

**T.C.  
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

# **ELEKTRİK-ELEKTRONİK TEKNOLOJİSİ**

**BİR FAZLI TRANSFORMATÖR SARIMI  
522EE0041**

**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 .....	iii
GİRİŞ .....	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1 .....	3
1. BİR FAZLI TRANSFORMATÖRLER .....	3
1.1. Yapısı .....	3
1.1.1. Manyetik Nüve .....	3
1.1.2. Transformatör Sargıları .....	6
1.2. Bir Fazlı Transformatörlerin Çalışma Prensibi .....	7
1.3. Bir Fazlı Transformatör Çeşitleri .....	8
1.3.1. Düşürücü Tip Transformatör .....	8
1.3.2. Yükseltici Tip Transformatör .....	9
1.3.3. Ölçü Transformatörleri .....	9
1.3.4. Güvenlik (Yalıtım) Transformatörleri .....	9
1.4. Transformatörlerde İndüklenen Gerilimin Değeri .....	10
1.5. Dönüştürme Oranı.....	12
1.6. Arızalı Transformatörün Sökülmesi.....	13
UYGULAMA FAALİYETİ .....	16
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	19
ÖĞRENME FAALİYETİ-2 .....	20
2. BİR FAZLI TRANSFORMATÖRLERDE SARIM HESABI .....	20
2.1. Semboller .....	20
2.1.1. Sarım Hesabıyla İlgili Semboller.....	20
2.1.2. Makara Yapımıyla İlgili Semboller .....	21
2.2. Formüller.....	22
2.3. Yeni Transformatör Hesabı.....	22
2.3.1. Manyetik Nüve Kesiti .....	23
2.3.2. Primer ve Sekonder Siper Sayıları .....	23
2.3.3. Primer ve Sekonder Akımları .....	24
2.3.4. Primer ve Sekonder İletken Kesitleri.....	24
2.3.5. Primer ve Sekonder Tel Çapları .....	24
2.3.6. Makara Ölçülerinin Çıkarılması .....	24
2.3.7. Transformatör Sacı Ölçülerinin Tespiti .....	28
2.4. Çok Kademeli Transformatör Hesabı .....	28
2.4.1. Manyetik Nüve Hesabı .....	29
2.4.2. Primer ve Sekonder Siper Sayıları .....	29
2.4.3. Primer ve Sekonder Akımları .....	29
2.4.4. Primer ve Sekonder İletken Kesitleri.....	30
2.4.5. Primer ve Sekonder Tel Çapları .....	30
2.4.6. Makara Ölçülerinin Çıkarılması .....	30
2.4.7. Makara Ölçülerinin Çıkarılması .....	32
2.4.8. Transformatör Sacı Ölçülerinin Tespiti .....	32
2.5. Hazır Nüve Üzerine Sarım Hesabı.....	33
2.5.1. Manyetik Nüve Kesiti.....	34
2.5.2. Primer Gücü.....	34
2.5.3. Primer ve Sekonder Siper Sayıları .....	34
2.5.4. Primer ve Sekonder Akımları .....	35

2.5.5. Primer ve Sekonder İletken Kesitleri.....	35
2.5.6. Primer ve Sekonder Tel Çapları .....	35
2.5.7. Sargı Kalınlıkları .....	35
2.5.8. Pencere Genişliği ve Kontrolü.....	36
2.5.9. Makara Ölçüleri.....	37
UYGULAMA FAALİYETİ .....	38
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	40
ÖĞRENME FAALİYETİ-3 .....	42
3. BİR FAZLI TRANSFORMATÖR SARIMI.....	42
3.1. Makara Yapımı .....	42
3.2. Bobinlerin Sarımı .....	43
3.3. Sacların Düzenlenmesi.....	44
3.4. Transformator Montajı Yapım Teknięi.....	45
3.5. Transformatorün Yalıtımı .....	45
3.5.1. Önemi .....	45
3.5.2. Yöntemi .....	46
3.5.3. Kontrolü.....	46
UYGULAMA FAALİYETİ .....	47
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	50
MODÜL DEĞERLENDİRME .....	51
CEVAP ANAHTARLARI.....	52
KAYNAKÇA .....	53

# AÇIKLAMALAR

<b>KOD</b>	<b>522EE0041</b>
<b>ALAN</b>	<b>Elektrik-Elektronik Teknolojisi</b>
<b>DAL/MESLEK</b>	<b>Bobinajcılık</b>
<b>MODÜLÜN ADI</b>	<b>Bir Fazlı Transformatör Sarımı</b>
<b>MODÜLÜN TANIMI</b>	Bir fazlı transformatörün imalat hesabı, bakım ve onarımı ile ilgili temel bilgi ve becerilerin kazandırıldığı öğrenme materyalidir.
<b>SÜRE</b>	40/32
<b>ÖN KOŞUL</b>	Ön koşul yoktur.
<b>YETERLİK</b>	Bir fazlı transformatör sarımını yapmak
<b>MODÜLÜN AMACI</b>	<b>Genel Amaç</b> Bu modül ile sarım makineleri ve gerekli ekipman ile donatılmış atölye ortamında bir fazlı transformatör onarımını ve imalatını yapabileceksiniz. <b>Amaçlar</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Arızalı bir fazlı transformatörü değerlerini kaydederek sökebileceksiniz.</li><li>2. Müşteri isteği doğrultusunda yeni bir transformatör hesabını yapabileceksiniz.</li><li>3. Transformatör sarımı için gerekli ön hazırlıkları ve sarımı hatasız olarak yapabileceksiniz.</li></ol>
<b>EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI</b>	<b>Ortam:</b> Atölye ortamı, <b>Donanım:</b> Takım çantası, el aletlerinin bulunduğu pano, ölçü aletleri, iş güvenliği ile ilgili ekipmanlar, lehimleme malzemeleri, çeşitli ebatlarda transformatör sacı, sarım çıkırığı, karkas, makaron, presbant, çelik cetvel, avometre, ayarlı alternatif gerilim kaynağı, konu anlatımında kullanılmak üzere bilgisayar ve sunum cihazı
<b>ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME</b>	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,

Hızla ilerleyen teknolojik gelişmeler, iş dünyasında uzman personel kullanımını önemli hâle getirmiştir. İşletmeler her seviyede eğitilmiş personele ihtiyaç duymaktadır.

Bu modül sonunda edineceğiniz bilgi ve beceriler ile bir fazlı transformatörlerin bakım ve onarımını yapabilecek ve hatta bunları imal edebileceksiniz.

Elektrik enerjisinin en önemli özelliklerinden biri de üretildiği yerden çok uzak bölgelere kolayca taşınabilmesidir. Bu taşımanın verimli bir şekilde yapılabilmesi için gerilimin yeteri kadar yüksek, akımın ise düşük olması gerekir. Gerilimi yeteri kadar yükseltmek için transformatörleri kullanıyoruz.

Transformatörler olmasaydı hayatımızı kolaylaştıran pek çok şey, bugün var olmazdı. Örneğin, elektrikle çalışan cihazların boyutunun bu kadar küçük olmasını, elektrik enerjisinin en ücra köyde dahi kullanılmasını ve daha birçok şeyi transformatörlere borçluyuz.

Elektrik enerjisinin iletilmesi, dağıtılması gibi alanlarda ve çeşitli cihazların çalıştırılmasında kullanılan transformatörler bu nedenle en önemli elektrik makineleri grubundan sayılmaktadır.





# ÖĞRENME FAALİYETİ-1

## AMAÇ

Uygun ortam sağlandığında arızalı transformatörü sökebileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

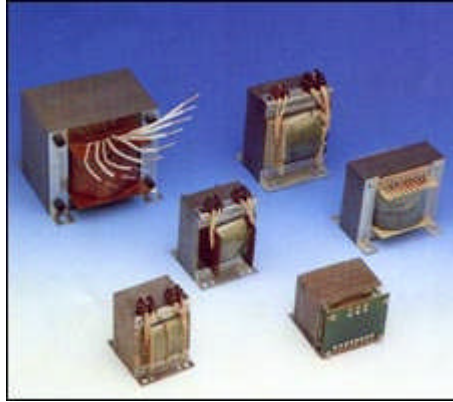
- Yakın çevrenizde bulunan bobinaj atölyesindeki bir fazlı transformatör nüve çeşitlerini ve nüve üzerindeki sargıları inceleyiniz.
- Bir fazlı transformatör çeşitlerini internet ortamında araştırınız.

## 1. BİR FAZLI TRANSFORMATÖRLER

### 1.1. Yapısı

Elektromanyetik endüksiyon yolu ile akımı veya gerilimi frekansı değiştirmeden yükselten veya düşüren hareketli parçası olmayan elektrik makinelerine **transformatör** denir.

