



1954

# TMMOB ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI

## BİLGİ BELGE MERKEZİ(BBM)

### Döküman Bilgileri

<b>EMO BBM Yayın Kodu</b>	: 9
<b>Makalenin Adı</b>	: Yüksek Verimli Motorlar Paneli
<b>Makalenin Yayın Tarihi</b>	: 01/04/2004
<b>Yayın Dili</b>	: Türkçe
<b>Makalenin Konusu</b>	: Yüksek verimli elektrik motorları
<b>Makalenin Kaynağı</b>	: 3E Electrotech Dergisi, sayı 119, Nisan 2004
<b>Anahtar Kelimeler</b>	: yüksek verimli elektrik motorları
<b>Yazar 1</b>	: 3E Electrotech Dergisi

### Açıklama

Bu doküman Elektrik Mühendisleri Odası tarafından açık arşiv niteliğinde olarak bilginin paylaşımı ve aktarımı amacı ile eklenmiştir.

Odamız üyeleri kendilerine ait her türlü çalışmayı EMOP/Üye alanında bulunan veri giriş formu aracılığı ile bilgi belge merkezinde yer almasını sağlayabileceklerdir. Ayrıca diğer kişiler çalışmalarını e-posta (bbm@emo.org.tr) yolu ile göndererek de bu işlemin gerçekleşmesini sağlayabileceklerdir. Herhangi bir dergide yayınlanmış akademik çalışmaların dergideki formatı ile aynen yer almaması koşulu ile telif hakları ihlali söz konusu değildir.

Elektrik Mühendisleri Odası Bilgi Belge Merkezi'nde yer alan tüm bilgilerden kaynağı gösterilerek yararlanılabilir.

Bilgi Belge Merkezi'nde bulunan çalışmalardan yararlanıldığında, kullanan kişinin kaynak göstermesi etik açısından gerekli ve zorunludur. Kaynak gösterilmesinde kullanılan çalışmanın adı ve yazarıyla birlikte belgenin URL adresi ([http://bbm.emo.org.tr/genel/katalog\\_detay.php?katalog=2&kayit=9](http://bbm.emo.org.tr/genel/katalog_detay.php?katalog=2&kayit=9)) verilmelidir.

# Yüksek Verimli Motorlar Paneli

## 1. Bölüm

**W**IN '04 (World of Industry) Fuarı kapsamında düzenlenen Endüstriyel Etkinlikler Zirvesi'nde "Yüksek Verimli Motorlar; Yapıları, Sundukları Fırsatlar ve Doğru Kullanım İlkeleri" konulu panel, 11 Mart Perşembe günü Tüyap Beylikdüzü Fuar Merkezi'nde yapıldı. Moderatörlüğünü Genel Yayın Yönetmenimiz Halefşan Sümen'in yaptığı bu panele konuşmacı olarak sırasıyla Prof. Dr. İlhami Çetin (Ga-

mak), Latif Tezduyar (Arçelik), Ediz Özdemir (ABB), Ceyhan İnsel (Leroy Somer) ve Temel Karamehmetoğlu (Sew Eurodrive) katıldı. Büyük bir izleyici kitlesi tarafından ilgiyle izlenen bu panelde yapılan konuşmaların birinci bölümünü sizlere aktarıyoruz.

*Prof. Dr. Y. Müh. İlhami Çetin (Gamak)*

**Neden Enerji Tasarruflu**

**Asenkron Motörler Kullanmalıyız?**

Elektrik enerjisi bugünkü uygulığın temeli, sanayinin itici gücüdür. Eskiden elektrik enerjisi kullanırken tasarrufu pek düşünmezdik. Fakat 1971 petrol bunalımından sonra herkeste yeni bir tasarruf bilinci uyandı. Artık elektrik enerjisi tasarrufunu tek boyutlu düşünmemek gerekir. Biliyoruz ki, bu enerjiyi elde etmek için kullandığımız fosil yakıtlar, kömür, petrol, doğalgaz hergün azalmakta ve tükenmektedir. Bunun kadar önemli bir nedenimiz daha var. O da fosil yakıtların aynı zamanda çevre kirleticisi olmalarıdır. Bugün ürettiğimiz her kilovat-saat enerji için fosil bir yakıt kullandığımızda havaya önemli bir miktarda karbondioksit bırakıyoruz. İklim değişiklikleri ile de gördüğümüz gibi, ne kadar zengin olursak olalım, istediğimiz kadar elektrik enerjisi üretemeyiz ve tüketemeyiz.

Bu nedenle ileri ülkeler derhal tasarruf önlemleri almaya başladılar. Ne yazık ki geri kalmış ülkeler bu tür önlemleri almada da



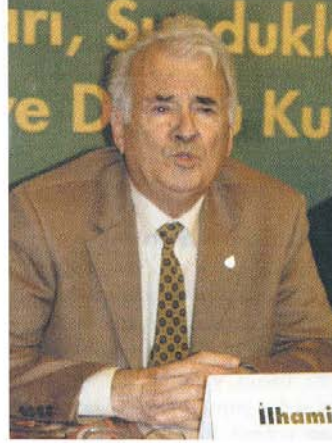
H.S., Ediz Özdemir, Ceyhan İnsel, İlhami Çetin, Latif Tezduyar, Temel Karamehmetoğlu

geri kalıyor. Burada kastettiğim ilgililerin ilgisizliği. Övünerek söyleyebiliriz ki, sanayimiz bu alanda kendine düşeni yapmayı benimsemiştir.

