

## AMORF METALLİ DAĞITIM TRANSFORMATÖRÜ İLE SİLİSLİ SACLI DAĞITIM TRANSFORMATÖRÜNÜN KARŞILAŞTIRILMASI

Mehmet Uğur ÖZGİRGİN, Zafer DEMİR

**Özet** - Elektrik enerjisi, diğer enerji türlerine dönüştürülebilir ve uzak mesafelere taşınabilmesindeki kolaylığı nedeniyle günümüzün vazgeçilmez enerji türlerindedir. Dağıtım transformatörleri aracılığıyla, yüksek gerilimle iletilen elektrik enerjisi düşük gerilimlere dönüştürülerek sanayi, ticari ve mesken bölgelerinde kullanılır. Bu çalışmada geleneksel olarak silisli sac kullanımı yerine, çok düşük kayıplı amorf metalin kullanılmasıyla transformatörlerin yüksüz kayıpları azaltılabileceği ve enerji tasarrufu sağlanabileceği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler** - Dağıtım transformatörleri, silisli sac, amorf metal

**Abstract** - Electrical energy is inevitable energy type because it can be transformed into other of types of energy and transmitted to long distances. Electrical energy is transmitted at high voltage and transformed into low voltage with distribution transformers to be used in industry, commercial and residential areas. In this study, Energy losses of distribution transformers at no load can be decreased and energy saving can be obtained by use amorphous metal instead of silicon steel.

**Key words** - Distribution transformers, silicon steel, amorphous metal

### I.GİRİŞ

Elektrik enerjisinin üretildiği ve tüketildiği yerler arasında uzun mesafeler olabilmektedir. Santrallarda elektrik üretimi için kullanılan senkron jeneratörler 10 kV ile 30 kV faz arası bir gerilim üretebilmektedirler. Bu nedenle üretilen elektrik enerjisinin, hatlardaki yüksek güç kaybı ve gerilim kaybı nedeniyle, doğrudan uzak mesafelere gönderilmesi olanaksızdır. Bu nedenle, jeneratörde elde edilen elektrik enerjisinin geriliminin düşürülerek tüketime sunulması gerekir. Bu

iletimde elektrik enerjisi kayıplarının minimum seviyede olması istenmektedir. Dağıtım transformatörlerinde oluşan kayıplar yüksüz kayıplar her zaman yükten bağımsız olarak transformatörün nüvesinde meydana gelmektedir. Yüklü kayıplar ise transformatör yüklendiğinde transformatör sargısında oluşmaktadır ve yük akımının karesiyle değişmektedir. Yüksüz kayıplar transformatörün nüvesinde 24 saat 365 gün meydana gelmektedir. Yüksüz kayıplar sabittir ve transformatörün sekonderi açık devre edilerek ölçülür. Yüksüz Kayıpların %99'u histerezis ve girdap akım kayıplarından kaynaklanmaktadır. Diğer kayıplar I<sup>2</sup>R kayıplarının küçük olmasından dolayı yüksüz kayıplarının yaklaşık %1'ini oluşturmaktadır.

Histerezis kayıpları alternatif manyetik alan tarafından mıknatıslanma ve mıknatıslanmadan dolayı moleküllerin direnmeleri nedeniyle oluşan nüve tabaklarındaki kayıplardır. Moleküllerin bu direnimi sürtünmeye dolayısıyla sıcaklığın oluşmasına neden olur. Bu sürtünme ve ısı histerezis kayıpları şeklinde tanımlanır.

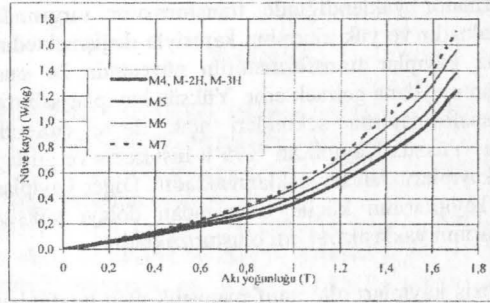
Histerezis kayıplarını azaltmak için demirin çeşidi veya miktarının değiştirilmesi gerekir. Silisli sac nüvelerde moleküllerin direncinin azalmasıyla tekrar mıknatıslanma sağlanmakta böylece histerezis kayıplarının miktarı azalmaktadır. Histerezis kayıpları silisli saclı transformatörlerde yüksüz kayıplarının %50 ile %80'ini meydana getirir. Amorf metalli nüvelerin atomik molekülleri silisli saclardaki gibi düzenli olamamalarından dolayı histerezis kayıpları büyük miktarda azalmaktadır.

