

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

ELEKTRİK ELEKTRONİK TEKNOLOJİSİ

**ÜÇ FAZLI TRANSFORMATÖR SARIMI
522EE0043**

Ankara, 2011

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- **PARA İLE SATILMAZ.**

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	ii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1. ÜÇ FAZLI TRANSFORMATÖRLER	3
1.1. Üç Fazlı Transformatörün Yapısı.....	3
1.2. Üç Fazlı Transformatörün Çalışma Prensibi.....	5
1.3. Üç Fazlı Transformatörlerde Meydana Gelebilecek Arızalar	6
1.3.1. Aşırı Akımdan Kaynaklanan Arızalar	6
1.3.2. Aşırı Gerilimden Kaynaklanan Arızalar	7
1.4. Üç Fazlı Transformatör Bağlantıları	7
UYGULAMA FAALİYETİ	12
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	13
ÖĞRENME FAALİYETİ-2	14
2. ÜÇ FAZLI TRANSFORMATÖRLERDE SARIM HESABI.....	14
2.1. Semboller	14
2.2. Formüller.....	16
2.3. Üç Fazlı Transformatörün Hesabı.....	16
UYGULAMA FAALİYETİ	21
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	23
ÖĞRENME FAALİYETİ-3	24
3. ÜÇ FAZLI TRANSFORMATÖR SARIMI.....	24
3.1. Makara Yapımı	24
3.2. Bobinlerin Sarımı	26
3.3. Sacların Düzenlenmesi.....	29
3.4. Üç Fazlı Transformatörün Montaj Tekniği	30
UYGULAMA FAALİYETİ	32
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	34
MODÜL DEĞERLENDİRME	35
CEVAP ANAHTARLARI.....	36
KAYNAKÇA	37

AÇIKLAMALAR

KOD	522EE0043
ALAN	Elektrik Elektronik Teknolojisi
DAL/MESLEK	Bobinaj
MODÜLÜN ADI	Üç Fazlı Transformatör Sarımı
MODÜLÜN TANIMI	Üç fazlı transformatör sarımını yapmak için gerekli temel bilgi ve becerilerin kazandırıldığı öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	
YETERLİK	Üç fazlı transformatör sarımını yapmak.
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Bu modül ile sarım makineleri ve gerekli ekipman ile donatılmış atölye ortamında üç fazlı transformatör onarımını ve imalatını yapabileceksiniz. Amaçlar <ol style="list-style-type: none">1. Arızalı üç fazlı transformatörün değerlerini kaydederek sökebileceksiniz.2. Müşteri isteği doğrultusunda yeni bir üç fazlı transformatör hesabını yapabileceksiniz.3. Transformatör sarımı için gerekli ön hazırlıkları yaparak, sarımı hatasız olarak yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Ortam: Elektrik bobinaj atölye ortamı, işletme ortamı. Donanım: Projeksiyon cihazı, giyotin makası, sarım çıkırığı, bobin, makas, hesap makinesi boş karteks, çizim gereçleri, presbant, yapııştırıcı, bobin makarası, makaron ve gerekli araç-gereç.
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Elektrik enerjisi yaygın olarak kullanılmaya başlandığında üretim, iletim ve tüketim doğru akımla yapıyordu. Doğru akım generatörlerinin ürettiği sınırlı gerilimler ile elde edilebilen küçük güçler ancak çok kısa mesafelere iletebiliyordu. Bu da bir kentte çok santral kurulmasına ve her santralin kendi çevresini beslemesine yetiyordu. Bu durumda da enerji üretiminde maliyetler yüksek oluyordu.

Elektrik enerjisinin günümüzde bu kadar yaygın kullanılmasına en büyük etken transformatör olmuştur.

Elektrik enerjisinin bir yerden başka bir yere iletilmesinde iki sakıncalı durum söz konusu olmuştur. Bunlardan birincisi uzun hatlarda gerilim düşümünün fazla olması diğeri güç kaybının yani verimin çok düşmesidir.

Elektrik enerjisinin uzak mesafelere küçük akımla ve yüksek gerilimle taşınması gerekir. Görüldüğü gibi elektrik enerjisinin uzak mesafelere taşınabilmesi için santralden çıkışta yükseltip evde kullanacağımız zaman tekrar düşürülmesi gerekmektedir.

Alternatif akımda elektrik enerjisi gerilimini değiştirme gereksinimi transformatörler tarafından çok az kayıpla ve mükemmel şekilde karşılanır.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Üç fazlı transformatörün çalışması hakkında bilgi sahibi olacak arızalı üç fazlı transformatörün değerlerini kaydederek sökebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

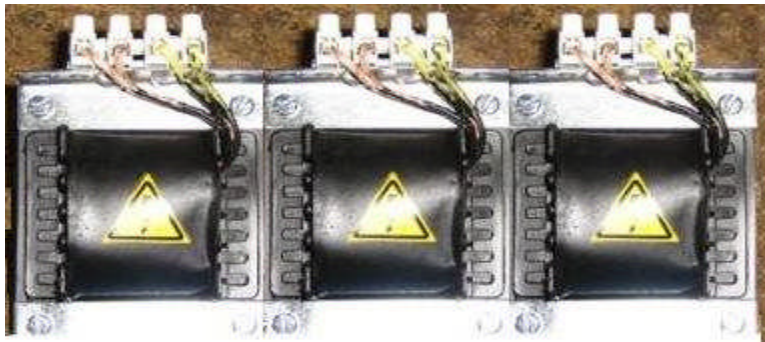
Bu faaliyet öncesinde yapmanız gereken öncelikli araştırmalar şunlardır;

- Üç fazlı sistemin ve üç fazlı transformatörlerin çalışmasını araştırınız.
- Üç fazlı transformatörlerin arızalarını araştırınız.
- Tanıma işlemleri için internet ortamı ve transformatör merkezlerini ve fabrikaları gezmeniz gerekmektedir. Üç fazlı transformatörlerin kullanım şekli ve amaçları için bu sistemleri kullanan kişilerden ön bilgi almanız gerekir. Kazanılmış bilgi ve deneyimleri arkadaş gurubunuz ile paylaşınız.

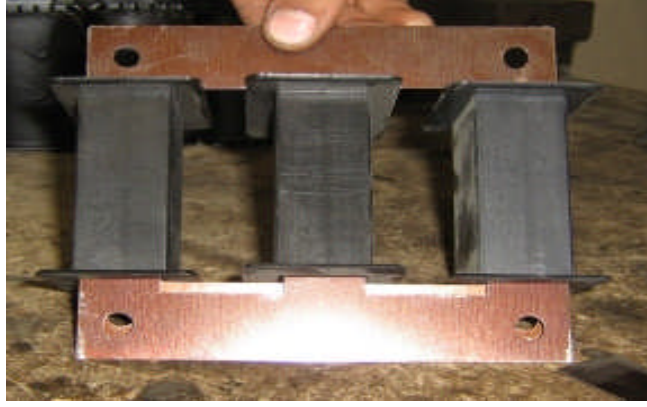
1. ÜÇ FAZLI TRANSFORMATÖRLER

1.1. Üç Fazlı Transformatörün Yapısı

Üç fazlı transformatörler yapı ve çalışma bakımından bir fazlı transformatörlere benzerler. Bu nedenle üç adet aynı özellikteki bir fazlı transformatörün nüveleri birleştirilerek (Resim 1.1) primer ve sekonder sargıları yıldız veya üçgen bağlanarak üç fazlı transformatör elde edileceği gibi, üç ayaklı (bacaklı) bir nüve üzerine primer ve sekonder sargılar sarılarak da elde edilebilir (Resim 1.2).