### Elektrik motorlerinde enerji tasarrufu

Bizim bugün konumuz, enerji tasarrufunu elektrik motorleri açısından ele almaktır. Dünyada sanayi üretimi büyük çoğunlukla elektrik motorlerine dayanıyor ve elektrik motorleri milyarlarca insanın yaptığı işi gerçekleştiriyor. Bu nedenle elektrik motorlerinin yüksek verimli olması büyük önem taşıyor. Bir ülkede en fazla elektrik tüketen kesimin sanayi olduğunu biliyoruz. İleri ülkelerde sanayinin tükettiği enerjinin dörtte üçü elektrik motorlerinde kullanılıyor. Bu motorlerde yapılabilecek verim iyileştirmeleri büyük tasarruflar sağlayabilir. Yüksek verimli motorlerde yüzde 4'lük bir verim artışı yapıldığı varsayıldığında, yalnız Almanya'da yılda 2.7 TWh ve 200 milyon Euro tasarruf edilebileceği hesaplanıyor.

Enerji tasarrufu yalnız yüksek verimli motorlerle yapılmaz, hızı ayarlanabilir motorler daha önemli bir tasarruf kaynağıdır. Bugün kabul ettiğimiz tasarruf oranı, hızı ayarlanabilir motorlerde ortalama % 40'tur yani verim yükseltilmesine göre 10 kat daha büyük bir enerji tasarrufu gerçekleştirilebilir. Eğer Almanya örneğinde hız ayarını motorlerin sadece % 30'una uygulayacak olursak, 16 TWh yani 1.2 milyar Euro tasarruf edilebilir.



Prof. Dr. Y. Müh. İlhami Çetin

İki tasarrufun toplamı 19 TWh eder. Kilovat-saat başına üretilen karbondioksitin yaklaşık 0.6 kg olduğu biliniyor. Buna göre sadece Almanya'da yalnız bu iki tasarruf kaynağı ile atmosfere 11 milyar kilogram karbondioksit daha az bırakmış oluyoruz. Gelecek kuşağa iyi bir dünya bırakmak görevimizi düşünürsek, bu tasarrufların önemi daha iyi anlaşılır.

### Asenkron motorlerin verim anlayışı

Şimdi, "asenكرون motorlerde verimin özelliği nedir, işletmede nelere dikkat etmemiz gerekir?" sorularına gelelim. Asenkron motorün kendine özgü bir verim davranışı vardır. Yüksek verimlerde yapılabilir ama bunu ancak belli bir güç bölgesinde sağlayabilir. Gücü çok azaltırsanız verim düşer. O kadar ki çok düşük güçlerde verim sifıra yaklaşır. O halde işletmelerde, asenkron motorlerin gücü daima kont-

rol altında tutulmalıdır. Gereğinden büyük güçlerde motor seçmek mühendislik açısından büyük bir hatadır. Eğer yanlışlıkla bu tür motorler kullanılıyorsa ve anma işletmesinde üçgen bağlama öngörülmüşse, üçgen bağlamadan yıldız bağlamaya geçilmelidir. Diğer bir seçenek de, elektronik yolverici ile motorün gerilimini düşürmektir. Böylece kayıpları azaltabilir ve verimi yükseltebiliriz. Asenkron motorün bir ilginç davranışı da, veriminde bir üst sınırın bulunmayışıdır. Bu üst sınır çok basit bir formülle bulunabilir ve 1-kaymaya eşittir. Eğer kayma %2 ise verim %98'i geçemez. Motorünüzü %30 kaymada çalıştırırsanız, ne kadar iyi nitelikli bir motor olursa olsun, verimi %70'in altında kalır. Bu bakımdan asenkron motorleri yüksek kaymada çalıştırmaktan şiddetle kaçınmalıyız. Kaymayı artırmadan hızı ayarlanmanın yöntemi, frekans dönüştürücü kullanmaktır. Öte yandan asenkron motorler büyüdükçe verimleri de yükselir. Büyük motorler verim açısından daima daha üstündür. O halde gereksiz yere küçük motor kullanmamaya çalışalım.

### Enerji tasarruflu asenkron motorler

Asıl konumuz olan "Enerji tasarruflu elektrik motorü" yeni bir kavramdır. Senelerdir elektrik motorü yaparken, hep ağırlığını azaltmaya çalıştık. Ancak son yıllarda ortaya çıkan yeni görüşte artık ağırlığı azaltmak ikinci plana itilmiştir. Onun yerine verimi yükseltmek, gerekirse ağırlı-

