

Quartz Dolgulu, Dökme Reçineli, Kuru Tip Transformatör Prototipinin Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi

The Design and Implementation of Quartz Filled, Cast Resin, Dry Type Transformer Prototype

Taner GÖKTAŞ¹, Selim DİKMEN², M. Salih MAMİŞ¹ ve Müslüm ARKAN¹

İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
taner.goktas@inonu.edu.tr,

²ELTAŞ Transformatör San. ve Tic. AŞ. Çiğli/İzmir
selim.dikmen@eltas.com.tr

Özet

Günümüzde hızla artan enerji ihtiyacı, yurtiçi ve yurtdışında ki pazarda bulunan ülkelerde enerji yatırımlarındaki artış nedeniyle güç transformatörlerine olan ihtiyaç hızla artmaktadır. Bununla birlikte düşük maliyetli, güvenilir, yüksek performanslı ve az bakım gerektiren transformatörlerin tasarımı oldukça önem arz etmektedir. Bu çalışmada 2000 KVA, 10/0,4 kV Quartz (ülkemizde bol miktarda bulunan silikat kum) dolgulu, dökme reçineli, kuru tip transformatörün prototipi geliştirilmiştir. Bu çalışma da ana amaç şerit alüminyum veya şerit bakır ileri sarım tekniği ile geliştirerek, emniyet mesafeleri % 10 daha kısa, maliyeti cam elyaf reçineli trafoya göre yaklaşık olarak %20 daha düşük olan, daha çevreci Quartz dolgulu trafo üretilmesidir.

Anahtar kelimeler: Quartz Dolgu, Kuru Tip Transformatör, Güç Transformatörü

Abstract

The need for power transformers is increasing rapidly due to the rapidly increasing energy demand, the increase in energy investments in the domestic and foreign countries. However, the design of low-cost, reliable, high-performance and low-maintenance transformers is very important. In this study, prototype of cast resin, dry type transformer filled with 2000 KVA, 10 / 0.4 kV Quartz (plenty of silicate sand in our country) has been developed. The main purpose of this study is to produce a more environmentally friendly Quartz filled transformer with safety distances of 10% shorter and with a cost of approximately 20% lower than glass fiber resin transformer by improving the strip with aluminum or strip copper advance winding technique.

Keywords: Quartz Filler, Dry Type Transformer, Power Transformer

1. Giriş

Yağlı transformatörlere alternatif olarak farklı izolasyon sınıflarında üretilen klasik kuru transformatörler yeterli olmayan dielektrik özelliklerinden dolayı yalnızca birkaç kV'a kadar olan anma gerilimlerinde uygun bir alternatif çözüm sunabilirler. Ayrıca 20 kV ve daha yukarı anma gerilimlerinde darbe dayanım gerilimleri yeterli olmadığından yağlı veya klofen transformatörler iyi bir seçim olabilmektedir [1].

Ayrıca Gürültü düzeyinin düşük olması gereken hastane, okul vb. yerlerde geleneksel kuru tip transformatörler aşırı gürültü düzeyleri, kullanılan çekirdeğin büyüklüğü gibi sebeplerden dolayı tercih edilmezler. [2]. Klasik tip transformatörelere göre kuru tip transformatörlerde imalat kolaylığı, yüksek ömürlü olması vb. nedenlerden dolayı yağlı tip transformatörlere göre oldukça fazla bir pazar payı bulunmaktadır.

Bununla birlikte günümüz teknolojisinde özellikle 36 kV gerilim seviyesi üzerinde büyük güçlü kuru tip transformatör üretimi teknolojik zorluklar içermektedir. Bu konuda araştırma ve geliştirme çalışmaları tüm hızıyla devam etmektedir. Geçmişten günümüze kadar cam elyaf kuru tip transformatörler yaygın olup, gelişen teknoloji ile birlikte quartz dolgulu transformatörler, hem maliyet hem de işçilik süresi bakımından daha düşük olması nedeniyle daha tercih edilir olmuştur.