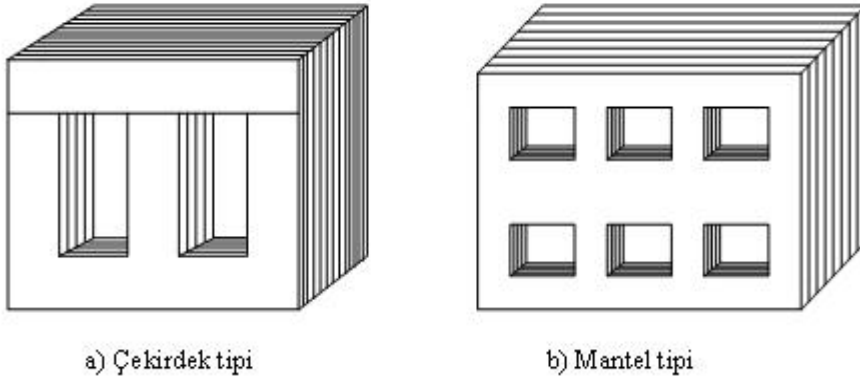


Resim 1.1: Üç adet bir fazlı transformatörden üç fazlı transformatör elde edilmesi



Resim 1.2: Üç bacaklı çekirdek tipi nüve

Üç fazlı transformatörlerde manyetik nüveler genellikle birer yüzeyleri yalıtılmış 0,35mm kalınlığında silisyum alaşımlı sacların sıkıştırılarak paketlenmesinden meydana gelmiştir. Nüvenin kesiti, transformatörün gücüne göre kare, dikdörtgen, artı (+) işareti şeklinde veya çok basamaklı olarak yapılabilir. Büyük güçlü transformatörlerde nüve içine soğutma kanalları açılır. Nüveyi oluşturmak için küçük güçlerde sıcak haddelenmiş saclar kullanılır. Orta ve büyük güçlerde soğuk haddelenmiş ve yüksek manyetik endüksiyonlu ($B=16000-18000$ Gauss) özel transformatör sacları kullanılır.



Şekil 1.1: Üç fazlı transformatörlerde nüve şekilleri

Üç fazlı transformatörlerde çekirdek tipi ve mantel tipi nüveler kullanılır. Şekil 1.1a'daki çekirdek tipi nüvede her faz sargısına ait ayaklar (bacaklar) birbirine eşittir. Şekil 1.1b'deki mantel tipi nüvede ise ortadaki ayaklar (bacaklar) yandaki ayakların (bacakların) iki katı kadardır. Bu durum fazların manyetik devrelerinin birbirinden ayrı simetrik şekilde olmasını sağlar.

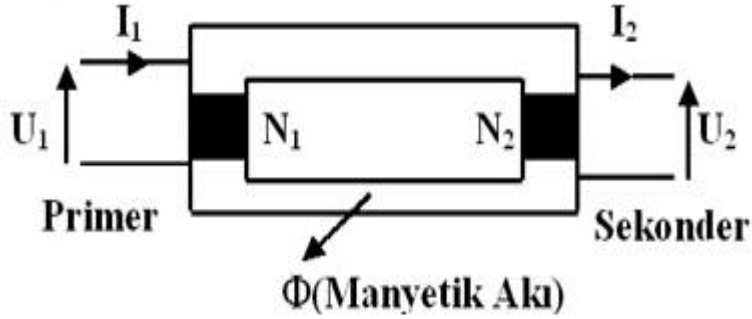
Üç fazlı transformatörlerde her faz sargısı için ayrı ayrı primer ve sekonder sargılar bir fazlı transformatörde olduğu gibi sarılır. Büyük güçlü transformatörlerde nüveye karşı

yalıtımı kolaylaştırmak amacıyla gerilimi küçük değerde olan sargı altta, büyük değerde olan sargı ise üsttedir. Alt ve üst sargı arasına presbant yerleştirilir.

Büyük güçlü transformatörlerin iletken kesitleri de kalın olur. Sargılarda kullanılan iletkenler bakır veya alüminyumdan yuvarlak veya dikdörtgen şeklindedir. Sargılar, yağlı transformatörlerde izole kâğıtlarla, kuru transformatörlerde ise pamuk veya cam elyaflı ipliklerle yapılır.

1.2. Üç Fazlı Transformatörün Çalışma Prensibi

Transformatörün primer sargılarına bir alternatif akım uygulandığında bobin içerisinde bulunan demir nüvede bir manyetik akı dolaşmaya başlar bu akı demir nüvenin bacağına bulunan sekonder sargıyı keserek manyetik indüksiyon yoluyla bir gerilim indükler.



Şekil 1.2: Transformatör çalışma prensibi

Primer ve sekonder sargılar arasında elektriksel bir bağ yoktur. Üç fazlı transformatörlerin çalışma prensibi bir fazlı transformatörler gibidir. Üç fazın sargıları arasında 120° faz farkı vardır.

Transformatörlerde gerilimler ile siper sayıları doğru orantılıdır, akımlar ise ters orantılıdır. Bu oran aynı zamanda transformatörlerde boşa dönüştürme oranıdır.



Resim 1.3: Montajı tamamlanmış üç fazlı transformatörün resmi

Resim 1.3'te görülen üç fazlı transformatörün primer sargılarına üç fazlı alternatif gerilim uygulandığında bu sargılar değişken bir manyetik alan oluşturur. Bu manyetik alan, üstünde sekonder sargılarının da bulunduğu nüve üzerinden devresini tamamlar. Primere uygulanan alternatif gerilimin zamana bağlı olarak her an yön ve şiddeti değiştiğinden, oluşturduğu manyetik alanın da her an yön ve şiddeti değişir. Bu alanın sekonder sargıları kesmesi ile bu sargılarda alternatif bir gerilim indüklenir. Görüldüğü gibi primer ve sekonder sargılarının birbirleri ile elektriksel bir bağlantıları olmadığı halde sekonder tarafından manyetik endüksiyon yolu ile bir gerilim oluşmaktadır.

1.3. Üç Fazlı Transformatörlerde Meydana Gelebilecek Arızalar

Arızalı gelen üç fazlı transformatörün primer ve sekonder iletken kesitleri, bağlantısı, sargıların siper sayısı ve etiket değerleri bir kartekse kaydedilir. Daha sonra tekrar transformatörü sarmak için bu değerler kullanılarak hesaplanan değerle karşılaştırılır. Hesaplanan ve ölçülen değerler transformatörün etiket değerleri ile aynı olmalıdır. Aynı çıkmazsa farkın neden kaynaklandığı araştırılarak hesaplama tekrar kontrol edilmelidir.

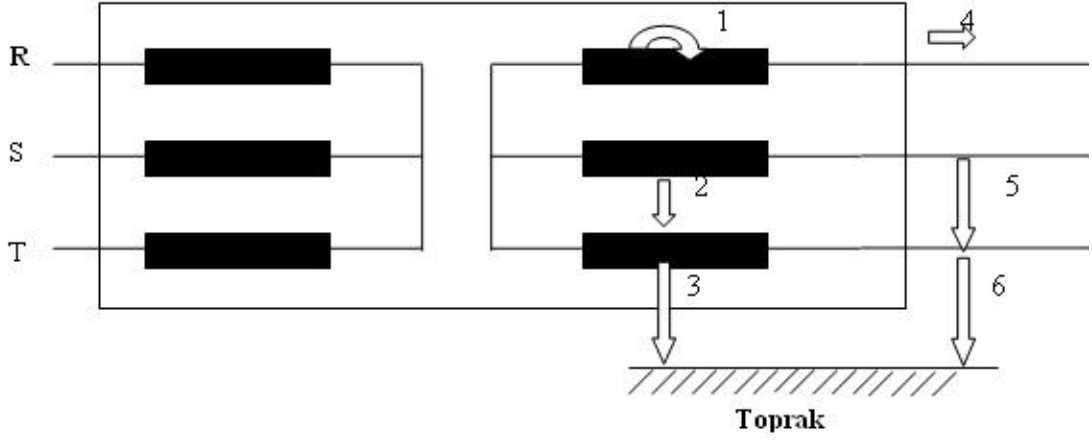
Üç fazlı transformatörlerde meydana gelen arızalar, aşırı akımdan dolayı meydana gelen arızalar ve aşırı gerilimden dolayı meydana gelen arızalar olmak üzere iki ana grupta incelenebilir.

1.3.1. Aşırı Akımdan Kaynaklanan Arızalar

Aşırı akım kısa devreden ve aşırı yüklenmeden dolayı oluşan akımdır. Transformatör sargısı belirli bir direnci olan devreyi besler. Bu durumda transformatörden normal akım çekilir. Devre iletkenine yalıtımı sağlayan dış izolasyon yapılmıştır. Bu izolasyon bazı etkenlerden dolayı özelliğini kaybettiğinden faz iletkenlerinin birbiriyle veya toprakla teması sonucu kısa devre olur ve transformatör yanar.

Kısa devre akımının transformatöre etkileri şu şekilde olur: İçinden akım geçen iletken ısınır, iletkenin ısınması ile çevresinde bir sıcaklık oluşur. Oluşan sıcaklığın belirli bir değere ulaşmasıyla sargının yalıtımını sağlayan izolasyon maddesi özelliğini kaybeder, eriyerek akar, arada izolasyon kalmayınca kısa devre başlar. Kısa devre akımının bir diğer etkisi de içinden akım geçen iletkenin çevresinde manyetik alan oluşturmasıdır. İçinden akım geçen iki iletken yan yana geldiğinde akım yönleri aynı olursa çekme, akım yönleri ters olursa itme kuvveti oluşturur. Özellikle büyük güçlü transformatörlerde bu itme ve çekme kuvveti sargı şekillerinin bozulmasına ve izolasyonun zedelenecek kısa devre yapmasına neden olur.

