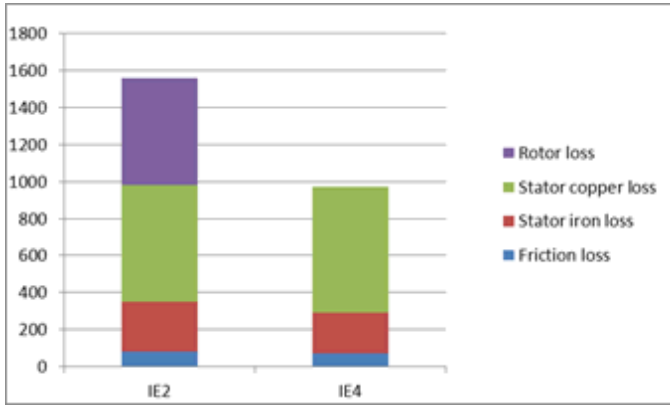


YÜKSEK VERİMLİ MOTORLARDA KAYIPLAR VE SENKRON RELÜKTANS TEKNOLOJİSİ

Alev Deli (alev.deli@tr.abb.com) - ABB Elektrik San. A.Ş.

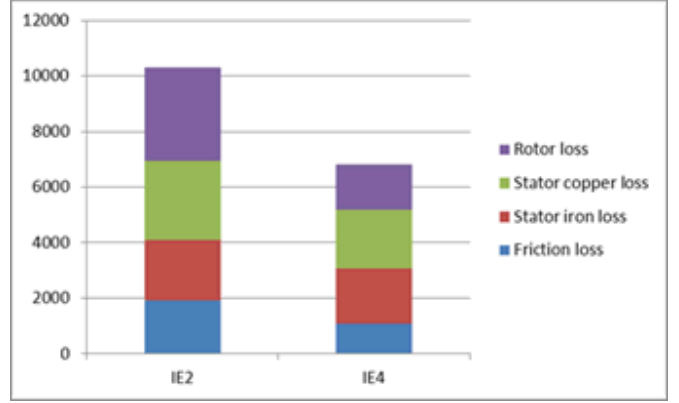
Mevcut teknolojik koşullar ile ulaşılmış en yüksek verim sınıfı şimdilik IE4. IE4 motorlar, enerji kazançlarını en yüksek düzeye çıkarırken karbon salınımını en alt seviyeye indirmek isteyen motor kullanıcıları için en doğru seçim. Yüksek verim seviyelerine ulaşmanın yolu motordaki kayıpların azaltılmasından geçiyor. Peki pratikte bu nasıl sağlanıyor? En basit anlamı ile verim, motorun elektrik enerjisini mekanik enerjiye ne kadar iyi dönüştürdüğü olarak tanımlanabilir. Motor, elektriği mekanik enerjiye dönüştürürken enerjinin bir kısmı ısı olarak kaybolmaktadır. Motor verimini arttırmak için bu kayıpların azaltılması gerekmektedir. Motor kayıpları birkaç farklı şekilde kategorize edilebilir ve bu kayıpların oranları motor büyüklüğüne göre farklılık gösterir.

IE2 (International Efficiency Class 2) verim sınıfı, Avrupa’da ve Avrupa’da kullanılan EUMEPS kurallarını takip eden Türkiye’de hız kontrol cihazı ile birlikte kullanılabilen minimum verim sınıfıdır ve gelecekte minimum verim sınıfının IE4 verim sınıfına yükseltilmesi konusunda ilk adım niteliğindedir.



15 kW IE2 ve IE4 motorlar için kayıplar

(IE2 motor için indüksiyon, IE4 motor için senkron relüktans motorlar baz alınmıştır)



200 kW IE2 ve IE4 indüksiyon motor için kayıplar

Motor veriminin IE2 den IE4 e yükseltilmesi, motordaki kayıpların yaklaşık %40 oranında azaltılması anlamına gelmektedir. Yukarıdaki tablolardan IE2 motor yerine IE4 motor kullanılması durumunda ne kadar kazanç sağlanabileceği görülmektedir.

IE4 motorların yatırım maliyetlerinin fazla olmasına rağmen, motorun amortisman süresi belirgin şekilde kısadır (çoğunlukla 1 veya 2 yıl) Özellikle motorun sürekli olarak çalıştığı fan, pompa gibi uygulamalar da geri dönüşüm sürelerinin oldukça kısa olduğu görülebilir. Motor kendini amorti ettikten sonra daha az enerji harcaması nedeni ile yatırımcıya kazanç sağlamaya devam edecektir. Motorun daha az enerji harcaması CO₂ emisyonunun azalmasını da sağlamaktadır.

