

T.C.  
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI



# MEGEP

(MESLEKİ EĞİTİM VE ÖĞRETİM SİSTEMİNİN  
GÜÇLENDİRİLMESİ PROJESİ)

**ELEKTRİK ELEKTRONİK TEKNOLOJİSİ**

**OG / YG TRANSFORMATÖR SARIMI**

ANKARA 2007

Milli Eğitim Bakanlığı tarafından geliştirilen modüller;

- Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığının 02.06.2006 tarih ve 269 sayılı Kararı ile onaylanan, Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında kademeli olarak yaygınlaştırılan 42 alan ve 192 dala ait çerçeve öğretim programlarında amaçlanan mesleki yeterlikleri kazandırmaya yönelik geliştirilmiş öğretim materyalleridir (Ders Notlarıdır).
- Modüller, bireylere mesleki yeterlik kazandırmak ve bireysel öğrenmeye rehberlik etmek amacıyla öğrenme materyali olarak hazırlanmış, denenmek ve geliştirilmek üzere Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında uygulanmaya başlanmıştır.
- Modüller teknolojik gelişmelere paralel olarak, amaçlanan yeterliği kazandırmak koşulu ile eğitim öğretim sırasında geliştirilebilir ve yapılması önerilen değişiklikler Bakanlıkta ilgili birime bildirilir.
- Örgün ve yaygın eğitim kurumları, işletmeler ve kendi kendine mesleki yeterlik kazanmak isteyen bireyler modüllere internet üzerinden ulaşabilirler.
- Basılmış modüller, eğitim kurumlarında öğrencilere ücretsiz olarak dağıtılır.
- Modüller hiçbir şekilde ticari amaçla kullanılamaz ve ücret karşılığında satılamaz.

# İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR .....	iii
GİRİŞ .....	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1 .....	2
1. OG / YG TRANSFORMATÖRLERİ .....	2
1.1. OG / YG Transformatorün Yapısı.....	2
1.1.1. Nüve .....	2
1.1.2. Sargılar .....	4
1.2. OG / YG Transformatorünün Çalışma Prensipleri.....	7
1.2.1. Çalışması .....	7
1.2.2. Gerilim Ayarı.....	9
1.2.3. Soğutma Sembolleri .....	10
1.3. OG / YG Transformatorlerde Meydana Gelebilecek Arızalar.....	13
1.3.1. Manyetik Devre Arızaları.....	13
1.3.2. Sargılardaki ve Di Elektrik Devrelerdeki Bozukluklar .....	14
1.4. OG / YG Transformatorlerin Bakımları .....	18
1.4.1. Transformatorü İşletmeye Almadan Önce Yapılacak İşlemler.....	19
1.4.2. İşletmeye Alma .....	21
1.4.3. Periyodik Kontroller.....	21
1.4.4. Transformator Donanımları.....	22
1.5. OG / YG Transformator Bağlantıları .....	26
1.5.1. Üçgen ( $\Delta$ ) Bağlantı.....	26
1.5.2. Yıldız ( $\lambda$ ) Bağlantı .....	26
1.5.3. Zikzak Bağlantı.....	27
1.5.4. Bağlantı Özellikleri .....	27
1.5.5. Bağlantı Grupları ve Grup Açısı .....	28
1.5.6. Paralel Bağlantılar.....	32
UYGULAMA FAALİYETİ.....	34
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	35
PERFORMANS DEĞERLENDİRME .....	36
ÖĞRENME FAALİYETİ-2 .....	37
2. OG/YG TRANSFORMATÖRLERDE SARIM HESABI .....	37
2.1. Semboller.....	37
2.2. Formüller .....	39
2.3.1. Verilen Değerler.....	40
2.3.2. Hesaplama .....	40
2.4. OG / YG Transformatorünün Sarımı.....	49
2.4.1. Sarımın Yapılması.....	49
2.4.2. Sargıların Yalıtılması .....	50
2.4.3. Sargıların Yerleştirilmesi ve Montaj .....	51
UYGULAMA FAALİYETİ.....	54
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	55
PERFORMANS DEĞERLENDİRME .....	56
MODÜL DEĞERLENDİRME.....	57
CEVAP ANAHTARLARI .....	58
ÖNERİLEN KAYNAKLAR .....	59

KAYNAKÇA .....	60
----------------	----

# AÇIKLAMALAR

<b>KOD</b>	<b>522EE0044</b>
<b>ALAN</b>	<b>Elektrik Elektronik Teknolojisi</b>
<b>DAL/MESLEK</b>	<b>Bobinajcılık</b>
<b>MODÜLÜN ADI</b>	<b>OG/ YG Transformatör Sarımı</b>
<b>MODÜLÜN TANIMI</b>	OG / YG trafolarının bakımlarının ve sarımlarının yapılması ile ilgili bilgi ve becerilerin kazandırıldığı öğrenme materyalidir.
<b>SÜRE</b>	40/16
<b>ÖN KOŞUL</b>	Alan ortak modüllerini başarmış olmak.
<b>YETERLİK</b>	OG/ YG trafo sarım hesabını ve bakımını yapmak.
<b>MODÜLÜN AMACI</b>	<b>Genel Amaç</b> Bu modül ile sarım makineleri ve gerekli ekipman ile donatılmış atölye ve işletme ortamında OG/YG transformatörlerinin bakımını ve sarımını hatasız olarak yapabileceksiniz. <b>Amaçlar</b> <b>1.</b> OG/YG transformatörünün bakımını yapabileceksiniz. <b>2.</b> Müşteri isteği doğrultusunda yeni OG/YG transformatör hesaplamalarını ve sarımını yapabileceksiniz.
<b>EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI</b>	Atölye ortamı, fabrikalar, OG / YG trafo imalat fabrikaları, işletmeler, trafo istasyonları, internet ortamı.
<b>ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME</b>	Ø Modülün içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra, verilen ölçme araçlarıyla kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek kendi kendinizi değerlendireceksiniz. Ø Öğretmen, modül sonunda size ölçme aracı (uygulama, test, soru-cevap) uygulayarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek değerlendirecektir.



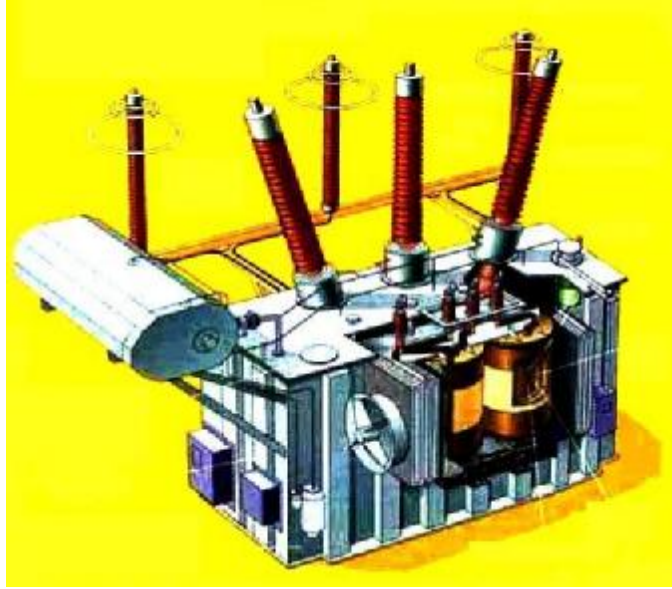
# GİRİŞ

## Sevgili Öğrenci,

Transformatör kullanılarak ilk enerji taşıma sistemi 1886 yılında ABD’de yapılmıştır. Burada 500 volt gerilimde 1600 metre mesafeye enerji taşınmıştır. Avrupa da ise aynı yılda İtalya’da 27 km uzaklığa 2000 volt gerilim taşınmıştır. Bu yıllarda başta İsveç olmak üzere diğer Avrupa ülkelerinde de transformatör imalatına başlanarak elektrik enerjisi taşınması ve dağıtılmasında kullanılmıştır. 1890 yıllarında ilk üç fazlı transformatör yapılmış ve üç fazlı bir sistemin kurulması sağlanmıştır.

İlk imal edilen transformatörler, hava izolasyonlu ve hava soğutmalıdır. Transformatör yağının soğutma ve yalıtım ortamı olarak kullanılmaya başlanması çok büyük kolaylık getirmiş, transformatörlerin ebatlarının küçülmesini sağlamıştır.

Transformatör geriliminin yükselişi enerji nakil hatları ile beraber olmuştur. Zaman içinde gelişen teknoloji ile kaliteli çelik malzemeler kullanılmaya başlanması ile başlangıçtaki kayıplar çok az seviyelere indirilmiş, soğutma ve yalıtım için uygun yağ akışı sağlanmış ve mümkün olabilecek kısa devrelerin önüne geçilmiştir. Bu modülde, yüksek gerilim transformatörlerinin yapısı ve sarımının nasıl yapıldığı incelenecektir.



Resim : OG / YG transformatörü görünüşü

# ÖĞRENME FAALİYETİ-1

## AMAÇ

OG / YG transformatörünün bakımlarını yapabileceksiniz .

## ARAŞTIRMA

Bu faaliyet öncesinde yapmanız gereken öncelikli araştırmalar şunlardır.

- Ø Transformatörlerin çalışma prensipleri hakkında bilgi alınız.
- Ø OG / YG şebeke sistemleri hakkında bilgi alınız.

Tanıma işlemleri için internet ortamı ve OG/ YG transformatör merkezlerini ve fabrikaları gezmeniz gerekmektedir. OG/ YG transformatörleri kullanım şekil ve amaçları için ise bu sistemleri kuran kişilerden ön bilgi almanız gerekir. Kazanmış olduğunuz bilgi ve deneyimleri arkadaş grubunuz ile paylaşınız.

## 1. OG / YG TRANSFORMATÖRLERİ

### 1.1. OG / YG Transformatörün Yapısı

#### 1.1.1. Nüve

Transformatörlerin nüveleri, silisyum alaşımli özel transformatörlerin saclarından yapılır. Kayıplar, işçilik ve ekonomik nedenlerden dolayı nüve 0,35 mm kalınlıktaki saclardan yapılır.

Bu sacların birer yüzleri yalıtkan bir tabaka (lak, kâğıt, karlit vb.) ile kaplanmıştır. Nüve kesiti transformatörün gücüne göre yapılır (resim 1.1-1.2).



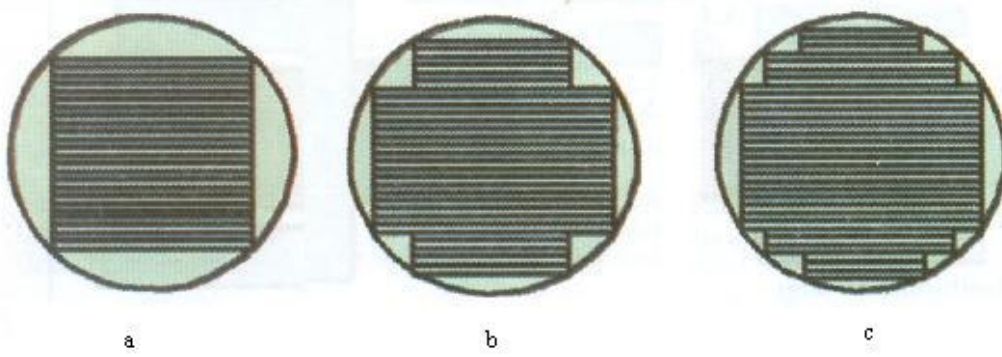
Resim 1.1: Nüve saclarının hazırlanışı





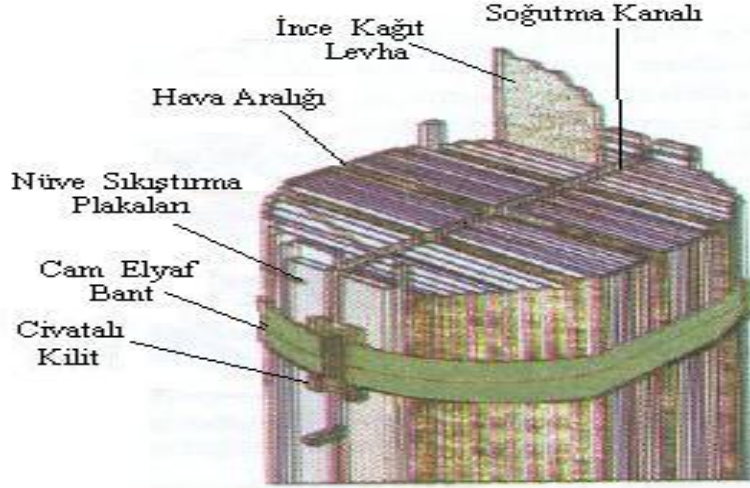
**Resim 1.2: Paketlenmiş nüve görünüşü**

Transformatörlerin nüve yapıları, güçlerinin büyüklüğüne göre şekil 1.1’de görüldüğü gibi kare (a), dikdörtgen (b) ve + (c) şeklinde yapılır. Bu şekilde yapmak suretiyle sargılar ile ayaklar arasında soğutma için gerekli olan hava aralığı sağlanmış olur.



**Şekil 1.1: Çeşitli nüve kesitleri**

Büyük güçlü transformatörler için soğutma kanalları açılır. Nüveyi oluşturan sac paketi, kayıpları azaltmak amacıyla saf selülozdan yapılmış ince kâğıt levhalarla küçük paketlere ayrılmıştır. Nüve sıkıştırma plakaları ile sıkıştırıldıktan sonra, epoksit yapay reçine ile emdirilmiş cam elyafı bantlarla iyice sarılır. Daha sonra bu bantlar cıvatalı kilitlerle gerdirilir (şekil 1.2).



Şekil 1.2: Nüve kesiti

### 1.1.2. Sargılar

Transformatör primer ve sekonder sargıları sarılışlarına göre ikiye ayrılırlar;

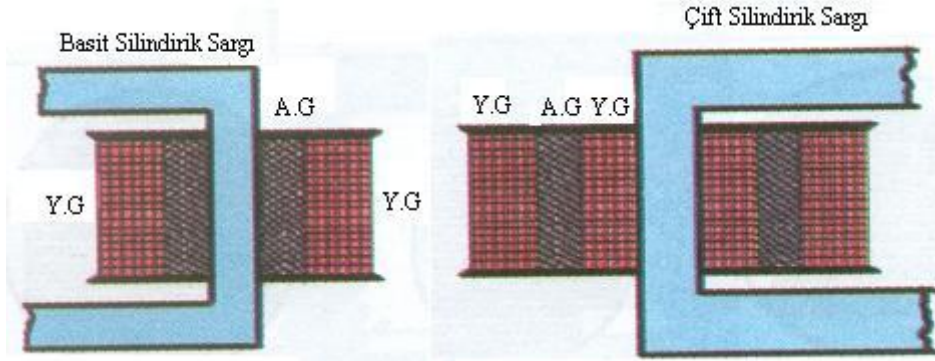
Ø Silindirik şeklindeki sargılar

Ø Dilimli sargılardır.

Transformatör nüvesi, hangi tipte olursa olsun sargı şekli bu iki sargı şeklinden birisidir. Hangi sargı tipinin uygun olacağı transformatörlerin tipine, gerilimine, akım şiddetine, yalıtma ve soğutma durumlarına göre değişir. Sargıların siper sayıları, iletken kesitleri ve yalıtkanları belirlendikten sonra, sargıların nüveden yalıtılmaları belirlendikten sonra, sargıların nüveden yalıtılmaları için ya makaralar ya da başka yalıtma yöntemleri kullanılır.

