

TRANSFORMATÖRLERDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE ÇEVRESEL ETKİSİ, İYİLEŞTİRME BOYUTLARI

Murat ZAĞLI

ELTAŞ Transformatör Sanayi ve Ticaret A.Ş.
A.O.S.B 10046 Sokak No:4 Çiğli / İZMİR
murat.zagli@eltas.com.tr

ÖZET

Günden güne gelişen teknoloji, insana ihtiyaçlarını daha kolay olarak sağlama imkanını sağlamaktadır. İhtiyaçların giderilmesinde kullanılan araçların sayısı ve çeşitliliği gün geçtikçe artmakta ve buna bağlı olarak araçların bizzat kendilerinin kullandığı enerjiye veya araçların hizmete sunulmasının sağlamak amacıyla kullanılacak enerjiye duyulan ihtiyacı da arttırmaktadır. Bu durumun bir sonucu olarak enerjinin üretilmesinde ortaya çıkan ısı ve sera gazları küresel ısınmaya, iklim değişikliklerine ve ekolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Bu ekosistemin bir parçası olarak insanlık da bozulmanın etkilerini hissetmeye başlamış ve konuyla ilgili çözüm arayışları insanlık gündeminde yer etmeye başlamıştır. Bu çözümler, genel olarak enerjinin daha verimli kullanılması ile enerji üretimine duyulan ihtiyacı azaltmak ve böylece ortaya çıkan ısı ve CO₂ emisyonunu azaltmak üzerine kurgulanmaktadır.

GİRİŞ

Günden güne, küresel ısınma ve iklim değişimi etkilerinin artması nedeniyle, yaşamın her alanında gerçekleştirilen faaliyetlerde çevreye duyarlı çalışmalara ve uygulamalara ihtiyaç duyulması yaygınlaşmaya başlamıştır.

Çevreye duyarlı uygulamalara ihtiyaç duyulan en önemli sektörlerden biride enerji sektörüdür. Enerji bireysel ve toplumsal olarak insan ihtiyaçlarının karşılamak için kullanılan başlıca öğelerden biridir. Enerjinin üretilmesi, iletimi, dağıtımı ve kullanılması sırasında kayıplar nedeniyle ortaya çıkan ısı ve ayrıca yine enerjinin üretimi sırasında yaygın olarak kullanılan fosil yakıtlar nedeniyle ortaya çıkan sera gazlarının da çevresel etkileri göz ardı edilemeyecek kadar büyüktür. Türkiye İstatistik Kurumunu 2010 yılında yayınladığı raporunda 1990 yılından 2008 yılına kadar Türkiye'deki sera gazı emisyonu %96 oranında arttığını ve CO₂ eşdeğeri olarak 366.5 milyon tona ulaştığını açıklamıştır. Enerji sektörünün bu değerdeki payı 277,71 milyon tondur. Yukarıdaki rakamlar, çevresel etkiler düşünüldüğünde

enerjinin daha verimli bir şekilde kullanılmasını sağlayacak enerji politikalarının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Avrupa Birliği, 2020 yılı için enerji politikası hedefleri olarak 20-20-20 formülünü benimsemiştir. Bu hedeflere göre 2020 yılına kadar enerji kayıpları %20 azaltılacak, CO₂ emisyonu %20 azaltılacak ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı %20 arttırılacaktır.

Benzer şekilde, diğer ülkelerde de, çevresel iyileştirme amaçlı, enerji politikaları ve çevre yönetim planları hazırlanmakta ve uygulamaya sokulmaktadır.

Enerjinin verimli kullanılması, enerjinin kullanılacağı yere verimli bir şekilde ulaştırılması ile başlar. Bu noktada enerjinin kullanım noktasına ulaştırılmasındaki en önemli argüman olan elektrik iletim ve dağıtım şebekesinin verimliliği ön plana çıkar.