Mil gücü	Verim Sınıfı	Verim %	Güç kW	Kayıp kW	Yıllık İşletme Maliyeti (€)*	Yıllık CO ₂ emisyonu (ton)*
15 kW	IE2	90.6	16.56	1.56	10596	66
	IE4	93.9	15.97	0.97	10224	64
		IE4 ile kazanç		0.58	372	2
200 kW	IE2	95.1	210.30	10.30	134595	841
	IE4	96.7	206.83	6.83	132368	827
		IE4 ile kazanç		3.48	2227	14

*Motorun yıllık 8000 saat çalıştığı ve elektrik birim maliyetininin 0.08 Euro / kWh olduğu kabul edilmiştir. kWh başına 500 gram CO₂ emisyonu baz alınmıştır.

Kayıpları azaltma metodları

Motor kayıplarını azaltmak için farklı birçok metod mevcuttur fakat doğru metodu bulmak her zaman çok kolay olmamaktadır. İyi bir kalkış ve çalışma performansına sahip, güvenilir bir motor dizayn etmek maliyet, ağırlık, ısı artışı, vibrasyon ve gürültü seviyesi gibi çok önemli faktörler arasındaki hassas dengeyi bulmak açısından zaman zaman zor olabilmektedir.

Stator bakır kayıpları stator sargılarındaki toplam bakır iletken kesitlerinin artırılması yoluyla azaltılabilir. Fakat, bu konuda bazı limitleyici faktörler mevcuttur ; bakır fiyatlarının oldukça yüksek olması, bakır kesitlerinin artırılması durumunda motor boyutlarının büyümesi ve buna bağlı olarak motor ağırlığının artması, stator sargılarının büyümesi durumunda rotora daha az yer kalması bu faktörlerden en önemli olanlarıdır. Rotorun daha küçük olması durumunda, aynı torku verebilmesi için rotora daha fazla elektriksel yük binecektir ki bu da rotor kayıplarının artması anlamına gelmektedir. Sargı direncini düşürerek stator kayıplarını azaltacak özel stator sargı dizaynları mevcuttur. Bu yöntemdeki dezavantaj ise kompleks sargı dizaynlarının makine ile seri imalat yapılamaması bunun yerine manuel olarak yapılması gerekliliğidir. Manuel olarak yapılan bu işlem hem işçilik hem de üretim süreleri bakımından oldukça pahalıya mal olmakta, bu durum da motor maliyetini arttırmaktadır.

Stator demir kayıpları laminasyonda kullanılan çelik için daha az kayıplı, daha kaliteli bir çeliğin kullanılması yoluyla azaltılabilir. Ancak farklı malzemelerin kullanılması motorun manyetik karakteristiğini bozacağı için bütün malzemelerin yeni karakteristiğe uygun optimizasyonu gerekecektir.

Sürtünme kayıpları rulmanlar ve soğutma fanında meydana gelmektedir. Rulmanlarda meydana gelen kayıplar temassız veya labirent keçeler kullanılarak azaltılabilir. Motor fanı nedeni ile meydana gelen kayıplar rulmanlarda meydana gelen kayıplara göre oldukça yüksektir (100 kW motor için 1.5 kW civarındadır) Bu kayıplar en basit yöntem olan fanın ayrıca enerjilendirilmesi yoluyla azaltılabilir. Motor fanları genellikle çift yönlü dönebilecek şekilde üretilmektedir fakat dönüş yönünün bilindiği durumlarda açılı kanat veya aksiyal fan kullanılarak kayıpların optimizasyonu mümkün olabilir. Kayıpların azalması durumunda motor daha az ısınacak ve böylece daha küçük bir fana ihtiyaç duyulacaktır. Daha küçük bir fan daha az sürtünme kaybı anlamına gelmektedir.

Rotor kayıpları motordaki toplam kayıplar içinde önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle küçük gövde yapısına sahip motorlarda rotor kayıpları daha büyüktür. Bu kayıplar rotor yapısı değiştirilerek belirgin bir şekilde iyileştirilebilir. Ancak bu yöntemle yapılacak iyileştirmeler (özellikle büyük güçlü motorlarda) sınırlıdır. İndüksiyon motorlarda bu yöntemle yapılabilecek rotor kaybı iyileştirmeleri sınırlı olduğundan kayıpların azaltılması için diğer yöntemler üzerinde daha fazla durulmaktadır. Motorun toplam kaybı dikkate alındığında rotor kayıpları kullanılarak bir iyileştirme yapılmak isteniyorsa, en belirgin etkiye rotor kayıplarının tamamen ortadan kaldırılması yöntemi ile ulaşılabilecektir. Bu da bizi tamamen farklı bir motor teknolojisine yönlendirmektedir.