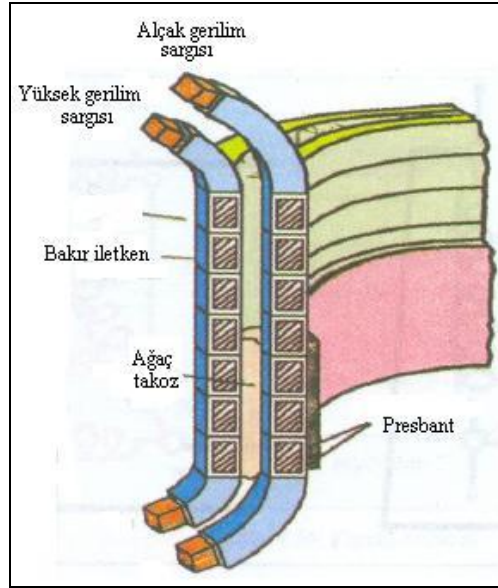
#### 1.1.2.1. Silindirik Sargılar

Silindirik sargılar, nüve üzerine makara şeklinde sarılan sargılardır. Küçük güçlü transformatörlerde alçak gerilim ve yüksek gerilim için hazırlanan makara şeklindeki sargılar, alçak gerilim sargısı altta olacak şekilde yerleştirilir (şekil 1.3).



**Şekil 1.3: Silindirik sargı kesitleri**

Trafo yüksekliğini ve kaçak reaktansı azaltmak için alçak gerilim sargısı iki ayrı kısma ayrılarak yarısı yüksek gerilim sargısının altına, yarısı da üstüne sarılabilir (şekil 1.4).



**Şekil 1.4: Silindirik sargının yapısı**

Silindirik sargılar küçük güçlerde resim 1.3'te görünen şekildeki düzenek yardımıyla hazırlanırken daha büyük güçlü transformatörler için resim 1.4'teki düzenek kullanılır.



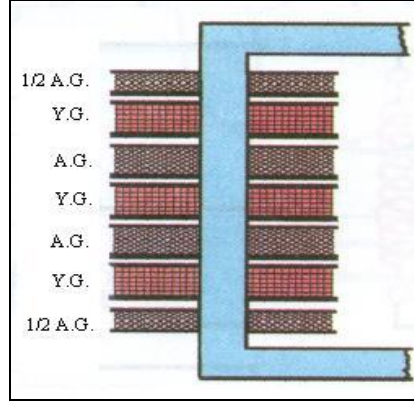
**Resim 1.3: Silindirik sargıların hazırlanışı**



**Resim 1.4: Büyük güçlü silindirik sargıların hazırlanışı**

#### **1.1.2.2. Dilimli Sargılar**

Büyük akımlı transformatörlerde silindirik sargılar kullanmak, akımın dinamik etkileri ve soğutma zorlukları bakımından sakıncalıdır. Dilimli sargı tipinde primer ve sekonder sargılar, bölümlere ayrılarak sarılır. Her bir sargı dilimi, alt ve üst sargı dilimlerinden yalıtılır. Bu sargı dilimleri; bir primer sargı dilimi, bir sekonder sargı dilimini izleyecek şekilde sıralanır. Yalıtkanlığı sağlamak bakımından alçak gerilim sargısı bir dilimi ikiye ayrılıp sargının en alt ve en üst kısmına yerleştirilir. Bu tip sargılarda değişik gerilimlerde daha çok uç çıkartılır. Gerilim ayarı yapılması istenen yerlerde çok kullanılırlar (şekil 1.5).



Şekil 1.5: Dilimli sargı kesiti

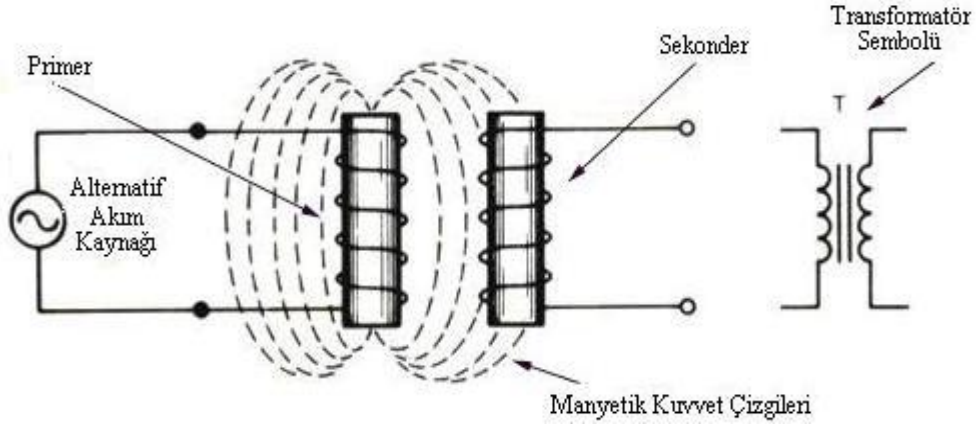


Resim 1.5: Dilimli sargılar

## 1.2. OG / YG Transformatörünün Çalışma Prensibi

### 1.2.1. Çalışması

Kullanıldığı yeri, gücü, gerilimi ne olursa olsun bütün transformatörler çalışma prensibi olarak aynıdır. Genel olarak birbirinden bağımsız en az iki sargı ve bu sargıları taşıyan çekirdekten oluşur. Bu sargıların enerji uygulandığı tarafa primer, enerjinin alındığı tarafa da **sekonder** denir (şekil 1.6).

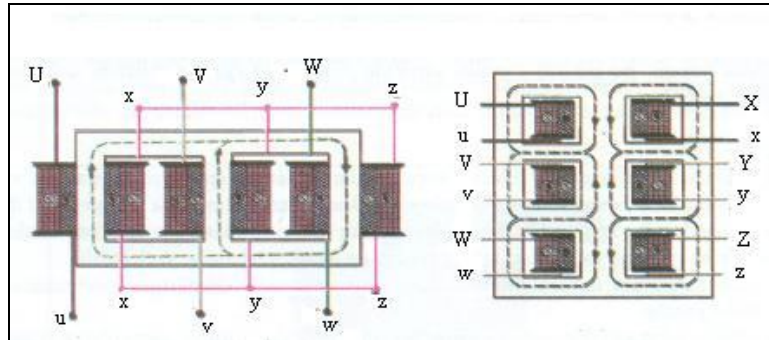


**Şekil 1.6: Transformatör çalışma prensip şeması ve sembolü**

Transformatörün primer sargısına alternatif bir gerilim uygulandığında bu sargı, değişken bir manyetik alan oluşturur. Bu alan, üzerinde sekonder sargısının da bulunduğu manyetik demir nüve üzerinde devresini tamamlar. Primere uygulanan alternatif gerilimin zamana bağlı olarak her an yön ve şiddeti değiştiğinden oluşturduğu manyetik alanında her an yönü ve şiddeti değişir. Bu alanın sekonder sargılarını kesmesi ile sargılarda alternatif bir gerilim endüklenir.

Transformatörlerin primer sargılarına doğru gerilim uygulandığında yine bir manyetik alan meydana gelir. Ancak bu manyetik alan, sabit bir alandır. Bu alanın yönü ve şiddeti değişmeyeceğinden sekonder sargılarında bir (elektromotor kuvveti) EMK indüklemesi söz konusu olmaz.

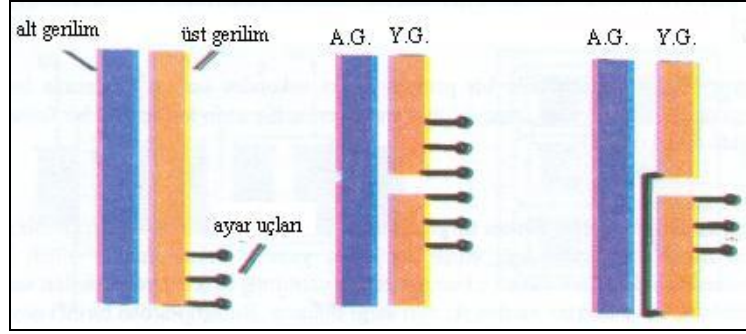
OG / YG transformatörlerinin de çalışma prensibi bakımından küçük güçlü üç fazlı transformatörlerden farkı yoktur. Büyük akım ve gerilim değerleri için yapıldıklarından koruma ve yalıtım özellikleri bakımından farklılıklar gösterirler (şekil 1.7).



**Şekil 1.7: Üç fazlı transformatör sargıları**

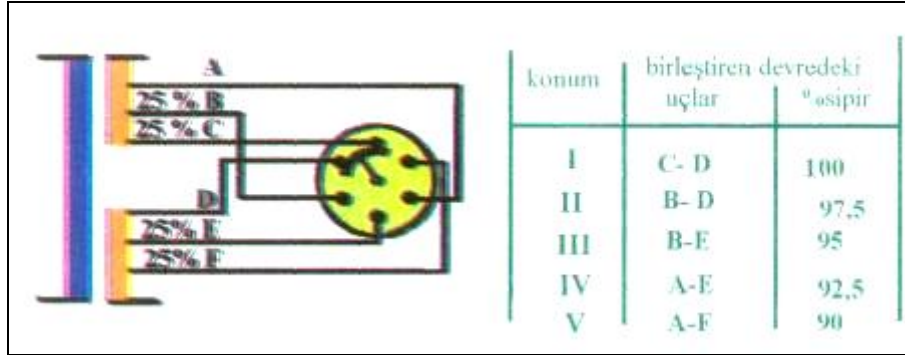
## 1.2.2. Gerilim Ayarı

OG / YG transformatörlerinde enerji nakil hatlarındaki gerilim değişmelerinden ya da kullanıcının kendi yük değişimlerinden dolayı, alçak gerilim tarafını kompanze etmek amacıyla yüksek gerilim sargılarına gerilim ayar sargıları yerleştirilir. Bu ayar sargıları kapak üzerindeki komütatör anahtarına bağlanır (şekil 1.8).



Şekil 1.8: Gerilim ayar bobinleri

Komütatör anahtarı, yüksüz veya yük altında kademe değiştiren olmak üzere iki ayrı tipte imal edilir (şekil 1.9).



Şekil 1.9: Yüksüz gerilim ayarı yapan şalterin transformatöre bağlantısı ve kademe sargı yüzdeleri

Alçak gerilim voltajı istenilen voltajdan düşük ise transformatörün kademe anahtarını bulunduğu voltajdan daha düşük bir voltaja almak gerekir.

Örneğin:

Alçak gerilim 400 V, primer gerilim kademeleri 15000 ,15400, 15800,16200,16600 olan bir transformatörün 3. kademede ( 15800 ) çalıştırıldığını ve alçak gerilim tarafından 380 volt ölçüm yapıldığını düşünelim

Bu durumdaki transformatörün yüksek gerilim tarafındaki gerçek gerilim:

$$380 \times ( 15800 / 400 ) = 15010 \text{ voltur.}$$

Transformatörün çalışması gereken kademe, hesaplanan değere en yakın kademe olmalıdır.

Bu da yukarıdaki örnek için 1. kademe, yani 15000 V olmalıdır.

Transformatörlerde gerilim ayarı yapılırken sistemin yük durumu, transformatörün alçak gerilim tarafındaki kompanzasyon sisteminin sağlıklı çalışıp çalışmadığı, transformatörün yüksüz çalışma hâllerinde oluşacak gerilim yükselmeleri göz önünde bulundurulmalıdır.

### 1.2.3. Soğutma Sembolleri

Bütün güç transformatörleri, sağlıklı bir soğutma ortamına ihtiyaç duyarlar. İyi bir soğutma sistemi transformatör kapasitesini % 25 artırabilir. Transformatörlerde soğutma sistemi harflerle simgelenmiştir ve transformatör plakasının üzerinde yazılıdır.

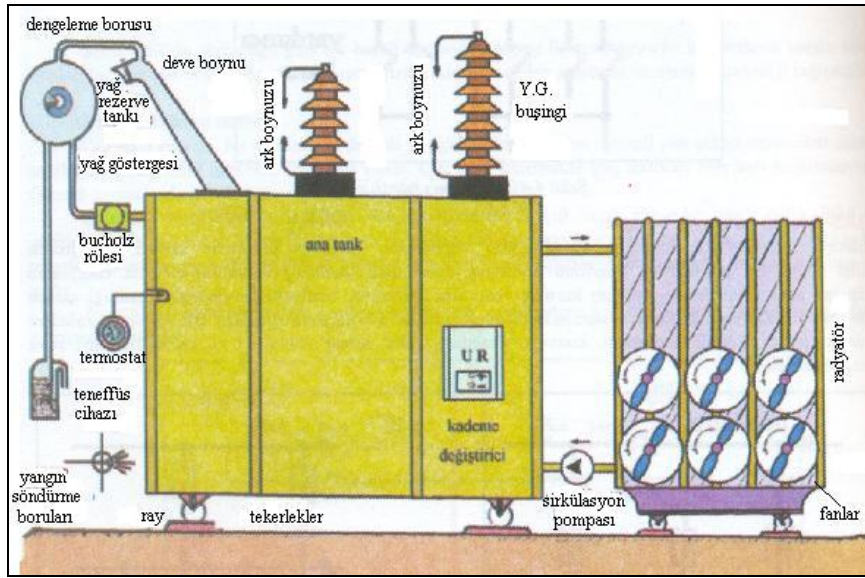
Soğutma sembolü dört harften oluşur.

- Ø **Birinci Harf:** Sargılarda direkt temasta bulunan iç soğutma ortamını anlatır.
  - “ O ” yanma noktası 300 derecenin altında olan mineral yağ ya da sentetik yalıtkan sıvılar
  - “ K ” yanma noktası 300 derecenin üzerindeki sentetik yalıtkan sıvılar.
  - “ L ” yanma noktası olmaya ya da yanıcı olmayan sıvı yalıtkanları anlatır.
- Ø **İkinci Harf:** İç ortamdaki maddenin nasıl dolaşım yaptığını anlatır.
  - “ N ” soğutma elemanları içinden doğal olarak akış
  - “ F ” soğutma elemanları içinden zorlamalı akış, sargılarının içinden ise doğal sirkülasyon
  - “D”soğutma elemanları içinden zorlamalı akış, akış sargılarının içinden ise yönlendirmeli sirkülasyon
- Ø **Üçüncü Harf:** Dış soğutma ortamını tanımlar.
  - A, hava
  - W, su
- Ø **Dördüncü Harf:** Dış çalışma ortamının nasıl sirküle ( çalıştığını ) edildiğini anlatır.
  - Doğal konveksiyon
  - Zorlamalı konveksiyon



Bu durumda; soğutma sistemi ONAN olan bir transformatörün iç soğutma sisteminin yağla ve doğal olarak yapıldığını, yağın temas ettiği dış soğutma ortamının da hava olduğunu, bu ortamın da doğal temas yolu ile gerçekleştiğini söyleyebiliriz (şekil 1.10).