Transformatörün aşırı yüklemesinden ya da aşırı akım çekilmesinden dolayı da arızalar oluşur. Transformatörün aşırı yüklemesi, transformatörün ısınmasına sargılarının zarar görmesine soğutmada kullanılan yağın özelliğini kaybetmesine ve transformatörün yanmasına neden olur.



Şekil 1.3: Aşırı akım arızalarının sınıflandırılması

İç Arıza:

- Sarımlar arası kısa devre (1)
- Sargılar arası kısa devre (2)
- Sargı toprak arası kısa devre (3) (Şekil 1.3)

Dış Arıza:

- Aşırı yüklenme (4)
- Fazlar arası kısa devre (5)
- Faz toprak arası kısa devre (6) (Şekil 1.3)

1.3.2. Aşırı Gerilimden Kaynaklanan Arızalar

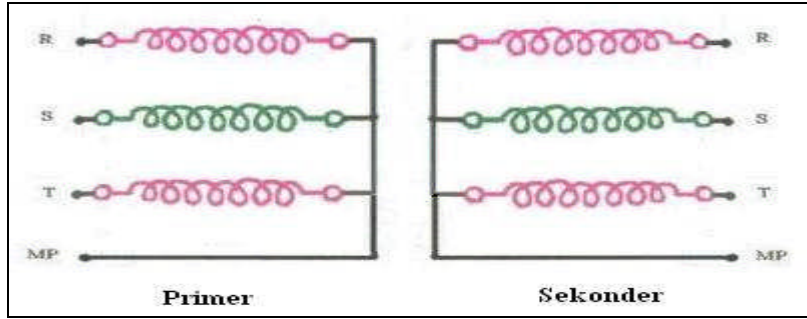
Her izolasyon maddesi, belirli bir gerilim değerine kadar özelliğini kaybetmeden yalıtım yapar. Bu değer üzerinde gerilim uygulandığında izolasyon maddesi delinir ve kısa devre arızası oluşur. Transformatörde iç ve dış aşırı gerilim oluşur. İç aşırı gerilime özellikle büyük güçlü transformatörlerin devreye alınıp çıkartılmasında faz toprak kısa devresi, hat kopması ya da dağıtım hatlarında sigorta atması gibi olaylar neden olur. Yıldırım düşmesi sonucu dış aşırı gerilim oluşur.

1.4. Üç Fazlı Transformatör Bağlantıları

Üç fazlı transformatörlerde üç şekilde bağlantı vardır. Bunlar

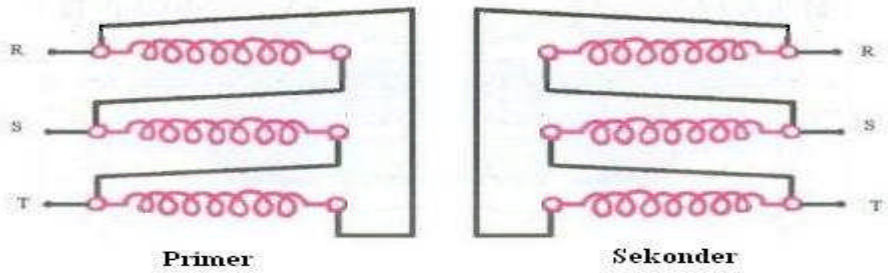
- Yıldız bağlantı
- Üçgen bağlantı
- Zigzak bağlantı

Daha çok sıfırlamanın (nötr) istenildiği yerlerde yıldız noktası sıfır olduğundan yıldız bağlantı kullanılır (Şekil 1.4).



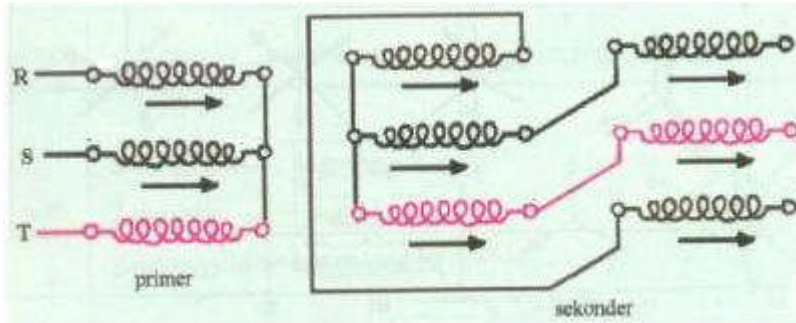
Şekil 1.4: Yıldız (λ) bağlantı

Nötr hattı istenmeyen yerlerde üçgen bağlantı kullanılır (Şekil 1.5).



Şekil 1.5: Üçgen (Δ) bağlantı

Fazlar arasında dengesiz yüklemelerin olduğu yerlerde ise zikzak bağlantı kullanılır.



Şekil 1.6: Zikzak bağlantı

Yıldız ve üçgen bağlantılar hem primer sargılarında hem de sekonder sargılarında uygulanabilir. Zikzak bağlantı ise yalnızca sekonder sargılarda uygulanır (Şekil 1.6).

Üç fazlı transformatörlerde 12 çeşit bağlantı şekli vardır. Primer sargı uçları (büyük gerilim) büyük harflerle, sekonder sargı uçları (küçük gerilim) küçük harflerle gösterilir. (U,V,W - u,v,w). Bağlantı şekilleri ise Dd (üçgen), Yy (yıldız), Z (zikzak) sembolleri ile gösterilir. Bu sembollerin birincisi primer sargı bağlantısını, ikincisi ise sekonder sargı bağlantısını ifade eder.

Üç fazlı transformatörlerde bağlantı grupları yapılırken primer giriş gerilimleri ile sekonder çıkış gerilimleri aynı fazda olmayabilir. Bu faz farkı dört farklı bağlantı grubunu oluşturmuştur.

Bağlantı gruplarının yanındaki rakamlar, primer gerilimleri ile sekonder gerilimleri arasındaki faz farkını gösterir. Rakam 30^0 ile çarpılarak faz farkları bulunur.

ÖRNEK: Dd5'in anlamı

Çözüm: Primeri üçgen, sekonderi üçgen bağlı, giriş ve çıkış gerilimleri arasındaki faz farkı;

$$5 \times 30^0 = 150^0 \text{ dir.}$$

A grubu bağlantıda primer ile sekonder gerilimleri arasındaki faz farkı, $30^0 \times 0 = 0^0$

B grubu bağlantıda primer ile sekonder gerilimleri arasındaki faz farkı, $30^0 \times 6 = 180^0$ dir.

Yani çıkışta – ve + alternanslar yer değiştirmiştir.

C grubu bağlantıda primer ile sekonder gerilimleri arasındaki faz farkı, $30^0 \times 5 = 150^0$ dir

Çıkış gerilimi giriş geriliminden 150^0 geridedir.

D grubu bağlantıda primer ile sekonder gerilimleri arasındaki faz farkı, $30 \times 11 = 330^0$ dir.

Çıkış gerilimi giriş geriliminden 330^0 geridedir.