Transformatörler ince silisli saclardan oluşan kapalı bir manyetik gövde üzerine, yalıtılmış iletkenlerle sarılan sargılardan oluşur ( Resim 1.1 ).



Resim 1.1: Çeşitli güçlerde imal edilmiş bir fazlı transformatörler

#### 1.1.1. Manyetik Nüve

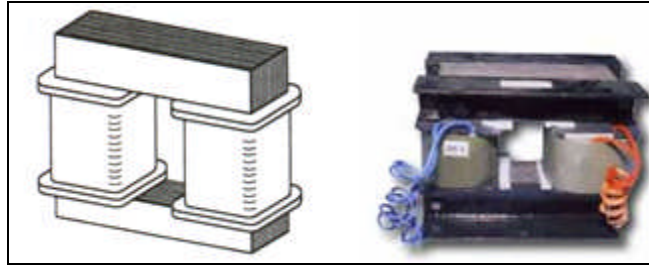
Transformatörlerin nüveleri 0,30–0,50 mm kalınlığında ve birbirinden yalıtılmış özel silisli sacların bir araya getirilip sıkıştırılması ile meydana gelir. Bu sac nüvelerin dışında 2-60 kHz frekanslı devrelerde kullanılan transformatörler ferrit nüveli olarak yapılır.

Piyasada kullanılan üç tip nüve vardır. Bunlar, şunlardır:

- Çekirdek tipi nüve
- Mantel tipi nüve
- Dağıtılmış tip nüve

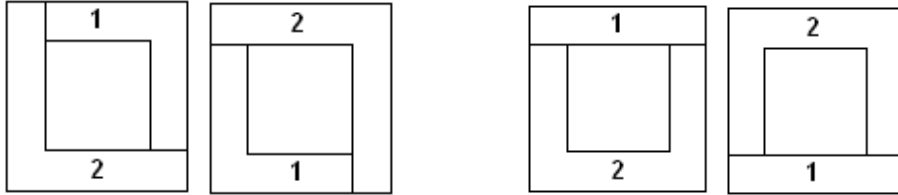
#### 1.1.1.1. Çekirdek Tipi Nüve

Bu tip nüvelerde manyetik nüvenin kesiti her yerde aynıdır. Nüve tek gözlüdür. Çekirdek tipi nüveler daha çok büyük güçlü ve yüksek gerilimli transformatörlerde tercih edilir. Çünkü sargıların yalıtımı daha kolay olmaktadır ( Resim 1.2 ).



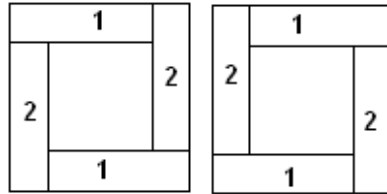
Resim 1.2: Çekirdek tipi transformatör

Transformatörlerde manyetik nüveyi oluşturan sac parçalarının yerleştirilme şekilleri çok önemlidir. Sacların yerleştirilmesinde ek yerlerinin üst üste gelmemesi gerekir. Şekil 1.1’de çeşitli büyüklükte kesilen sac parçalarının üst üste dizilmeleri ile hazırlanan çekirdek tipleri görülmektedir.



L Şeklinde yerleştirme

U ve I Şeklinde yerleştirme

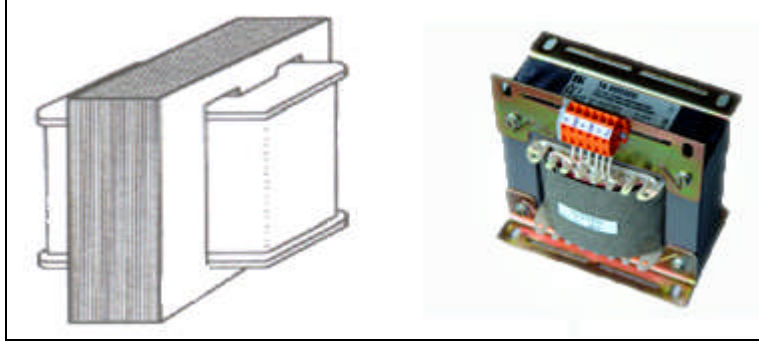


I Şeklinde yerleştirme

Şekil 1.1: Çekirdek tipi nüvenin hazırlanış şekilleri

### 1.1.1.2. Mantel Tipi Nüve

Mantel tipi nüvede sargılar orta ayağa sarılmıştır. Bu tip nüvenin orta bacak kesiti, yan bacakların iki katıdır. Mantel tipi nüve alçak gerilimli ve küçük güçlü transformatörlerde kullanılır (Resim 1.3).



Resim 1.3: Mantel nüve ve sargıları

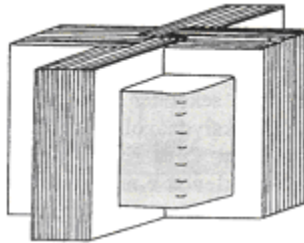
Mantel tipi transformatör saclarının yerleştiriliş şekilleri de birkaç türlü yapılabilir. Şekil 1.2'de çeşitli yerleştirme şekilleri görülmektedir.



Şekil 1. 2: Mantel tipi nüveyi oluşturan sacların çeşitli yerleştiriliş şekilleri

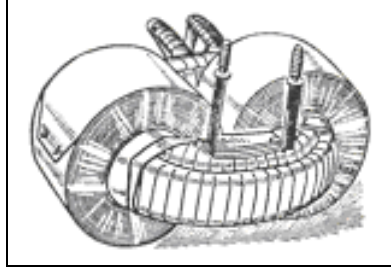
### 1.1.1.3. Dağıtılmış Tip Nüve

Resim 1.4'te görüldüğü gibi üstten bakıldığında ( + ) şeklinde görülür. Sargılar orta ayağa sarılmış olup dört dış ayak tarafından kuşatılmıştır. Dağıtılmış tip nüvelerde kaçak akıllar en düşük düzeyde olduğundan boş çalışma akımları düşüktür.



Resim 1. 4: Dağıtılmış tip nüve

Yukarıda sözü edilen nüve çeşitlerinden ayrı olarak bir de Resim 1.5'te görülen transformatörlerde şerit hâlinde saclar, özel makinelerde bobin şeklinde sarılarak kullanılır.



**Resim 1. 5: Spiral göbekli transformatör**

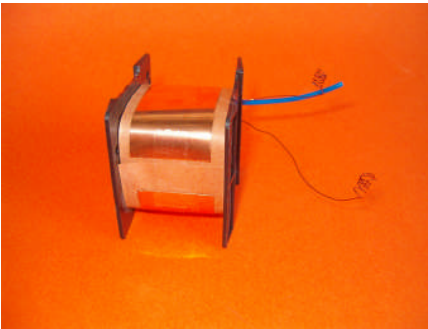
### **1.1.2. Transformatör Sargıları**

En basit hâliyle transformatörlerde iki sargı bulunur. Bu sargılardan birine primer, diğerine ise sekonder sargı adı verilir. Bu iki sargı arasında hiçbir elektriksel bağlantı yoktur.

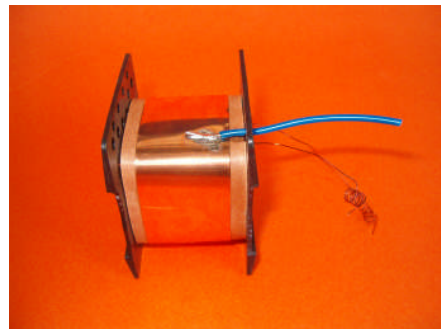
Primer sargının gerilimi, sekonder sargının geriliminden büyük olan transformatlara alçaltıcı veya düşürücü transformatör denir. Primer sargının gerilimi, sekonder sargının geriliminden küçük olan transformatlara de yükseltici transformatör denir.

Primer veya sekonder gerilimlerinden hangisi büyük ise o sargı ince kesitli ve çok sipirli sarılır iken, gerilim değeri küçük olan sargı ise kalın kesitli ve az sipirli sarılır. Bir örnek ile açıklamak gerekirse düşürücü tip transformatörün primer gerilimi yüksek olacağından primer sargı ince kesitli ve çok sipirli sarılırken sekonder sargı ise kalın kesitli ve az sipirli olarak sarılır.

Primer sargı ile sekonder sargı arasına iki ucunu birleştirmeden bakır folyo resim 1.6'da görüldüğü gibi sarılmaktadır. Daha sonra resim 1.7'de görüldüğü gibi bakır folyodan izoleli iletken lehimlenerek transformatörün nüvesine irtibatlandırılır. Böylelikle transformatörlerde oluşan manyetik gürültü en aza indirilmiş olur.