Senkron Relüktans Teknolojisi

İndüksiyon motorlarda -özellikle küçük güçlerde- kayıpların azaltılması yoluyla IE4 verim değerlerine ulaşmak mümkün değildir. Bu değerlere ulaşabilmek için rotor kayıplarının tamamen ortadan kaldırılması gerekmektedir. Rotor kayıplarının ortadan kaldırılabilmesi için senkron relüktans veya sabit mıknatıs teknolojisinin kullanılması gerekmektedir. İki teknoloji birlikte değerlendirildiği zaman Senkron relüktans teknolojisinin sabit mıknatıs teknolojisine göre avantajları daha fazladır ve bu nedenle ABB küçük IE4 verim sınıfı motorlar için senkron relüktans teknolojisi üzerinde yoğunlaşmaya karar vermiştir

Senkron Relüktans motorların sabit mıknatıslı motorlara göre avantajları

- Maliyet :Sabit mıknatıslı motorlarda kullanılan manyetik malzemelerin oldukça pahalı olması.
- Basit yapı: Sabit mıknatıslı motorların rotorlarını üretmek karışık ve uzun zaman alan bir işlemdir. (Çok sayıda küçük manyetik parça olabilir ve bu küçük parçaların montajını doğru bir şekilde yapmak zor olabilir)
- Servis kolaylığı : Motora enerji verilmediği zaman stator ile rotor arasında manyetik bir kuvvet olmadığı için Senkron Relüktans motorlar için servis hizmeti daha kolaydır.

Senkron relüktans rotorlarında sargı bulunmaz ve rotorlar elektrik akımı ile manyetize edilmez, dolayısıyla rotorda bakır kaybı bulunmaz. Bu durum özellikle küçük güçlü motorlarda (15 kW ve civarı) ortadan kaldırılması oldukça güç olan rotor kayıplarını elimine ederek IE4 verim sınıfı değerlerinde motor üretilebilmesine olanak sağlar.

Senkron relüktans motorlar şimdilik sadece uygulamaya yönelik özel bir yazılım yüklenmiş ABB sürücüleri ile kullanılabilir. ABB nin bu motorları DOL (doğrudan yol verme) yöntemi ile kullanılmasına yönelik çalışmaları devam etmektedir.

ABB IE4 motor güç aralığı				
	Güç aralığı	Yapı büyüklüğü	Voltaj	Hız
İndüksiyon	75 - 375 kW	280 - 355	400 V 50 Hz, 440/460 V 60 Hz	2, 4, 6 kutup
Senkron Relüktans	11 - 315	160 - 315	400 V	1000 - 3000 rpm

Motor kullanıcıları için gelişmiş çözüm

ABB indüksiyon ve senkron relüktans alternatifli IE4 verimli motorlar önerebilmektedir.

Hangi motorun seçileceğine bazı faktörler değerlendirilerek karar verilebilir ; Motor büyüklüğü, uygulamada hız kontrolü var mı v.b.

Senkron relüktans motor aynı güçteki indüksiyon IE4 motora göre daha küçük yapıdadır ve hız kontrolü bulunan uygulamalar için, daima uygun bir sürücü ile paket halinde tedarik edildiğinden, genellikle ilk tercih olmaktadır. Pompa, fan gibi uygulamalarda kullanılan senkron relüktans motorlar belirgin ölçülerde enerji tasarrufuna olanak vermektedir.

IE4 motorların yatırım maliyetlerinin fazla olmasına rağmen, motorun amortisman süresi belirgin şekilde kısadır. Özellikle motorun sürekli olarak çalıştığı fan, pompa gibi uygulamalar da geri dönüşüm sürelerinin oldukça kısa olduğu görülebilir. Motor kendini amorti ettikten sonra daha az enerji harcaması nedeni ile yatırımcıya kazanç sağlamaya devam edecektir. Motorun daha az enerji harcaması CO₂ emisyonunun azalmasını sağlar. Ayrıca yüksek verim motorun daha soğuk çalışmasını sağlayarak motor ömrünü uzatır. Motorun soğuk çalışması motorun daha az arıza yapmasını sağlar ve planda olmayan ani duruşları engelleyerek bu duruşlar nedeni ile yaşanacak maddi kayıpları engeller. Güvenilirlik ve yüksek verim birlikte sahip olma maliyetini optimize eder.