gını artırmak gündeme gelmiştir. Bu konuda öncülük eden ABD oldu, Avrupa onu izledi. Birçok konuda olduğu gibi standartlar konusunda da Avrupa ile Amerika anlaşamadığından, enerji tasarruflu motorlerde ayrı bir isimlendirme gerekmiştir. Aynı standartlara göre yapılan ABD enerji tasarruflu motorlerine EPACT (Energy Policy Act) motorleri, Avrupalılarınkine CEMEP (European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics) motorleri denir. Avrupa Birliği'nin onayladığı, teşvik ettiği ve ileride yasal bir düzenlemeyle desteklemek istediği yeni motor kuşağı CEMEP motorleri en fazla kullanılan 1.1.....90kW güçlerinde, en yaygın kutup sayıları 2 ve 4, en önemli koruma sınıfı IP 54 veya IP 55 için yalnız kafesli asenkron motor türünde yapılmaktadır. İşletme türü olarak S1.....S9 arasından S1 yani sürekli işletme seçilmiştir. O halde enerji tasarruflu Avrupa motorlerinin kapsamı belirttiğimiz çerçevede içindedir. Bunun dışında kalan tek fazla asenkron motorler, kutup sayısı 2 ve 4'ten farklı olanlar, gücü 1.1 kW'ın altında veya 90kW'ın üstünde olanlar CEMEP motorü olarak yapılmamaktadır.

#### **Motörlerde kayıplar ve verimin yükseltilmesi**

Acaba bu tür motorlerde verim nasıl yükseltilmektedir? Verimi yükseltmek demek kayıpları azaltmak demektir. Bunu gerçekleştirebilmek için motor fabrikalarının çok yönlü araştırma ve geliştirme yapmaları gerek-

miştir. Özellikle kayıpları azaltmak için motor fabrikaları seferber olmuştur. Bunlar arasında Türk yapımcılar kendi yaptıkları çalışmalar ile Avrupa standardında enerji tasarruflu motor üretmeyi başarmıştır.

Asenkron motorlerde başlıca beş türlü kayıp vardır. Önce sürtünme kayıplarını ele alalım. Motorlerde kullanılan yuvarlanmalı yataklar çok yüksek verimle çalışan üstün yataklar olduğundan burada yapılabilecek fazla bir şey yoktur. Sürtünme kayıplarının önemli bir bölümü soğutma pervanesinden kaynaklanır. Pervaneyi optimal tasarlayarak, bu kayıpları özellikle büyük motorlerde önemli ölçüde azaltmayı biliyoruz. Sürtünme kayıpları toplam kayıplar içinde % 5....10'luk bir paya, demir kayıpları ise % 15....20'lik bir paya sahiptir. O halde demir kayıplarını azaltmada elde edilecek bir başarı verimi yükseltmede daha etkili olabilir. Bu konuda yeni bir teknik bulunmuş değildir. Eskiden beri bildiğimiz yöntemleri uygulamak yeterlidir: Ince sac kullanmak, içine silisyum katmak, sacları yalıtımak, işletmeyi özenle gerçekleştirmek. Kayıpları azaltmak için iyi sac kalitesi yanında çok sac kullanmak, başka bir deyişle ağırlığı arttırmak zorundayız. Bu nedenle yeni motorler düşük verimli eski motorlere göre biraz daha ağır olmaktadır.

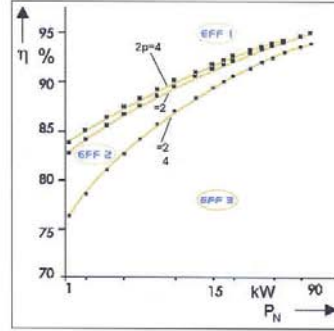
Motor kayıplarında en önemli paya sahip olan stator sargısının kayıplarıdır. Bu pay küçük motorlerde % 50'ye kadar çıkar.

Bunları azaltmanın yolu sargı uzunluğunu kısaltmaktan ve daha çok bakır kesimini artırmaktan geçer. Ancak oluklarda yeterli yer bulunmadığı için bakır kesimini fazla arttıramayız. Sonuçta aldığımız tüm önlemlere rağmen sargının direnci pek azaltılamaz. O zaman bu kayıpları azaltmanın olanağı var mıdır? Bakır kayıpları dirence ve akımın karesine bağlıdır. Azaltma olanağı iki değişikene bağlıdır., bir üçüncüsü yoktur. Pratikte akımı azaltmaya çalışıyoruz ve bunu bir ölçüde başarıyoruz. Çünkü sac paketinin boyunu uzatınca demirin kullanımı düşüyor ve gerektirdiği boşa akım azalıyor. Bunun\*sonucunda stator akımı küçülüyor, bakır kayıpları azalıyor. Ama ne yazık ki büyük ölçüde değil. İleride süper iletkenlik çevre sıcaklığında veya ona yakın bir sıcaklıkta gerçekleştirilebilirse, bu yeni teknoloji sayesinde stator bakır kayıplarını sıfırlamak mümkün olacaktır.