NORMLAR		SEMBOLLERİ		BAĞLANTILARI	
DIN	IAC	1. DEVRE	2. DEVRE	1. DEVRE	2. DEVRE
A GRUBU BAĞLAMA					
A ₁	D _d 0				
A ₂	Y _Y 0				
A ₃	D _Z 0				
B GRUBU BAĞLAMA					
B ₁	D _d 6				
B ₂	Y _Y 6				
B ₃	D _Z 6				

Tablo 1.1: A – B bağlantı grupları

NORMLAR		SEMBOLLERİ		BAĞLANTILARI	
DIN	IAC	1. DEVRE	2. DEVRE	1. DEVRE	2. DEVRE
C GRUBU BAĞLAMA					
C ₁	D _Y 5				
C ₂	Y _d 5				
C ₃	Y _Z 5				
D GRUBU BAĞLAMA					
D ₁	D _Y 11				
D ₂	Y _d 11				
D ₃	Y _Z 11				

Tablo 1.2: C – D bağlantı grupları

UYGULAMA FAALİYETİ

Uygulama: Öğretmenin size verdiği üç fazlı trafoyu aşağıdaki işlem basamaklarını takip ederek sökünüz.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Saclar üzerindeki verniği temizleyiniz.➤ Sacları birbirinden ayırınız.➤ Sacları sökünüz.➤ Bobin makarasının üzerindeki kağıdı sökünüz.➤ Sarımı tek tek sayarak sökünüz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Sacları sökerken verniği yumuşatınız.➤ Sacları zarar vermeden birbirinden ayırınız.➤ Yalıtımları ve telleri sökerken makaraya zarar vermemeye özen gösteriniz.➤ Sargıları sökerken sipir sayısını ve tel çapını kaydediniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanmadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1.	Saclar üzerindeki verniği temizlererek montaj malzemelerini sökebildiniz mi?		
2.	Sacları biri birinden ayırıp nüveyi sökebildiniz mi?		
3.	Sargı izolasyon malzemelerini sökebildiniz mi?		
4.	Sargılara ait iletken kesiti ve sipir sayısı bilgilerini hatasız kaydettiniz mi?		
5.	Sargı sökümünü tekniğine uygun tamamlayabildiniz mi?		
6.	İş güvenliği tedbirlerine uydunuz mu?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınızı “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. () Transformatörlerde primer ve sekonder taraflar bir iletkenle birbirlerine bağlıdır.
2. () Üç fazlı transformatör yapı ve çalışma bakımından bir fazlı transformatörlere benzerler.
3. () Üç fazlı transformatör yerine aynı özellikte üç adet bir fazlı transformatör kullanılabilir.
4. () Üç fazlı transformatörün bir fazında arıza meydana geldiğinde diğer iki faz çalışmasına devam eder.
5. () Üç fazlı transformatör nüvelerinin birer yüzeyi yalıtılmış demirden yapılmıştır
6. () Üç fazlı transformatörlerde çekirdek tipi ve mantel tipi nüveler kullanılır.
7. () Üç fazlı transformatörlerde üç fazın hepsine bir primer sargısı ve bir sekonder sargısı bulunur.
8. () Üç fazlı transformatörlerde bir fazlı transformatörlerde olduğu gibi üç tip sarım şekli vardır.
9. () Transformatör sargılarının izolasyonu özelliğini kaybetse ya da izolasyonu olmasa bile transformatörler çalışmaya devam eder.
10. () Üç fazlı transformatörlerin primer ve sekonderleri sadece üçgen ve yıldız bağlanabilir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Müşteri isteği doğrultusunda yeni bir üç fazlı transformatörün hesabını yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Bu faaliyet öncesinde yapmanız gereken öncelikli araştırmalar şunlar olmalıdır:
- Üç fazlı transformatörlerin hesabında kullanılan formülleri araştırınız.
- 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 şekli ve amaçları için ise bu sistemleri kuran kişilerden ön bilgi almanız gerekir. Kazanmış olduğunuz bilgi ve deneyimleri arkadaş gurubunuz ile paylaşınız.

2. ÜÇ FAZLI TRANSFORMATÖRLERDE SARIM HESABI

2.1. Semboller

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

SEMBOL	ANLAMI	BİRİMİ
a	Nüvenin Eni	cm
b	Nüvenin Genişliği	cm
h	Pencere Yüksekliği	cm
h_m	Makaranın İçten İçe Yüksekliği	cm
C_p	Pencere Genişliği	cm

Tablo 2.1: Transformatör sarım hesabında kullanılan semboller

SEMBOL	ANLAMI	BİRİMİ
S₁	Primer (giriş) gücü	kVA
S₂	Sekonder (çıkış) gücü	kVA
S_n	Manyetik nüve kesiti	cm ²
s_{1 il}	Primer sargı iletken kesiti	mm ²
s_{2 il}	Sekonder sargı iletken kesiti	mm ²
d₁	Primer sargı iletken çapı	mm
d₂	Sekonder sargı iletken çapı	mm
I₁	Primer sargı akımı	A
I₂	Sekonder sargı akımı	A
N₁	Primer sargının sarım sayısı	Sipir
N₂	Sekonder sargının sarım sayısı	Sipir
U₁	Primer gerilimi	V
U₂	Sekonder gerilimi	V

Tablo 2.2: Transformör sarım hesabında kullanılan semboller

2.2. Formüller

ANLAMI	FORMÜL
Manyetik nüve kesiti	$S_n = C \cdot \sqrt{S_2 \cdot \frac{2}{3}} = a \cdot b$
Primer gücü	$S_1 = \frac{S_2}{\eta}$
Manyetik akı	$\Phi = B \cdot S_n$
Primer siper sayısı	$N_1 = \frac{U_1}{4,44 \cdot \phi \cdot f \cdot 10^{-8}}$
Sekonder siper sayısı	$N_2 = \frac{U_2}{4,44 \cdot \phi \cdot f \cdot 10^{-8}}$
Primer iletken akımı	$I_1 = \frac{S_1}{\sqrt{3} \cdot U_{1h}}$
Sekonder iletken akımı	$I_2 = \frac{S_2}{\sqrt{3} \cdot U_{2h}}$
Primer iletken kesiti	$S_{iletken} = \frac{I_1}{J}$
Sekonder iletken kesiti	$S_{2iletken} = \frac{I_2}{J}$
Primer ve sekonder iletken çapı	$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{1il.}}{\pi}} \quad , \quad d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{2il.}}{\pi}}$

Tablo 2.3: Transformör sarım hesaplamasında kullanılan formüller

2.3. Üç Fazlı Transformörün Hesabı

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

ÖRNEK:

Sekonder çıkış gücü 1 kVA olan 380 V / 220 V , λ / λ bağlı e=% 5 gerilim düşümlü trafonun verimi $\eta = \% 92$ ve akım yoğunluğu $J=2,2$ A/mm' dir. Manyetik akı $B= 10000$ Gauss ve frekansı $f=50$ Hz olan üç fazlı transformörün sarım için gerekli hesaplamalarını yapınız ($C = 0,9$ alınacaktır)

➤ **Manyetik nüve kesitinin hesaplanması**

$$S_n = C \cdot \sqrt{S_2 \cdot \frac{2}{3}} = 0,9 \cdot \sqrt{1000 \cdot \frac{2}{3}} = 23,2 \text{ cm}^2$$

Manyetik nüvenin eninin ve boyunun ölçüsü, transformatörün kullanma yerine göre belirlenir. Kare şeklinde veya dikdörtgen şeklinde yapılabilir.

$$S_n = a \cdot b \text{ olduğundan } a = 5 \text{ cm alınır, } b = \frac{S_n}{a} = \frac{23,2}{5} = 4,64 \text{ cm olur.}$$

Bu değere % 9'luk kabarmaları dikkate alarak $b = 4,6 \cdot 1,09 = 5 \text{ cm}$ bulunur. Manyetik nüvenin a ve ölçüleri eşit çıktığından manyetik nüve kare şeklinde alınacaktır.

➤ **Primer ve sekonder sipir sayılarının bulunması**

$$\phi = B \cdot S_n = 10000 \cdot 23,2 = 232000 \text{ Maxwell}$$

$$U_{1f} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ VPrimer faz gerilimi}$$

$$U_{2f} = \frac{220}{\sqrt{3}} = 127 \text{ VSekonder faz gerilimi}$$

$$N_1 = \frac{U_1}{4,44 \cdot \phi \cdot f \cdot 10^{-8}} = \frac{220}{4,44 \cdot 232000 \cdot 50 \cdot 10^{-8}} = 427 \text{ Sipir}$$

$$N_2 = \frac{U_2}{4,44 \cdot \phi \cdot f \cdot 10^{-8}} = \frac{127}{4,44 \cdot 232000 \cdot 50 \cdot 10^{-8}} = 247 \text{ Sipir}$$

Transformatörler yüklendikleri zaman uç gerilimleri, gerilim regülasyonundan dolayı bir miktar düşer, bunu karşılamak için % 5'e kadar sekonder sipir sayısına eklenir. Sekonder sipir sayısına % 5 lik gerilim düşümü eklenirse

$$N_2 = 247 \cdot 1,05 = 259 \text{ sipir olarak sarılır.}$$

➤ **Primer ve sekonder akımlarının bulunması**

Primer (giriş) gücü transformatör veriminin değeri kadar azalarak, sekonder (çıkış) gücü oluşturur.

$$S_1 = \frac{S_2}{\eta} = \frac{1000}{0,92} = 1087 \text{ VA}$$

$$I_1 = \frac{S_1}{\sqrt{3} \cdot U_{1h}} = \frac{1087}{\sqrt{3} \cdot 380} = \frac{1087}{1,73 \cdot 380} = 1,65 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{S_2}{\sqrt{3} \cdot U_{2h}} = \frac{1000}{1,73 \cdot 220} = 2,62A \text{ olarak bulunur.}$$