**Resim: 1.6: Bakır folyonun sarılışı**



**Resim: 1.7: İletkenin folyoya lehimlenmesi**

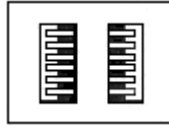
Uzun yıllardır yuvarlak veya köşeli emaye ve pamuk izoleli bakır teller ile sarılan transformatör bobinleri, gelişen teknoloji sonucu bant veya folyo şeklindeki iletkenlerle sarılabilmektedir. İnce şeritler hâlindeki bakır veya alüminyum bantlar, araların da konulan yalıtkan (mylar, nomex vs.) bantlarla izole edilerek birlikte sarılmaktadır. Her kata bir sipir olarak sarılan transformatörlerin ömürleri ani akım değişikliklerine veya kısa devrelere maruz kalma durumlarında daha uzun olmaktadır. Ayrıca bu sistem sayesinde transformatör, daha hafif, kompakt olabilmekte ve sessiz çalışabilmektedir.

Transformatör sargıları genelde iki şekilde sarılır:

1. Dilimli sargılar
2. Silindirik sargılar

### 1.1.2.1. Dilimli Sargılar

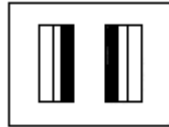
Hem primer hem de sekonder sargısı dilimler hâlinde sarılır ve nüveye bir primer sargı, bir sekonder sargı şeklinde sıra ile üst üste yerleştirilir. Ancak yalıtkanlığı sağlamak ve kaçak akıların etkisini azaltmak için düşük gerilim sargısının bir dilimi ikiye ayrılır ve bobin takımının en alt ve en üstüne yerleştirilir. Dilimli sargılar yüksek gerilim transformatörlerinde kullanılır ( Şekil 1.3 ).



Şekil 1.3: Dilimli sargılar

### 1.1.2.2. Silindirik Sargılar

Küçük güçlü ve düşük gerilimli transformatörlerde uygulanan sarım tipi genellikle silindirik sargıdır. Yüksek gerilim sargısı altta düşük gerilim sargısı üstte olacak şekilde sarılır. Piyasada transformatörler genellikle silindirik sargı şeklinde sarılır ( Şekil 1.4 ).

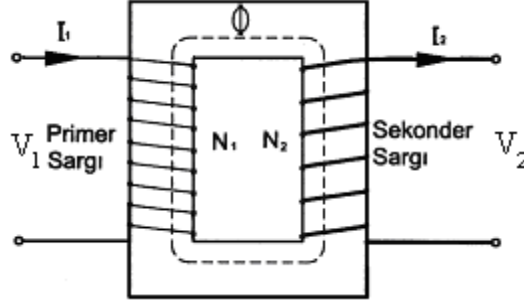


Şekil 1.4: Silindirik sargılar

## 1.2. Bir Fazlı Transformatörlerin Çalışma Prensibi

Şekil 1.5'te görüldüğü gibi transformatörün primer sargısına alternatif gerilim uygulandığında sargıdan geçen akım değişken bir manyetik alan oluşturur. Çünkü primerden geçen alternatif akımın yönü ve şiddeti zamana bağlı olarak değiştiğinden oluşturduğu manyetik alanın da yönü ve şiddeti zamanla değişir. Bu değişken manyetik alan manyetik

nüve üzerinde bulunan sekonder sargıyı keserek devresini tamamlar ve sekonder sargıda bir alternatif gerilim oluşur.



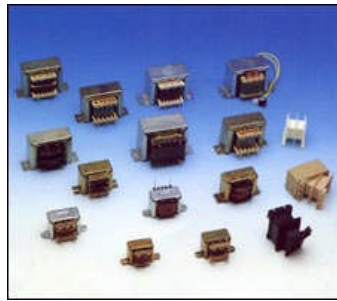
**Şekil 1.5: Bir fazlı transformatörün prensip şeması**

Eğer primer sargıya bu sefer alternatif gerilim yerine doğru gerilim verilirse primer sargıdan doğru akım dolaşır. Doğru akım zamana göre yönü ve şiddeti değişmeyen akımdır. Doğru akımın oluşturduğu manyetik alanın da zamana göre yönü ve şiddeti değişmediğinden sabit bir manyetik alan oluşur. Oluşan bu sabit manyetik alan sekonder sargıyı keserek manyetik nüveden devresini tamamlamasına rağmen sekonder sargıda bir manyetik alan oluşmaz. Çünkü elektromanyetik prensibine göre ya kesilen iletkenler hareketli olmalı ya da manyetik alan değişken olmalı. Doğru akımda bu iki şarttan birisi gerçekleşmediğinden sekonder sargıda gerilim oluşmaz. Ancak doğru gerilimin primer sargıya verilmesi ve kesilmesi sırasında sekonder sargıda kısa süreli de olsa bir gerilim görülebilir. Manyetik alanın değişimi sürekli olmadığından transformatörler doğru akımda kullanılmazlar.

## 1.3. Bir Fazlı Transformatör Çeşitleri

### 1.3.1. Düşürücü Tip Transformatör

Kullanım alanı en yaygın transformatör tipidir. Bu tip transformatörlere alçaltıcı tip transformatörler de denilmektedir. Primer sargıya uygulanan alternatif gerilimden daha küçük alternatif gerilim sekonder sargıdan alınıyorsa bu tip transformatörlere düşürücü tip transformatör denir (Resim 1.8).



**Resim 1.8: Düşürücü tip transformatörler**

Düşürücü tip transformatörler evlerimizdeki gece lambalarında, şarjlı süpürgelede, cep telefonlarının şarj aletlerinde, bilgisayarlarımızda karşımıza çıkarlar.

### 1.3.2. Yükseltici Tip Transformatör

Primer sargısına uygulanan alternatif gerilimden daha büyük alternatif gerilimi sekonder sargıdan alıyorsa bu tip transformatörlere yükseltici tip transformatör denir.

Televizyonlarımızdaki ve enerji nakil hatlarındaki yüksek gerilimi bu tip transformatörler oluşturur.

### 1.3.3. Ölçü Transformatörleri

Alternatif akımda yüksek gerilimlerin ve büyük akımların ölçü aletleri ile ölçülmesi çok zor ve tehlikelidir. Özellikle belli değerlerden sonra ölçülmesi mümkün değildir. İşte bu nedenle yüksek gerilim ve büyük akımların ölçülmesi için ölçü transformatörleri kullanılır. Ölçü transformatörleri yardımı ile yüksek gerilimler ve büyük akımlar, transformatörün sekonder sargısında ölçü aletlerinin ölçebileceği değerlere indirilir. Ölçü transformatörleri, ölçmelerin güvenlik içinde kolay ve doğru bir şekilde yapılmasını sağladığı gibi çalışanları da yüksek gerilimden korur.

Ölçü transformatörleri genel olarak akım ve gerilim ölçmelerinde kullanılır. Buna göre iki ayrı özellikte ölçü transformatörü yapılmıştır ( Resim 1.9 ).

- Akım transformatörleri
- Gerilim transformatörleri



Resim 1.9: Çeşitli akım ve gerilim transformatörleri

### 1.3.4. Güvenlik (Yalıtım) Transformatörleri

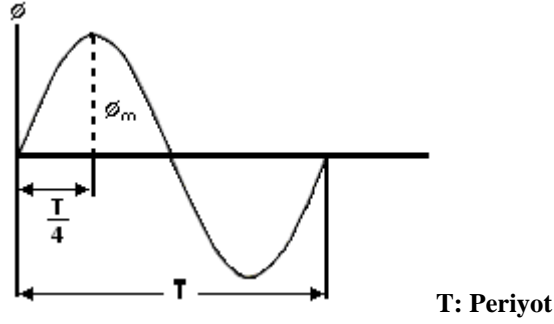
Primer sargıya uygulanan alternatif gerilimin ve akım değerinin aynısı sekonderden alınıyorsa bu tip transformatörlere güvenlik transformatörü denir.

Elektrik çarpmalarını en aza indirmek ve güvenli bir ortam oluşturabilmek için güvenlik transformatörü kullanılır. Okulların atölye ve laboratuvarlarında, ameliyathanelerde kullanım alanları vardır.

## 1.4. Transformatörlerde İndüklenen Gerilimin Değeri

Lenz kanununa göre bir iletkende indüklenen elektromotor kuvvet (EMK) saniyede kesilen kuvvet çizgisi sayısı ile orantılıdır. Kesme hızı ne kadar fazla ise indüklenen EMK'da o kadar büyük olur.

Transformatörün primerine alternatif bir gerilim uygulandığında bu akım şekil 1.6'da görüldüğü gibi değişen bir manyetik alan oluşturur.