Dağıtım transformatörleri, ONAN soğutma sistemine sahiptir. ONAN transformatörler, sürekli taze ortam havasına ihtiyaç duyar. Dahili tip transformatörler buldukları ortama sürekli ısı yaydıkları için bu ısının atılması için transformatör binalarının uygun havalandırma pencerelerinin açılması gerekmektedir. Taze havanın alt tarafından girmesi ve aksi taraftan transformatör tankının üstünden atılması sağlıklı bir işletme açısından uygun olacaktır.

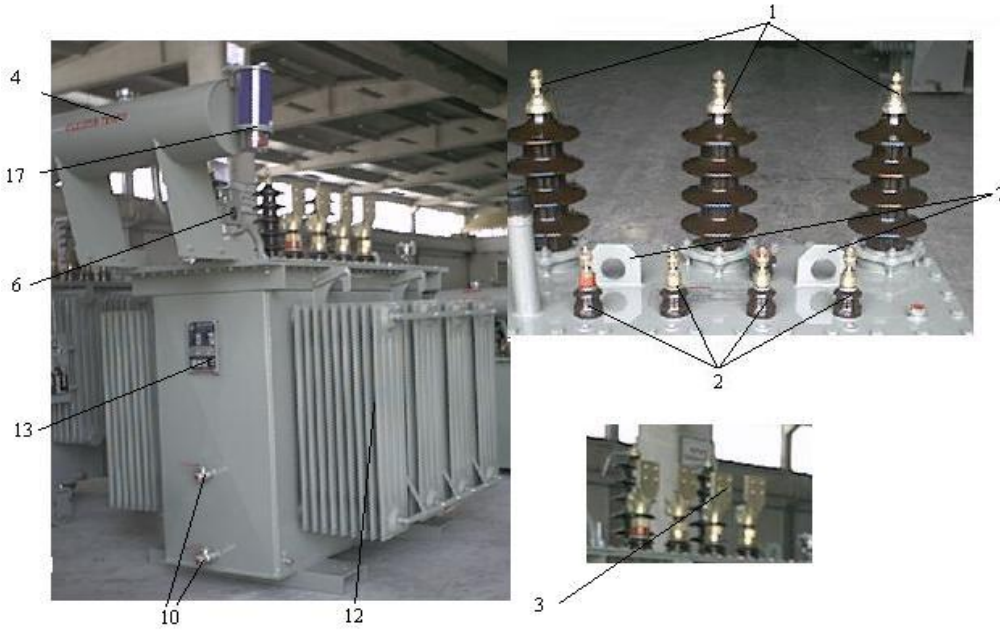


Şekil 1.10: Dağıtım güç transformatörü

Transformatörlerde bulunması gereken standart donanım elemanları (resim1.6) gösterilmiştir:

- Ø 3 adet yüksek gerilim çıkış ucu
- Ø 4 adet alçak gerilim çıkış ucu
- Ø 500 KVA ve yukarı güçler için 4 adet alçak gerilim bara bağlantı pabuçları
- Ø Yağ genleşme deposu
  - Yağ doldurma ağzı ve kapağı
  - Yağ seviye göstergesi
  - Yağ cinsini gösteren etiket

- Ø Termometre cebi (315 kVA ya kadar 1 adet,315 kVA ve daha büyük güçler için 2 adet)
- Ø 315 kVA ve üstü için Buchholz rölesi takılmasına uygun sökölüp takılabilen flanşlı ara parçası
- Ø Aktif kısmı kapakla kaldırabilmek için 2 adet kaldırma halkası
- Ø Boşta gerilim ayar komütatörüne ait kumanda kolu ve pozisyon göstergesi
- Ø Topraklama ucu
- Ø Yağ boşaltma ve örnek alma vanası
- Ø 90° dönebilen tekerlekler (160 kVA'ya kadar istenirse konur.)
- Ø Soğutucu radyatörler
- Ø İsim plakası
- Ø 315 kVA ve üstü için Buchholz rölesi ek donanımı
- Ø Alkollü termometre
- Ø Kadranlı kontaklı termometre (0-120° C,çift kapama kontaklıdır.)
- Ø Hava kurutucusu (630 kVA ve altı için ½ kg üstü içinde 1 kg'dır.)



**Resim 1.6: Transformatorlerde bulunması gereken standart donanım elemanları**

## 1.3. OG / YG Transformatörlerde Meydana Gelebilecek Arızalar

Bilindiği üzere transformatörlerin dört temel bileşeni vardır.

- Ø Primer ve sekonder sargılar
- Ø Manyetik devre ( nüve )
- Ø Bağlantı elemanları
- Ø Transformatör yağları

Bu dört bileşenden herhangi birinin bozulması olasıdır. Şebekede çalışan transformatör sayısı düşünüldüğünde arızalanan transformatör sayısı oldukça azdır. Ancak arızalanan transformatörün onarım bedelleri oldukça yüksek olduğundan ciddi olarak üzerinde durulması gereken bir konudur.

Arızalanan bir transformatörün:

- Ø Onarım bedeli yüksektir.
- Ø Onarım süresi uzundur.
- Ø Vinç ve nakliye bedelleri pahalıdır.
- Ø Onarım süresince tesis enerjisiz kalacak, jeneratörü var ise düşük kapasite çalışması gerekecek.
- Ø Yedek transformatör konması hâlinde montaj, demontaj masrafları çıkacaktır.

Bu nedenle transformatör arızalarının ortaya çıkmadan arıza sebeplerinin ortadan kaldırılması en ekonomik yöntemdir. İzleme ve önleme maliyetleri her zaman düzeltme (onarım) maliyetlerinden daha düşüktür. Transformatör arızalarını aşağıdaki şekilde sınıflara ayırabiliriz

### 1.3.1. Manyetik Devre Arızaları

Manyetik devre arızalarının temel nedeni üretim kaynaklı hatalardır. Transformatörün yüksek ve anormal sesle çalışması, boşa çalışırken dahi aşırı ısınması ve hatta devre dışı olması gibi belirtileri vardır. Bu tip arızaların toplam transformatör arızaları içinde yeri çok az olmakla birlikte arızaların giderilmesi, trafonun yeniden tasarlanmasını gerektireceğinden trafo üzerinde fazla müdahale şansı yoktur. Genelde eski tip transformatörlerde görülür. Manyetik devre bozuklukları trafonun boşa kaybını anormal düzeyde artırır. Boştaki kayıp ve akım; bazılarında sabit bir seyir izlemez, değişkenlik gösterebilir. Transformatörün mıknatıslanma akımındaki aşırı harmonikler, enterkonnekte şebekenin de bozulmasına sebep olur. Boştaki kayıp transformatör devrede olduğu sürece ölçülendirme sistemine göre primerden ölçü varsa kullanıcının faturasına, sekonderden ölçülendirme sistemi varsa ulusal ekonomimize yansır.

Hatalı yerleştirilmiş transformatör sacları



Resim 1.7: Üretim hata kaynaklı nüve

### 1.3.2. Sargılardaki ve Di Elektrik Devrelerdeki Bozukluklar

Bu tip arızalar, başta transformatör sargılarında ve daha sonra ana yalıtım devresinde meydana gelebilir. Transformatör içindeki yalıtımdaki arıza nadir de olsa geçici olabilir, yani transformatör yağı bu delinmeyi bertaraf edebilir ve çalışmasını sürdürebilir ya da yalıtımdaki delinme kalıcı bir hâl alabilir ve transformatör devre dışı olabilir. Bu tip arızalarda:

- Ø Transformatör yağının görünümü ve kokusu keskin bir şekilde değişir.



Resim 1.8: Görünümü ve kokusu değişmiş trafo yağı

- Ø Transformatör yağı rezarvuardan dışarı atılmış olabilir.

Kazan dışına taşmış trafo yağı



**Resim 1.9: Kazan dışına taşmış trafo yağı**

- Ø Transformator sargı dirençleri ya hiç ölçüm vermez ya da başlangıç değerlerinden anormal değişkenlikler gösterir.
- Ø İzolasyon dirençleri direkt kısa devre gösterebilir.
- Ø Toprak ile temas söz konusu olabilir.
- Ø Bu tip arızalarda transformator sargıları yanabilir.

Yanmış trafo sargıları



**Resim 1.10: Yanmış trafo sargıları**

- Ø Transformator yağı yanabilir.
- Ø Komütatör anahtarı yanabilir.

- Ø İzolatörler yanabilir.
- Ø Bucholz rölede yanıcı gaz birikmiş olabilir.
- Ø Yanma esnasında kazan içindeki aşırı basınç, tankı deforme edebilir.



**Resim 1.11: Deforme olmuş trafo kazanı**

- Ø Yüksek gerilim, alçak gerilim sargısına direkt ya da belirli bir empedans üzerinden bölünerek sirayet edebilir. Alçak gerilim panosu ve sayaç devreleri zarar görebilir.

Bu tip arızalar, üretim kaynaklı, kullanıcı kaynaklı ya da sistem kaynaklı olabilir.

#### **1.3.2.1. Üretim Kaynaklı İç Yalıtım Arızalarında**

- Ø Yetersiz ya da uygun olmayan kurutma
- Ø Yetersiz tretman işlemleri
- Ø Yetersiz ham madde
- Ø Projelendirme hataları
- Ø Yetersiz kontrol

#### **1.3.2.2. Kullanıcı Kaynaklı Hatalar**

- Ø Yanlış projelendirme

- Ø Yanlış montaj
- Ø Yetersiz ya da eksik koruma
- Ø Transformatörün ve bulunduğu merkezin yeterli kontrol ve bakımdan geçirilmemesi
- Ø Anormal geçici ya da sürekli çalışma şartları
- Ø Sel, deprem gibi doğal afetler

#### 1.3.2.3. Sistem Kaynaklı Hatalar

- Ø Devreye girme anlarındaki yüksek gerilim, yüksek frekans darbeleri (manevra darbe gerilimleri )
- Ø Ani devrelerden çıkmalarda gerilim yükselmeleri
- Ø Atmosferik aşırı gerilimler

Yukarıda sınıflara ayrılan arızalar ülkelerin ekonomik yapısı, doğa ve iklim koşulları, enerji sistemlerinin yeterliliği gibi nedenlerle farklı oranlarda meydana gelir. Gelişmiş Avrupa ülkelerinde yapılan arıza analizlerinde dağıtım transformatörlerindeki arızaların büyük bir kısmının (% 80) sargı girişindeki siphirlerde yaşanan kısa devrelerinden meydana geldiği, geri kalanın ise kullanıcı kaynaklı hatalar olduğu tespit edilmiştir. Olası arızalar laboratuvar şartlarında yaratılarak transformatörlerin ve koruma sistemlerinin davranışları incelenmiş, yapılan bu incelemeler doğrultusunda transformatör arızalarının önlenmesi için etkin koruma sistemleri geliştirilmiştir.

Transformatör arızalarının nedenlerini teşhis edebilmek için arıza anındaki delilleri saptamak gerekir. Arıza teşhisini net olarak ortaya koyabilmek son derece zor olmasına rağmen, deliller doğrultusunda teşhis yapmanın, arızanın yeniden yaşanmaması için önemli faydaları vardır. Ancak bu delillerin zaman içerisinde yok olabileceğini ya da çeşitli etkilere maruz kalarak değişebileceğini de göz önünde bulundurmak gerekir.

#### 1.3.2.4. Arıza Delilleri

Transformatör üzerinde gözle görünür deliller:

- Ø Kazanda bir deformasyon, izolatörler, yağ seviyesi, eklatörlerin durumu, kademe anahtarı durumu ve pozunu, hava kurutucusu ve contası, depo kapağı contası vb.
- Ø Transformatör içerisindeki gözle görünür ibareler ve transformatör üzerinde üretici firmada yapılan ölçümler

- Ø Transformatör merkezinde bulunan koruyucu elemanların durumları ve değerleri, sekonder koruma sistemi değerleri, parafudrların aktivitesi, sigortaların durumu, çift kontaklı termometrelerin değerleri, arıza anındaki sıcaklık durumu
- Ø Transformatörün üretici firmasının test raporu
- Ø Transformatörün işletme sırasındaki seyrine ait ölçüm raporları (bakım testleri)
- Ø Topraklama dirençleri
- Ø Transformatörün enerjilendirdiği yükün karakteristik yapısı
- Ø Kompanzasyon sistemi
- Ø Transformatörün bulunduğu ortamın deniz seviyesinden yüksekliği
- Ø Arıza anındaki iklim koşulları
- Ø Transformatörün bulunduğu ortamın soğutma durumu
- Ø Arıza anında transformatörün bulunduğu yerde herhangi bir personel varsa onun beyanları gibi delillerin değerlendirilmesi yapılır, arıza nedenleri netleştirilir.

#### **1.4. OG / YG Transformatörlerin Bakımları**

Trafoaların uzun süre verimli çalışabilmesi, düzenli bakım ve kontrol ile sağlanabilir. İşletmeye alınmış bir trafoda kontrol edilmesi gereken elemanlar ve bunlar üzerinde gözlenmesi gereken hususlar şunlardır:

- Ø Trafonun yüzey temizliği
- Ø Mekanik kısımların genel kontrolü
- Ø Boyalı madenî kısımların boyalarının kontrolü
- Ø OG ve AG kısımlarındaki somun, rondela, saplama ve kablo pabuçları, boru bağlantı pabuçlarındaki oksitlenmeler
- Ø OG – AG buşinglerinin çatlak ve kırık olup olmadığı
- Ø Hava kurutucusunda bulunan silikagel rengi, miktarı ve pembeleştiği kısım
- Ø Ark boynuzlarının eğik ve çarpık olup olmadığı
- Ø Trafonun topraklama civata ve somunlarının gevşeyip, oksitlenip oksitlenmediği
- Ø Yağ ve sargı ısı göstergeleri varsa bunların ısılarının gözlenmesi



- Ø Çift kadranlı termometre varsa elektriki bağlantısının gevşekliği ve temizliğinin gözlenmesi
- Ø Yağ rezerve tankındaki yağ seviyelerinin kontrolü
- Ø Trafo üzerindeki çeşitli conta ve ek yerlerinde yağ sızıntısının olup olmadığının kontrolü
- Ø Buchholz rölesi varsa yağ seviyesinin ve elektriki bağlantılarının kontrolüne dikkat edilmelidir.

#### 1.4.1. Transformatörü İşletmeye Almadan Önce Yapılacak İşlemler

- Ø Yağ kaçağı olup olmadığı kontrol edilmelidir. Yağ kaçağını gidermek için:
  - Nakliye ve indirme esnasındaki sarsıntılardan cıvatalarda gevşeme olabilir. Bu durumda contalardan yağ sızabilir. Bağlantı elemanlarını hafifçe sıkınız. Buşingleri tutan cıvatalara fazla kuvvet uygulamayınız, buşingler çatlayabilir.
  - **B.** Nakliye esnasında çarpma, delinme gibi hasarlar oluşmuş ve yağ kaçağı giderilemiyor ise üretici firma ile temasa geçiniz.