Rotor sargısındaki kayıplara gelecek olursak, buradaki yer durumu statordakinden daha kısıtlıdır ve normal tekniklerle fazla bir ilerleme yapmamız mümkün değildir. Stator sargısında daima bakır kullandığımız halde rotor kafesi, basınçlı döküm tekniği nedeniyle, çok kez alüminyumdan yapılır. Rotorun kafesini alüminyum yerine bakırdan yaparsak, özgül iletkenlik 33'ten 56 Sm/mm<sup>2</sup>'ye çıkar. Ancak alüminyum 700°C'de, bakır ise 1100 °C'de dökmemiz gerekiyor. Bakırdan kafes yapmayı eskiden beri düşünmüştüzdür. Ama tek-

nik zorlukları nedeniyle bu çözüm ekonomik olmuyordu. Bakırın dökümünde, yüksek sıcaklığın yanında, bakırın temiz tutmak da büyük bir güçtür. Şimdi bir Avrupa firması (Sew Eurodrive), bakır basınçlı döküm tekniğini yeterince geliştirerek, belirtilen güçlüklerin üstesinden gelmeyi başarmıştır.

Motörlerdeki beş kayıptan sonuncusu, neredeyse asenkron motörün bulunduğu günden beri tartışılan, hesaplanması ve ölçülmesi güç ek kayıplardır. Mekanik kayıplar gibi payları % 5...10 arasındadır. Bu kayıplar motörün üretim kalitesine, hava aralığının düzgünlüğüne, kafes ile sac paketi arasındaki elektriksel bağlantıya, rotor sac paketinden geçen enine akımlara...bağlıdır. Hesaplama ve ölç-



Şekil 1.

me güçlüğü nedeniyle ek kayıplar için Avrupa standartlarında çok basit bir belirleme yöntemi kabul edilmiş ve anma işletmesinde bu kayıplar motörün aldığı gücün yani yaklaşık anma gücünün % 0.5'ine eşit varsayılmıştır. Bu uygulamanın hatalı olduğunu çok iyi biliyoruz. Küçük motörlerde gerçek ek kayıplar

hesaplanan değerlerin 7...8 katına çıkabilir, dolayısıyla verim olduğundan yüksek bulunur. Büyük motörlerde ise hesaplanan ek kayıplar gerçek değerinden daha büyük yani hesaplanan verim gerçek değerinden daha küçüktür.. Bu sakıncaları gidermek ve ek kayıpları daha sağlıklı hesaplayabilmek için şimdi yeni bir standart taslağı hazırlanmıştır.

## Verim sınıfları

Enerji tasarruflu motörlerin diğer pek çok özelliği gibi verimlerini de bir standarda bağlamak gerekmiştir. CEMEP motörlerinde üç verim sınıfı ayırt edilir ve bunlar EFF (efficiency) simgesi ile gösterilir: EFF1, EFF2, EFF3. Bir motör bu sınıflardan hangisine uyuyorsa, plakasından logo ile beraber onun simgesi yazılır. En yüksek verimli motörler EFF1, ondan sonra gelen iyileştirilmiş verimli motörler EFF2 ve şimdiye kadar piyasada bulunan normal verimli motörler EFF3 sınıfındadır. Örneğin 15 kW, 4 kutuplu bir asenkron motörün verimi  $\geq$  % 91.8 ise verim sınıfı EFF1, verimi  $\geq$  % 89.4 ise verim sınıfı EFF2 ve verimi  $<$  % 89.4 ise verim sınıfı EFF3 olur. Görüldüğü gibi, EFF2 ve EFF3 sınıflarının sınır değerler ayırdır yani bu sınır değerlerin üstünde EFF2, altında EFF3 sınıfı yer alır. O halde motör plakasına bakarak bir motörün bu sınıflardan hangisinde yapılmış olduğu yani verim kimliği hemen anlaşılabilir.

Şekil 1'de verim sınıflarının sınır değerleri görülmektedir. Burada üç sınır eğri vardır: 2 ve 4 kutup-