Şekil 1.6: Manyetik akının değişim eğrisi

Değişken manyetik alanın 1 Hz'lik (bir periyotluk) süre içindeki değişimi, uygulanan alternatif gerilimin değişimine benzer. Bir Hz'lik sürenin 1/4'ünde manyetik alan en büyük değerini alır. Buna göre T/4 zamanda manyetik akı  $\Phi_{max}$  değerini alır. T/4 süre içinde bir iletkende indüklenen EMK'nın volt olarak ortalama değeri ise;

$$E_{ort} = \frac{\Phi_{max}}{\frac{T}{4}} \times 10^{-8} = \frac{\Phi_{max} * 4}{T} \times 10^{-8} \text{ şeklinde yazılabilir. ... (1)}$$

$E_{ort}$ : İndüklenen gerilimin ortalama değeri (volt)

$\Phi_{max}$ : En büyük manyetik akı (maxwell)

$T$ : Periyot

$10^{-8}$ : Saniyede  $10^8$  kuvvet çizgisi kesen iletkende 1 voltluk gerilim indüklenir.

Sonucun volt çıkması için kullanılan sabit bir sayıdır.

$T = \frac{1}{f}$  periyot frekans arasındaki ilişkiyi, 1 numaralı formülde yerine koyarsak;

$$E_{ort} = \frac{\Phi_{max} * 4}{\frac{1}{f}} \times 10^{-8} = \frac{\Phi_{max} * 4 * f}{1} \times 10^{-8} = \Phi_{max} * 4 * f \times 10^{-8} \text{ ... (2)}$$

$$E = 1,11 * E_{ort} \text{ olduğuna göre ... (3)}$$



3 numaralı formüle  $E_{ort}$  yerine konulduğunda;

$$E = 1,11 \times 4 \times \Phi_{max} \times f \times 10^{-8} \dots (4)$$

$$E = 4,44 \times \Phi_{max} \times f \times 10^{-8} \dots (5)$$

5 numaralı formüle ( E ) sadece bir siperlik iletkende indüklenen gerilimin formülüdür.

$N_1$  kadar siper varsa transformatörde indüklenen gerilimin değerini veren formül aşağıdaki gibidir.

$$E_1 = 4,44 \times \Phi_{max} \times N_1 \times f \times 10^{-8} \dots (6) \quad \text{şeklinde yazılabilir.}$$

Yukarıdaki eşitlikte bulunan  $\Phi_{max}$  değeri, manyetik endüksiyon yoğunluğu ( $B_{max}$ ) ve manyetik nüve kesiti ( $S_n$ ) ile orantılıdır.

$$\Phi_{max} = B_{max} \times S_n \quad \Phi_{max} \quad \text{ifadeyi} \quad (6) \quad \text{numaralı formüle yerine yazarsak;}$$

$$E_1 = 4,44 \times B_{max} \times S_n \times N_1 \times f \times 10^{-8} \dots (7)$$

$E_1 = U_1$  yaklaşık olarak birbirine eşit olduğundan yeni formülümüz aşağıdaki gibi olacaktır.

$$V_1 = 4,44 \times B_{max} \times S_n \times N_1 \times f \times 10^{-8} \dots (8)$$

Yukarıdaki formülü sekonder sargısı için de yazabiliriz.

$$V_2 = 4,44 \times B_{max} \times S_n \times N_2 \times f \times 10^{-8} \dots (9)$$

**Örnek:** Manyetik nüve kesiti  $11 \text{ cm}^2$  olan bir fazlı transformatörün primeri 50 Hz. ve 220 voltluk bir gerilime bağlanmıştır. Nüveyi oluşturan sacların manyetik endüksiyon yoğunluğu  $B=10000$  gauss dur. Transformatörün sekonder sargısı 450 siper olduğuna göre;

a. Primer siper sayısını bulunuz.

b. Sekonder gerilimini bulunuz.

**Cevap:**

$$a) V_1 = 4,44 \times B \times S_n \times N_1 \times f \times 10^{-8} \Rightarrow N_1 = \frac{V_1 \times 10^8}{4,44 \times B \times S_n \times f}$$

$$N_1 = \frac{220 \times 10^8}{4,44 \times 10000 \times 11 \times 50} = \frac{220 \times 10^8}{24420000} \cong 900 \text{ siper}$$

$$b) V_2 = 4,44 \times B \times S \times N_2 \times f \times 10^{-8} = 4,44 \times 10000 \times 11 \times 450 \times 50 \times 10^{-8}$$

$$V_2 \cong 110 \text{ V olarak bulunur.}$$

## 1.5. Dönüştürme Oranı

Transformatörler, hareketli parçaları bulunmadığından verimleri en yüksek elektrik makineleridir. Dolayısıyla primer ve sekonder güçlerini birbirine eşit kabul edebiliriz.

$$S_1 = S_2 \Rightarrow V_1 \times I_1 = V_2 \times I_2 \Rightarrow \frac{V_1 \times I_1}{V_2 \times I_1} = \frac{V_2 \times I_2}{V_2 \times I_1} \text{ gerekli sadeleştirme işlemlerini}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

yaparsak ;

$$\frac{V_1 = 4,44 \times B \times S \times N_1 \times f \times 10^{-8}}{V_2 = 4,44 \times B \times S \times N_2 \times f \times 10^{-8}} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Yukarıdaki formülü yeni bulduğumuz formülle birleştirirsek, transformatörlerin a harfi ile belirtilen dönüştürme oranlarını bulmuş oluruz.

Buna göre transformatörlerde dönüştürme oranı ;

$$a = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} \text{ şeklinde yazılabilir.}$$

**Örnek 1:** Bir fazlı bir transformatörün primer sargılarında 500 siper bulunmaktadır. Bu transformatörün primerine 220V uygulandığında, sekonderde 110V gerilim alınıyorsa sekonder siper sayısını hesaplayınız.

$$\text{CEVAP: } \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow \frac{220}{110} = \frac{500}{N_2} \text{ içler dışlar çarpımı yaparsak;}$$

$$\frac{220 \times N_2}{N_2} = \frac{110 \times 500}{N_2} \Rightarrow N_2 = 250 \text{ siper olarak bulunur.}$$

**Örnek 2:** Bir fazlı bir transformatörün primer sargısı 1000 siper, sekonder sargısı 125siper, primer akımı 1 A ve sekonder gerilimi de 50 V olduğuna göre;

- Sekonder akımını bulunuz.
- Primer gerilimini bulunuz.
- Dönüştürme oranını bulunuz.

**Cevap:**

a.  $\frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow \frac{I_2}{1A} = \frac{1000}{125} \Rightarrow I_2 \times 125 = 1000 \times 1 \Rightarrow I_2 = \frac{1000}{125}$

$I_2 = 8A$  'dir.

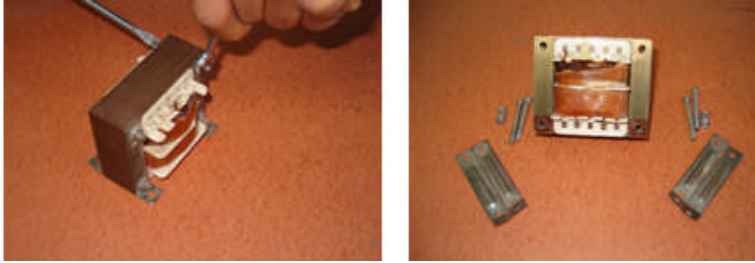
b.  $\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow \frac{V_1}{50} = \frac{1000}{125} \Rightarrow V_1 = \frac{50 \times 1000}{125} = \frac{50000}{125} = 400 V$

c.  $a = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow a = \frac{400}{50} = 8$  olarak bulunur.

## 1.6. Arızalı Transformatörün Sökülmesi

Arızalı transformatörün öncelikle neden arıza yaptığı araştırılmazdır. Araştırma sonuçlarına göre transformatör tamir edilmelidir. Transformatör arızaları primer ve sekonder sargılarından birisinin veya her ikisinin de yanması veya uçların kopması sonucu oluşur. Yanan sargının yerine yenisi sarılmalıdır. Bunun için aşağıdaki işlemler sırasıyla yapılmalıdır.

- Transformatör saclarını tutan cıvatalar sökülmelidir ( Resim 1.10 ).



**Resim 1.10: Cıvataların sökülmesi ve sökülen parçalar**

- Transformatör üzerinde vernik varsa saclar, birbirinden kolay ayrılması için solvent veya tiner içinde bir süre bekletilmelidir. Ancak piyasada bu işlem fazla vakit aldığı gerekçesiyle atlanmaktadır.
- Karkasın içine giren saclardan birkaçı, küt uçlu keski kalınlığında kesilmelidir ( Resim 1.11 ).