Bu çalışmada kuru tip transformatörlerin klasik yağlı tip transformatörlere göre avantaj-dezavantajları kıyaslanarak 2000 kVA quartz dolgulu, dökme reçineli kuru tip trafonun tasarımı gerçekleştirilmiş ve ELTAŞ Transformatör San. ve Tic. AŞ. Bünyesinde tasarımı yapılan trafonun prototip modeli oluşturulmuştur.

2. Kuru Tip Transformatörler ve Avantajları

2.1. Dökme reçineleri kuru tip transformatörler ve yağlı tip transformatörlerin karşılaştırılması

Kuru tip trafoların AG ve YG sargıları kapalı ortamda, vakum altında, reçineli olarak imal edilir. Yanmaz olma ve kendiliğinden sönmeye özelliğine sahiptirler. Sargı yapıları sebebiyle kısa devrelere karşı yüksek dayanıklılık gösterir. Bu nedenlerden dolayı yüksek katlı binalarda, alış-veriş merkezlerinde, insanların toplu buldukları iş merkezlerinde, maden ocaklarında, gemilerde, okul ve hastanelerde, havaalanlarında, metrolarda, patlama riski bulunan endüstriyel tesislerde kullanılmaktadır. Kuru tip trafolar ilk yapıldığında cam elyaf teknolojisi ile çalışırken, düşük maliyet avantajı ve işçi sağlığını koruma özellikleri nedeni ile quartz dolgu kuru tip transformatör kullanımına geçilmiştir. Bu sayede maliyette yaklaşık % 20 düşme sağlanırken, cam elyaftan kaynaklanan işçi sağlığına olumsuz etkilerin de büyük oranda önüne geçilmiş olmaktadır. Geliştirilen teknolojiyi yakalamak ve pazarda rekabet yeteneğimizi devam ettirebilmek amacıyla quartz dolgu dökme reçineli kuru tip transformatör üretimi hedeflenmektedir. Yağlı Tip transformatörler ile karşılaştırıldığında Zehirli kimyasal maddeler içermemesi, yağ kullanımı olmadığı için çevreci bir yapı oluşturması, daha az yer kaplamaları vb. nedenlerden dolayı insanların yoğun olduğu yerlerde tercih edilmektedir.

Yağ gibi çevreye zararlı bir soğutma sıvısının olmaması, yangın riskinin daha az olması, bakım gerektirmemesi, rutubet ve neme karşı dayanıklı olması, uzun süre işletmede olmamasına rağmen her an sorunsuz devreye alınabilme özelliği ve fan soğutma takviyesi ile nominal gücün %40'ına kadar fazla yüklenebilmesi gibi nedenlerle yağlı tip dağıtım transformatörlerine göre daha fazla tercih edilmektedir.

Dökme reçineli kuru tip transformatörler yüksek rakım veya deniz seviyesi gibi ağır çevresel koşulları barındıran ortamlarda çalışmaya uygundur. Bunun yanı sıra içerisinde herhangi bir yanıcı sıvı olmaması, zehirli gaz çıkışının olmaması, daha düşük bir çalışma titreşim aralığı gibi sebeplerden dolayı çevre dostu bir çözümdür [3]. Bu tip transformatörler düşük sıcaklıklarda veya çok nemli ortamlarda güvenilir bir şekilde çalışabilmektedirler [3].

Şekil 1. Kuru tip bir transformatörün yapısı

2.2. Quartz dolgu reçine teknolojisi ile vakum altında cam elyaf dolgu reçine teknolojisinin karşılaştırılması

Quartz dolgu dökme reçineli kuru tip transformatörün klasik vakum altında cam elyaf dolgu reçine teknolojisine göre üstünlükleri ise şu şekilde sıralanabilir:

- Quartz dolgu ileri sarım tekniği, cam elyaf sarım tekniğine göre yaklaşık olarak % 20 daha uygun maliyetli olması

- Cam elyafı ile doğrudan temas olunması ile vücudun birçok temel organında ciddi şekilde tahrişe neden olmaktadır. Özellikler toz partiküllerinin solunması ve elyaf malzemenin cilde teması halinde ciddi yaralanmalar meydana gelebilmektedir. Bu nedenle böylesi bir malzeme ile çalışan işçilerin ek önlemler alması ve kendilerini koruması gerekmektedir. Quartz dolgu malzemesi ile bu olumsuz etkiler azaltılmakta ve işçi sağlığı ve güvenliği maksimum seviyede sağlanabilmektedir.