TRANSFORMATÖRLERİN ELEKTRİK ŞEBEKE KAYIPLARI ÜZERİNE ETKİLERİ

Elektrik enerji şebekesinde verim, enerji santrali ile son kullanıcı arasında kaybedilen enerjinin azaltılması ile

mümkündür. Elektrik şebekesinde kayıplar yükten bağımsız kayıplar ve yüke bağlı kayıplar olarak iki gruba ayrılır.

Transformatörlerin boşa kayıpları elektrik şebekesinin yükten bağımsız kayıplarını; yine transformatörlerin yükte kayıpları elektrik şebekesinin yüke bağlı kayıplarının büyüklüğünü belirleyen önemli faktörlerdendir.

Bu nedenledir ki, elektrik enerji şebeke kayıplarının iyileştirmesi ile enerjinin verimli kullanılması yoluna gidildiğinde, düşük kayıplı transformatörlerin önemi bir kez daha ortaya çıkar.

Daha önce bahsedildiği üzere transformatörlerin boşa ve yükte olmak üzere iki tip kaybı mevcuttur.

Transformatörlerin boşa kayıpları

1. Nüve saclarındaki histeresiz kayıpları
2. Nüve saclarındaki Eddy akımlarının neden olduğu kayıplar
3. Boşa çalışma akımının neden olduğu $I^2 R$ kayıpları
4. Klemp, civata ve diğer parçaların üzerinde oluşan Eddy akımı kayıplarından
5. Dielektrik kayıplardan oluşur

Nüvede oluşan histeresiz ve Eddy Akım kayıpların toplamı boşa kayıpların %99 unu karşılar. Transformatörün boşa kayıpları transformatör enerjilendirilmiş olduğu müddetçe süreklilik gösterir.

Transformatörlerin yükte kayıpları ise transformatör sargılarından geçen akımın oluşturduğu $I^2 R$ kayıplarıdır ve ısı olarak ortaya çıkarlar. Ancak sargılardan geçecek olan akım transformatörün yüklenme oranının bağlıdır. Bu nedenle transformatörün yükte kayıpları değişkendir.

Bu nedenledir ki transformatörün yükte kayıpları beyan edilirken %100 yüklemdeki kayıpları beyan edilir.

Transformatörün verimi

$$n = \frac{L.S_n \cdot \cos \phi}{L.S_n \cdot \cos \phi + NLL + LL.L^2} \quad (1)$$

ifadesi ile hesaplanır. Burada S_n transformatörün anma gücü, $\cos \phi$ güç faktörü, NLL boşa kayıp, LL yükte kayıp ve L birime indirgenmiş yük değeridir.

Yukarıdaki ifadeden görüldüğü üzere kayıplarının azalması transformatörün verimini dolayısı ile de elektrik şebekesinin verimini arttırmaktadır.

TRANSFORMATÖRLERİN CO₂ EMİSYONU ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Tedaş'ın 2008 istatistiklerinde Türkiye'deki transformatör sayısı 323.426 adet ve toplam transformatör gücü 106.480 MVA olarak açıklanmıştır. Böyle bir güç söz konusu olduğunda en küçük iyileştirmenin bile CO₂ emisyonun azaltılmasında faydası olacağı bir gerçektir.

Bu noktada transformatör kayıplarını azaltmanın CO₂ emisyonu üzerinde nasıl bir fayda sağlayacağını bir örnek ile açıklamak uygun olacaktır.

Örnek olarak Tedaş tarafından kabul edilen kayıplarda ve EN 50464-1 kayıp kategorisi C₀B_k'ya uygun 1000kVA gücünde iki transformatörün neden olduğu CO₂ emisyonlarını karşılaştıralım.