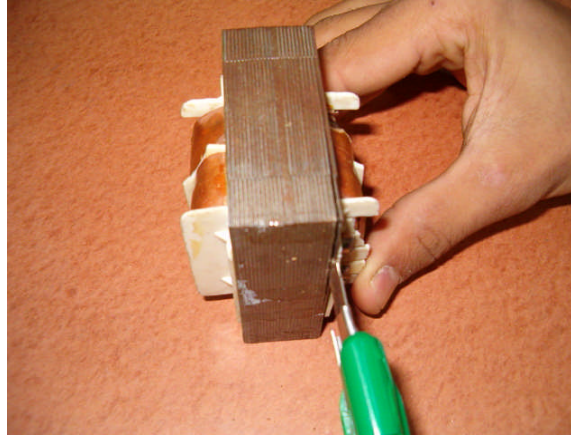
**Resim 1.11: Birkaç tane sacın kesilmesi**

- Kesilen parçalar nüveden çıkarılır.
- Karkasın içinde kalan kesik parça, küt uçlu keski ve çekiç yardımıyla çıkarılır(Resim 1.12 ).



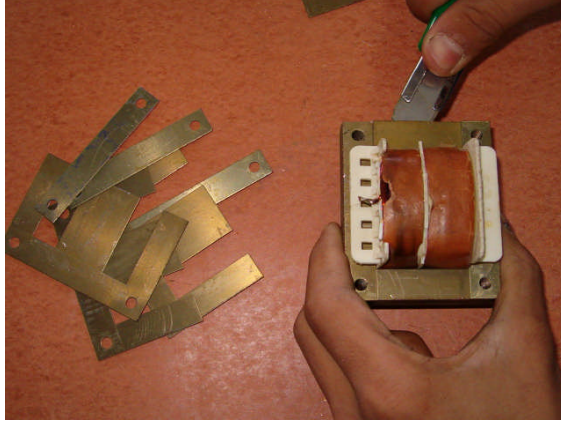
**Resim 1.12: Kesilen parçaların nüveden çıkarılışı**

- Daha sonra diğer saclar esnetilmeye çalışır. Sacların şeklini bozmadan çekiçle vurulur ki vernikler çatlayarak dökülsün. Son yıllarda yapılan transformatörlerin sacları epoksi boya ile boyandığından vernikleme işlemi görülmemektedir.
- Bazı transformatörlerde titreşimi önlemek için saclar birbiriyle yapıştırılır. Bu tür saclarda yapışan yüzeyler bir bıçak yardımıyla tek tek ayrılır ( Resim 1.13 ).



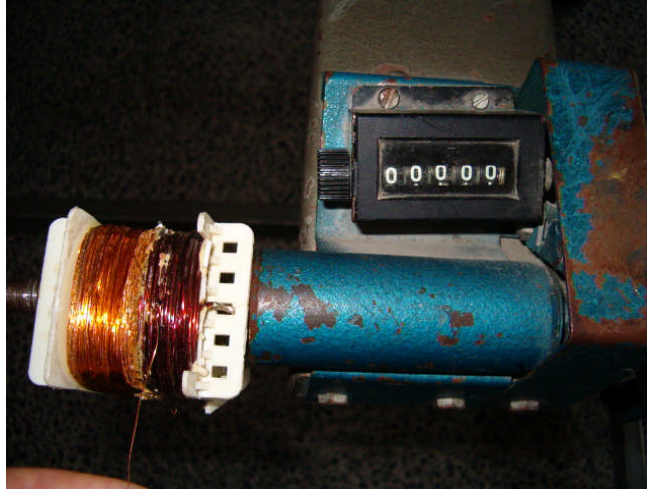
**Resim 1.13: Yapışan yüzeylerin falçata yardımı ile birbirinden ayrılması**

- Birbirinden ayrılan saclar artık karkasın içinden rahatlıkla çıkartılır (Resim 1.14).
- Sacların sökülmesi bittikten sonra primer ve sekonder sipir sayılarının tespiti yapılır. Çok kademeli transformatörlerde karışıklığı önlemek amacıyla klemens sökülmemelidir.



**Resim 1.14: Karkasın (makaranın) içinden sacların çıkarılması**

- Sargıların etrafını saran presbant söküldükten sonra karkas çıkırığa takılır. Karkastan en son çıkan uç klemesten çıkarılarak (karkasa en son sarılan bobin ilk önce sökülür) sökülmeye başlanır ve sipir sayıları bir kâğıda not edilir.



**Resim 1.15: Bobinlerin sökülmesi**

- Sekonder sargı söküldükten sonra primer sargı ölçü aleti ve gözle kontrol edilir. Yanmış ise primer sargı da sökülür. Genelde sekonderi yanan transformatörün içerisinde oluşan yüksek ısı nedeniyle primer sargı da zarar görür.
- Primer sipir sayısı da bir kâğıda not edilir.

## UYGULAMA FAALİYETİ

**Uygulama:** Arızalı küçük güçlü bir transformatörü aşağıdaki işlem basamaklarını takip ederek sökünüz. Gerekli çizim ve değerleri kaydediniz.

Sac Paket Şekli (E, I, U)			
Makara Şekli ve Ölçüleri			
Sipir Sayısı	Tel Çapı	$U_1 / U_2$	$I_1 / I_2$

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Saclar üzerindeki verniği temizleyiniz.</li><li>➤ Sacları birbirinden ayırınız.</li><li>➤ Sacları sökünüz.</li><li>➤ Bobin makarasının üzerindeki kâğıdı sökünüz.</li><li>➤ Sarımı tek tek sayarak sökünüz.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Bu işlemler sırasında transformatör, solventin veya verniğin içinde bekletilebilir.</li><li>➤ El veya çekiç ile saclar esnetilerek verniğin dökülmesi sağlanabilir</li><li>➤ Saclar birbirine yapışık ise bıçak kullanılarak birbirinden ayrılabilir.</li><li>➤ Bıçağın keskin bir alet olduğunu unutmayınız.</li><li>➤ Markayı (karkası) çıkırğa takarsanız daha kolay sökebilirsiniz.</li><li>➤ Sarımın sipir sayısını tespit ederken yanlışlık yapmamanız gerekir.</li><li>➤ Gerekli bilgileri (primer, sekonder sipir sayıları ve tel çapları vb.) not almayı unutmayınız.</li><li>➤ Çıkan bakır telleri “hurda bakır bidonuna” atmayı ihmal etmeyiniz. Çıkan bu tellerin geri dönüşümle tekrar kullanılacağını ve milli servete katkısı olacağını unutmayınız.</li></ul>

## 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. Önlüğünüzü giydiniz mi?		
2. İşlemleri nasıl ve ne şekilde yapacağınızı planladınız mı?		
3. Kullanacağınız araçları ve gereçleri çalışma masanıza düzenli yerleştirdiniz mi?		
4. Transformatör saclarını birbirinden rahatça sökebildiniz mi?		
5. Primer sargıyı tek tek sayarak söküp not ettiniz mi?		
6. Sekonder sargıyı tek tek sayarak söküp not ettiniz mi?		
7. Çıkan bakır telleri toplayıp “hurda bakır bidonu”na koydunuz mu?		
8. Çalışma alanınızı tertipli düzenli kullandınız mı?		
9. Kullandığınız araçları ve gereçleri yerine teslim ettiniz mi?		
10. Size verilen uygulamayı zamanında bitirebildiniz mi?		

## 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 cümleleri Doğru (D) veya Yanlış (Y) olarak değerlendiriniz.

1. ( ) Transformatörler, elektromanyetik endüksiyon prensibine göre çalışırlar.
2. ( ) Mantel tipi nüve yüksek gerilimli ve yüksek güçlü transformatörlerde kullanılır.
3. ( ) Transformatörlerde üç tip nüve vardır.
4. ( ) Nüve tek parça demirden imal edilir.
5. ( ) En basit bir transformatör primer, sekonder ve yardımcı sargıdan oluşur.
6. ( ) Primer sargının gerilimi sekonder sargının geriliminden büyük ise bu tip transformatörlere düşürücü tip transformatör denir.
7. ( ) Yükseltici tip transformatörün primer sargısı kalın telden az sipirli, sekonder sargısı ise ince telden çok sipirli olarak imal edilir.
8. ( ) Düşük gerilimli ve düşük güçlü transformatörler genellikle dilimli sargı şeklinde sarılır.
9. ( ) Değişken manyetik alanı alternatif akım oluşturur.
10. ( ) Transformatörler doğru akımda çalışırlar.
11. ( ) Transformatörler alternatif akımı doğru akıma çevirirler.
12. ( ) Transformatörler şebeke frekansını değiştirirler.
13. ( ) Düşürücü tip, yükseltici tip, güvenlik ve ölçü transformatörleri bir fazlı transformatör çeşitleridir.
14. ( ) Sekonder sargıda indüklenen gerilim, sekonder sipir sayısı ile doğru orantılıdır.
15. ( ) Sekonder sargıda indüklenen gerilimin frekansla bir ilişkisi yoktur.

