

05 - 06 Kasım 2025
Ankara

Transformatör standartları ve Alçak gerilim Seviyelerinin Elektriksel ve Ekonomik Etkisi

Kamran Dawood, Samet Kılıç, Semih Tursun

0149



Özet

- IEC ve Tier 2 (EU548) standartlarına göre tasarlanmış 4 adet 4000 kVA yağlı dağıtım transformatörü deneysel sonuçlara dayanarak incelenmiştir.
- Çalışmada 4 adet 4000 kVA yağlı transformatör değerlendirilmiştir:
- ☐ Yüksek gerilim: 33 kV
- ☐ Alçak gerilim: 800 V veya 400 V
- ☐ Tasarımlar IEC ve Tier 2 (EU548) standartlarına göre yapılmıştır.
- Karşılaştırmalı analizde boşa ve yük kayıpları, kaçak empedans, sipir sayısı ve üretim maliyeti değerlendirilmiştir.
- Tier 2 tasarımlar: daha düşük kayıplar, fakat %10–26 daha yüksek maliyet.
- IEC tasarımlar: daha yüksek kayıplar, ancak daha düşük üretim maliyeti.
- 400 V alçak gerilim: akımı, iletken boyutunu, kayıpları ve maliyeti artırır.

Bulgular

- Tablo 1'de özetlendiği gibi dört tasarım durumu incelenmiştir. Çekirdek malzemesi (H0), sargı malzemesi (alüminyum) ve bağlantı tipi (Dyn11), standartların ve alçak gerilim değerinin elektriksel performans ve maliyet üzerindeki etkisini izole etmek için sabit tutulmuştur.

Tablo 1. Transformatör Tasarım Parametreleri.

Durum	1	2	3	4
Güç (kVA)	4000			
Yüksek Gerilim (V)	33000		33000	
Alçak Gerilim (V)	800		400	
AG sipir sayısı	17	18	9	9
YG sipir sayısı	1214	1286	1286	1286
Standart	IEC	TIER 2	IEC	TIER 2

- Tablo 2, boşa kayıplar, yük kayıpları, kaçak empedansı ve maliyet karşılaştırmasını göstermektedir.

Tablo 2. Kayıplar ve Maliyet Karşılaştırması

Durum	Boşa Kayıplar	Yük Kayıpları	Kaçak Empedansı	Maliyet
1	2789 W	36269 W	6.56%	K
2	2496 W	34838 W	6.13%	1.10 K
3	2892 W	37852 W	6.09%	1.11 K
4	2458 W	34870 W	6.07%	1.26 K

*K, Durum 1 transformatörünün maliyetini temsil etmektedir.

Tartışma

- Boşa kayıplar: Durum 2 ve 4, Durum 1 ve 3'e göre daha düşük değer göstermektedir.
- Yük kayıpları: En düşük yük kaybı Durum 2'de (34.838 W), en yüksek Durum 3'te (37.852 W) gözlenmiştir. Tier 2 tasarımlar, genel olarak kayıpları minimize etme eğilimindedir.
- Maliyet: Durum 1 en düşük maliyetli tasarım iken, Durum 4 en yüksek maliyetlidir (1,26 K). Tier 2 standartları, kayıpları düşürse de üretim maliyetini artırmaktadır.



Şekil 1. 800 V alçak gerilimli IEC transformatörü.

Sonuç

- Tier 2 tasarımları, IEC tasarımlarına kıyasla boşa kayıpları sürekli olarak azaltır ve 800 V için %11, 400 V için ise %15 oranında azalma sağlar. Bu, transformatör verimliliğini artırmada daha sıkı düzenleyici sınırların etkinliğini vurgular.
- Tier 2 tasarımlarında yük kayıpları da azalır, ancak bu etki boşa kayıplara göre daha azdır ve 800 V için %4, 400 V için ise %8 oranında azalma sağlar. Bu azalma, daha sıkı kayıp sınırlarını karşılamak için gereken optimize edilmiş iletken boyutlandırmasına atfedilir.
- 1. Durum atıfta bulunulan maliyet analizi, Tier 2 uyumluluğunun, daha büyük iletken gereksinimleri ve ek çekirdek malzemesi nedeniyle üretim maliyetlerini artırdığını göstermektedir. En pahalı tasarım olan Durum 4, IEC taban değerinden %26 daha yüksektir ve bu da daha sıkı standartların daha düşük Alçak gerilime birleştirilmesinin önemli ekonomik etkisini göstermektedir.
- IEC tasarımları, kayıplar için daha yüksek toleranslara izin vererek daha yüksek boşa ve yükte kayıplara ve daha düşük üretim maliyetlerine yol açarken, Tier 2 tasarımları malzeme ve üretim maliyetlerinden ödün vererek verimliliği ön planda tutar.