İŞLETME DEĞERLERİ																
"YÜKSEK VERİMLİ" MOTORLAR (CEMEP)																
3 Faz, 400 V, 50 Hz																
İşletme Türü : S1 (Sürekli Çalışma)																
Koruma Derecesi : IP 55																
Yalıtım Sınıfı : F (105K)																
İzli Artış Sınırı : B (B0K)																
Anma gücü	Tip	Anma gücünde						Kalkırta				Dönüştürme oranı	Eylemsizlik momenti	Yalıtım sınıfı		
		Hız	Akım	Moment	Güç Katsayısı Cos φ	Verim	Akım Oranı	Moment Oranı	Yalıtım sınıfı	Yalıtım sınıfı						
kW	d/dak	380V	400V	415V	Nm	%	4/4	3/4	Y/Δ	Δ/Y/Δ	Y/Δ	Δ/Y/Δ	kgm <sup>2</sup>	B3		
		2 kutuplu, 3000 d/dak														
1.1	AGME 80 2b	2900	2.34	2.32	2.31	3.6	0.86	83.6	83.5	6.3	-	2.7	-	3.5	0.0007	10.4
1.5	AGME 90 S 2	2920	3.40	3.37	3.04	4.9	0.72	84.1	84.0	6.5	-	3.3	-	4.0	0.0011	13.5
2.2	AGME 90 L 2	2920	4.69	4.71	4.86	7.2	0.78	86.1	86.1	7.1	-	3.4	-	4.0	0.0014	16
3	AGME 100 L 2	2910	5.93	5.63	5.77	9.8	0.85	87.0	87.0	7.5	-	3.4	-	4.0	0.0026	17.3
4	AGME 112 M 2	2915	7.75	7.48	7.33	13	0.88	88.2	88.1	7.6	2.5	2.9	0.9	3.8	0.0041	30
5.5	AGME 132 S 2a	2935	11.0	10.7	10.8	18	0.83	88.8	88.7	7.4	2.4	2.9	0.9	3.5	0.0099	39
7.5	AGME 132 S 2b	2915	14.0	13.5	13.0	25	0.90	89.6	89.5	7.3	2.3	3.0	1.0	3.4	0.012	44
11	AGME 160 M 2a	2950	21.3	20.4	20.4	36	0.86	91.0	90.8	8.6	2.8	3.8	1.2	4.1	0.029	107
15	AGME 160 M 2b	2950	28.7	28.2	27.5	49	0.84	91.7	91.7	7.5	2.4	3.1	1.0	3.5	0.036	115
18.5	AGME 160 L 2	2950	34.4	32.4	31.0	60	0.85	92.4	92.6	7.2	2.3	3.0	1.0	3.2	0.043	140
22	AGME 180 M 2	2970	40.4	38.5	37.1	71	0.89	92.6	92.4	8.3	3.0	3.2	1.0	4.1	0.069	185
30	AGME 200 L 2a	2970	54	52	50	90	0.89	93.1	92.9	8.4	2.7	2.7	0.9	2.9	0.11	240
37	AGME 200 L 2b	2970	68	64	62	110	0.80	93.6	93.4	9.1	2.9	2.9	0.9	3.4	0.13	275
45	AGME 225 M 2	2975	80	77	75	144	0.90	93.8	93.6	8.7	2.8	2.7	0.9	3.1	0.26	343
55	AGME 250 M 2	2980	99	94	91	176	0.90	94.1	93.8	8.7	2.8	2.9	0.9	3.0	0.35	430
75	AGME 280 S 2	2980	133	127	124	240	0.90	94.7	94.4	8.0	2.6	2.9	0.9	3.2	0.54	567
90	AGME 280 M 2	2977	156	150	144	289	0.91	95.1	94.9	7.9	2.6	2.8	0.8	2.6	0.65	640

Şekil 2. Gamak tarafından yapılan enerji tasarruflu motörlerden iki kutupluların teknik değerleri.

lular için en alttaki sınır eğri ortaktır. Verim bu eğrinin altında ise motor EFF3 sınıfındadır. Şeklin üst yanındaki iki sınır eğri 2 ve 4 kutuplu motorlar içindir. Bu eğrilerin üst bölgesi EFF1, altındaki iki yandan sınırlı bölge EFF2 verim sınıfına aittir. (Şekil 2)

#### Pratik uygulama ve ekonomik karşılaştırma

Ne mutluyuz ki, enerji tasarruflu motorlar Gamak gibi Türk yapımcılar tarafından da üretiliyor ve dünyanın birçok ülkesine satılıyor. Bu sayede bu motorlar yerli üretim fiyatlarında alınabiliyor ve gereksinim duyulan bilgiler kolayca sağlanabiliyor. Uygulamada yüksek verimin elbette bir bedeli olacaktır. En yüksek verimli motorlar en pahalı motorlar, orta verimdekiler orta fiyatta olanlar ve en ucuz motorlar artık kullanılmaması gereken EFF3 sınıfındakilerdir.

Pratik motor seçilirken, uygulamada karşılaşılan günlük işletme süresi, yükleme, yol verme ve frenleme sıklığı göz önüne alınır. Günlük işletme süresi ve yükleme oranı yüksek, yol verme ve frenleme sıklığı düşük olan durumlarda yüksek verimli motorların kullanılması genellikle isabetli olur. Hız ayarını gerekiyorsa, frekans dönüştür-

rücü öngörülmelidir.

Şimdi konuyu basit bir hesaplama ile daha iyi aydınlatmaya çalışalım ve belli bir motorde sağlanabilecek tasarruf miktarlarını görelim.

EFF3 motorün değerleri:  
380 V, 30 kW, verim % 89  
EFF1 motorün değerleri:  
400 V, 30 kW, verim %92.9  
EFF2 motorün değerleri:  
400 V, 30 kW, verim %91.7  
Yıllık kullanım süresi:  
4800h, Yükleme oranı: % 75  
Elektrik birim fiyatı= 148.482 TL/kWh  
1200 milyon TL fiyatlı EFF1 motorün yıllık tasarrufu:

756 milyon TL  
921 milyon TL fiyatlı EFF2 motorün yıllık tasarrufu:  
530 milyon TL

#### Sonuç

Yüksek verimli asenkron motorlar elektrik enerjisinin tasarrufunda önemli katkılar sağlayabilir. Türk yapımcıların çok başarılı oldukları bu konuda işletmeciler bilinçli davranmalı ve olabildiğince enerji tasarruflu motorlar kullanmayı bir görev saymalıdır.

İlgili kuruluşlar da gerekli yasal düzenlemeleri yapmalı ve tasarruf ilkelerine uyanları teşviklerle desteklemelidir. Bu tür uygulamalara örnek ülke olarak İngiltere verilebilir. Orada Gamak enerji tasarruflu elektrik motorları kullanımları da teşvikten yararlanabilmektedir.