➤ **Primer ve sekonder iletken kesitlerinin bulunması**

$$s_{1il} = \frac{I_1}{J} = \frac{1,65}{2,2} = 0,75mm^2$$

$$s_{2il} = \frac{I_2}{J} = \frac{2,62}{2,2} = 1,2mm^2 \text{ olarak bulunur.}$$

➤ **Primer ve sekonder iletken çapları**

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot s_{1il}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,75}{3,14}} = 0,98 \text{ mm } 1 \text{ mm kesitinde iletken kullanılır.}$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot s_{2il}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,2}{3,14}} = 1,23 \text{ mm } 1,25 \text{ mm kesitinde iletken kullanılır.}$$

➤ **Manyetik nüve ölçülerin hesaplanması**

• **Pencere yüksekliği**

$h = 2,5 \cdot a$ formülünden $h = 2,5 \cdot 5 = 12,5 \text{ cm} = 125 \text{ mm}$ hesaplanır. Makara yapımında 2 mm'lik presbant kullanılırsa ve 1,5 mm hava aralığı bırakılırsa makaranın yüksekliği;

$h_m = h - 2 \cdot (2 + 1,5) = 125 - 2 \cdot (2 + 1,5) = 118 \text{ mm}$ hesaplanarak makaranın yapımında h yüksekliği olarak kullanılır.

• **Sargı kalınlıkları**

Primer iletken kesiti izole kalınlığı ile birlikte $d_1 = 1 + 0,1 = 1,1 \text{ mm}$ olur. Primerin bir katına sarılacak iletken sayısı $118 / 1,1 = 107$ 'dir. $427 / 107 = 3,99$ kat olduğundan dört kat alınarak hesaplamalarda kullanılır.

Sekonder iletken kesiti izole kalınlığı ile birlikte $d_2 = 1,25 + 0,1 = 1,35 \text{ mm}$ olur. Sekonderin bir katına sarılacak iletken sayısı $118 / 1,35 = 87$ 'dir. $259 / 87 = 2,97$ kat olduğundan üç kat alınarak hesaplamalarda kullanılır.

Primer sargının katları arasına 0,30 mm sargı üzerine 0,50 mm'lik presbant kullanıldığında $4 \cdot (1,1) + 3 \cdot (0,30) + 0,50 = 5,8 \text{ mm}$ bulunur.

Primer sargı kabarma payı ile birlikte 7 mm alınır.

Sekonder sargı kalınlığı katlar arasına 0,30 mm sargı üzerine 0,50 mm'lik presbant kullanıldığında $3 \cdot (1,35) + 2(0,30) + 0,50 = 5,15$ mm bulunur.

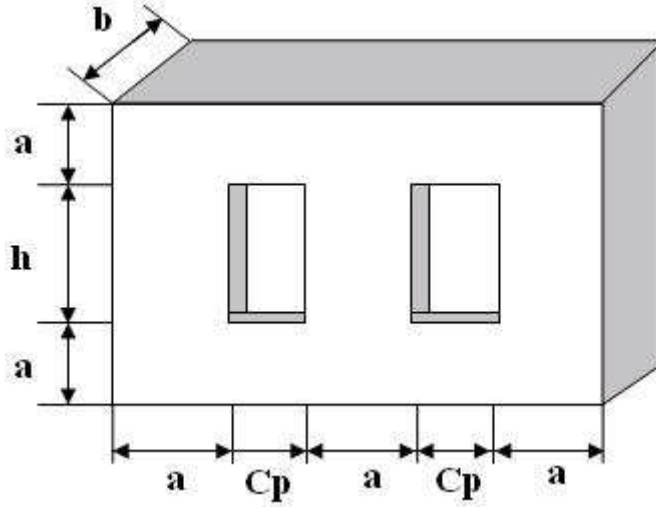
Sekonder sargı kabarma payı ile birlikte 6 mm alınır.

- **Pencere genişliği**

Yukarıdaki ifadelerle göre pencere genişliği = Nüve ile makara arasındaki hava boşluğu (1,5 mm), kullanılan presbantın kalınlığı (2 mm), 1. faz primer sargı kalınlığı (7 mm), 1. faz sekonder sargı kalınlığı (6 mm), iki sargı arasındaki hava aralığı (7 mm), 2. faz sekonder sargı kalınlığı (6 mm), 2. faz primer sargı kalınlığı (7 mm), makara kalınlığı (2 mm) ve nüve ile makara arasındaki hava boşluğu (1,5 mm) toplanırsa pencere genişliğini verir.

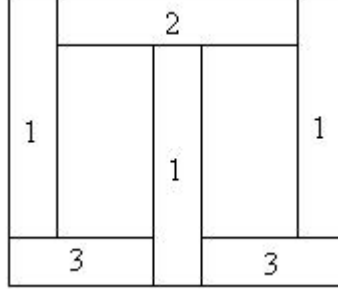
$C_p = 1,5 + 2 + 7 + 6 + 7 + 6 + 7 + 2 + 1,5 = 40$ mm olarak hesaplanır.

Aşağıdaki şekilde manyetik nüve de sargı sarılacak bacak genişliği (a), sacların üst üste dizilmesiyle meydana gelen genişlik (b), pencere yüksekliği (h) ve pencere genişliğinin yerleri gösterilmektedir.



Şekil 2.1: Nüve ölçüleri

Manyetik nüve sac ölçüleri; a=50 mm b=50 mm h=125 mm Cp=40 mm hesaplandı.



Şekil 2. 2: Sac yerleşimi

1 numaralı sac:

Sacın eni: $a = 50$ mm

Sacın boyu: $h + a = 125 + 50 = 175$ mm

Sacın sayısı: $3 \cdot \frac{b}{0,35} = 3 \cdot \frac{50}{0,35} = 429$ adet

2 numaralı sac:

Sacın eni: $a = 50$ mm

Sacın boyu: $2 \cdot Cp + a = 2 \cdot 40 + 50 = 130$ mm

Sacın sayısı: $\frac{b}{0,35} = \frac{50}{0,35} = 143$ adet

3 numaralı sac:

Sacın eni: $a = 50$ mm

Sacın boyu: $Cp + a = 40 + 50 = 90$ mm

Sacın sayısı: $2 \cdot \frac{b}{0,35} = 2 \cdot \frac{50}{0,35} = 286$ adet olarak hesaplanır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Uygulama: Sekonder çıkış gücü 0,9 kVA olan 380 V / 90 V , λ / λ bağlı $e = \% 5$ gerilim düşümlü trafonun verimi $\eta = \% 90$ ve akım yoğunluğu $J=2,2$ A/mm'dir. Manyetik akı $B= 10000$ Gauss ve frekansı $f=50$ Hz olan üç fazlı transformatörün sarım için gerekli hesaplamalarını yapınız ($C = 0,9$ alınacaktır.).