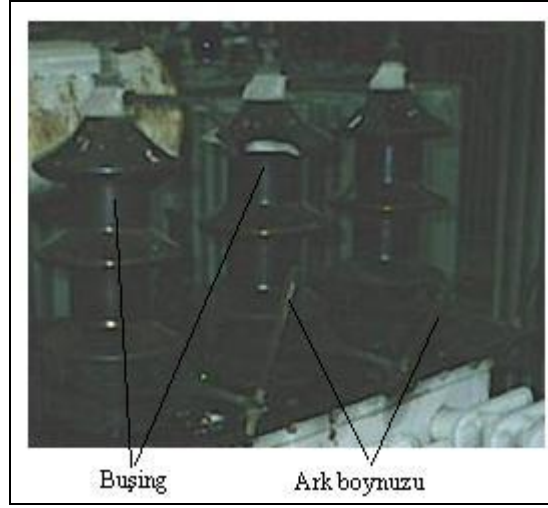


**Resim 1.12: Nakliye esnasında hasar görmüş trafo**

- Ø Yağ genişleme deposundaki yağ seviyesini kontrol ediniz. Depo yan yüzünde bulunan yağ seviye göstergesinde 20°C seviyesi işaretlenmiştir. Ortam sıcaklığına bağlı olarak yağ seviyesi, işaretin biraz üstünde ve altında olabilir. Yağ seviyesi normalden düşük ise deponun üzerindeki kapağı açarak transformatörün etiketinde belirtilen cinsten ve üreticiden alınmış yağı ilave ediniz. Yağın nem durumuna dikkat ediniz. İlave edilecek yağ, kullanımdan önce test edilmelidir. Depoya normalden fazla yağ koymayınız. Aksi takdirde çalışma esnasında transformatör ısınacaktır. Genleşen yağ depodan çıkabilir.
- Ø Transformatörde hava kurutucusu (slicagel kabı) bulunmuyor ise yağ genişleme deposu kapağının içinde bulunan contayı çıkarınız. Aksi takdirde transformatör hava alamayacağı için zamanla tankta deformasyon olabilir. Transformatörünüz hasar görebilir. Kapak içinden çıkan contayı ortasından delerek transformatör üzerinde uygun bir yerde muhafaza ediniz. Transformatörün herhangi bir sebep

ile nakliyesi gerektiğinde contayı tekrar kapak içine takarak nakliye esnasındaki sarsıntılardan dolayı yağ genleşme deposundaki yağın dışarıya çıkması önlenecektir. Ayrıca transformatörün ihtiyaç dışı olması durumunda stoklarınızda bekletilirken yine kapak contasının takılması şarttır.

- Ø Buşingleri gözle kontrol ediniz. Kırık veya çatlak var ise değiştiriniz (resim 1.13).



**Resim 1.13: Kırık buşing ve ark boynuzu**

- Ø Ark boynuzlarının aralıklarını kontrol ediniz. Bozulmuşsa aralıkları uçları birbirine bakacak şekilde aşağıdaki değerlere göre ayarlayınız ( resim 1.13).

Gerilim	6,3kV	10kV	15kV	33kV
Ark boynuzu aralığı	60 mm	85 mm	115 mm	220 mm

**Tablo 1.1: Ark boynuzu aralığı tablosu**

- Ø Transformatör 6 aydan uzun süre stoklarınızda beklemiş ise yağı nem almış olabilir. Yağ numunesini test ettiriniz.
- Ø Transformatörde hava kurutucusu, bucholz röle, çift kontaklı termometre gibi koruyucu teçhizatlar bulunuyor ise ilgili talimatlara göre cihazların kontrolünü yapınız.
- Ø Transformatör kapalı ortamda çalışacak ise tabanda ve yukarıda hava giriş ve çıkışını sağlayacak uygun boyutlarda açıklıklar bulunmasını ve havalandırılmasını sağlayınız.
- Ø Transformatör boyasının bozulmuş kısımları varsa bu kısımları temizleyiniz ve boyayınız.



**Resim 1.14: Boyası deforme olmuş transformatör**

#### **1.4.2. İşletmeye Alma**

- Ø Kademe anahtarını, transformatörün etiketi üzerinde bulunan bilgilerden yararlanarak orta gerilim voltajınıza uygun pozisyona getiriniz. Kademeyi ayarlamak için yapılacak işlemler, kademe anahtarı başlığının üzerinde yazılıdır. Kademe anahtarı çevirme başlığına büyük kuvvetler uygulamayınız.

**Kademe değiştirme işlemini mutlaka transformatör enerjisizken yapınız!**

Transformatörün koruma sisteminin akım değerlerini ve kesme sürelerini kontrol ediniz.

- Ø Topraklama direnci ve bağlantılarını kontrol ediniz.
- Ø Transformatörü yüksüz olarak devreye alınız. Boşta çıkış gerilimlerini kontrol ediniz. Transformatörü kademeli olarak yükleyiniz.

#### **1.4.3. Periyodik Kontroller**

- Ø Yılda en az bir kere yukarıda 13 maddede bahsedilen kontrolleri yapınız. Belirtilen şekilde yağ numunesini alarak test ettiriniz. Elektrik bağlantıları gevşek ise sıkınız.
- Ø Transformatör yedek parça ihtiyacınız için, transformatör etiket değerlerini bildirerek gerekli başvuruları yapınız.

## 1.4.4. Transformatör Donanımları

### 1.4.4.1. Bucholz Röle

#### Ø Genel Yapısı

Bucholz röle, transformatör yağı içinde oluşacak gazlara bağlı olarak ikaz ya da açma sinyali veren koruyucu röledir. Bucholz rölesi, aşağıda belirtilen arızalarda işlem görür:

- Sargı kısa devrelerinde
- Sargı ile nüve arası kısa devrelerde
- Gerilim taşıyıcı elemanlarının kendi aralarındaki atlamalarında
- Gerilim taşıyıcı elemanlarından kazan, kapak ve nüveye olan atlamalarda
- Hatalı iletken bağlamaları ve kopmalarında
- Yağa hava girmesi veya gaz oluşmasında
- Yağ eksilmesinde

#### Ø Test ve Ayar

Bucholz röle, işletmeye alınmadan önce aşağıda belirtildiği şekilde kontrol edilmelidir.

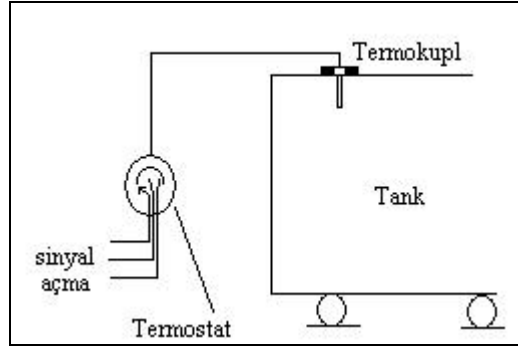
- Röle üzerinde ok işareti, genleşme kabı tarafını gösterecek şekilde olmalıdır.
- Röledeki havanın çıkması için üst kapakta bulunan test başlığı sökülüp yağ çıkıncaya kadar açık tutulur.
- Bağlantı şekli kontrol edilir.
- Bucholz röle kontaklarının çalışmasını kontrol etmek için test butonunun kapağını çıkarınız ve bu butona yavaş yavaş bastırınız. Rölenin önce alarm, sonra açma kumandası vermesi gerekir.
- Bucholz rölede gaz toplanması hâlinde gazın yanıcı olup olmadığını, üzerine eğilmeden alev yaklaştırarak kontrol ediniz. Yanıcı gaz, transformatör içinde arıza olduğunu gösterir. Bu durumda transformatöre tekrar enerji uygulamayınız. Yanıcı olmayan gaz ise büyük ihtimalle transformatör içinde sıkışmış havadır. Transformatör çalışmaya devam edebilir. Mümkün ise bucholz rölede biriken gazı analiz ettiriniz.
- Röle kontaklarının taşıyabilecekleri en yüksek akım değerleri röle üzerinde bulunan etikette yazılıdır. Bu değerleri aşmayınız.

#### 1.4.4.2. Çift Kontaklı Termometre

Bu elemanlar, güç trafolarının sargı veya yağ sıcaklıklarının tespiti ile tehlikeli sınırlarda alarm ve açtırma yapabilecek şekilde yerleştirilmiş cihazlardır. Özellikle trafoların aşırı yüklenmelerinde fanları çalıştırmada, alarm vermede hatta trafoyu devre dışı bırakacak kesicileri açtırmada kullanılırlar.

Alarm ve açtırma ibrelerinin ayarı veya elektrik bağlantılarının kontrolü için termometrenin önündeki kapağı ve camı çıkarınız.

Alarm ve açtırma kontaklarının akım taşıma kapasitelerini aşmamak için yardımcı röle kullanınız. Termometre sondasına bağlı boruya keskin dönüş yaptırmayınız. Termometre cebine bir miktar yağ ilave ediniz.



Şekil 1.11: Yağ ve ısı sargı göstergesi

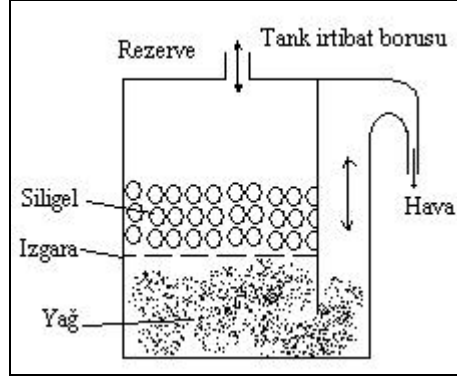
Termostatın kadranı üzerindeki göstergede, ibresinden hariç iki adet ayarlanabilir elektriki kontak ibresi bulunur. Bu ibreler, istenilen sınırlar içinde alarm ve açtırma devresine kumanda ederek görev yaparlar. Bazen de bunlardan yararlanılarak trafo fanları devreye sokulup çıkarılabilir.

Alarm devresine ait ibre, genelde 50 °C – 60 °C'ye ve açtırma devresinin ibresi ise 70°C – 80 °C'ye ayarlanır.

#### 1.4.4.3. Hava Kurutucuları

##### Ø Genel

Hava kurutucusu, hava kurutma maddesi (slicagel) doldurulan cam kap ve yağ çanağından oluşmaktadır. Transformatörlerde kullanılan hava kurutucuları; transformatörlerin büyüklüklerine, yağ hacimlerine ve çalışacağı ortamın nem derecesine göre imal edilir. Hava kurutma maddesi slicagel; kimyasal olarak nötr hâle getirilmiş, çok iyi nem alma özelliğine sahip, sert, kuru olduğu zaman koyu mavi renkte, nem aldıkça pembeleşen bir maddedir.



Şekil 1.12: Teneffüs tertibatı (hava kurutucusu )

Silikajel, silisit asit hidartın kobalt nitratla emprenye edilmesinden üretilir. Ağırlığının % 40 oranında su (nem) alma özelliğine sahiptir.

#### Ø Kontrol ve Bakım

Transformatörün nakliyesi sırasında yağın slicagel maddesine bulaşmaması için yağ haznesi boş olarak gönderilir. Transformator işletmeye alınmadan önce yağ çanağı, işaretli seviyeye kadar transformator yağı ile doldurulur. Slicagelin yağlanmamasına dikkat edilmelidir. Yağlanan slicagel, siyah renk alır ve nem alma özelliğini kaybeder. Slicagelin ¾ 'ü pembeleştiğinde değişmesi gerekir.

#### 1.4.4.4. Buşingler

Transformatörlerde macunsuz, üzeri sırlanmış, seramik buşingler kullanılır. Üst kapağa conta ile yağ sızdırmaz bir şekilde monte edilmiştir. Transformator devreye alınacağı zaman buşing tijinin somunu gevşetilerek tij 5 mm kadar buşing içine itilir. Biriken hava varsa dışarıya çıkması sağlanır. Yağ sızmaya başladığı anda somunlar tekrar sıkılır ve sızan yağ temizlenir.

#### Ø Buşing Değişirme İşleminin Yapılması

Buşinglerin çatlama, kırılma gibi nedenlerden dolayı değişmesi gerekebilir.

- Önce transformator yağı, kapak altı seviyesine kadar temiz ve kuru bir kaba boşaltılır; hava almayacak şekilde muhafaza edilir.

Bu şekilde alınan yağ tekrar kullanılabilir.

- Buşingin somunlarını ve buşing başlığını sökünüz, buşingi çıkarınız. Bu esnada transformator içerisine yabancı madde kaçmasını önleyiniz.
- Buşingle kapak arasındaki contayı değiştiriniz. Diğer contaları da kontrol ederek gerekiyor ise değiştiriniz.

- Yeni buşing başlığını ve somunlarını takınız.
- Tiji izolatör içinde yuvasına yerleştiriniz. Buşing somunlarını ve başlığını takarak sıkınız.
- Transformatörün yağını tamamlayınız.
- Üstteki somunları biraz gevşeterek buşingin içine sıkışmış havayı boşaltınız.

#### 1.4.4.5. Transformatör Yağları

##### Ø Genel

Transformatörlerde yalıtım ve soğutma maddesi olarak kullanılan madenî yağlar, zamanla gerek transformatörün aktif elemanları arasında çeşitli sebeplere dayanan deşarj sonucu ayrışma, gerekse yüke bağlı ısı farklılıklarından kaynaklanan hava alışverişi sonucu kimyasal olarak bozulurlar. Yağ, ayrışan ve parçalanmış katı yalıtım maddeleri ile karışarak dibe çöker. Dipte çamurlaşma olur. Hava kurutucusu olmayan ya da varsa bile bakım yapılmayan transformatörlerde yağ genişleme kabı üzerinden havanın nemini alarak yalıtkan özelliğini kaybeder. Bu nedenlerden dolayı yağın numunesi alınarak delinme geriliminin ölçülmesi gerekir. Test sonucunda yağın kurutulması veya değiştirilmesi gerekebilir.



Resim 1.15: Örnek olarak alınmış yağ numuneleri

##### Ø Yağ Numunesi Alınması

- Numune kabı olarak renkli cam şişe ya da paslanmaz sac kap kullanınız. Numune alma kabını ve numune alımında kullanılacak gereçleri (huni, hortum vs.) iyice temizleyiniz ve kurutunuz. Numune alacağınız vanayı iyice temizleyiniz.
- Bir miktar yağı boşa akıtınız. Numune kabına bir miktar yağ koyunuz, çalkalayınız ve dökünüz. Numune kabını ağzına kadar doldurunuz. Yağ testi için en az 1,5 litre yağ gereklidir.
- Numune kabının ağzını yağdan etkilenmeyecek bir kapak ile sıkıca kapatınız. Kabın üzerine etiket yapıştırarak gerekli olan numune

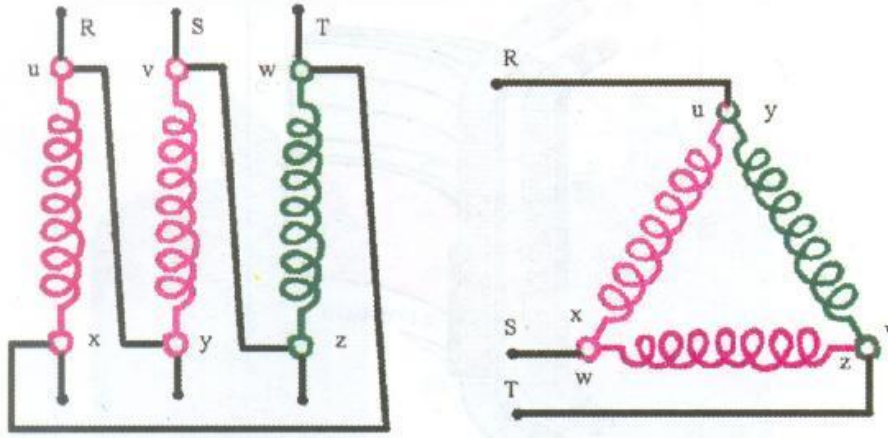
numarasını, gücü ve gerilimi yazınız. En kısa zamanda test için gönderiniz.