Son olarak tasarruf için sadece motöre değil, tüm tahrik elemanlarına bakmanın gerekli olduğuna işaret edelim. Bunlar arasında kayış kasnak düzenine, dişli kutusuna özellikle dikkat edilmelidir.

Frekans dönüştürücüler yüksek nitelikli olmalıdır. Küçük güçlerde motor üstüne yerleştirilebilen frekans dönüştürücüler ne kablo, ne pano, ne de dolap gerektirir. (Resim 1)



Resim 1.



Latif Tezduyar (Arçelik)

Öncelikle kendimi tanıtmak isterim. Arçelik AR-GE Merkezi'nde motor ve güç elektroniği teknoloji ailesinin sorumluluğunu taşıyorum. Bugün yapacağım sunuşta sizlere özetle, beyaz eşyadaki tahrik sistemleri konusunda, şirkete özel bilgiler dışındaki genel bilgileri ve geleceğe yönelik eğilimleri anlatmaya çalışacağım.

#### Arçelik'in 3 temel şapkası

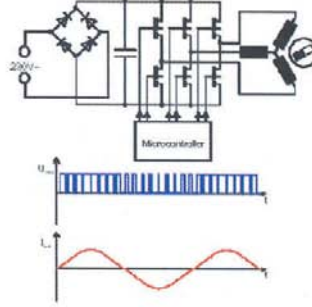
Arçelik'in özetle 3 temel şapkası söz konusu. Arçelik, bildiğiniz gibi öncelikle bir beyaz eşya üreticisi. Aynı zamanda beyaz eşya motoru ve ek olarak üç fazlı asenkron motor veya endüstriyel motor olarak tanımladığımız motorların da üreticisi. Bunların dışında kompresör üreticisi. Kompresörün de iki önemli bileşeninden biri motor, dolayısıyla bu anlamda bir şapkası daha var diyebiliriz.

Motorun günümüz beyaz eşya sektöründe tek başına hiçbir an-

lamı yok. Dolayısıyla motoru bir sistem olarak ele almamız gerekiyor. Sistem temel olarak üç halkadan oluşuyor ve tahrik sistemi olarak adlandırılıyor: 1- Elektrik Motoru, 2- Güç Elektroniği Devresi, 3- Sayısal Kontrol Yapısı.

Bu yüzden beyaz eşyadaki motorun anlamı bizim için tahrik sistemi veya "drive system" denilen yapı.

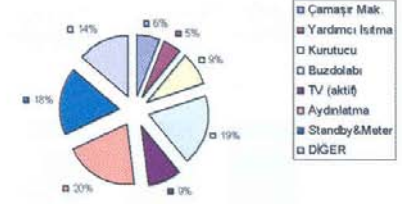
#### Motorda Elektronik Kontrol



Motorda elektronik denetim kısaca, motoru besleyen dalga şeklinin sayısal olarak üretilmesini ve kontrol edilmesini sağlıyor. Bu kontrol iki türlü olabiliyor. Ya besleme işaretlerinin genliği kontrol ediliyor veya sistemde vektörel (yönlü) büyüklükler söz konusu olduğu için, açı ve genlik birlikte denetlenebiliyor.

Motor veya tahrik sistemi, beyaz eşyada birkaç nedenden dolayı önemli. Birincisi, maliyet yani beyaz eşya kullanımında müşterinin ödediği para (edinebilme ve işletme) anlamında. İkincisi, beyaz eşyanın müşteriye bakan yüzünde verim dışında ses ve titreşim olduğu için önemli.

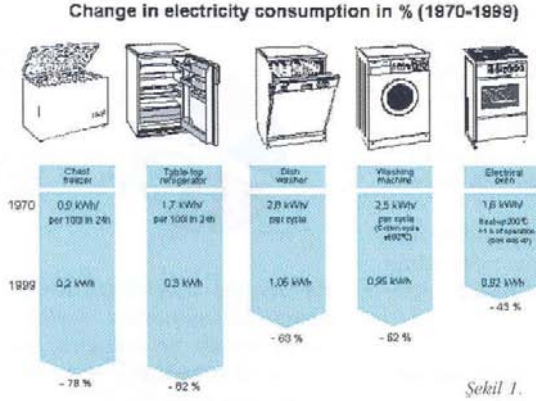
#### Enerji Bölüşümü



Bir Avrupa Topluluğu evinde enerji bölüşümünün özellikle beyaz eşyada ne olduğuna baktığımızda en yüksek iki porsiyonun aydınlatma ve buzdolabına ayrıldığını görüyoruz. Daha sonra beyaz eşya manasında çamaşır makinası geliyor. Müşterinin cebinden çıkan para düşünüldüğünde, buzdolabı gerçekten çok büyük bir oran teşkil ediyor. Bu orana motorun katkısı ise son derece önemli ve etkin.