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Müşteriden gerekli bilgileri alınız.➤ Manyetik nüve kesiti hesabını yapınız.➤ Primer ve sekonder siper sayısını hesaplayınız.➤ Primer ve sekonder iletken çaplarını hesaplayınız.➤ Sargı kalınlığını ve pencere genişliğini hesaplayınız.➤ Manyetik nüve ve sac ölçülerini hesaplayınız.➤ Makara ölçülerini hesaplayınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Müşterinin istekleri doğrultusunda gerekli bilgileri alınız.➤ Aldığınız bilgiler doğrultusunda öncelikle manyetik nüve kesitinin hesabını yapınız.➤ Primer ve sekonder siper sayısını hesaplayınız.➤ İlgili tablolardan iletken çaplarını bulunuz.➤ Sargı kalınlığı ve pencere genişliğini, manyetik nüve ve sac ölçülerini ve makara ölçülerini hesaplayınız.➤ Bobin makarasını sehpaye taktığınızda rahatça dönmeli, çünkü sarım yaparken teli koparabilirsiniz.➤ Makara içinde makaronlu teli yarım tur atacak kadar sarınız.➤ Trafonun yalıtımını en kolay vernik ile yapabilirsiniz.➤ Trafo kontrolünü laboratuvar ortamında gerçekleştirebilirsiniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Verilen değerlere göre manyetik nüve kesitini doğru olarak hesaplayabildiniz mi?		
2. Primer ve sekonder siper sayılarını doğru hesaplayabildiniz mi?		
3. Primer ve sekonder iletken çaplarını doğru hesaplayabildiniz mi?		
4. Makara ölçülerini doğru hesaplayabildiniz mi?		
5. Sac ölçülerini doğru olarak hesaplayabildiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. () Üç fazlı transformatörün hesabını yaparken; sekonder gücünü, primer ve sekonder gerilimlerini, uygulanan gerilimin frekansını, transformatörün verimini, transformatör sacının manyetik akı yoğunluğunu, akım yoğunluğunu ve gerilim düşümünü bilmemiz gerekir.
2. () Üç fazlı transformatörlerde manyetik nüve kesiti hesabı $S_n = C \cdot \sqrt{S_2}$ formülünden yapılır.
3. () Manyetik akı yoğunluğu (B): 1 cm^2 alanda dolaşan manyetik kuvvet çizgisine denir.
4. () Üç fazlı transformatörlerde verim (η) verilen gücün alınan güce bölünmesiyle $\eta = S_1/S_2$ hesaplanır.
5. () Üç fazlı transformatörlerin güçleri büyüdükçe verimleri düşmektedir.
6. () Üç fazlı transformatörler yüklendikleri zaman sekonder gerilimlerinde bir miktar düşme meydana gelir.
7. () Üç fazlı transformatörlerde bir fazlı transformatörlerde olduğu gibi primer gerilimi ile sekonder gerilimi oranı, primer siper sayısı ile sekonder siper sayısı oranına $(\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2})$ eşittir.
8. () Üç fazlı transformatörlerde primer ve sekonder siper sayılarını hesaplamada çıkan sonuca göre sarıp, iletken kesitleri hesaplanandan daha ince kesitli sarılırsa sadece transformatörün gücünü değiştirmiş oluruz.
9. () Pencere yüksekliği; $h = 2,5 \cdot a$ formülünden hesaplanır.
10. () Pencere genişliğinin hesabını yaparken; nüve ile makara arasındaki hava boşluğu, kullanılan presbantın kalınlığı, 1. faz primer sargı kalınlığı, 1. faz sekonder sargı kalınlığı, iki sargı arasındaki hava aralığı, 2. faz sekonder sargı kalınlığı, 2. faz primer sargı kalınlığı ve makara kalınlığı toplanır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

AMAÇ

Müşteri isteği doğrultusunda yeni bir üç fazlı transformatör sarımını yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

Bu faaliyet öncesinde yapmanız gereken öncelikli araştırmalar şunlardır:

- Üç fazlı transformatörlerin makaralarını yaparken dikkat edilecek hususları araştırınız.
- Üç fazlı transformatörlerin sarımını yaparken dikkat edilecek hususları araştırınız.
- Tanıma işlemleri için internet ortamı ve güç ve kumanda devre elemanlarının satıldığı iş yerlerini gezmeniz gerekmektedir. Güç ve kumanda devre elemanlarının kullanım şekli ve amaçları için ise bu sistemleri kuran kişilerden ön bilgi almanız gerekir. Kazanmış olduğunuz bilgi ve deneyimleri arkadaş gurubunuz ile paylaşınız.

3. ÜÇ FAZLI TRANSFORMATÖR SARIMI

3.1. Makara Yapımı

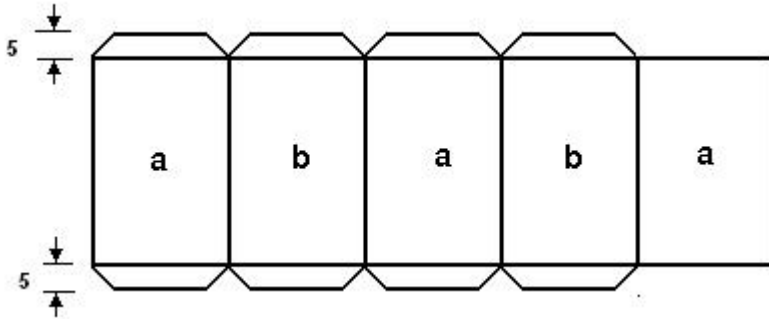
Transformatörlerde makara, sargıların düzgün olarak sarılması, birbirine ve manyetik nüveye karşı yalıtkanlığın sağlanması amacı ile yapılır.

Makara yapımında transformatörün gücüne göre değişik kalınlıklarda presbantlar kullanılır. Presbantlar transformatörün gücüne göre 1 – 1,5 – 2 mm veya daha kalın olabilmektedir. Bazı transformatörlerde presbant yerine bakalit veya ebonit gibi malzemeler de kullanılabilir. **Seri imalatta sert plastikten çeşitli ebatlarda hazır makaralar da yoğun olarak kullanılmaktadır.**

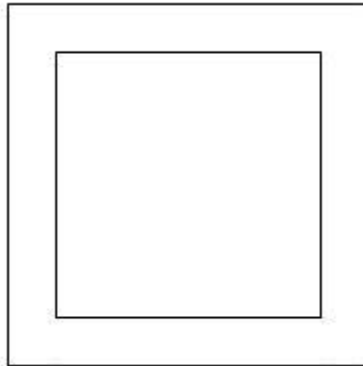


Resim 3.1: Hazır yapılmış makara

Makara yapımı için presbantın üzerine şekil 3.1'deki gibi makara ölçülerinin çizilmesi gerekir. Makara nüvenin üzerine geçeceği için kenar ölçüleri mutlaka nüve ölçülerinden presbant kalınlığı kadar büyük alınmalıdır. Ayrıca makara kenarlarının alt ve üst kısmında 5 mm'lik kulakçık bırakılır. Bu kulakçıklar, makara gövdesinin kapak kısmına yapıştırılmasını sağlar.

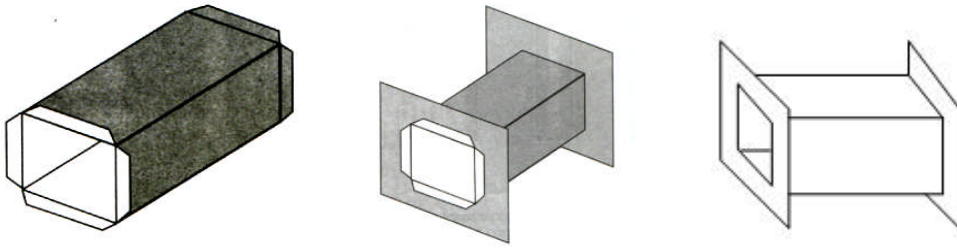


Şekil 3.1: Makara ölçülerinin gösterilişi



Şekil 3.2: Makara kapaklarının gösterilişi

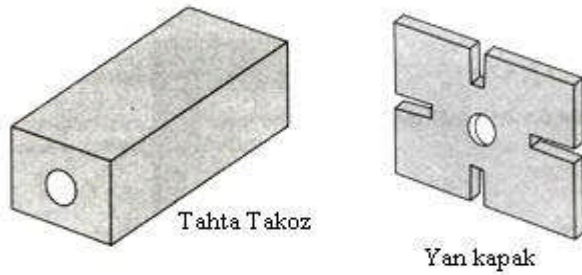
Makara için şekil 3.1'deki gibi ve makara kapakları için şekil 3.2'deki gibi şekiller presbant üzerine çizilerek makasla kesilir. Makaranın kesim işlemi bittikten sonra bükme ve yapıştırma işlemi yapılır. a ve b kenarları ile kulakçıklar, çizilen yerlerden bükülmesinin düzgün olarak yapılması için presbantın arka tarafından bir bıçakla çizilir ve ters tarafa katlanır. Fazla olarak çizilen a kenarı ile baş taraftaki a kenarının yarım katları inceltir. İnceltilen iki a kenarı üst üste getirilerek yapıştırılır. Böylece iki katın kalınlığı bir katın kalınlığına eşitlenmiş olur. Makaranın kapaklarının biri bir tarafta diğeri öbür tarafta olacak şekilde makaranın kenarındaki kulakçıklarla yapıştırılarak makaranın yapılışı şekil 3.3'teki gibi tamamlanır.



Şekil 3.3: Makaranın yapılış aşamaları

3.2. Bobinlerin Sarımı

Bobinler makara üzerine sarılmadan önce, makarayı sarım çıkırığına takmak için iç kısmının dolu olması gerekir. İç kısmı boş olursa makara sabitlenmemiş olur ve sargı düzgün sarılamaz. Makaranın içine tam girecek şekilde nüve ölçülerine göre takoz yapılır. Makaranın sıkıştırılması için, her iki tarafına yan kapaklar yapılır. Sarım çıkırığına takmak için takoz ve kapakların ortasından delik delinir. Makara içerisine takoz sıkıca geçirildikten sonra yan kapaklarla birlikte sarım çıkırığına takılır.