### II.TRANFORMATÖR NÜVESİNDE SİLİSLİ SAC KULLANIMI

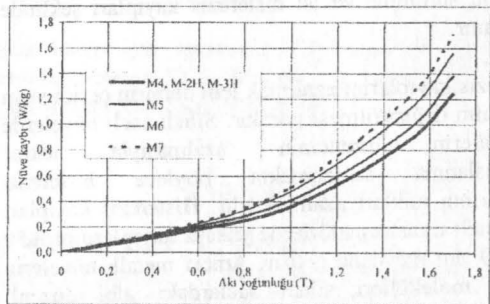
Nüvelerde kullanılan alaşımların başında gelmektedir. Silisli sac ana malzemesi demir olan ve yaklaşık %1 ile %4 arasında silis demire eklenmesinden meydana gelmektedirler. Bu ekleme elektriksel direnci arttırmaktadır ve girdap akım kayıplarını düşürmektedir. Hatta zamanla karakteristiğinin değişmesini önleyerek malzemenin sağlamlığını

arttırmaktadır. Silisli sac yüksek doyum noktasına , yüksek akı yoğunluğunda yüksek permeabiliteye ve düşük kayıplara sahiptir. Bu grubun en önemli üyesi kristallerin yönlendirilmiş malzeme, metal bileşiminde küp şeklindeki olan kristallerin kenarları boyunca mıknatıslanmasından dolayı önemli üstünlüğe sahiptir. Küplerin kenarları boyunca aynı yönlü davranan malzeme olmasından dolayı tek yönde kolayca mıknatıslandığından çok iyi manyetik geçirgenliğe, düşük kayıplara ve yüksek doyum noktasına sahiptir.

Transformator endüstrisinde kullanılan silisli sacların artan kalınlık sırasına göre M2, M3, M4, M5, M6 ve M7 olmak üzere altı ana çeşidi vardır. Farklılıklar kimyasal bileşimler ve nüvenin yapısında kullanılan tabaka haline getirme tekniklerinden meydana gelmektedir. M2 ve M3 gibi yüksek verimli nüve sacları kullanılarak yüksek verimli silisli saclı dağıtım transformatorlerinin yapılması sağlanmıştır.



Şekil 1. 0.35 mm kalınlığında soğuk haddelenmiş silisli sacın 50 Hz 'deki nüve kaybının akı yoğunluğu ile değişimi



Şekil 2. Kristalleri yönlendirilmiş silisli sacların nüve kaybının akı yoğunluğu ile değişimi

### III. TRANSFORMATÖR NÜVESİNDE AMORF METALİ KULLANIMI

Amorf metali mükemmel ve özellikle cam benzeri kristal olmayan yapısından dolayı silisli saclara oranla kayıpları çok düşüktür. Amorf metaller demir ve kobalt bileşimli olmak üzere iki çeşitte üretilmektedir.

Amorf metallerin özelliklerini aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz :

1. Sert
2. Çok ince
3. Çok düşük güç kaybı
4. Yüksek elektriksel direnç
5. Mükemmel yüksek frekans karakteristiği
6. Geniş frekans bandı aralığında sabit empedans permeabilitesi
7. Ferit veya kristal nikel demirden daha yüksek doyum endüksiyonu
8. Her yerde bulunabilen maddelerden üretilebilmesi

Amorf metallerin uygulama alanlarını aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz :

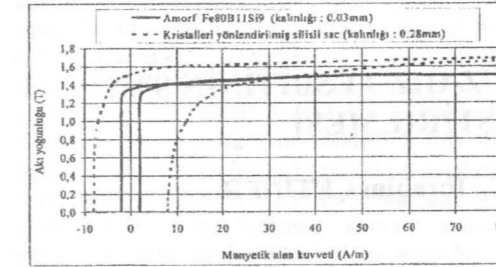
1. Akım, dağıtım ve güç transformatorleri
2. Yüksek hassasiyetli karşılaştırıcı transformatorler
3. Yüksek frekans transformatorleri
4. Darbe ( Pulse ) transformatorleri
5. Düşük frekanslarda düşük kayıp ve yüksek permeabilite gerektiren aygıtlarda
6. Yüksek frekans bobinleri
7. Manyetik alan alıcıları ( sensörler )
8. Kesintisiz güç kaynağı ( UPS )

Tek fazlı Amorf Metalli Dağıtım Transformatorün 'de akı yoğunluğu 1,3T ile 1,4T arasında ve üç fazlı AMDT' lerde 1,25T ile 1,35T arasında. Maksimum akı yoğunluğu yaklaşık 1,6T'dir. Amorf nüveler toroid, dikdörtgen, E, I ve C şeklinde üretilmektedir.