#### Genel Pazar Eğilimleri

Şekil 1'deki grafik, genel pazar eğilimleri doğrultusunda değişik ürünlerin 1970 yılından 1999 yılına gelene kadar olan değişimlerini gösteriyor. Tablodan net bir şekilde, yıllar bazında çok büyük farklar olduğunu görüyoruz. İlk iki üründe (dondurucu ve buzdolabı) kompresörün harcadığı watt karşılığı olarak motor çok etkili. Bulaşık ve çamaşır makinasında ise soğutucu kadar etkin değil. Bu da çok doğal. Çünkü çamaşır ve bulaşık makinası gibi uygulamalarda 2 kW'lık bir ısıtıcı var. Hemen akla şu geliyor: Bulaşık makinasında 100 Watt'lık bir motorun veya çamaşır makinasında sıkma hızına bağlı olarak watt'ı değişebilecek, 750-800 Watt'lara kadar gidebilecek bir motorun ne önemi var?



Şekil 1.

Önemi çok büyük. Deterjan ve yıkama teknolojisindeki gelişmeler, motoru az önemli olarak gösterdiğiniz şu iki üründe, daha çok mekanik hareketli yıkamayı forse ediyor. Motorun bir yıkama çevriminde harcadığı watt'ın bağlı olarak oranı artıyor. Böylece, beyaz eşya pazar rekabetinde oldukça önemli farklılığa işaret ediyor.

#### Sistemdeki Gelişmeleri Destekleyen Teknolojiler

Bizi verimli yapılara doğru sürükleyen sistemdeki gelişmeleri destekleyen teknolojilere bakalım: Malzemede gelişmeler var. Düşük kayıplı sac malzemeler hızla yaygınlaşıyor. Kilogram başına kayıp Watt'lar düşüyor. Beyaz eşyada mıknatis teknolojisi çok önemli. Ayrıca şu an uzaktan sesleri duyulsa da toz metal teknolojisi endüstriye hızla girebilir. Asenkron motor için bakır enjeksiyonda hızlı gelişmeler söz konusu. Kıyasla, beyaz eşyadaki motorlar anlamında toz metal teknolojisinin önemi oldukça kritik. Tasarım araçlarında gelişmeler var. Bilgisayar destekli

analiz yazılımları da hızla yaygınlaşıyor. Bunlar ticari yazılımlar olarak, kolay ulaşılabılır duruma geliyor. Beyaz eşya motoru için bir başka etken, üretim teknikleri. Verim hesabında milinewton-metreler

ile çalışıyor. Giriş gücü hesabında miliwattlarla çalışılıyor. Dolayısıyla üretim teknikleri çok önemli. Burada üç kritik konunun altını çizmek istiyorum. Gelişen üretim sistemleri yardımıyla elde edilen toleranslar, paketlenme tekniği ve kesme kalitesi, verimde çok önemli etkenler.

Öte yandan elektrikte de hızlı gelişmeler var. Hem boyut olarak küçülüyor, hem maliyet olarak düşüyor, hem de çeviricinin üzerindeki kayıp güç azalıyor. Paketleme bir diğer kritik konu. Sayısal işlemciler gelişiyor. Aynı şekilde DSP'ler ve hızlı mikroişlemciler süratle motor teknolojisindeki yerlerini alıyorlar. Motorlarda kullanılan sensör algılayıcı teknolojileri gelişiyor. Maliyeti, boyutu, teknik anlamdaki kapasitesi hızla artıyor.

Geçmiş senelerde bu konuda yaşanan kritik bir gelişme de şöyle gerçekleşti: Rulman üzerine yerleştirilen encoder!! Eğer vektör kontrolü yapacaksanız, elektroniği de karmaşık hale getirmek istemiyorsanız, arkasında mutlaka bir konum algılayıcı

kullanıyorsunuz. Motorlar, gerçekten kompleks kontrol gerektiren uygulamalar olduğu için bu yaklaşım, çok modüler bir çözüm oluşturuyor. Rulman, hem motorda kendi işlevini görüyor hem de rotor konum geri beslemesi için kullanılıyor. Bunlar gerçekten önemli gelişmeler.

#### Beyaz eşyada tahrik sistemi beklentileri

Beyaz eşyada tahrik sistemi beklentileri ne olmalı? Sistem, beyaz eşyanın müşteriye bakan yüzünde etkin bir bileşen. Burada öncelikle verim çok kritik. Şu anda beyaz eşyanın üzerine basılan CE markasında sadece, EMC ve güvenilirlik gibi kriterler söz konusu iken, gelecek için verim de sorgulanmakta. Anlamı şu; verim de yakında CE markasına girecektir. Dolayısıyla tüm beyaz eşya üreticilerinin bundan haberdar olması gerekiyor. Bu, motor veriminin ne kadar önemli olduğunun ve hızla daha da kritik bir bileşen olacağına habercisi. Verim dışında özellikle çamaşır makinasında hız –moment aralığı çok geniş ve kritik. Güvenilirlik, ömür, maliyet, konfor parametreleri (ses gücü düzeyi ve ses kalitesi) ve şüphesiz tahrik sistemi mantığı altında esneklik, pazarda hakimiyet ve müşteri açısından önemli kriterler.

#### Çamaşır makinası

Çamaşır makinasının motor serüveni bir fazlı asenkron motorla başlıyor. Bir fazlı asenkron motor tabii ki tek başına yeterli değil. Yıkama ve sıkma için bir hareketlendiriciye ihtiyaç var.