## 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 verdiğinizde diğer faaliyete geçiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-2

## AMAÇ

Uygun ortam sağlandığında müşterinin isteği doğrultusunda yeni bir transformatör hesabı yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Bölgenizde size yakın bir bobinaj atölyesine giderek bir fazlı transformatör hesabının nasıl yapıldığını ve makara yapımını izlemeniz, bu faaliyet öncesinde konunun daha iyi anlaşılmasına yardımcı olacaktır. Kazanmış olduğunuz bilgi ve deneyimleri arkadaş gurubunuz ile paylaşınız.

## 2. BİR FAZLI TRANSFORMATÖRLERDE SARIM HESABI

### 2.1. Semboller

#### 2.1.1. Sarım Hesabıyla İlgili Semboller

Sembol	Anlamı	Birimi	Sembol	Anlamı	Birimi
$S_1$	Primer gücü	VA	$S_2$	Sekonder gücü	VA
$V_1$	Primer gerilimi	V	$V_2$	Sekonder gerilimi	V
$N_1$	Primer siper sayısı	-	$N_2$	Sekonder siper sayısı	-
$I_1$	Primer akımı	A	$I_2$	Sekonder akımı	A
$s_1$	Primer iletken kesiti	mm <sup>2</sup>	$s_2$	Sekonder iletken kesiti	mm <sup>2</sup>
$d_1$	Primer iletken çapı	mm	$d_2$	Sekonder iletken çapı	mm
$S_n$	Manyetik nüve kesiti	cm <sup>2</sup>	$\eta$	Verim	-
$f$	Şebeke frekansı	Hz.			

Tablo 2.1: Sarım hesabı ile ilgili semboller

**B (manyetik akı yoğunluğu)** : Birimi gauss' tur. Sacın kalitesine göre 7000- 18000 gauss arasında değerler alabilir. Sac kaliteli ise değer düşük, kalitesiz ise yüksek değerler seçilmelidir. Normal saclarda 10000 gauss alınır. B değeri gereğinden yüksek alınırsa manyetik nüve ısınır.

**$\Phi$  (manyetik akı)**: Birimi maxwell' dir. Manyetik nüve üzerindeki toplam manyetik kuvvet çizgileri sayısını verir.

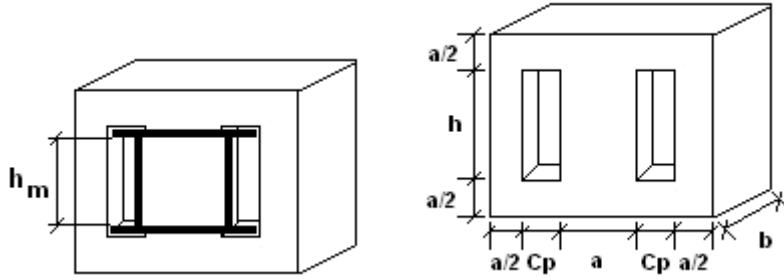
**C:** Birimi yoktur. Sacın kalitesine göre 0,7–1,5 değerleri arasında seçilebilir. Sacın kalitesi iyi ise düşük, kötü ise yüksek değer alınır. Normal saclarda c kat sayısı 1 kabul edilir.

**J ( akı yoğunluğu):** Birimi  $A/mm^2$  dir. Hava ile soğuyan transformatörlerde 1,8-2,5  $A/mm^2$  arasında değişen değerler alabilir. Ancak J kat sayısı devamlı veya kesik çalıştırma gibi faktörlere de bağlı olarak değişebilir.

**%e (gerilim düşümü):** Transformatörler yükte çalıştırıldıklarında sekonder gerilimleri bir miktar düşer, bunu karşılamak için sekonder siper sayılarını %e kadar fazla siper sarmak gerekir.

### 2.1.2. Makara Yapımıyla İlgili Semboller

- a: Nüvenin eni (cm)
- b: Nüvenin genişliği (cm)
- h: Pencere yüksekliği (cm)
- $h_m$ : Makaranın içten içe yüksekliği
- $C_p$ : Nüvenin pencere yüksekliği (cm)



Şekil 2. 1: Mantel tipi transformatör nüvesi

## 2.2. Formüller

Açıklaması	Formülü	Birimi
Manyetik nüve kesiti	$S_n = C \times \sqrt{S_2}$ $S_n = a \times b$	m <sup>2</sup>
Primer gücü	$S_1 = \frac{S_2}{\eta}$	VA
Manyetik akı	$\varphi = B \times S_n$	Maxwell
Primer sipir sayısı	$N_1 = \frac{V_1 \times 10^8}{4,44 \times B \times S_n \times f}$	-
Sekonder sipir sayısı	$N_2 = \frac{V_2 \times 10^8}{4,44 \times B \times S_n \times f}$	-
Primer akımı	$I_1 = \frac{S_1}{V_1}$	A
Sekonder akımı	$I_2 = \frac{S_2}{V_2}$	A
Primer iletken kesiti	$s_1 = \frac{I_1}{J}$	mm <sup>2</sup>
Sekonder iletken kesiti	$s_2 = \frac{I_2}{J}$	mm <sup>2</sup>
Primer iletken çapı	$d_1 = \sqrt{\frac{4 \times s_1}{\pi}}$	mm
Sekonder iletken çapı	$d_2 = \sqrt{\frac{4 \times s_2}{\pi}}$	mm
Makarının içten içe yüksekliği	$h_m = h - (\text{hava aralığı} + \text{presbant kalınlığı})$	mm

Tablo 2. 2: Formüller

## 2.3. Yeni Transformator Hesabı

İmal edilecek bir fazlı transformator hakkında bilgiler aşağıdaki gibidir.  
Transformatorün nüvesi mantel tipi ve kullanılan sacların kalınlığı 0,5 mm'dir.

$S_2 = 72 \text{ VA}$   
 $V_1 = 220 \text{ V}$   
 $V_2 = 24 \text{ V}$   
 $B = 10000 \text{ gauss}$   
 $f = 50 \text{ Hz}$

$C = 1$   
 $\%e = \%5$   
 $J = 2,2 \text{ A/mm}^2$   
 $\eta = \%98$

Bu bilgiler doğrultusunda gerekli bir fazlı transformatör yapım hesabını yapınız.

### 2.3.1. Manyetik Nüve Kesiti

$$S_1 = \frac{S_2}{\eta} = \frac{72}{0,98} = 73,5 \text{ VA}$$

$$S_n = C \times \sqrt{S_2} = 1 \times \sqrt{73,5} = 8,57 \text{ cm}^2$$

Manyetik nüvenin a ve b değerleri, kullanma yerine göre değişir. Küçük güçlerde nüve kesiti kare veya dikdörtgen şeklinde olabilir. Buna göre;

a=3 cm olduğunu kabul edersek

$$S_n = a \times b \Rightarrow b = \frac{S_n}{a} = \frac{8,57}{3} = 2,85 \text{ cm' dir.}$$

### 2.3.2. Primer ve Sekonder Siper Sayıları

Transformatörlerde indüklenen gerilimin hesabı konusunda öğrendiğimiz formülü aşağıya yazalım;

$V_1 = 4,44 \times B \times S_n \times N_1 \times f \times 10^{-8}$  formülünden  $N_1$  primer siper sayısını çekersek;

$$N_1 = \frac{V_1 \times 10^8}{4,44 \times B \times S_n \times f} = \frac{220 \times 10^8}{4,44 \times 10000 \times 8,57 \times 50} = 1156,34 \cong 1157 \text{ siper}$$

Sekonder siper sayısı iki şekilde bulunabilir.

**I.yol:**

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow \frac{220}{24} = \frac{1157}{N_2} \Rightarrow N_2 = \frac{24 \times 1157}{220} = 126,21 \cong 127 \text{ siper}$$

**II.yol:**

$$N_2 = \frac{V_2 \times 10^8}{4,44 \times B \times S_n \times f} = \frac{24 \times 10^8}{4,44 \times 10000 \times 8,57 \times 50} = 126,14 \cong 127 \text{ siper}$$

$N_2$  değeri 127 siper bulunsa da pratikte bu değerin %e kadar fazlası alınır. Çünkü transformatör yüke bağlandığında sekonder gerilimi %e kadar düşecektir. Bu nedenle bulunan sekonder siper sayısına %e kadar fazla siper eklememiz gerekir.

Dolayısıyla bu transformatörde % e=5 olarak verildiğine göre;

$$N_2 = 127 \times 1,05 = 133,3 \cong 134 \text{ siper olarak bulunur.}$$

### 2.3.3. Primer ve Sekonder Akımları

$$I_1 = \frac{S_1}{V_1} = \frac{75}{220} = 0,34 \text{ A} \quad I_2 = \frac{S_2}{V_2} = \frac{73,5}{12} = 6,12 \text{ A}$$

### 2.3.4. Primer ve Sekonder İletken Kesitleri

$$s_1 = \frac{I_1}{J} = \frac{0,34}{2,2} = 0,15 \text{ mm}^2 \quad s_2 = \frac{I_2}{J} = \frac{6,12}{2,2} = 2,78 \text{ mm}^2$$

### 2.3.5. Primer ve Sekonder Tel Çapları

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \times s_1}{\Pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,15}{3,14}} = \sqrt{0,19} = 0,43 \text{ mm}$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \times s_2}{\Pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 2,78}{3,14}} = \sqrt{3,54} = 1,88 \text{ mm}$$

Bobin telleri makarada üst üste sarılacağından kısa devre olmaması için tellerin üzeri yalıtkan ile kaplanır. Yalıtım malzemesi olarak emaye veya pamuk kullanılır. Bizim bulduğumuz bu çaplar çıplak telin çapıdır. Bulduğumuz bu çapların üzerine yaklaşık olarak 0,05mm emaye kalınlığını ilave etmeliyiz.