## 1.5. OG / YG Transformatör Bağlantıları

Yüksek gerilim transformatörlerinin sargıları üçgen, yıldız ve zikzak olmak üzere üç şekilde bağlanır.

### 1.5.1. Üçgen (D) Bağlantı

Üçgen bağlantı hem primer hem de sekonder için aynıdır. Üçgen bağlantıda fazlara ait sargılar, birbirleri ile kapalı bir devre oluşturur. Üçgen bağlantı, nötr hattı istenmeyen yerlerde kullanılır.

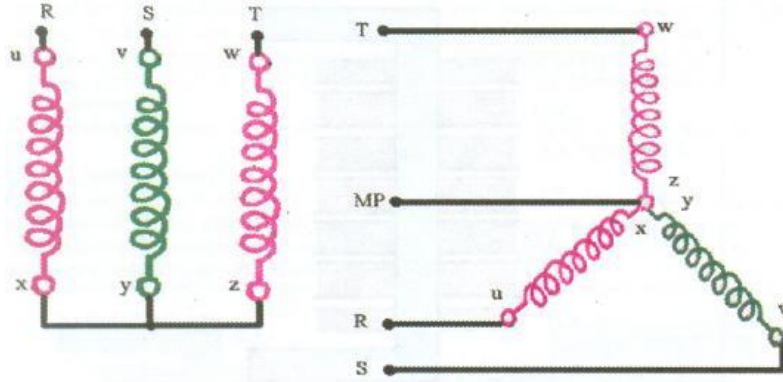


Şekil 1.13: Üçgen bağlantı şeması

### 1.5.2. Yıldız (I) Bağlantı

Yıldız bağlantı, primer ve sekonder için aynı şekilde uygulanır. Fazlara ait sargıların birer ucu birleştirilir. Diğer uçlara fazlar uygulanır. Birleştirme noktasına nötr veya yıldız noktası denir. Yıldız bağlantı, yıldız noktası sıfır olduğundan daha çok sıfırlamanın (nötr) istenildiği yerlerde kullanılır.

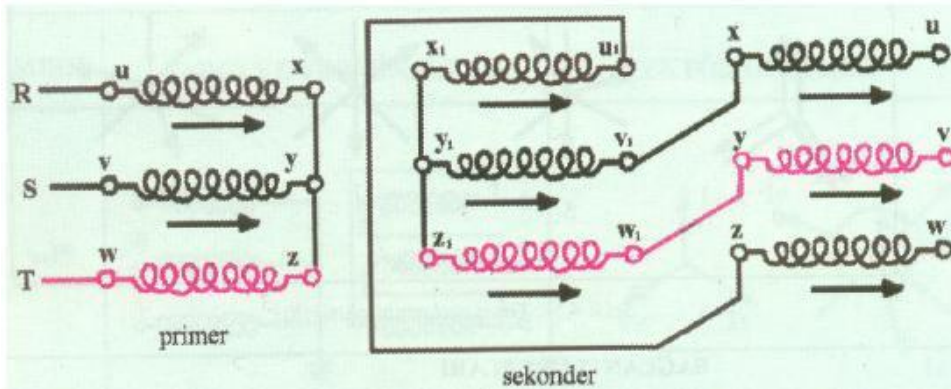




Şekil 1.14: Yıldız bağlantı şeması

### 1.5.3. Zikzak Bağlantı

Transformatörlerin sekonderinde uygulanır. Kullanılan iletken miktarı, yıldız veya üçgen bağlantıya göre fazladır. Sekonderde aynı faza ait eşit gerilimli iki parka sargı bulunur ve bu sayede fazların dengeli bir şekilde yüklenmesi sağlanmış olur. Sekonderde aynı faza ait eşit iki sargıdan biri başka faza ait nüve üzerindedir.



Şekil 1.15: Zikzak bağlantı

### 1.5.4. Bağlantı Özellikleri

Transformatör sargılarına hangi bağlantıların uygulanacağı transformatörün gücüne, gerilimine, enerjilendireceği sistemin simetrisine ( Nötr noktasının yüklenme kabiliyetine) ve sistem gerilimine bağlıdır.

Üçgen bağlantıda şebekenin her iki fazı bir sargıya uygulanır. Her bir sargı, şebekenin faz arası gerilimi ile beslendiğinden sargıların hem girişini hem de çıkışını aynı derecede yalıtılmak gereklidir. Bu sebeple çok yüksek gerilimlerde ( 154 – 380 kV ) tercih edilmez . Sargılara giren akımlar, şebeke akımından 1.73 oranında daha düşük olduğundan sargılarda kullanılan tel kesiti daha düşük olacaktır. Bununla birlikte sargıları enerjileyen gerilim yüksek olduğundan siper sayısı da 1.73 kat yüksek olacaktır.

Yıldız bağlantı şebekede sıfır (nötr noktası) yaratarak faz arası gerilimden başka faz, nötr geriliminin kullanılmasını sağlar. Alçak gerilim tarafında kullanılır. Yıldız bağlantıda sargı gerilimi hat geriliminden 1.73 oranında düşük olduğundan yalıtım açısından daha avantajlı olur.

Üçgen bağlantının büyük güçlerde ve düşük gerilimde, yıldız bağlantının ise küçük güçlerde ve yüksek gerilimde kullanılması avantajlıdır.

Transformatörün primer veya sekonder herhangi bir sargısında üçgen bağlantı bulunmayan transformatörlerde yıldız bağlantıya ilave dengeleme sargısı konularak mıknatıslanma akımındaki harmonik bozuklukların önüne geçilebilir. Zigzag bağlantıda her bir faz sargısı muhtelif bacaktaki sargı ile seri olarak bağlanır. Böylece akım her ne şartla olursa olsun ikiye bölünmüş olur.

Üçgen bağlantı hem alt hem de üst gerilim sargısına uygulanabilirken zikzak bağlantı yalnızca sekonder sargıya uygulanabilir. Zigzag bağlantı simetrik olmayan yüklerin beslemesinde kullanılır.

- Ø **Yıldız–Yıldız Bağlantı:** Ufak dağıtım trafolarında kullanılabilir. Nötr hattı % 10 üzerinde yüklenemez.
- Ø **Yıldız–Zikzak Bağlantı:** Ufak dağıtım trafolarında kullanılabilir. Nötr hattı % 100 yüklenebilir.
- Ø **Üçgen–Yıldız Bağlantı:** Büyük dağıtım trafolarında kullanılabilir ve nötr hattı tam yüklenebilir.
- Ø **Yıldız–Üçgen Bağlantı:** Santrallerde kullanılan büyük güç trafoları, bu bağlantı grubuna girer.

### 1.5.5. Bağlantı Grupları ve Grup Açısı

Üç fazlı güç transformatörlerinin sargılarının bağlantı grupları ve grup açıları şu şekildedir.

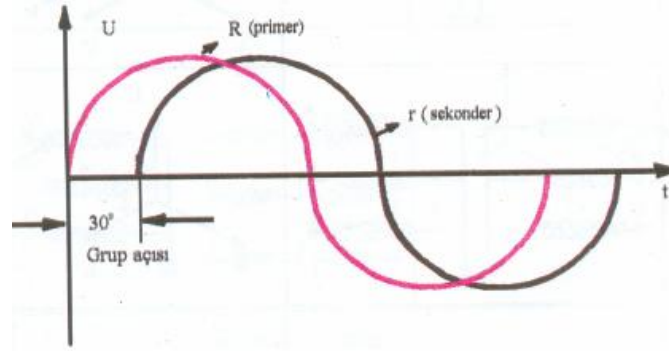
Güç transformatörlerinin bağlantı şekilleri, iki harf ve bir rakamla belirtilir. Örnek olarak açıklamak gerekirse Yd1 ifadesinde birinci harf, primer (üst gerilim sargısı) sargının bağlantı şeklinin yıldız olduğunu gösterir. İkinci harf, sekonder sargının (alt gerilim sargısı) bağlantı şeklinin üçgen olduğunu ifade eder. Rakam ise sekonder ve primer gerilimleri arasındaki grup açısını, yani faz farkını ifade eder.

#### Ø Grup Açısı

Primer sargının bir fazına alternatif gerilim uygulanırsa aynı fazın sekonder sargısında da bir gerilim indüklenir. İşte bu aynı faza ait primer ve sekonder sargılarda indüklenen gerilimler arasında bir faz farkı oluşur. Oluşan bu faz farkına **grup açısı** denir.

Bağlantı gruplarından grup açısı  $30^\circ$ 'ye bölünmek suretiyle bir sabite olarak verilir.

$Yd_1$  örneğinde grup açısı  $1 \times 30 = 30^\circ$  dir.



**Şekil 1.16: Grup açısının gerilim zaman eğrisi**

Bağlantı gruplarını ifade etmek için belirlenen kısaltma sembollerinde büyük harfler, primer için; küçük harfler ise sekonder için kullanılır.

Y = Yıldız

y = Yıldız

D = Üçgen

d = Üçgen

Z = Zikzak

z = Zikzak

Grup açıları için belirlenen kısaltmalar şu şekildedir:

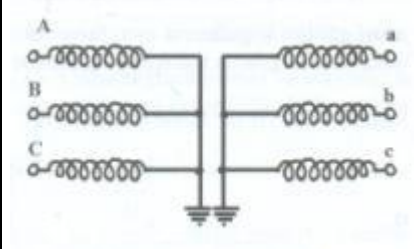
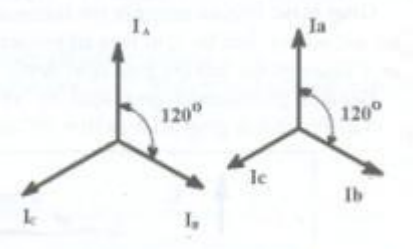
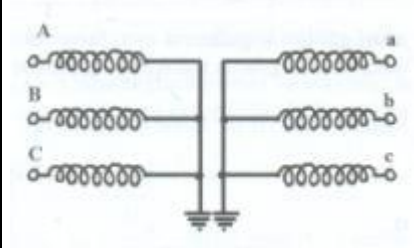
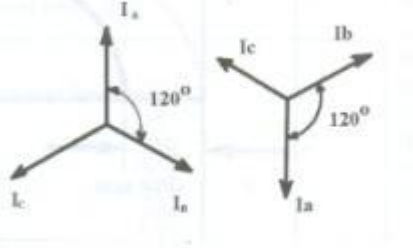
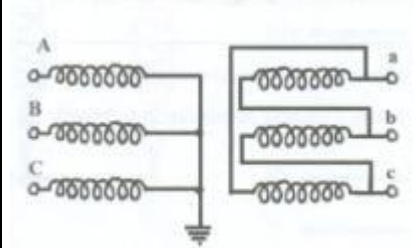
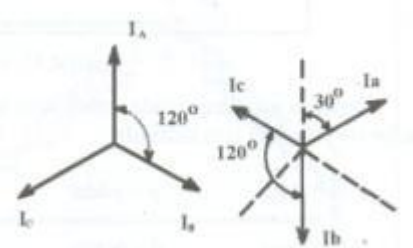
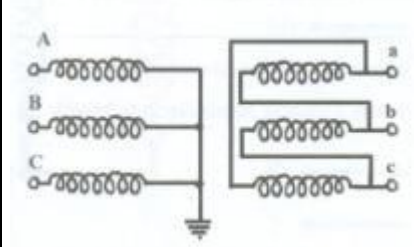
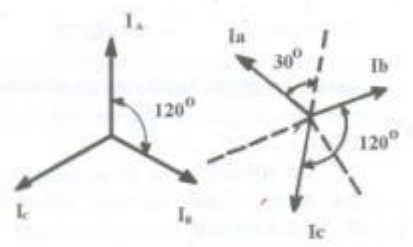
$$0 - 0 \times 30 = 0^\circ \quad 1 - 1 \times 30 = 30^\circ$$

$$5 - 5 \times 30 = 150^\circ$$

$$6 - 6 \times 30 = 180^\circ \quad 7 - 7 \times 30 = 210^\circ$$

$$11 - 11 \times 30 = 330^\circ$$

Bağlantı gruplarına ait şekiller tablo 1.2 ve tablo 1.3'te verilmiştir.

BAĞLANTI GRUPLARI		
SEMBOL	SARGI VE TERMİNALLER	VEKTÖR GRUPLARI
Yy0		
Yy6		
YD1		
YD11		

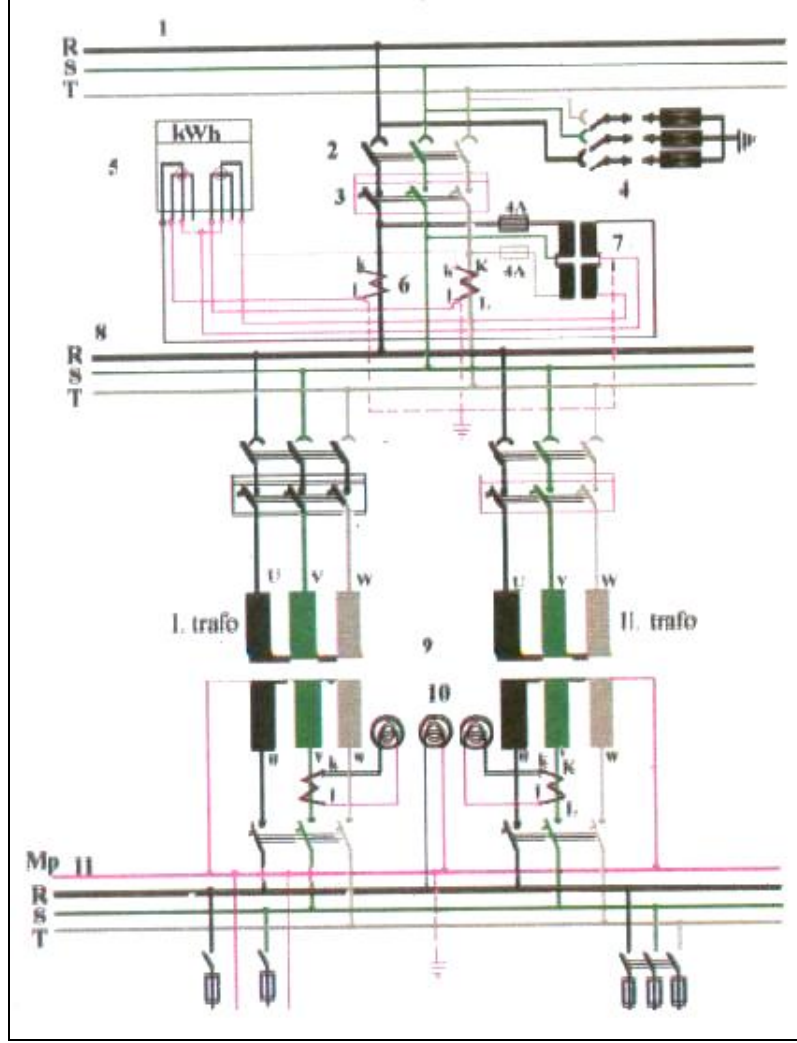
Tablo 1.2: Bağlantı grupları

BAĞLANTI GRUPLARI		
SEMBOL	SARGI VE TERMİNALER	VEKTÖR GRUPLARI
Yd5		
YD7		
YZ1		
YZ11		

Tablo 1.3: Bağlantı grupları

### 1.5.6. Paralel Bağlantılar

Transformatörlerden çekilen güç, nominal güçten büyük olduğunda yapılacak iki yöntem vardır. Bu yöntemlerden birisi, devredeki trafonun yerine daha büyük güçte bir transformatör devreye alınır. Diğer yöntem ise anma gücü çekilen güce yeterli olmayan transformatöre gücü paylaşabilecek bir transformatör paralel bağlanır. Transformatörlerin paralel bağlanması yöntemiyle şalt merkezlerinde bakım ve onarım kolaylığı sağlanabilir.