Daha sonra çok kutuplu asenkron motor yerini almış. Bir sonraki aşamada SIMODOM (hibrit motor) uygulaması karşımıza çıkıyor. SIMODOM özetle, düşük devirlerde asenkron, sıkma devirlerinde ise seri motor olarak çalışıyor. Daha sonra elektroniğin beyaz eşya sektörüne girmesi ile beraber, basit bir triyak elemanı ile birlikte üniversal motor, sektörde kendine yer bulmuş. Artan kontrol parametreleri ihtiyacı ve verim nedeniyle, seri motorda sırasıyla faz kontrolü ve kıyıcı kontrolüne kadar gelmiş durumda.

Arçelik'in geldiği nokta "Doğrudan Tahrik" yaklaşımı; "Direct Drive". "Direct Drive" aslında fırçasız bir DC motor. Tamamen elektronik kontrollü ve bu uygulamada motoru besleyen elektronik yapıya kısaca evirici demek mümkün. Bu, Arçelik'in kendine seçtiği yol. Bunun yanında endüstride değişik uygulamalar da var. Sonuçta, elektronik denetimli motorlar çamaşır makinasında hızlıca kendilerine yer bulacaklar. Özellikle 1400 rpm ve üstü çamaşır makinalarında elektronik denetimli motor, artan kapasite ihtiyacı ve aynı zamanda verim&yükama tekniğinde olan gelişmelerin zorlanması ile çok yakında çamaşır makinasındaki tek alternatif olarak karşımıza çıkacak.

*Elektronik denetimli motorlardan kasıt şudur: Temel olarak n fazlı evirici içeren asenkron, fırçasız doğru akım, anahtarlamalı relüktans motoru gibi şebeke-den doğrudan çalışmayan ve beslenmesi için mutlaka bir elektronik devreye gereksinim*

*duyan motorlar.*

#### **Bulaşık makinası**

Bulaşık makinasında uygulamaya göre 70 veya 100 Watt civarında bir motor kullanılıyor. Bu tek fazlı asenkron motor. Verim ihtiyacı nedeniyle kapasitör uygulamaları gibi standart yaklaşımlar endüstride yer bulmuş durumda. Buradaki ana beklentimiz de tabii ki verim. Dolayısıyla elektronik kontrollü motorların bulaşık makinasına da yansımaları kısa vadede beklenmesi gereken bir gelişme olarak gözükmemekte.

#### **Soğutucu-Kompresör**

Buzdolabı konusunda ise soğutucu ile beraber kompresörü düşünmek durumundayız.

Soğutucuda Arçelik'in ulaştığı tüketim 137 kWh/yıl. Şu anda pazarda olan A sınıfı dolaba kıyasla % 58 kazanç söz konusu.

#### **(\* EU Energy Plus Yarışmasında Arçelik in ödül aldığı dolap)**

Dolayısıyla soğutucudan sonra kompresöre geçmemiz gerekiyor. Tek hızla çalışan standart kompresörlerimiz var. Hocamızın da söylediği gibi biz de uygulamada kaymayı küçük tutmaya çalışıyoruz. Kompresörün özetle iki bileşeni söz konusu. Bir tanesi mekanik, bir diğeri de elektrik motoru. İkisinin verim çarpımı bir kıyas değer oluşturuyor. Kompresör motorunda verim seviyesi tek fazlı bir uygulama olmasına rağmen, % 60'lardan % 90'lara yaklaşmış durumda. Eğilim ise tabii ki verim nedeniyle değişken hızlı çözümler. Ödül alan dolabımızda kullandığımız kompresör de değişken

kapasiteli veya VCC olarak tanımladığımız değişken hızlı bir yapı.

#### **Sonuçlar**

Sonuçlara baktığımızda sabit hızlı uygulamaların yerini süratle, değişken hızlı veya elektronik denetimli yapılara bıraktığını görüyoruz. Geleneksel güç kaynakları, motoru süren elektronik üzerindeki kayıpların da enazlanması gerekliliği yüzünden, yerlerini yeni yaklaşımlara terk ediyor. Geleneksel uygulamaların yerini anahtarlamalı güç kaynakları (SMPS) veya DC-DC konverter dediğimiz yapılar alıyor. Aktarmalı sistemler ve elektromekanik kontrol cihazları ortadan kalkıyor.

Buna karşılık değişken hızlı tahrik sistemleri, belki de beyaz eşyada süratle yaygınlaşan en önemli bileşen. Japonya örneğini ele alırsak 1996'da, o gün üretilen soğutucuların % 3'ü değişken kapasiteli veya elektronik kontrollü kompresör kullanıyor. 2002'de bu oran % 52'ye çıkmış durumda. 2004'te % 59 olacağını umuyoruz. Yüksek verimli doğrudan tahrikli motorlar, özellikle Uzakdoğu pazarında hızla yaygınlaşıyor.

Kontrol uygulamaları ile motor verimini daha doğru bir ifadeyle sistem verimini daha da artırmak mümkün. Dolayısıyla fuzzy, neuro fuzzy, vektör kontrol sistemleri vb gibi akıllı yaklaşımlar motor denetiminde yaygınlaşıyor. İşlevsel sensörler ve verimli güç kaynakları, hızlıca beyaz eşya sektöründe motor ve motor kontrolüne girecek yaklaşımlar olarak gözüküyor.