Emayeli tel çapları:

$$d_1 = 0,43 + 0,05 = 0,48 \cong 0,50 \text{ mm}$$

$$d_2 = 1,88 + 0,05 = 1,93 \cong 1,95 \text{ mm olarak tespit edilir.}$$

### 2.3.6. Makara Ölçülerinin Çıkarılması

Sargıların sarılacağı orta ayağın kesiti  $a=3\text{cm}$   $b=2,85\text{cm}$  olarak bulunmuştu. Sargıların sarıldığı nüvenin yüksekliği (h), a değerinin 2,5-3,5 katı olarak alınır. Biz bu değeri 3 katı olarak düşündüğümüzde;

$$h = 3 \times a \Rightarrow h = 3 \times 3 = 9 \text{ cm} = 90 \text{ mm olarak tespit edilir.}$$

Şekil 2.1' de görüldüğü gibi makaranın üst ve alt kenarları ile transformatör sacları arasında yaklaşık 1,5 mm' lik hava boşluğu olduğunu varsayarsak ve makarayı oluşturan presbant kalınlığının 1mm olduğunu düşünürsek, makaranın içten içe yüksekliği :

$$h_m = h - (\text{Hava aralığı} \times 2) + (\text{Presbant kalınlığı} \times 2)$$

$$h_m = 90 - (1,5 \times 2) + (1 \times 2) = 90 - 3 - 2 = 85 \text{ mm}$$

### 2.3.6.1. Primer Sargı Kalınlığının Çıkarılması

$h_m=85\text{mm}$  olduğuna göre, emayeli bobin telinin çapı 0,50 mm ise

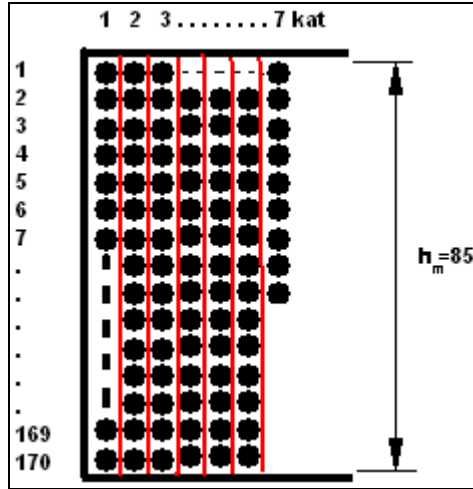
$$\frac{85}{0,5} = 170 \text{ adet tek sıra hâlinde makaraya sığmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken}$$

bir konu, tam sayı çıkmaması durumunda ne yapılacağıdır. Diyelim ki 170,9 çıktı. O zaman bu sayı kesinlikle bir üste yuvarlanmaz ve bir alta yani 170' e yuvarlanır.

Primer sargı 1157siper olduğuna göre ve bir kata 170 adet iletken sığıyorsa primer sargı kaç katlı olacaktır.

$$\frac{1157}{170} = 6,8 \cong 7 \text{ kat oluşur. Bunun gibi sonucun tam sayı çıkmadığı durumlarda}$$

virgülden sonraki sayının kaç olduğuna bakılmaksızın bir üste mutlaka yuvarlanmalıdır.



Şekil 2. 2: Primer sargının makara içindeki görüntüsü

Her kat arasına şekil 2.2'de kırmızı çizgilerle gösterilen ve 0,25 mm kalınlığında presbant konulursa;

$$h_m = (\text{kat sayısı} \times \text{primer tel çapı}) + (\text{kat sayısının bir eksiği} \times \text{presbant kalınlığı})$$

$$h_{\text{primer}} = 7 \times 0,50 + 6 \times 0,25 = 5 \text{ mm}$$

### 2.3.6.2. Sekonder Sargı Kalınlığının Çıkarılması

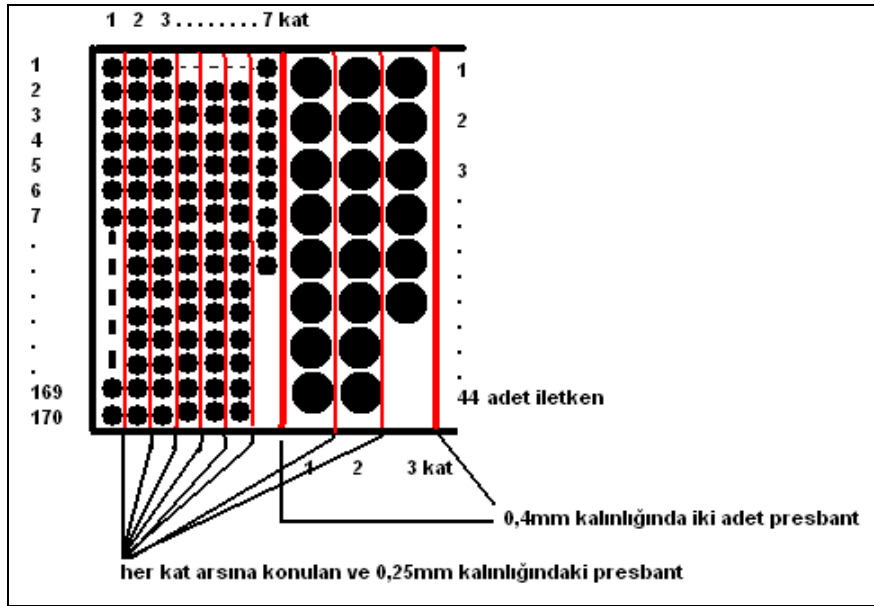
Hesaplamalar sonucu sekonder sargıyı 127 sipir ve emayeli sekonder tel çapını 1,95 mm olarak bulmuştuk. Şimdi bir kata kaç adet tel sığacağını hesaplayalım.

$\frac{85}{1,90} = 44,73 \approx 44$  adet (çıkan sayı tam sayı değilse bu sayı kesinlikle yuvarlanmamalıdır.)

Bobin teli yan yana dizildiğinde bir katı oluşturur.

$\frac{127}{44} = 2,8 \approx 3$  kattan (Çıkan kesirli sayı bir üste yuvarlanır.) oluşur.

$$h_{\text{sekonder}} = 3 \times 1,90 + 2 \times 0,25 + 0,4 + 0,04 = 7 \text{ mm}$$



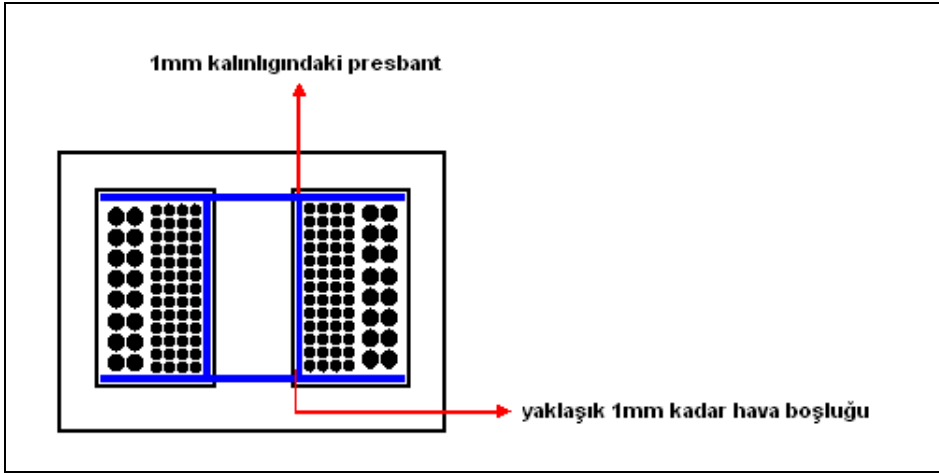
Şekil 2.3: Primer ve sekonder sargılarının makarada gösterilişi

### 2.3.6.3. Pencere Genişliği

Şekil 2.4'te görüldüğü gibi makaranın altındaki 1mm'lik presbant kalınlığı, makara ile transformatör sacı arasındaki yaklaşık 1mm'lik hava boşluğu ve sargılar sarılırken yaklaşık 4 mm'lik kabarmalar dikkate alınırsa toplam 4 mm pencere genişliği, büyük alınmalıdır.