Şekil 1.17: Trafo merkezine ait prensip şema

Aynı anma gerilimli üç fazlı iki veya daha fazla transformatörün üst gerilim sargıları, kendi arasında veya alt gerilim sargıları kendi arasında herhangi bir koşul olmaksızın paralel bağlanabilir. Eğer transformatörlerin alt ve üst gerilim sargılarının her ikisi birden paralel bağlanacaksa aşağıda açıklanan şartların yerine getirilmesi gerekir. Bu şartlar yerine

getirilirse transformatörler arasında oluşabilecek sirkülasyon akımları önlenir. Nominal güçte yüklenmeleri sağlanır.

- Ø Transformatörlerin bağlantı grupları her ikisi içinde aynı olmalıdır. Bağlantı grubu birbirinin aynısı olursa alt gerilim sargısının gerilimlerinin de aynı fazda olması sağlanır.
- Ø Transformatörlerin boştaki dönüştürme oranları eşit olmalıdır. Bunun için transformatörün primer ve sekonder gerilimleri her an eşit olmalıdır. Bu şartla gerilimlerin genliklerinin eşit olması sağlanır. Eğer dönüştürme oranları arasında bir farklılık varsa ve kısa devre empedans gerilimleri arasında %10'dan az bir fark kalacak şekilde olursa paralel bağlanmasına müsaade edilir.
- Ø Transformatörün anma güçlerinin eşit olması gerekir. Ancak gerekli görüldüğü zaman güçleri arasında 1/3 orana kadar farka müsaade edilir.
- Ø Paralel bağlanacak transformatörlerin aynı polariteli uçları birbirine bağlanmalıdır. Bu sayede faz sıralarının aynı olması sağlanır. Transformatörlerin birbiri üzerinden kısa devre olması önlenir.
- Ø Transformatörlerin kısa devre gerilimleri birbirine eşit veya aralarındaki oran 1/10'dan fazla olmamalıdır. Kısa devre gerilimlerinin eşit olması ile anma akımındaki kısa devre empedanslarının eşitliği ve anma güçleri ile orantılı olarak yüklenmeleri sağlanır.

## UYGULAMA FAALİYETİ

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"><li>Ø Yağ değişimini yapınız.</li><li>Ø Bağlantıları kontrol ediniz.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Ø Trafonun yüzey temizliğini kontrol ediniz.</li><li>Ø Mekanik kısımların kontrollerini yapınız.</li><li>Ø Boyalı madeni kısımların boyalarının kontrolünü yapınız.</li><li>Ø OG ve AG kısımlarındaki somun, rondela, saplama ve kablo pabuçları, boru bağlantı pabuçlarındaki oksitlenmeleri kontrol ediniz.</li><li>Ø OG – AG buşinglerinin çatlak ve kırık olup olmadığını kontrol ediniz.</li><li>Ø Hava kurutucusunda bulunan silikagel rengi, miktarı ve pembeleştiği kısımları kontrol ediniz.</li><li>Ø Ark boynuzlarının eğik ve çarpık olup olmadığını kontrol ediniz.</li><li>Ø Trafonun topraklama cıvata ve somunlarının gevşeyip, oksitlenip oksitlenmediğini kontrol ediniz.</li><li>Ø Yağ ve sargı ısı göstergeleri varsa bunları kontrol ediniz.</li><li>Ø Çift kadranlı termometre varsa elektriki bağlantısının gevşekliğini kontrol ediniz.</li><li>Ø Yağ rezerve tankındaki yağ seviyelerinin kontrolünü yapınız.</li><li>Ø Trafo üzerindeki çeşitli conta ve ek yerlerinde yağ sızıntısının olup olmadığını kontrolü yapınız.</li><li>Ø Bucholz rölesi varsa yağ seviyesinin ve elektriki bağlantılarının kontrolüne dikkat ediniz.</li></ul>



## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

### A- OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI)

Aşağıdaki cümleleri doğru (D) veya yanlış (Y) olarak değerlendiriniz.

Soru Nu		D	Y
1	Alçak gerilim sargısı altta, yüksek gerilim sargısı üstte olacak şekilde sarım yapılır.		
2	OG / YG transformatörlerinde sadece yağ ile soğutma yapılır.		
3	Trafo kazanı içindeki yağın özelliği çok önemli değildir.		
4	OG / YG trafolarında sadece silindirik sargı yapılır.		
5	OG / YG transformatörlerinin çalışma prensibi küçük güçlü transformatörlerden farklıdır.		
6	Transformatör sargı bağlantı şeklinin önemi yoktur.		
7	OG / YG transformatörlerde bağlantı gruplarının doğruluğu çok önemlidir.		
8	OG / YG transformatörlerde soğutma sembolü dört harften oluşur.		

### DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete dönerek tekrar inceleyiniz.

Tüm sorulara doğru cevap verdiyseniz diğer faaliyete geçiniz.

## PERFORMANS DEĞERLENDİRME

Sıra No	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	Evet	Hayır
1	OG/YG transformatörlerin yapısı hakkında yeterli bilgiye sahip misiniz?		
2	OG/YG transformatörü kısımlarının adlarını öğrendiniz mi?		
3	OG/YG transformatörde meydana gelebilecek arızaları öğrendiniz mi?		
4	OG/YG transformatörlerin bakımlarında dikkat edilecek hususları biliyor musunuz?		
5	OG/YG transformatör bağlantı gruplarını ve grup açılarını biliyor musunuz?		

### DEĞERLENDİRME

Yapılan değerlendirme sonunda “hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz.

Cevaplarınızın tamamı “evet” ise bir sonraki faaliyete geçiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-2

## AMAÇ

Müşteri isteği doğrultusunda yeni OG / YG transformatör hesabını ve sarımını yapabileceksiniz

## ARAŞTIRMA

Bu faaliyet öncesinde yapmanız gereken öncelikli araştırmalar şunlar olmalıdır.

- Ø Üç fazlı transformatörlerin hesabında kullanılan formülleri araştırınız.
- Ø Üç fazlı transformatörlerin hesaplama yöntemlerini araştırınız.

Tanıma işlemleri için internet ortamı ve güç ve kumanda devre elemanlarının satıldığı iş yerlerini gezmeniz gerekmektedir. Güç ve kumanda devre elemanlarının kullanım şekil ve amaçları için ise bu sistemleri kuran kişilerden ön bilgi almanız gerekir. Kazanmış olduğunuz bilgi ve deneyimleri arkadaş gurubunuz ile paylaşınız.

## 2. OG/YG TRANSFORMATÖRLERDE SARIM HESABI

### 2.1. Semboller

Transformatör hesaplamalarında kullanılan temel semboller ve anlamları ve birimleri aşağıda tablo 2.1 ve tablo 2.2’de gösterilmiştir.

SEMBOL	ANLAMI	BİRİMİ
<b>a</b>	Nüvenin eni	cm
<b>b</b>	Nüvenin genişliği	cm
<b>h</b>	Pencere yüksekliği	cm
<b>h<sub>m</sub></b>	Makaranın içten içe yüksekliği	cm
<b>C<sub>p</sub></b>	Pencere genişliği	cm

Tablo 2.1: Transformatör sarım hesabında kullanılan semboller

SEMBOL	ANLAMI	BİRİMİ
$S_1$	Primer (giriş) gücü	kVA
$S_2$	Sekonder (çıkış) gücü	kVA
$S_n$	Manyetik nüve kesiti	cm <sup>2</sup>
$s_{1 il}$	Primer sargı iletken kesiti	mm <sup>2</sup>
$s_{2 il}$	Sekonder sargı iletken kesiti	mm <sup>2</sup>
$d_1$	Primer sargı iletken çapı	mm
$d_2$	Sekonder sargı iletken çapı	mm
$I_1$	Primer sargı akımı	A
$I_2$	Sekonder sargı akımı	A
$N_1$	Primer sargının sarım sayısı	Sipir
$N_2$	Sekonder sargının sarım sayısı	Sipir
$U_1$	Primer gerilimi	V
$U_2$	Sekonder gerilimi	V
$D$	Demir çekirdek dışına çizilen airenin çapı	mm
$P_{cu}$	Bakır kaybı	Watt
$P_{FE}$	Demir kaybı	Watt
$x$	Kayıp oranı	
$z$	İlave kayıplar	

**Tablo 2.2: Transformator sarım hesabında kullanılan semboller**

## 2.2. Formüller

ANLAMI	FORMÜL
Manyetik nüve kesiti	$S_n = C \cdot \sqrt{\frac{S}{f \cdot j \cdot B \cdot X} \cdot \frac{P_{Cu}}{P_{Fe}} \cdot 10^9}$
Primer gücü	$S_1 = \frac{S_2}{h}$
Manyetik akı	$\Phi = B \cdot S_n$
Primer siper sayısı	$N_1 = \frac{U_1}{4,44 \cdot f \cdot \Phi \cdot 10^{-8}}$
Sekonder siper sayısı	$N_2 = \frac{U_2}{4,44 \cdot f \cdot \Phi \cdot 10^{-8}}$
Primer iletken akımı	$I_1 = \frac{S_1}{U_1}$
Sekonder iletken akımı	$I_2 = \frac{S_2}{U_2}$
Primer iletken kesiti	$S_{1iletken} = \frac{I_1}{J}$
Sekonder iletken kesiti	$S_{2iletken} = \frac{I_2}{J}$
Primer ve sekonder iletken çapı	$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{1il.}}{p}} \quad , \quad d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{2il.}}{p}}$
Sekonder iletken çapı	$Cp = \frac{4 \cdot N_2 \cdot S_{2il.}}{100 \cdot k_{cu} \cdot h}$
Makarannın içten içe yüksekliği:	$hm = N_2 \cdot d_2$
Özgül bakır katbı	$p_{Cu} = 2,7 \cdot J^2$
Özgül demir kaybı	$p_{Fe} = P_{10} \cdot \zeta \cdot \left( \frac{B}{10000} \right)^2$
Demir çekirdek dışına çizilen dairenin çapı	$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S_n}{p \cdot 0,677}}$

Tablo 2.3: Transformator sarım hesaplamasında kullanılan formüller

## 2.3. OG / YG Transformatörün Hesabı

Üç fazlı transformatörlerin yapım hesapları, bir fazlı transformatörlerin yapım hesabına benzer. Nüve eşit kesitli üç ayaktan oluştuğundan, bir ayak için hesaplanan değerler diğer ayaklarda da aynı çıkacağı için, hesaplama sadece bir ayak için yapılır.

### 2.3.1. Verilen Değerler

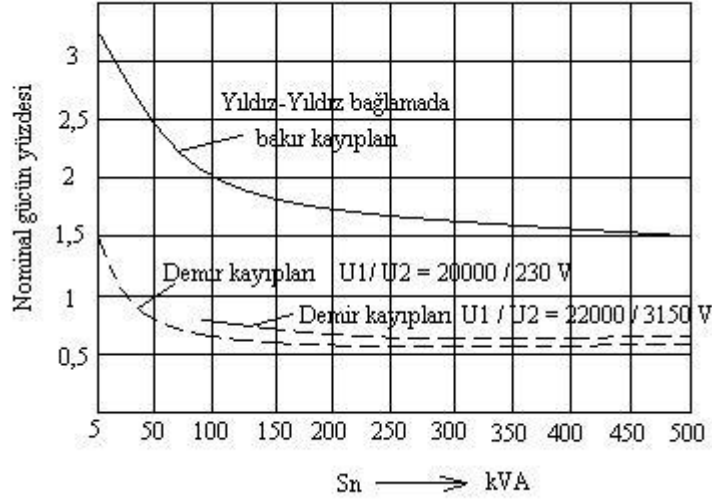
$S = 100 \text{ kVA}$  ,  $U_1 = 20000 \text{ V} = 20 \text{ kV}$  ,  $U_2 = 231 \text{ V}$  ,  $f = 50 \text{ Hz}$  ,  $B = 13500 \text{ Gauss}$   
 $e = \% 4$  ,  $I / I$  Bağlı

### 2.3.2. Hesaplama

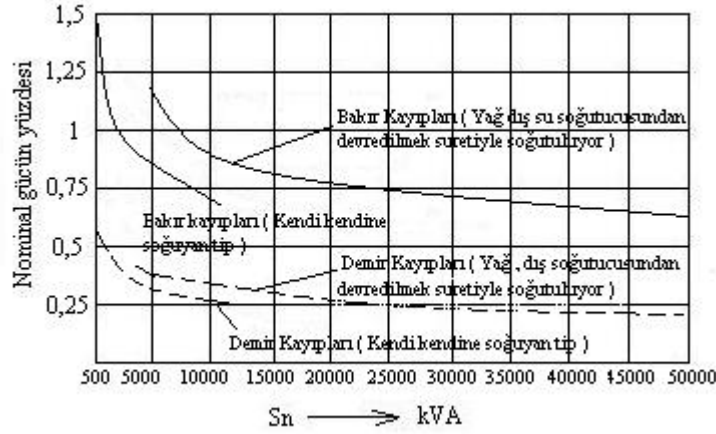
#### 2.3.2.1. Manyetik Nüve Kesitinin Hesaplanması

Çekirdek tipi olarak hesabı yapılacak olan bu transformatörün sargıları, silindirik tipten yapılacak ve soğutma şekli kendi kendine soğur tipten olacaktır.

Hesaplama yapılırken kabul edilen demir ve bakır kayıpları şekil 2.1'den bulunabilir.



Şekil 2,1: 5 - 500 kVA'a kadar olan üç fazlı yağlı transformatörlerin f=50 Hz'de demir ve bakır kayıpları grafiği



Şekil 2.2: 500 - 50000 kVA'a kadar olan üç fazlı yağlı transformatörlerin f=50 Hz'de demir ve bakır kayıpları grafiği

$$P_{Cu} = 2000 \text{ Watt} \quad \text{ve} \quad P_{Fe} = 700 \text{ Watt}$$

Hesabını yapacağımız transformatör yukarıdaki bu kayıplara ( şekil 2.2 )sahip olacağından kayıp oranı:

$$\xi = \frac{P_{Cu}}{P_{Fe}} = \frac{2000}{700} = 2,86$$

Özgül bakır ve demir kayıplarının tayini:

$$p_{Cu} = 2,7 \cdot J^2 = 2,7 \cdot (2,6)^2 = 18,2 \text{ Watt / kg}$$

İnşa olunmuş transformatörlerde sacların işlenmesi sonucunda meydana gelen ilave kayıplarını dikkate alarak  $\zeta = 1,15$  kabul edelim:

$$p_{Fe} = P_{10} \cdot \zeta \cdot \left( \frac{B}{10000} \right)^2 = 1,3 \cdot 1,15 \cdot \left( \frac{13500}{10000} \right)^2 = 2,72 \text{ Watt / kg}$$

Burada 0,35 mm'lik silisyum alaşımlı sac için  $P_{10} = 1,3 \text{ Watt / kg}$  kabul edilmiştir (Tablo2.3).