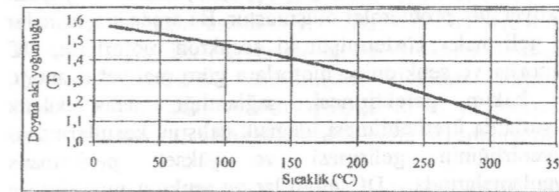
### IV. AMORF METALLİ DAĞITIM TRANSFORMATÖRÜ İLE SİLİSLİ SACLI DAĞITIM TRANSFORMATÖRÜNÜN KARŞILAŞTIRILMASI

Silisli sac içinde %3,5 bulunan elektriksel çeliğin genel adıdır. Kristalleri yönlendirilmiş silisli demir olan bu çelikteki bireysel atomlar düzenli ve tekrarlı sırada dizilmişlerdir. Bu nedenle amorf alaşımlar benzer düzenli kristal malzemelere göre daha az fiziksel yoğunluktadır. Transformatorlerin kalbi olan manyetik nüve genellikle her biri silisli saclarda 270µm ile 350µm kalınlığında ve 1m genişliğinde , amorf metalde 27µm kalınlığında olan çeliğin birçok katından oluşur ve ince tabakalar kullanılarak yapılır.

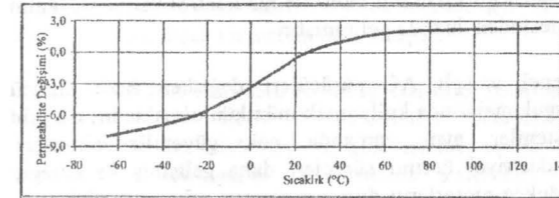
Güç iletimi yapılırken ince tabaka malzemesinden akan akıdan dolayı elektriksel kayıp oluşur. Kayıp miktarı genellikle sabit olan manyetik endüksiyon gerilim seviyesine bağlı olduğundan en iyi malzemeli nüve tabakalarının geliştirilmesini teşvik etmektedir.



Şekil 3. Amorf metal ile kristalleri yönlendirilmiş silisli sacın histerezis eğrisinin karşılaştırılması



Şekil 4. C şeklindeki amorf nüvelerin akı yoğunluğunun sıcaklıkla değişimi



Şekil 5. C şeklindeki amorf nüvelerin permeabilitesinin sıcaklıkla değişimi



Şekil 6. C şeklindeki amorf nüvelerinin kaybının manyetik akı yoğunluğu

Amorf metalli transformatorlerdeki yüksüz kayıplar silisli saclı transformatorlerdeki yüksüz kayıpların %10 ile %50'si kadardır.

Tablo 1. 25 kVA gücündeki silisli sac ve amorf metalli dağıtım transformatorünün karşılaştırılması

Özellikler	Amorf metalli	Silisli Sac
Nüve kayıpları (W)	15,4	57
Yüklü kayıpları (W)	328	314
Mıknatıslanma akımı (%)	0,14	0,36
Empedans (%)	2,45	2,45
Duyulabilir gürültü (dB)	33	40
Sıcaklık yükselmesi (°C)	48	57
Ağırlık (kg)	200	185

Tablo 2. Standart verimli transformator yerine yüksek verimli transformatorün kullanılmasıyla transformatordeki kayıpların azaltılması

	Esas durum	1. Silisli sac	2. Silisli sac	Amorf metalli
Nüve kaybı (W)	58	52	46	18
%25 yükteki sargı kaybı (W)	19,5	15,6	11,7	18,1
Toplam kayıplar (W)	77,5	67,6	57,7	36,1
Verim *	%99,69	%99,73	%99,77	%99,86
Kayıplardaki azalma	Esas durum	%12,8	%25,5	%53,4

### V. SONUÇ

Dağıtım transformatorlerinde kullanılan sacların çeşitleri ile özelliklerin kullanılarak silisli sac ve amorf metalli dağıtım transformatorünün kayıpları karşılaştırılmıştır. Transformator üreticilerinin garanti ettikleri transformatorün yüksüz kayıp değerleri kullanılarak amorf metalli dağıtım transformatorlerinin %10 ile %50'si arasında olduğu sonucuna varılmıştır.

### VI. KAYNAKLAR

- [1]. BODUROĞLU, 1968, " Transformatorler " İTÜ Matbaası , cilt I, 3.Baskı
- [2]. HARRİSON, T., RİCHARDSON, B , 1994, " The Energy Saving Amorphous Core Transformer ", GEC Alstom Technical Review "
- [3]. KENNEDY, B.W., 1998, " Energy Efficient Transformers "