{Yük faktörü} \times \text{işletme saati} \times (1/\eta_{\text{std}} - 1/\eta_{\text{ver}})$$

$$= 75 \times 0.75 \times 6000 \times (1/0.936 - 1/0.948) = 4564 \text{ kWh/yıl}$$

$$\text{Maliyet Tasarrufu} = \text{Enerji tasarrufu} \times \text{Enerji fiyatı}$$

$$= (4564 \text{ kWh/yıl})(0.16 \text{ YTL/kWh}) = 730 \text{ YTL/yıl}$$

$$\text{Geri Ödeme Süresi} = (\text{Yatırım maliyeti})/(\text{Enerji maliyet tasarrufu})$$

$$= (5240 - 4210)/730 = 1.4 \text{ yıl} = 17 \text{ ay}$$

Yani verim farkı sadece %1.2 olan yüksek verimli motor 1030 YTL'lik maliyet farkını bir buçuk yılda tasarruf ettiği enerjiden ödüyecek, ve sonra da işletmeye her yıl 730 YTL tasarruf ettirmeye devam edecektir. Enerji fiyatları arttıkça da yıllık tasarruf edilen miktar artacaktır. Ayrıca, yüksek verimli motor yılda yaklaşık 3 ton CO₂'nin atmosfere salımını engelliyerek sera etkisini azaltıcı etki yapacaktır.

Standart motorun 20 yıllık ömrü boyunca her yıl tüketeceği enerjinin toplam maliyeti ise;

$$\text{Toplam Enerji Maliyeti} = (\text{kW} \times \text{Yük faktörü} \times \text{işletme saati} / \eta_{\text{std}}) \times \text{Enerji fiyatı}$$

$$= (75 \times 0.75 \times 6000 / 0.936) \times 0.16 = 57,700 \text{ YTL/yıl}$$

Görüldüğü gibi fiyatı 4210 YTL olan bu motor, yılda alış maliyetinin yaklaşık 14 katı enerji kullanmaktadır. 75 kW güç gurubundaki bir motorun ortalama ömrü 25 yıl civarındadır, ve bu motorun çalışma ömrü boyunca tükettiği enerjinin maliyeti bir buçuk milyon YTL'ye yakındır. Motor verimindeki küçük farklar bile ciddi enerji ve maliyet tasarrufuna sebep olabilir, ve yatırımın hızla geri dönmesini sağlayabilir.

Eğer çalışmaya devam eden eski motorun verimi %90 ise ve yılda 5000 saat çalışıyor ise, benzer bir hesapla kolayca gösterilebilir ki bu eski motor yüksek verimli motor ile değiştirilmesi durumunda 5240 YTL'lik ilk maliyetini tasarruf edeceği enerji ile yaklaşık 2 yılda geri ödüyecektir.

Yüksek Verimli Motorların Sağladığı Enerji ve Maliyet Tasarrufu

Anma Gücü		Motor verimi ¹ %			EFF3 yerine EFF1 Kullanımında Yıllık Asgari Tasarruf ^{2, 3, 4}	
kW	HP	EFF3	EFF2	EFF1	kWh/yıl	YTL/yıl
1.5	2.0	<78.5	78.5 – 85.0	>85.0	877	140
3.0	4.0	<82.6	82.6 – 87.4	>87.4	1197	192
7.5	10	<87.0	87.0 – 90.1	>90.1	1780	285
15	20	<89.4	89.4 – 91.8	>91.8	2632	421
30	40	<91.4	91.4 – 93.2	>93.2	3803	608
45	60	<92.5	92.5 – 93.9	>93.9	4352	696
75	100	<93.6	93.6 – 94.7	>94.7	5584	893
90	121	<93.9	93.9 – 95.0	>95.0	6659	1065

¹ Motor verimi için verilen nümerik değerler standart (EFF3 grubu) motorlar için en yüksek, yüksek verimli (EFF1 grubu) motorlar için de en düşük değerlerdir. Spesifik verim değerleri firmadan firmaya değişir. Kaynak: C.E.M.E.P., <http://www.cemep.org/cemep/organization/lvac/english.pdf>

² Yıllık enerji tasarrufu = kW × Yük faktörü × işletme saati × (1/η_{std} – 1/η_{ver})

³ Yıllık maliyet tasarrufu = Yıllık enerji tasarrufu × enerji birim fiyatı

⁴ Kabuller: Yük faktörü 1.0; yıllık kullanım süresi 6000 saat; elektrik birim fiyatı 0.16 YTL/kWh.