Sac kalınlığı		Eppstein cihazında tespit edilen kayıp	İmal olunmuş trafodaki kayıp Watt/kg	Doldurma faktörü %
Çıplak	Yalıtılmış			
0,35	0,38 (0,4)	1,1 (1,3)	1,2 (1,5)	92,5 (0,87)
0,5	0,53 (0,55)	1,3 (1,7)	1,4 (2,5)	94,3 (0,9)

Tablo 2.3: 0,35 ve 0,5 mm'lik yüksek alaşımlı sacların kayıp faktörleri

C faktörü, tablo 2.4'ten bakılarak bulunabilir.

	Bir fazlı transformatör	Üç fazlı transformatör
Yuvarlak bobinli çekirdek tipi transformatörler	0,45	0,40
Dikdörtgen bobinli çekirdek tipi transformatörler	0,55	0,45
Mantel tipi transformatörler	0,85	0,55

**Tablo 2.4: C faktörünün ortalama değerine ait cetvel**

Bulduğumuz bu değerleri formülde yerlerine koyarsak bacak kesitini bulmuş oluruz.

$$S_n = C \cdot \sqrt{\frac{S}{f \cdot j \cdot B \cdot X} \times \frac{P_{CU}}{P_{Fe}}} \times 10^9 = 0,4 \sqrt{\frac{100}{50 \cdot 2,86 \cdot 2,6 \cdot 13500} \times \frac{18,2}{2,72}} \times 10^9 = 145 \text{ cm}^2$$

### 2.3.2.2. Primer ve Sekonder Siper Sayılarının Bulunması

$$f = B \cdot S_n = 13500 \cdot 145 = 1957500 \text{ Maxwell}$$

$$N_1 = \frac{U_1 \cdot 10^8}{\sqrt{3} \cdot 4,44 \cdot f \cdot f} = \frac{20000 \cdot 10^8}{\sqrt{3} \cdot 4,44 \cdot 1957500 \cdot 50} = 2657 \text{ Siper}$$

$$N_2 = \frac{U_2 \cdot 10^8}{\sqrt{3} \cdot 4,44 \cdot f \cdot f} = \frac{231 \cdot 10^8}{\sqrt{3} \cdot 4,44 \cdot 1957500 \cdot 50} = 31 \text{ Siper}$$

### 2.3.2.3. Primer ve Sekonder Akımlarının Bulunması

Primer giriş gücünü bulmak için verimi tablo 2.5'ten bakarak tespit edebiliriz. Burada 100 kVA'lık transformatör için verim 97,3 olarak tespit edilir.

S(kVA)	1	5	10	20	50	100	200	500	1000
h (%)	92	95,3	95,8	96,2	96,7	97,3	97,7	98,1	98,5

**Tablo 2.5: Transformatör güçlerine göre verim tablosu**

Primer (giriş) gücü transformatörün veriminin değeri kadar azalarak, sekonder (çıkış) gücü oluşur.

$$S_1 = \frac{S_2}{h} = \frac{100000}{0,973} = 102,7 \text{ kVA}$$



$$I_1 = \frac{S_1}{\sqrt{3} \cdot U_1} = \frac{102,7 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 20000} = \frac{102700}{1,73 \cdot 20000} = 2,96A$$

$$I_2 = \frac{S_2}{\sqrt{3} \cdot U_2} = \frac{100000}{1,73 \cdot 231} = 249A$$

#### 2.3.2.4. Primer ve Sekonder İletken Kesitlerinin Bulunması

Soğutma şekli	Akım yoğunluğu ( Amp / mm <sup>2</sup> )
Hava ile soğutulan transformatörlerde	1,7 ~ 2,0
Kendi kendine soğutulan yağlı transformatörlerde	2,2 ~ 3,5
Suni olarak soğutulan transformatörlerde	3,5 ~ 5,0

**Tablo 2.6: Soğutma şekillerine göre akım yoğunluğu**

Transformatörün soğutma şekli; sürekli, kısa müddetle veya aralıklı çalışma şekline göre tablo 4'teki değerlerden seçilir. Seçilen bu akım yoğunlukları ile akım şiddetlerinden primer ve sekonder iletken kesitleri hesaplanır.

$$s_{1il} = \frac{I_1}{J} = \frac{2,96}{2,6} = 1,13mm^2 \quad s_{2il} = \frac{I_2}{J} = \frac{249}{2,6} = 96mm^2$$

#### 2.3.2.5. Primer ve Sekonder İletken Çapları

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot s_{1il}}{p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,13}{3,14}} = 1,2mm \quad \text{Primer iletken çapı}$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot s_{2il}}{p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 96}{3,14}} = 11mm \quad \text{Sekonder iletken çapı}$$

#### 2.3.2.6. Manyetik Nüve Ölçülerinin Hesaplanması

Çıplak alt gerilim iletkeninin profili her iki tarafta olmak üzere 0,8 mm'lik yalıtkan tabakada dikkate alınarak alt gerilim silindirisinin yüksekliği ;

$$h_m = N_2 \times d_2 = 31 \times 11,8 = 365,8 \text{ mm}$$

Sargı başları ile alt ve üst boyunduruklar arasında 3'er cm kalınlığında takozlar bulundurulacağına göre pencere yüksekliği:

$h = h_m + 2.30 = 425,8$  mm olarak bulunur.

Primer iletken çapı izole kalınlığı ile birlikte  $d_1 = 1,2 + 0,2 = 1,4$  mm olur. Primerin bir katına sarılacak iletken sayısı  $365,8 / 1,4 = 261$  siper sarılır.  $2657 / 261 = 10,18$  olarak bulunur ve 11 kat olarak hesaplamalarda kullanılır.

Sekonder iletken çapı izole kalınlığı ile birlikte  $d_2 = 11 + 0,4 = 11,4$  mm olur. Sekonderin bir katına sarılacak iletken sayısı  $365,4 / 11,4 = 31$  siper sarılır.  $31 / 31 = 1$  olduğundan 1 kat olarak hesaplamalarda kullanılır.

Primer sargının katları arasına 0,30 mm sargı üzerine 0,50 mm'lik presbant kullanıldığında:

$11 \cdot (1,4) + 10 \cdot (0,30) + 0,50 = 18,9$  mm bulunur.

Primer sargı kabarma payı ile birlikte 20 mm alınır.

Sekonder sargı kalınlığı, sargı üzerine 0,50 mm'lik presbant kullanıldığında

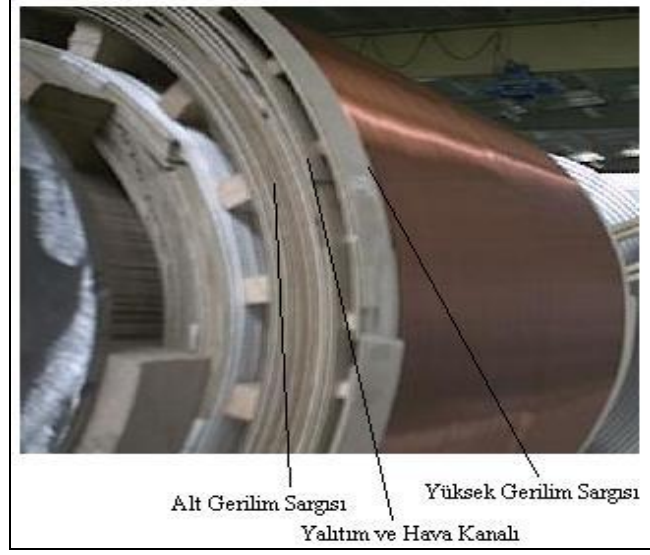
$1 \cdot (11,4) + 0,50 = 11,9$  mm bulunur. Sekonder sargı, kabarma payı ile birlikte 13 mm alınır.

Genelde silindirik makara şeklinde yapılırlar. Sargıları desteklemek maksadıyla altına tahta takozlar konulur ( resim 2.1 ).



**Resim 2.1: Silindirik ağaç makara**

Aynı zamanda üst gerilim sargısı ile alt gerilim sargısı arasında soğutma ve yalıtım için kanallar bulundurulmalıdır ( resim 2.2).



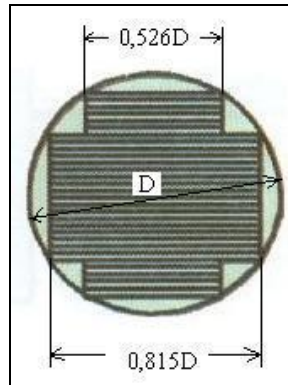
**Resim 2.2: Soğutma ve yalıtım için bırakılmış kanal ( hava aralığı )**

Çekirdek tipi transformatörlerde komşu iki bacak sargısı arasındaki mesafe, normal olarak 5-20 mm olarak alınır. Bunun amacı, transformatörü olabildiğince ucuza imal etmektir.

Şayet gerilim büyükse bu taktirde komşu iki bacak sargıları arasına pertinaks veya presbant levha konulur.

Hesap edilen çekirdek, basit haç şeklinde imal edilecektir. Saf demir kesiti ile bunun etrafına çizilen daire arasındaki oran 0,677 olduğundan, demir çekirdek dışına çizilen dairenin çapı;

$$D = \sqrt{\frac{4.Sn}{p.0,677}} = \sqrt{\frac{4.145}{3,14.0,677}} = 165mm \text{ olarak bulunur ( şekil 2.4 ).}$$



**Şekil 2.3: Bacak kesit görünüşü**

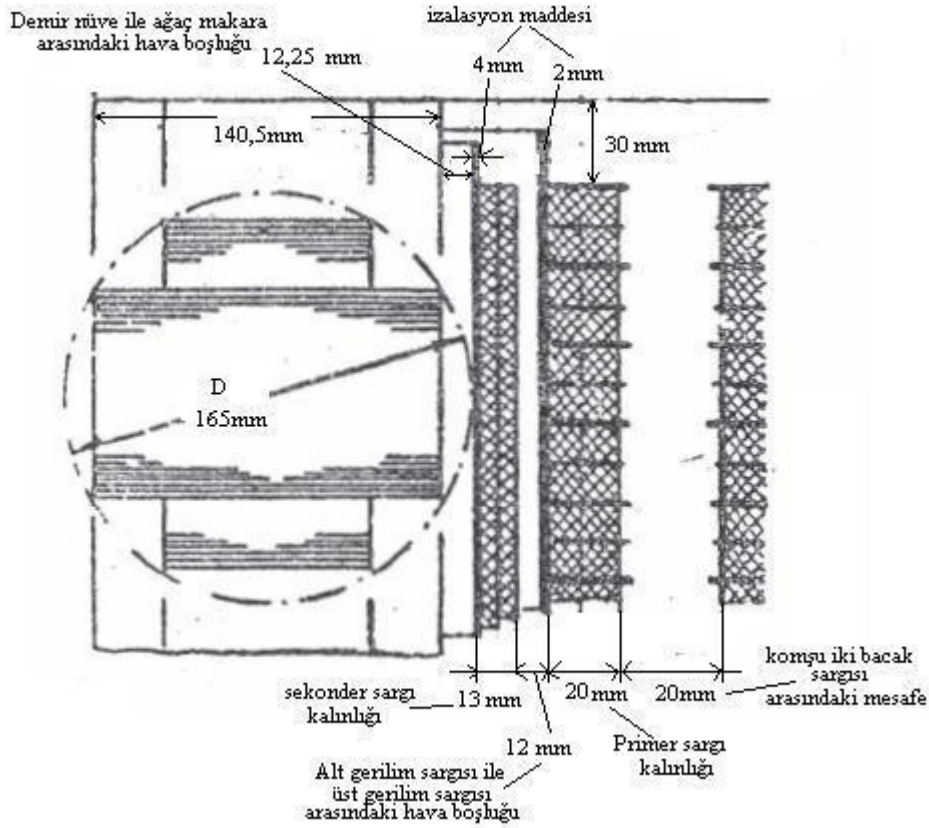
Bacak ile yerleştirilen silindirik makara arasındaki hava boşluğu (Hb):

$$Hb = \frac{D - 0,815D}{2} = \frac{165 - 140,5}{2} = 12,25 \text{ mm} \text{ olarak bulunur (şekil 2.4).}$$

Yukarıdaki ifadelerle göre pencere genişliği:

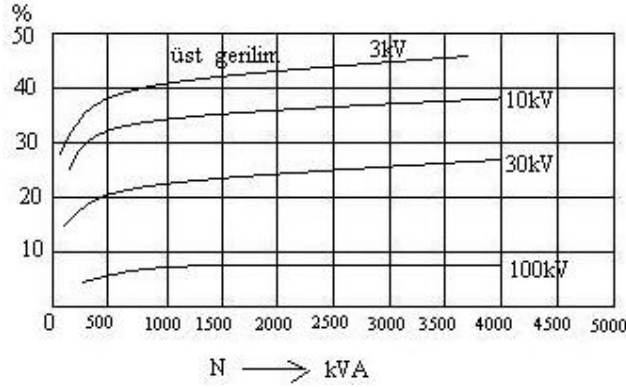
Nüve ile makara arasındaki hava boşluğu (12,25 mm), kullanılan izolasyon kalınlığı (4 mm), 1. faz sekonder sargı kalınlığı (13 mm), alt gerilim sargısı ile üst gerilim sargısı arasındaki hava aralığı (12 mm), kullanılan izolasyon kalınlığı (2 mm), 1. faz primer sargı kalınlığı (20 mm) verilerine dayanarak:

$$Cp = 2 \cdot (12,25 + 4 + 13 + 12 + 2 + 20) + 20 = 142,5 \text{ mm} \text{ olarak hesaplanır.}$$



Şekil 2.4: 100 kVA'lık üç fazlı çekirdek tipi transformatörün çekirdek kesiti ile alt ve üst gerilim sargılarının yerleştirildikten sonra oluşan sargı boyutları

Eğer pencere genişliğini hesaplama yöntemiyle bulmak istersek;



Şekil 2.5: Yağ ile soğutulan çekirdek tipi transformatörün pencere bakır doldurma faktörü

$$Cp = \frac{4.N_2.s_{2il}}{100.k_{cu}.h} = \frac{4.31.96}{100.0,19.42,58} = 14,71cm \text{ olarak bulunabilir.}$$

Burada  $k_{cu}$  bakır doldurma faktörü şekil 2.5'ten bulunabilir.

Transformatör hesaplamalarında birçok değer, standartlara bağlanmış ve bu değerler tablo hâline getirilmiştir. Hesaplamalarda bu tablolar kullanılarak hesaplamalar daha az zamanda bitirilebilir.

Aşağıdaki tablo 2.7 ve tablo 2.8'de dağıtım transformatörlerine ait güçler ve bunlara karşılık gelen boyutlar verilmiştir.