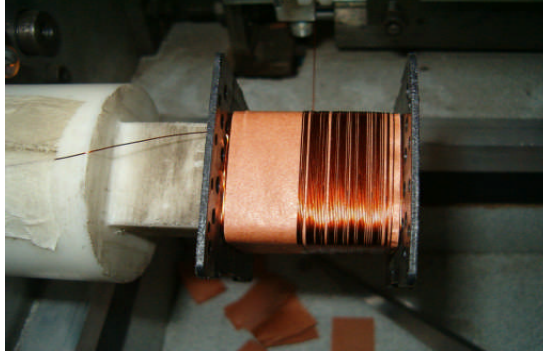


Resim 3.2: Makaraya yerleştirilen takoz ve yan kapak

Makara sarım çıkırığına takıldıktan sonra, önce primer sargı, sonra sekonder sargı sarılır. İletkenin ucunu dışarıya çıkarmak için makaranın a kenarındaki kapağına delik açılır. Açılan delikten iletkenin ucuna makaron geçirilir. Daha sonra bu makara bağlantı yapacak kadar çıkarılıp sarım çıkırığının miline sarılmalıdır. Makaranın kapaklarına delikler açılırken

a kenarına gelmesine özen gösterilmelidir. Makaranın kapaklarına açtığımız delikten içeri iletkeni geçirdiğimiz yer sarıma başladığımız yerdir.

Sarıma başladığımız yere tekrar geldiğimizde 1. sipiri sarmış oluruz. Sarım boyunca kaç sipir sardığımızı saymamız ve birinci kat tamamlandığında tekrar saymamız sarım sırasında fazla ya da eksik sipir sarmamızı engelleyecektir. Sarım sırasında iletken gergin tutularak yan yana gelen iletken arasında boşluk bırakmadan birinci kat tamamlanır.



Resim 3.3: Primer sargı sarılması

Birinci kat tamamlandıktan sonra ikinci kat sarıma geçmeden önce yan yana gelen iletkenler arasındaki boşluklar var ise sarım bıçağı ile boşluklar kapatılır. Katlar arasında 0,30 mm kalınlığında presbantla yalıtılmak gerekir. Daha sonra ikinci kat sarıma geçilir. İkinci kat da aynı şekilde sarılır ve primer tarafının sarımı bu şekilde katlar arasında 0,30 mm'lik presbant konularak primer sargısı tamamlanır. Primer sargı tamamlandıktan sonra üzeri 0,50 mm'lik presbantla yalıtılır. İletkenin ucuna makaron takılarak makaranın kapağına önceki deliğin yanına delik açılıp açılan delikten çıkarılır (Resim 3.4).

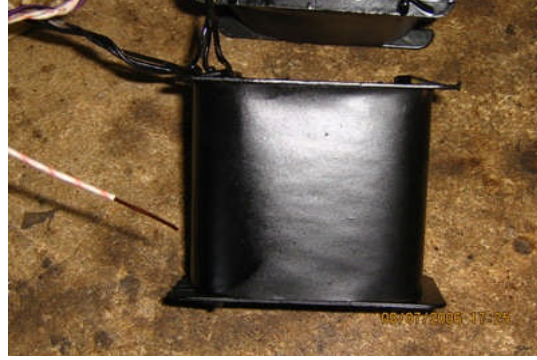


Resim 3.4: Makaron takılması

İletkenin ucuna uygun olan makaron takılarak primer sargı uçlarının yanına açılan delikten dışarı çıkarılıp sekonder sargı sarılmaya başlanır. Önceki primer sargısına uygulanan işlemler sırasıyla sekonder sargısında uygulanır. Sargıların köşelerinde ya da orta kısımlarında oluşacak kabarmaları en aza indirmek için tahta veya plastik tokmakla iletkenler zarar görmeyecek şekilde yavaşça vurulur. Sekonder sargının katları arası da tamamlandığında 0,30 mm'lik presbant ile katlar arası yalıtılarak sarım tamamlanır (Resim 3.5).



Resim 3.5: Sargıların yalıtılması



Resim 3.6: Sarımı tamamlanmış makara

Üç fazlı transformatör imalatında, makara ve bobinlerden üçer adet yapılması gerektiği daha önce açıklanmıştı. Üç adet makara ve bu makaraların üzerine üç adet primer ile sekonder sargıları sarıldıktan sonra ohmmetre ile sargıların kopukluk kontrolü yapılır.

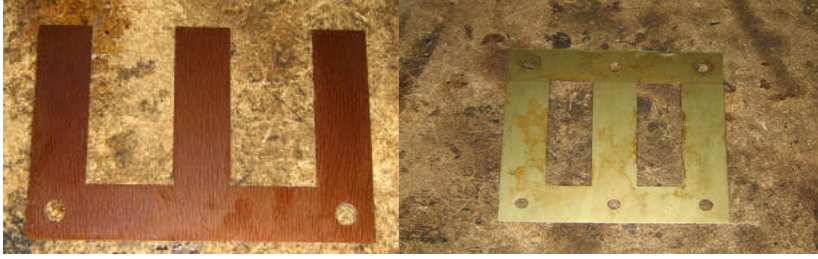


Resim 3.7: 3 adet sarımı ve yalıtımı tamamlanmış bobin

Sargılarda herhangi bir kopukluk bulunursa ohmmetre sonsuz direnç gösterir ya da sargıların dirençleri farklı değerlerde olabilir.

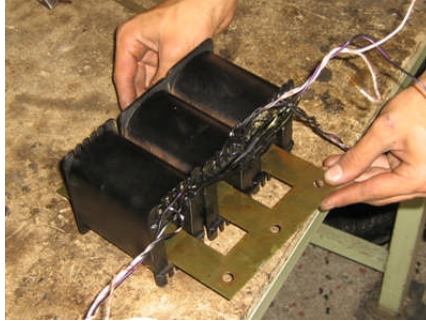
3.3. Sacların Düzenlenmesi

Transformatör bobini yalıtımı tamamlanıp, montaja hazır hale getirildikten sonra manyetik nüveyi oluşturan saclar makara içine yerleştirilir. Yerleştirme işleminden önce saclar gruplar haline getirilir.



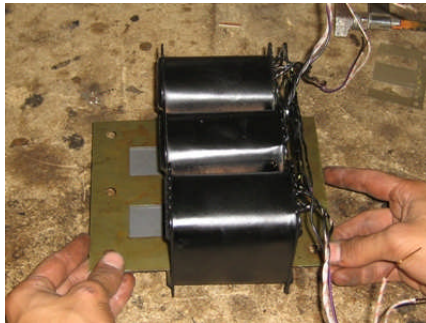
Resim 3.8: Makara içine yerleştirilecek saclar

Birinci grup sac alınarak makara içine uygun şekilde yerleştirilir. Bunu yaparken sacların, makaranın köşelerine zarar vermemesine dikkat etmeli, herhangi bir zorlamada çekiç ve tokmak kullanılmamalıdır (Resim 3.9).



Resim 3.9: Sac yerleştirme

Aksi takdirde makaranın iç yüzeyi yırtılarak iletkenler çizilebilir veya kopabilir. Birinci grup sac dikkatli bir şekilde yerleştirildikten sonra ikinci grup sacların yerleştirme işlemi birinci grup yerleştirmeye ters yönde olacak şekilde takılır (Resim 3.10).



Resim 3.10: Sac yerleştirme

İkinci grup sacların ters takılmasının nedeni ek yerleri üst üste gelmemiş olur aynı zamanda saclar arasında hava boşluğu kalmadığından manyetik akı yoğunluğu artar. Sacların hepsi yerleştirildikten sonra, nüvenin dışına taşan saclar var ise boştaki bir sac alınarak sac üzerine konur ve çekiçle vurularak aynı hizaya gelmesi sağlanır. E ve I tipi sacların dizilmesinde önce E saclar, sonra karşılıklı dizilen E tipi saclar arasında kalan boşluklara I saclar dizilir.

3.4. Üç Fazlı Transformatörün Montaj Tekniği

Transformatör sacları takıldıktan sonra, nüveye köşebent veya kalın sacdan ayak yapılır. Bobin uçlarının bağlanacağı klemensin tespit edilmesi için L şeklinde sac parça yapılır. Daha sonra ayaklar ve klemens tespit parçası, sacların delik ölçülerinde delinir, nüve üzerine konularak cıvatalarla sıkılır (Resim 3.11).