- Üretim süresi % 80 oranında kısılması, enerji ve işçi maliyetleri de üretim süresinin azalmasına bağlı olarak düşmesi.

3. 2000 KVA QUARTZ DOLGULU KURU TİP TRANSFORMATÖRÜN TASARIM KRİTERLERİ

3.1. Alçak ve yüksek gerilim sargılarının tasarımı

Alçak gerilim sargılarında bant (foil) sargı teknolojisi kullanılmıştır. Bakır bantlar alçak gerilim sargılarında kullanılmaktadır. Aksiyel kuvvetler kullanılan bant sargı sarım tekniği ile azaltılmaktadır. F veya H sınıfı izolasyon malzemeleri içerisine reçineler emdirilerek sarımlar arasındaki radyal kuvvetler kontrol altına alınmaktadır. Sarım işlemi tamamlandıktan sonra sargı bobinleri sertleştirme işlemleri yapılarak zorlu atmosferik koşullara karşı sargı dayanımı artırılmıştır.

Yüksek gerilim bobinlerinde ise F veya H sınıfı izolasyonuna sahip bakır iletkenler kullanılmıştır.

Bu sargılara hava ile izoleli ve vakumlu bir ortamda reçine dökülerek uygun sıcaklıklarda sertleştirilir ve böylece bu tip transformatörlerin çalışma ömürleri uzun olabilmektedir. Sargıları soğutmak için çok sayıda soğutma kanalı kullanılmış ve gerilim darbelerine karşı dayanımı artırılmıştır.

Transformatör üretiminde bobinler gerekenden daha uzun üretilip, fazla olan miktarı daha sonra kesilmektedir. ELTAŞ firmasının sahip olduğu döküm tesisi ile bobinler ihtiyaç duyulan boyutlarda üretilmiş olup, imalat kaynaklı atıkların önüne geçilmiştir. Böylece imalat atıkları da minimize edilmiştir.

3.2. Nüve tasarımı

Nüve sacları düşük kayıplı, çekirdekleri yönlendirilmiş soğuk haddelenmiş saçlardan oluşmaktadır. Nüve step-lap kesim metodu ile kesilir ve dizilir. Bu yöntemle

transformatörlerin boşa çalışma kaybı ve gürültü seviyesi daha düşük olmaktadır. Nüveler titreşime karşı korumak için epoksi reçine ile kaplanmakta ve paslanmaya karşı özel boya ile boyanmaktadır. Nüve istenilen standartlara göre topraklanmıştır.

3.3. Montajlama

Bu çalışmada tasarlanan reçineli kuru transformatörlerde, bobinlerin sıkıştırılmasında alt ve üstte sıkıştırma demirleri kullanılmıştır. Bunlar nüve ve bobinleri birlikte tutar. Bobinler, kısa devre kuvvetleri ve titreşime karşı cam elyaf takviyeli takozlar ile monte edilmiştir. Tekerlekler, transformatörün öne ve arkaya, sağa ve sola gitmesine imkan verecek şekilde dizayn edilmişlerdir. Transformatör montajında kullanılan bütün çelik parçalar, korozyona karşı epoksi boya ile boyanmaktadır. Boyama yöntemi transformatörün çalışacağı atmosferik şartlara göre özel olarak seçilmektedir.

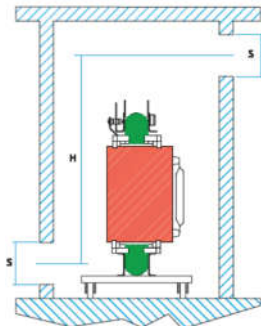
Üretilen nüve ve sargıların kuru tip trafolarında AG ve levha sargı makinesinde YG sargıları otomatik bobinaj makinesinde sarılarak, YG bobinleri kalıplanmıştır. Döküm hücresinde reçine döküm işleri yapılmıştır. Kürlendirme fırınlarında bu ürünler kürlendirilmiştir. Kürlendirmenin ardından bobinler kalıplardan çıkarılacaktır. Ardından bobin, nüve ve diğer metal aksanların montajı gerçekleştirilmiştir.