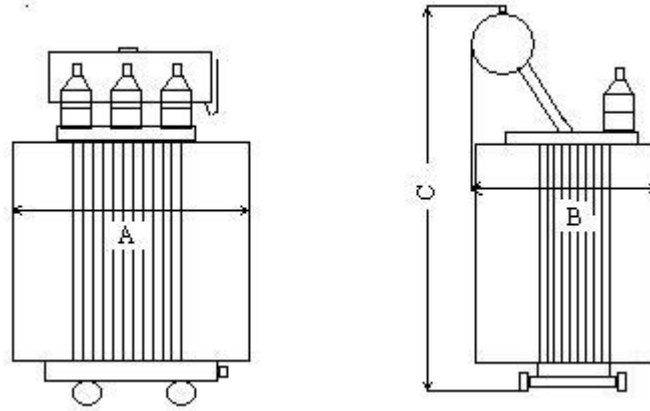
YÜKSEK GERİLİM: 15 kV'a KADAR									
KAYIPLAR				BOYUTLAR					AĞIRLIKLAR
Güç kVA	Boşta W	Yükte (75C) W	Kısa Devre Gerilim %UK	A Boy mm	B En mm	C Yükseklik mm	Kh Kazan Yüksekliği	Tekerlek Arası	Toplam (kg)
50	190	1100	4	1000	653	1343	811	520	486
100	320	1750	4	1000	671	1408	676	520	665
160	460	2350	4	1006	766	1453	921	520	831
250	650	3250	4	1100	836	1583	991	670	1055
400	930	4600	4	1176	1016	1695	1103	670	1450
500	1100	5500	4	1475	1038	1650	1138	670	1736
630	1300	6500	4	1743	1048	1760	1183	670	2018
800	1550	8300	5	1613	1348	1835	1258	670	2505
1000	1850	10000	5	1613	1468	1908	1331	820	2895
1250	2200	12000	5	1660	1150	1966	1391	820	3431
1600	2600	14500	6	1758	1480	2104	1441	820	4054

Tablo 2.7: 15 kV'a kadar OG/ YG transformatör değerleri

YÜKSEK GERİLİM: 36 kV'a KADAR									
Güç kVA	KAYIPLAR			BOYUTLAR					AĞIRLIKLAR
	Boşta W	Yükte (75C) W	Kısa Devre Gerilim %UK	A Boy mm	B En mm	C Yükseklik mm	Kh Kazan Yüksekliği	Tekerlek Arası	Toplam (kg)
50	230	1050	4,5	1080	731	1535	891	520	559
100	380	2100	4,5	1150	794	1595	951	520	791
125	420	2400	4,5	1150	834	1640	996	520	889
160	480	2800	4,5	1150	854	1695	1051	520	1008
250	700	3500	4,5	1250	930	1827	1121	670	1319
400	900	5850	4,5	1276	1076	1931	1243	670	1712
500	1250	6750	4,5	1813	1098	1949	1253	670	2052
630	1350	8000	4,5	1823	1208	2012	1333	670	2342
800	1520	9700	6	1903	1368	2021	1343	670	2859
1000	1600	12200	6	1908	1400	2140	1461	820	3414
1250	1950	14000	6	2043	1420	2240	1476	820	3981
1600	2350	16500	6	2055	1480	2335	1571	820	4720
2000	3000	21000	6	2300	2150	2350	ONAN	820	4820
2500	3800	24000	6	2450	2200	2400	ONAN	820	6700

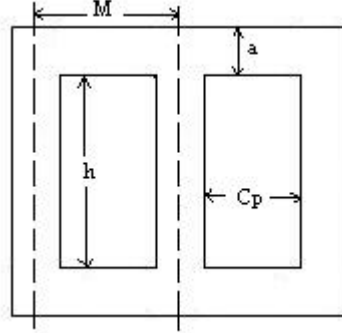
**Tablo 2.8: 36 kV'a kadar OG/ YG transformatör değerleri**

Transformatörün genel ölçüleri:



**Şekil 2.6: Transformatör boyutları gösterilişi**

Şekil 2.6'da görüldüğü üzere A transformatörün boyunu, B enini ve C 'de yüksekliğini gösterir.



**Şekil 2.7: Nüve ölçüleri**

Kazan uzunluğu;  $A = 2.M + D_{\alpha 1} + 2.a'$

Burada M, iki komşu bacak eksenleri arasındaki mesafe,  $D_{\alpha 1}$ ; üst gerilim sargısının dış çapı ve  $a'$  da üst gerilim sargısından kazan cidarına olan mesafedir.

Kazan genişliği:  $B = D_{\alpha 1} + 2.a'$

Kazan yüksekliği:  $H = h_1 + h + 2a + h_2 + h_a + c$

Burada  $h_1$  çekirdek ile kazan zemin levhası arasında konan tahta takoz yüksekliği,  $h$  bacak yüksekliği,  $2a$  alt ve üst boyunduruk yüksekliği,  $h_2$  izolatörün kapak altındaki kısmının yüksekliği,  $h_a$  ayar uçlarının sevki için ayrılan yükseklik ve  $c'$  çalışma payı ve emniyeti için ayrılan yüksekliktir.

## 2.4. OG / YG Transformatörünün Sarımı

### 2.4.1. Sarımın Yapılması

Primer ve sekonder sargıları için hazırlanan makara resim 2.3'te görünen düzeneğe bağlanarak sipir sayıları kadar sarım işlemi yapılır.



**Resim 2.3: Sarımı yapılan trafo bobini**

## 2.4.2. Sarguların Yalıtılması

Transformatörlerin primer ve sekonder sarguları değişik gerilimlerde dir. Bu sargular, birbirlerinden yalıtıldıkları gibi, nüveye karşı da yalıtılır. Sargular izoleli iletkenlerden sarılmış olsa da sarım katları arasına ayrıca yalıtkanlar koyularak yalıtılırlar. Yalıtkan olarak presbant, kâğıt, mika, bazı plastik maddeler, çeşitli yağlar, pamuk reçine, ağaç takozlar ve pertinaks gibi bazı maddeler konularak yalıtılmaktadır ( resim 2.4 a,b,c ). Havanın delinme gerilimi 20 kV/cm presbantın 30 kV/cm yağların ise 100 kV/cm ile 200 kV/cm arasındadır.



Resim 2.4.a: Sarguların yalıtılması



Resim 2.4.b: Sarguların yalıtılması





**Resim 2.4.c: Sargıların yalıtılması**

Küçük güçlü transformatörlerde alçak gerilim sargısı ile nüve arasında presbanttan yapılan makaralar bulunur. Buna karşılık büyük güçlü transformatörlerde yalnız gövde presbandı kullanılmaktadır. Sarım katları arasında ve alçak gerilim sargısında nüveden yalıtılmasında presbant kullanılmasına karşılık, yüksek gerilim sargılarında havalandırma kanalları oluşturmak ve sargı silindirlerinin baş taraflarını nüveden yalıtım için pertinaks levhalar kullanılır.

### **2.4.3. Sargıların Yerleştirilmesi ve Montaj**

Sargıların sarımı ve yalıtımı yapılır ve hazırlanan nüve üzerine sargılar, çıkış uçları aynı tarafta olacak şekilde yerleştirilir. Sonra nüve saclarının son bağlantı işlemleri yapılır ve bağlantı ve sıkıştırma işlemleri tamamlanarak montajın ilk aşaması gerçekleştirilmiş olur (resim 2.5).



**Resim 2.5: Sargıların nüve yerleştirilmesi ve nüvenin bağlantısı**

Sonra sargıların yalıtımları tamamlanır. Çıkış uçları için gerekli bağlantı grupları (yıldız – yıldız, yıldız – üçgen vb.) ve alt ve üst gerilim sargısı çıkış uçları bağlantısı (buşinglerin) yapılarak sargıların montajı tamamlanır (resim 2.6).



**Resim 2.6: Yalıtımı ve bağlantıları tamamlanmış OG / YG transformatörü**

Daha sonra sargı montajı tamamlanan transformatörün gerekli testleri yapılır (resim 2.7).



**Resim 2.7: Transformatör sargılarının test edilmesi**

Sargı test kontrolünden geçen transformatör, son kontrollerinin yapılması ve kullanılacağı yere nakledilmesi için hazır hâle getirilir (resim 2.8).



**Resim 2.8: Transformatörün kazan içine yerleştirilip çalışmaya hazır hale getirilmesi**

## UYGULAMA FAALİYETİ

İşlem Basamakları	Öneriler
Ø Müşteriden gerekli bilgileri alınız.	Ø Müşterinin istekleri doğrultusunda gerekli bilgileri alınız.
Ø Manyetik nüve kesiti hesabını yapınız.	Ø Aldığımız bilgiler doğrultusunda öncelikle manyetik nüve kesitinin hesabını yapınız.
Ø Primer ve sekonder sipir sayısını hesaplayınız.	Ø Primer ve sekonder sipir sayısını hesaplayınız.
Ø Primer ve sekonder iletken çaplarını hesaplayınız.	Ø İlgili tablolardan iletken çaplarını bulunuz.
Ø Sargı kalınlığını ve pencere genişliğini hesaplayınız.	Ø Sargı kalınlığı ve pencere genişliğini, manyetik nüve ve sac ölçülerini, makara ölçülerini hesaplayınız.
Ø Manyetik nüve ve sac ölçülerini hesaplayınız.	Ø Bobin makarasını sehpaye taktığımızda rahatça dönmeli, çünkü sarım yaparken teli koparabilirsiniz.
Ø Makara ölçülerini hesaplayınız.	Ø Makara içinde makaronlu teli yarım tur atacak kadar sarınız.
Ø Makarayı sarım çıkışına sabitleyiniz.	Ø Trafonun yalıtımını en kolay vernik ile yapabilirsiniz.
Ø Bobin makarasını sehpaye takınız.	Ø Trafo kontrolünü laboratuvar ortamında gerçekleştirebilirsiniz.
Ø Tele, makaron geçiriniz.	
Ø Primer katını sarınız.	
Ø Kat arasına kâğıt yerleştiriniz.	
Ø Sekonder katlarını da sarınız.	
Ø Son katın üzerini de yalıtınız.	
Ø Makarayı çıkırıktan sökünüz.	
Ø Sacları yerleştiriniz.	
Ø Trafonun montajını yapınız.	
Ø Trafonun yalıtımını yapınız.	

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

### A- OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI)

Aşağıdaki cümleleri doğru (D) veya yanlış (Y) olarak değerlendiriniz.

Soru Nu		Doğru	Yanlış
1	OG / YG transformatör hesaplamalarında gücün önemi yoktur.		
2	OG / YG transformatör hesaplamalarında güç ile verim arasında bir bağlantı yoktur.		
3	OG / YG transformatör hesaplamalarında, yüksek kesitli iletkenler için yassı bakır tel alınarak hesaba katılır.		
4	OG / YG transformatörler, yüklendikleri zaman sekonder gerilimlerinde bir miktar düşme meydana gelir ve hesaplamalarda bu dikkate alınır.		
5	Hat ve faz gerilimleri, bağlantı gruplarına göre değişir ve hesaplamalar buna dikkat edilerek yapılır.		

### DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete dönerek tekrar inceleyiniz.

Tüm sorulara doğru cevap verdiyseniz diğer faaliyete geçiniz.

## PERFORMANS DEĞERLENDİRME

Sıra Nu	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	Evet	Hayır
1	OG / YG transformatör hesaplamalarında kullanılan sembolleri biliyor musunuz?		
2	OG / YG transformatör hesaplamalarında kullanılan formülleri biliyor musunuz?		
3	Transformatör hesaplamalarını yapabiliyor musunuz?		
4	Hesaplamalar için gerekli değerleri tablolardan okuyabiliyor musunuz?		

# MODÜL DEĞERLENDİRME

Modül ile kazandığınız yeterliği aşağıdaki ölçütlere göre değerlendiriniz.

DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	Evet	Hayır
OG / YG transformatörlerin yapısı hakkında yeterli bilgiye sahip misiniz?		
OG / YG transformatörü kısımlarının adlarını öğrendiniz mi?		
OG / YG transformatörde meydana gelebilecek arızaları öğrendiniz mi?		
OG / YG transformatörlerin bakımlarında dikkat edilecek hususları biliyor musunuz?		
OG / YG transformatör bağlantı gruplarını ve grup açılarını biliyor musunuz?		
Hesaplamalar için gerekli değerleri tablolardan okuyabiliyor musunuz?		
OG / YG transformatör hesaplamalarında kullanılan sembolleri biliyor musunuz?		
OG / YG transformatör hesaplamalarında kullanılan formülleri biliyor musunuz?		
Transformatör hesaplamalarını yapabiliyor musunuz?		
Hesaplamalar için gerekli değerleri tablolardan okuyabiliyor musunuz ?		

## DEĞERLENDİRME

Yaptığımız değerlendirme sonucunda eksikleriniz varsa öğrenme faaliyetlerini tekrarlayınız.

Modülü tamamladınız, tebrik ederiz. Öğretmeniniz size çeşitli ölçme araçları uygulayacaktır. Öğretmeninizle iletişime geçiniz.

# CEVAP ANAHTARLARI

## ÖĞRENME FAALİYETİ-1 CEVAP ANAHTARI

1	D
2	Y
3	Y
4	Y
5	Y
6	Y
7	D
8	D

## ÖĞRENME FAALİYETİ-2 CEVAP ANAHTARI

1	Y
2	Y
3	D
4	D
5	D



## ÖNERİLEN KAYNAKLAR

- Ø OG / YG Transformatör Ürün Katalogları.
- Ø İnternette, OG / YG Transformatör İmalatı Yapan Firmaların Siteleri.
- Ø ÜRKMEZ Abdullah, Adnan M. PEŞİNT, **Elektrik Makineleri Cilt 2, Transformatörler**, MEB 1995.
- Ø Prf. Dr. BODUROĞLU Turgut, **Elektrik Makineleri Dersleri, Transformatörler Cilt 1**, İstanbul, 1960.

## KAYNAKÇA

- Ø TMMOB İstanbul Şubesi, **1978 Transformatör Seminer Notları**, İstanbul 1979.
- Ø Elektrik Müh. TEMİZ Bahadır, **Transformatör Seminer Notları**, İzmir, 2004.
- Ø Öğr.Gör. PEŞİNT Adnan, **Gazi Üniversitesi Ders Notları**, Ankara, 1996.
- Ø ALTIN Mahir, Mustafa ÜSTÜNDEL, Mehmet KIZILGEDİK, **Elektrifikasyon**, Ankara, 2001.
- Ø ÜRKMEZ Abdullah, Adnan M. PEŞİNT, **Elektrik Makineleri Cilt 2, Transformatörler**, MEB 1995.
- Ø Prf. Dr. BODUROĞLU Turgut, Elektrik Makineleri Dersleri, Transformatörler Cilt 1, İstanbul, 1960.
- Ø TEDAŞ, Yetki Belgesi Eğitimi Ders Kitabı, 1988.
- Ø ELKİMA TRAFİO, **Ürün Kataloğu**, 2005.
- Ø [www.elkima.com.tr](http://www.elkima.com.tr) , **Ürünler**, 2005.
- Ø [www.besttrafo.com.tr](http://www.besttrafo.com.tr), **Ürünler**, 2005.
- Ø [www.abb.com](http://www.abb.com), **Ürün Kataloğu**, 2005.