Tedaş kayıplı 1000kVA transformatör için NLL=2000W, LL=10500W

EN 50464-1 kategori C₀B_k kayıplı 1000kVA transformatör için NLL=1100W, LL=9000W

Yükleme faktörü %50

Elektrik üreticileri emisyon katsayısı 0,444kg-CO₂ /kWh

Tedaş kayıplı transformatörün neden olduğu CO₂ emisyonu

$$\frac{2000 + 10500 \cdot 0,5^2}{1000} \times 365 \times 24 \times \frac{0,444}{1000} = 18 \text{ ton/yıl}$$

EN 50464-1 kategori C₀B_k kayıplı neden olduğu CO₂ emisyonu

$$\frac{1100 + 9000 \cdot 0,5^2}{1000} \times 365 \times 24 \times \frac{0,444}{1000} = 13 \text{ ton/yıl}$$

EN 50464-1 kategori C₀B_k kayıplı transformatörün kullanılması halinde CO₂ emisyonundaki azalma 18 – 13 = 5 ton/yıl olacaktır.

Güç faktörü $\cos \phi = 0,8$ olması durumu için (1) ifadesi ile her iki transformatörün hesaplanmış verimleri aşağıdadır.

Tedaş kayıplı 1000kVA transformatörün verimi = %98,86

EN 50464-1 kategori C₀B_k kayıplı transformatörün verimi = %99,17

Yapılan hesaplamalar göstermektedir ki 1000kVA bir transformatör verimindeki %0,31 lik bir artış CO₂ emisyonunda 5 ton/yıl azalma sağlamaktadır.

TRANSFORMATÖRLERİN KAYIPLARININ AZALTILMASI İÇİN KULLANILAN YÖNTEMLER

Transformatör kayıplarının boşa ve yükte kayıplar olarak ikiye ayrılmaktadır.

Boşa kayıpların azaltılması için nüve bacak kesitini arttırarak, manyetik akı yoğunluğunu azaltmak ve buna bağlı olarak transformatörün boşa kayıplarını azaltmak yöntemlerden biridir.

Ancak bu yöntem transformatörün imali için gerekli sac, iletken, yağ miktarını, bunlar ile beraber de transformatörün üretim maliyetini önemli ölçüde arttırmaktadır.

Trafonun imalatı sırasında kullanılacak malzeme miktarını kayıpları arttırmadan sınırlayacak en önemli yöntem nüvede kullanılan materyalin manyetik akı yoğunluğunu düşürmeyi gerektirmeyecek, düşük kayıplı malzemeden seçilmesidir.

Transformatörlerin üretilmeye başlamasından bu yana nüve materyali özelliklerinde önemli gelişmeler olmuştur.

Nüve materyallerinin yıllara göre gelişimi Tablo.1'de verilmiştir.

Son yıllarda özellikle yüksek indüksiyonlu sacların üretilmesi ile büyük güçlü transformatörlerde dahil olmak üzere, boşa kaybı düşük transformatörlerin üretimi daha düşük maliyetli ve daha kolay üretimini mümkün kılınmıştır.

Yüksek indüksiyonlu sacların yanında kristal yapıya sahip olmayan amorf metal malzemelerde düşük kayıplı transformatör üretiminde kullanılmaktadır. Amorf metal Demir-Bor-Silikon malzemenin eritildikten sonra çok hızlı bir biçimde soğutulmuş katı hale geçirilmesi ile elde edilir. Amorf malzeme kalınlığı 0.025mm civarındadır ve folyo şeklinde üretilmektedir. Bu ince yapı sayesinde yüksek dirence sahiptir ve yine bu nedenle amorf nüvelerde Eddy kayıpları son derece düşüktür. Bunun yanı sıra histeresiz bandının dar oluşu, histeresiz kayıplarının da düşük olmasını sağlamaktadır. Amorf nüveli transformatörlerin boşa kayıpları geleneksel yığma nüveli transformatörlerin boşa kayıplarına göre yaklaşık %74 daha düşüktür. Bütün bunlara karşın amorf metalin doyma noktasının düşük olması, malzeme olarak çok ince olması nedeniyle imalatta kullanılmasının zorluğu ve maliyetinin yüksekliği nedeniyle sadece dağıtım transformatörlerinin üretiminde yangınlaşa bilmiştir.