3.4. Soğutma

Dökme reçine transformatörleri genellikle doğal hava soğutma ile soğutulur, ancak bazı durumlarda basınçlı hava ile soğutma fanları da kullanılabilir. Havalandırma açıklıkları üretilen ısının yayılması için her zaman doğal hava girişine izin vermek için açık tutulmalıdır. Uygun soğutma alttan üste doğru olan ve trafo yüzeyine temas eden doğal hava akımı sayesinde olmaktadır. Şekil 1’de görüldüğü gibi transformatör odasında soğuk havanın girdiği alt kısım ile sıcak havanın girdiği üst kısım her zaman açık tutulmalıdır. Eğer bu açıklıklar yeterli olmazsa fan soğutma teknolojisi kullanılarak hava akımının daha çok olması dolayısıyla soğutma sisteminin daha verimli çalışması sağlanır. Giriş ve çıkış havasında yaklaşık 15 °C ‘lık bir fark oluşturabilecek bir hava akımı

için uygun hava aralığının hesaplanırken denklem (1), (2) ve (3) ‘den yararlanılır.

$$S = 0,3 \times \frac{P_t}{\sqrt{H}} \quad (1)$$



Şekil 2. Trafo odası [4]

$$S' = 1,1 \times S \quad (2)$$

$$V = 5 \times P_t \quad (3)$$

Burada P_t 115°C toplam transformatör kayıplarını, S düşük açık yüzey alanını, S' ise yüksek açık yüzey alanını göstermektedir. H ise Açık yüzey alanlarının orta noktaları arasındaki yükseklik farkını göstermektedir. V ise metre küp başına gerekli olan soğutma havası hacmidir. Bu çalışmada tasarlanan 2000 kVA’lık bir kuru tip transformatör için gerekli olan hesaplamaları yapacak olursak [5]:

$$S = 0,3 \times \frac{27 \times 2}{\sqrt{1,5}} = 13,2 \text{ m}^2 \quad (4)$$

$$S' = 1,1 \times 13,2 = 14,5 \text{ m}^2 \quad (5)$$

Burada, 115oC de toplam transformatör kayıpları 27kW, açık yüzey alanlarının orta noktaları arasındaki yükseklik farkını ise 1,5 m olarak seçilmiştir. Eğer fan kullanılacak ise gerekli olan fanlar için minimum hava akışı:

$$V = 5 \times 27 \times 2 = 270 \text{ m}^3 / \text{min} \quad (6)$$

olarak bulunacaktır. Bu hesaplamalarda koruma kabininin varlığı göz önüne alınmamıştır.

Bütün tasarım kriterlerinin yanısıra bazı ek-standart donanımlarda tasarlanan trafoya eklenebilmektedir [6].

i-) Sıcaklık kontrol sistemi ile Transformatör sargılarının ısınmasını kontrol altında tutmak amacıyla alçak gerilim sargılarına PT100 veya PTC sensörler yerleştirilir. Bu sensörler gerektiğinde var ise soğutucu fanları devreye sokar ve /veya ısınmanın sürmesi ve sıcaklığın ayar edilen limit değerlere ulaşması halinde transformatörü devreden çıkarır. Duruma göre RS485, MODBUS, TCP/IP vb. haberleşme protokolleri ile ölçüm bilgileri bilgisayar ortamına da aktarabilmektedir. *ii-*) Zorlamalı soğutma sisteminde Kuru Tip Transformatörlerin nominal gücünü %40 oranında artırmak için özel dizayn ile tespit edilen soğutma fanları kullanılmaktadır. Fanlar alçak gerilim bobinlerine yerleştirilen ısı algılayıcıları yardımı ile otomatik olarak devreye girip çıkmaktadırlar.