MOTORLARDA ENERJİ TASARRUFUNU DAHA DA ARTTIRMAK İÇİN NE YAPMALI?

- İşletmedeki tüm motorların envanteri çıkarılmalı, ve her bir motorun kullanım ve plaka bilgilerini (anma gücü, devir, verim, vs) ve yıllık çalışma saatlerini içeren bir liste hazırlanmalıdır. Dikkatler, gücü 25 hp'den büyük olan ve yılda 2000 saatten fazla kullanılan standart verimli motorlar üzerine yoğunlaşmalıdır. Servisteki motorların voltaj ve amperi ölçülmelidir.
- Ekonomik ve enerji verimliliğini artırıcı sonuçlara ulaşmak için bir motor tamir/değişim politikası hazırlanmalıdır, ve motorlar en uygun uygulama için etiketlenmelidir – mesela derhal veya arızalanınca yüksek verimli bir motor ile değiştirin, arızalanınca şu spesifikasyonlarla sarıma gönderin gibi.
- Motorlar yüke uyumlu olarak seçilmeli, ve aşırı ihtiyatlı davranıp gereğinden büyük motor seçme alışkanlığından vazgeçilmelidir. Böylelikle motorların plakalarında yazılı anma güçlerine göre düşük güçte ve dolayesi ile düşük verimde çalışmaları önlenmelidir. Motorlarda yük arttıkça verim de artar, ve motor verimi genellikle %75 yükte azami seviyeye ulaşır. Düşük yüklerde tüketilen elektrik enerjisi mekanik güç yerine artan oranda ısıya çevrilir, ve motorlarda aşırı ısınmadan doğan arıza riskini artırıp motorun ömrünü kısaltır.
- Değişken hızlı sürücü (DHS) sistemleri – invertörlü veya değişken frekanslı sürücü sistemleri olarak da bilinir – alternatif akımın frekansını ve dolayesi ile motorun dönüş hızını değiştirerek motorun gereğinden fazla yük çekmesini önler. Bu da aynı işin çok daha az enerji kullanarak yapılmasını sağlar. Motorlara invertör sistemi ilavesi ile %50'ye varan enerji tasarrufu mümkündür. Yani aynı iş için motorun tükettiği elektrik enerjisi yarı yarıya azaltılabilir.

Invertör ile techiz edilmiş motorların maliyeti elbette daha yüksektir. Ancak doğru seçilmiş uygulamalarda – pompa ve kompresörler gibi – DHS sistemleri maliyetlerini genellikle iki yıl veya daha az bir süre içinde tasarruf ettikleri enerjiden öderler. Bazı analizlere göre motor sistemlerinde enerji tasarruf potansiyelinin sadece %10 kadarlık kısmı verim artışıyla sağlanabilir. Geriye kalan %90'lık kısım ancak motorların invertör sistemleriyle techiz edilmesiyle gerçekleştirilebilir.

- Motor gücünün direk bağlantı yerine indirek olarak düz kayış veya standart V-kayışları ile iletiliği sistemlerde kayış kayması ve sürtünmeden dolayı %2 ile %8 arasında kayıplar oluşur. Bu kayıplar ve ortaya çıkan kayış ısınması standart kayışların tırtıllı yüksek verimli V-kayışları ile değiştirilmesiyle önenebilir.

“Invertör ilavesi ile motorlarda
%50'ye varan enerji tasarrufu sağlanabilir.
Yani aynı iş için motorun tükettiği
elektrik enerjisi yarı yarıya azaltılabilir.”



DAHA FAZLA BİLGİ:

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı.

<http://www.enerji.gov.tr/>

Elektrik İşleri Etüd İdaresi.

<http://www.eie.gov.tr/>

Motor Üretim ve Satış Firmaları

AB ve ABD Kaynakları:

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

<http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/index.htm>

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

<http://www.eere.energy.gov/>