Yükte kayıpların azaltılması için ise sargı iletken kesitlerini daha yüksek seçmek yolu ile transformatör dizayn etmek en yaygın yöntemdir. Kesitin yüksek seçilmesi ile sargı direnci düşürülmekte böylece transformatörün yükte kayıpları azaltılmaktadır.

Bu yöntemin dışında, sargı materyali olarak süper iletken kullanmak yükte kayıpların azaltılmasında bir diğer yöntemdir. Farklı firmalar tarafından farklı güç ve gerilim seviyelerinde prototipler üretilmiştir. Bu uygulamalarda Bi-2212 ve Bi-2223 süper iletken malzemeler kullanılmıştır. Süper iletken malzemenin pahalı oluşu, oturmuş bir teknoloji olmaması, ayrıca süper iletken malzemeden üretilen transformatörlerin,

YIL	NÜVE MATERYALİ	KALINLIK (mm)	EPSTEIN DEĞERİ (W/kg at 50Hz)	TİP
1895	Demir tel		6 (1.0T)	
1910	Sıcak haddelenmiş FeSi	0.35	2 (1.5T)	
1950	Soğuk haddelenmiş CGO	0.35	1 (1.5T)	M6x
1960	Soğuk haddelenmiş CGO	0.3	0.9 (1.5T)	M5x
1965	Soğuk haddelenmiş CGO	0.27	0.84 (1.5T)	M4x
1970	Soğuk haddelenmiş HiB	0.3	0.8 (1.5T)	M0H
1975	Amorf metal	0.03	0.2 (1.3T)	
1980	Soğuk haddelenmiş CGO	0.23	0.75 (1.5T)	M3x
	Soğuk haddelenmiş HiB	0.23	0.70 (1.5T)	M0H
1983	Lazerle işlenmiş HiB	0.23	0.6 (1.5T)	ZDKH
1985	Soğuk haddelenmiş CGO	0.18	0.67 (1.5T)	M2x
1987	Plazma ile işlenmiş HiB	0.23	0.6 (1.5T)	Plazma PJ
1991	Kimyasal olarak aşındırılmış HiB	0.23	0.6 (1.5T)	PDR

Tablo.1. Nüve materyallerinin yıllara göre gelişimi

bakır ve alüminyum malzemeden üretilen transformatörlere göre kısa devre akımlarına dayanımının daha düşük olması nedeniyle süper iletken malzemeli transformatörlerin seri üretimi gerçekleştirilmemektedir.

SONUÇ

Transformatörlerin kayıplarının azaltılması ve böylece transformatörlerin veriminin yükseltilmesi, dolayısı ile de elektrik şebekesinin veriminin artması, üretilmesi gereken enerji ihtiyacını sınırlamaktadır. Böylece çevreye yayılan ısı miktarında ve sera gazı emisyonunda iyileştirme sağlamak mümkündür.

Ancak, transformatör kayıplarını düşürmek için kullanılan yöntemler, kısa vadede

yatırım maliyetini arttırıcı, uzun vadede ise çevresel olumsuz etkileri ve ayrıca işletme maliyetlerini azaltıcı bir etki gösterir.

KAYNAKLAR

1. Georkilakis,P.S. Environmental cost of distribution transformer losses,Applied Energy, 2010, Elsevier. P.3146-3155
2. Dasgupta,I., Power Transformers Quality Assurance, 2009, New Age International Publishers.
3. Power Applications of Super conductivity in Japan and Germany, WTEC,1997
4. Çakır,H.,Elektrik Şebeke Kayıpları, 1986
5. Ulusal Sera Gazı Envanteri, 2010,Türkiye İstatistik Kurumu
6. Türkiye Elektrik Dağıtım ve Tüketim İstatistikleri, 2008, TEDAŞ