iii-) Titreşim Sönümleyici Takozlar ise Konut, alışveriş merkezi gibi yerlerde transformatörün konulduğu zemin üzerinde oluşacak titreşimleri azaltmak ve bu titreşimleri izole etmek için titreşim sönümleyici takozlar kullanılmaktadır. Ayrıca vinç üzerinde çalışacak transformatörlerde de benzer takozlar kullanılmaktadır. –

iv-) Yük Altında Kademe Değiştirici Şalterler ile bazı bölgelerde şebeke gerilimleri gün içinde çok sık değişiklik gösterdiğinden düzenli, belirli bir dar bantta sabit bir gerilim elde edebilmek için yük altında kademe değiştirebilen düzeneğe haiz transformatörler kullanılmaktadır. Şekil 3.’te tasarım kriterleri baz alınarak üretilen 2000 kVA’lık dökme reçineli kuru transformatörün prototipi görülmektedir. Üretimi yapılan transformatör deneysel olarak test edilmiş ve giriş çıkış anma akım ve gerilim bilgileri gözlemlenmiştir. Bunun yanısıra uluslararası akredite kuruluş tarafından yıldırım darbe dayanım testleri yapılmış ve başarılı bir şekilde sonuçlanmıştır. Böylece, firma ürün gamına yeni bir ürün ekleyerek ticari ve ekonomik gücünde artmıştır.



Şekil 3. Tasarlanan kuru tip trafo [ELTAŞ izniyle]

- [4] Hanley Energy, “Cast Resin Transformers” 2015.
- [5] WEG Equipamentos Electricos S/A- Manual 10000210724, “Dry-Type Transformers” 12-13, 2010.
- [6] ELTAŞ Transformatör San. Ve Tic. A.Ş., “ Kuru tip Transformatörler”
https://eltas.com.tr/urunler/1001/products/1001/dry_type_transformer.aspx

4. Sonuçlar

Bu çalışmada yüksek güçlü, quartz dolgulu bir kuru tip trafonun tasarım kriterleri incelenmiş ve bu transformatörlerin mevcut yağlı tip ve dökme reçine tip transformatörler ile karşılaştırılması yapılmıştır. Tasarım kriterleri göz önüne alınarak ELTAŞ firması bünyesinde 2000 kVA’lık quartz dolgulu kuru tip trafonun prototip imalatı gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma sonunda Tasarlanan Quartz tip trafonun öne çıkan yenilikçi yönlerini; -Emniyet mesafeleri emsiline göre %10 daha düşük olması, -Cam elyaf yerine Quartz kullanılarak maliyet yaklaşık olarak % 20 düşmesi, -Üretim süresi cam elyafa kıyasla %80 kısılması ve buna bağlı olarak da enerji ve işçi maliyetleri de aynı miktarda azaltılması, -Cam elyaftan kaynaklanan işçi rahatsızlıklarının önüne geçilmesi olarak sıralayabiliriz. Deneysel ortamda elde edilen sonuçlar tasarlanan transformatörün düşük maliyetli, güvenilir, bakım gerektirmeyen bir ürün olduğu görülmüş ve firmanın ürün gamına yeni bir ürün olarak eklenmiştir.

5. Teşekkür

Bu çalışma TUBİTAK-TEYDEB 3151253 nolu “2000 KVA Quartz Dolgulu, Dökme Reçineli, Kuru Tip Transformatör Prototipi Geliştirme Projesi” kapsamında desteklenmiştir. Ayrıca yazarlar ELTAŞ Transformatör San. ve Tic. AŞ.’ye sağladığı imkanlardan dolayı teşekkürlerini sunmaktadır.

6. Kaynaklar

- [1] Dikmen, E. Kasırga, S., "Dökme Reçineli Kuru Tip Yanmaz Transformatörlerin Konvensiyonel Yağlı Transformatörler ile Ekonomik Olarak Karşılaştırılması", Elektrik Mühendisliği-356 217-219.
- [2] Özyalçın, B., “Enerji sistemlerinde 400 kVA ya kadar kuru tip trafolar, verimi etkileyen faktörler ve tipik örnek”, Y. Lisans Tezi, Nisan 2007.
- [3] Beta Transformatör, “ Kuru tip transformatör”
<http://www.betatransformer.com/portfolio-item/kuru-tiptransformator/>