Resim 3.11

Bobin uçları klemenslere bağlanırken fazlalıkları kesilir, iletkenin emayesi kazınır ve klemens vidaları yeteri kadar sıkıştırılarak montaj tamamlanır (Resim 3.12).

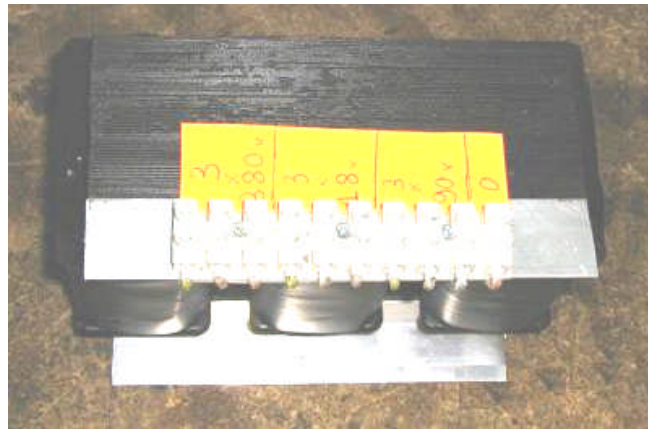


Resim 3.12



Resim 3.13: Montajı tamamlanmış transformatör

Montajı tamamlanan transformatör sargıları ohmmetre ile kopukluk, kısa devre ve gövdeye kaçak kontrolü yapılır. Seri lamba ile primer ve sekonder sargıları arasında kısa devre, primer ve sekonder sargıların kendi giriş ve çıkış uçları arasında kopukluk, sargı uçları ile nüve arasında gövdeye kaçak kontrolleri yapılır. Bu kontroller üç faz sargısı için ayrı ayrı yapılır. Her hangi bir kaçak ya da kopukluk görülmezse transformatör çalıştırılır. Bu kontrollerden sonra, primer sargılardan enerji verilerek transformatörün boş çalışmadaki gerilim ve akım değerleri kaydedilir. Daha sonra sekonder sargılarına bir reosta bağlanarak transformatör yüklenir ve yükte, gerilim ve akım değerleri kaydedilir. Kaydedilen değerler ile hesaplanan değerler karşılaştırılır. Transformatörden titreşim sesi gelirse saclar iyice sıkıştırılır. Kontroller sonunda, değerler normal ise transformatör üzerine yapıştırılacak bir etikete sekonder (çıkış) gücü (S_2), primer gerilimi (U_1), sekonder gerilimi (U_2), çalışma frekansı (f), primer akımı (I_1) ve sekonder akımı (I_2) değerleri yazılır (Resim 3.14).



Resim 3.14: Kontrolleri tamamlanmış transformatör

UYGULAMA FAALİYETİ

Uygulama: Öğrenme Faaliyeti 2’de sarım hesabını yaptığınız üç fazlı transformatörün sarımını aşağıdaki işlem basamaklarını takip ederek yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Makarayı hazırlayınız.➤ Takozu ve kapakları hazırlayınız.➤ Makarayı sarım çıkırığına sabitleyiniz.➤ Bobin makarasını sehpaye takınız.➤ Tele, makaron geçiriniz.➤ Primer katını sarınız.➤ Kat arasına kâğıt yerleştiriniz.➤ Sekonder katlarını da sarınız.➤ Son katın üzerini yalıtınız.➤ Makarayı çıkırıktan sökünüz.➤ Sacları yerleştiriniz.➤ Manyetik nüveyi hazırlayınız.➤ Transformatörün montajını yapınız.➤ Transformatörün yalıtımını yapınız.➤ Transformatör sargılarının bağlantısını klemens bağlantısını yapınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Makaranın yapılmasında ölçüler çok dikkatli alınmalıdır.➤ Makaranın kapaklarına delikler açılırken a kenarına gelmesine özen gösterilmelidir.➤ Primer sargı için makara sarım yapmak için çekildiğinde dolaşmayacak ve iletken açılacak şekilde ayarlanmalıdır.➤ Sac yerleştirme işlemi yapılırken birinci grup sac dikkatli bir şekilde yerleştirildikten sonra ikinci grup sacların yerleştirme işlemi birinci grup yerleştirmeye ters yönde olacak şekilde takılır.➤ Montajı tamamlanan transformatör sargıları ohmmetre ile kopukluk, kısa devre ve gövdeye kaçak kontrolü dikkatli yapılır.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Makarayı hazırlayabildiniz mi?		
2. Takoza ve yan kapakları hazırlayabildiniz mi?		
3. Primer ve sekonder katlarını düzgün bir şekilde sarımını yapabildiniz mi?		
4. Makaronları takabildiniz mi?		
5. Katlar arası yalıtımlarını uygun şekilde yapabildiniz mi?		
6. Sarımını tamamladığınız bobinin son kat yalıtımlarını yapabildiniz mi?		
7. Sacları uygun şekilde yerleştirebildiniz mi?		
8. Sacları boşluk kalmayacak şekilde sıkıştırabildiniz mi?		
9. Bobin uçlarını klemens tablosuna bağlayabildiniz mi?		
10. Transformatör etiketini standartlara uygun şekilde hazırladınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınızı “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

1. () Makaranın açılım şeması **a b a b a** şeklinde beş kenar olarak çizilir.
2. () Makara yapımında presbantın kalınlığı dikkate alınmaz.
3. () Makara için 2 mm'lik presbant kullanılırsa ve 1,5 mm hava aralığı bırakılırsa **h** yüksekliği 118 mm olarak presbantın üzerine çizilir.
4. () Makara kapakları her faz sargısı için dört adet olarak yapılır.
5. () Makaranın **a** ve **b** kenarları ile kulakçıklar, çizilen yerlerden bükülmesinin düzgün olarak yapılması için presbantın arka tarafından bir bıçakla çizilir ve ters tarafa katlanır.
6. () Bobinler makara üzerine sarılmadan önce, makarayı sarım çıkırığına takmak için iç kısmının dolu olması gerekir.
7. () Makara sarım çıkırığına takıldıktan sonra, önce sekonder sargı, sonra primer sargı sarılır.
8. () Yan yana gelen iletkenler arasında boşluklar varsa tahta çekiçle boşluklar kapatılır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Bu modül kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Üç fazlı transformatörlerin yapısını ve çalışmasını öğrendiniz mi?		
2. Üç fazlı transformatörlerde meydana gelecek arızaları öğrendiniz mi?		
3. Üç fazlı transformatörlerin bağlantılarını öğrendiniz mi?		
4. Üç fazlı transformatörün hesabında kullanılan sembolleri öğrendiniz mi?		
5. Üç fazlı transformatörün hesabını öğrendiniz mi?		
6. Makara yapmayı öğrendiniz mi?		
7. Bobinlerin sarımını yapabildiniz mi?		
8. Sacları düzenleyebildiniz mi?		
9. Üç fazlı transformatörün montajını yapabildiniz mi?		
10. Üç fazlı trafonun çıkış gerilimlerini kontrol ettiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız modülü tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “**Evet**” ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	Yanlış
2	Doğru
3	Doğru
4	Yanlış
5	Yanlış
6	Doğru
7	Doğru
8-	Doğru
9	Yanlış
10	Yanlış

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	Doğru
2	Yanlış
3	Doğru
4	Yanlış
5	Yanlış
6	Doğru
7	Doğru
8	Doğru
9	Doğru
10	Yanlış

ÖĞRENME FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	Doğru
2	Yanlış
3	Doğru
4	Yanlış
5	Doğru
6	Doğru
7	Yanlış
8	Yanlış

KAYNAKÇA

- ALTUNSAÇLI Adem, **Elektrik Makineleri**, Kahramanmaraş, 1998.
- BODUROĞLU Prf. Dr.Turgut, **Transformatörler Cilt 1**, Elektrik Makineleri Dersleri.
- ÇOLAK Şeref, **Atelye 2**, Color Ofset, İskenderun, 2004.
- GÖRKEM Abdullah, **Elektrik Makinalarında Bobinaj**, Özkan Matbaacılık, Ankara, 1999.
- PEŞİNT M.Adnan, Abdullah ÜRKMEZ, **Elektrik Makineleri Cilt II.M.E.B.**İstanbul, 1984.
- PEŞİNT M.Adnan, Abdullah ÜRKMEZ. **Elektrik Makineleri Cilt II.M.E.B.** İstanbul, 1984.
- TUNCAY Ersoy, **Atölye 2**, İstanbul, 2004.