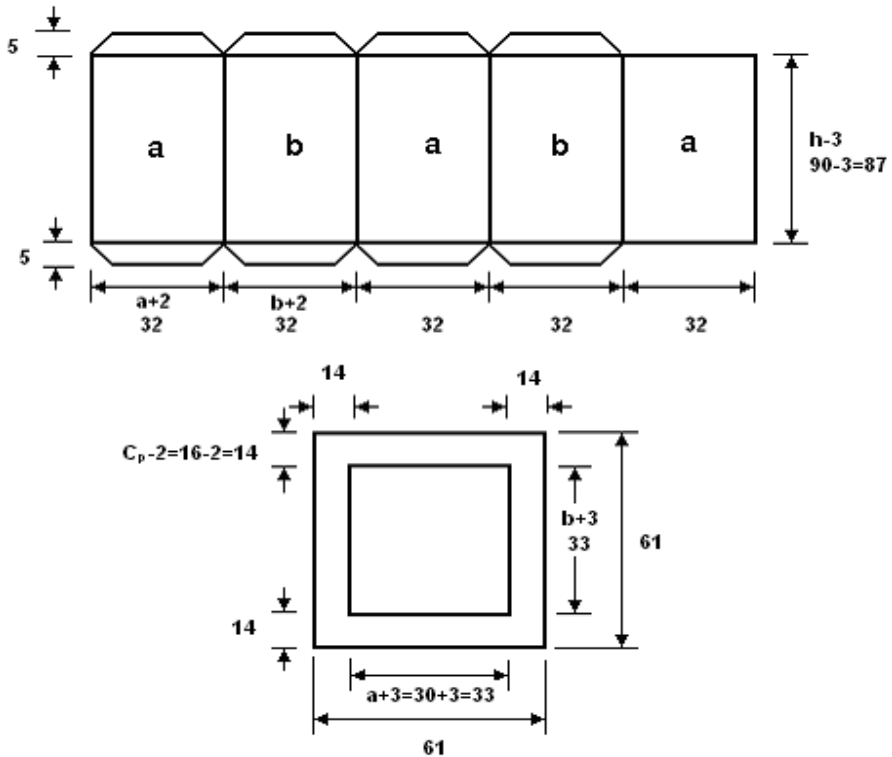
$$C_p = h_{\text{primer}} + h_{\text{sekonder}} + 4 = 5 + 7 + 4 = 16 \text{ mm}$$





Şekil 2.4: Makaranın gösterilişi

Yukarıda yapılan hesaplamalar sonucunda makara ölçüleri aşağıdaki gibidir ( Şekil 2.5 ).



Şekil 2.5: Makara ölçüleri

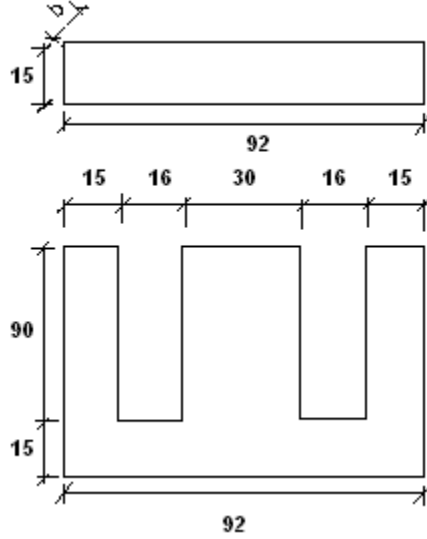
### 2.3.7. Transformator Sacı Ölçülerinin Tespiti

Daha önce nüvenin  $b=2,85\text{cm}$  olduğunu hesaplayarak bulmuştuk. Sacların birer yüzeyleri yalıtıldığı için nüve kesitinin  $b$  kenarını %5-%15 kadar artırmak gerekmektedir. Bu artırma oranı yalıtkanın cinsi ve kalınlığına bağlı olarak değişir. Buna göre  $b$  kenarını %7 oranında arttırırsak:

$$b = 2,85 * 1,07 \cong 3 \text{ cm' dir.}$$

Bu transformatörde kullanacağımız sacların her birinin kalınlığının  $0,5\text{mm}$  olduğunu düşünürsek;

$$\frac{30}{0,5} = 60 \text{ adet I ve E tipi sac kestirmemiz gerekir.}$$



Şekil 2.6: Transformator sac ölçüleri

### 2.4. Çok Kademeli Transformator Hesabı

İmal edilecek çok kademeli transformator hakkında bilgiler aşağıdaki gibidir. Transformatorün nüvesi, mantel tipi ve kullanılan sacların kalınlığı  $0,5 \text{ mm' dir.}$

$$\begin{aligned} S_2 &= 39\text{VA} \\ V_1 &= 220 \text{ V} \\ V_{21} &= 5 \text{ V} \\ V_{22} &= 8 \text{ V} \\ V_{23} &= 12 \text{ V} \\ f &= 50 \text{ Hz.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= 1 \\ \%e &= \%5 \\ J &= 2,2 \text{ A/mm}^2 \\ \eta &= \%95 \\ B &= 10000 \text{ gauss} \end{aligned}$$

### 2.4.1. Manyetik Nüve Hesabı

$$S_n = C \times \sqrt{S_2} = 1 \times \sqrt{39} = 6,24 \text{ cm}^2$$

a = 2,5 cm olduğunu kabul edersek;

$$S_n = a \times b \Rightarrow b = \frac{S_n}{a} = \frac{6,24}{2,5} = 2,49 \cong 2,5 \text{ cm'dir.}$$

Buna göre: a = 2,5      b = 2,5 cm olur.

### 2.4.2. Primer ve Sekonder Siper Sayıları

$$N_1 = \frac{V_1 \times 10^8}{4,44 \times B \times S_n \times f} = \frac{220 \times 10^8}{4,44 \times 10000 \times 6,24 \times 50} = 1588,12 \cong 1589 \text{ siper}$$

$$N_{21} = \frac{V_2 \times 10^8}{4,44 \times B \times S_n \times f} = \frac{5 \times 10^8}{4,44 \times 10000 \times 6,24 \times 50} = 36,09 \cong 36 \text{ siper}$$

$$N_{22} = \frac{V_2 \times 10^8}{4,44 \times B \times S_n \times f} = \frac{5 \times 10^8}{4,44 \times 10000 \times 6,24 \times 50} = 57,79 \cong 58 \text{ siper}$$

$$N_{23} = \frac{V_2 \times 10^8}{4,44 \times B \times S_n \times f} = \frac{12 \times 10^8}{4,44 \times 10000 \times 6,24 \times 50} = 86,62 \cong 87$$

%5 Gerilim düşümlerini de eklersek;

$$N_{21} = 36 \times 1,05 = 37,8 \cong 38$$

$$N_{22} = 58 \times 1,05 = 60,9 \cong 61$$

$$N_{23} = 87 \times 1,05 = 91,35 \cong 92 \text{ siper olarak bulunur.}$$

### 2.4.3. Primer ve Sekonder Akımları

$$S_1 = \frac{S_2}{\eta} = \frac{39}{0,95} = 41,05 \text{ VA}$$

$$I_1 = \frac{S_1}{V_1} = \frac{41,05}{220} = 0,18 \text{ A}$$

$$I_{21} = \frac{S_2}{V_{21}} = \frac{39}{5} = 7,8 \text{ A}$$

$$I_{22} = \frac{S_2}{V_{21}} = \frac{39}{8} = 4,87 \text{ A}$$

$$I_{23} = \frac{S_2}{V_{21}} = \frac{39}{12} = 3,25 \text{ A}$$

#### 2.4.4. Primer ve Sekonder İletken Kesitleri

$$s_1 = \frac{I_1}{J} = \frac{0,18}{2,2} = 0,08 \text{ mm}^2$$

$$s_{21} = \frac{I_{21}}{J} = \frac{7,8}{2,2} = 3,54 \text{ mm}^2 \quad s_{22} = \frac{I_{22}}{J} = \frac{4,87}{2,2} = 2,21 \text{ mm}^2 \quad s_{23} = \frac{I_{23}}{J} = \frac{3,25}{2,2} = 1,47 \text{ mm}^2$$

#### 2.4.5. Primer ve Sekonder Tel Çapları

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \times s_1}{\Pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,08}{3,14}} = \sqrt{0,10} = 0,31 \cong 0,35 \text{ mm}$$

$$d_{21} = \sqrt{\frac{4 \times s_{21}}{\Pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 3,54}{3,14}} = \sqrt{4,50} = 2,12 \cong 2,15 \text{ mm}$$

$$d_{22} = \sqrt{\frac{4 \times s_{22}}{\Pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 2,21}{3,14}} = \sqrt{2,81} = 1,67 \cong 1,70 \text{ mm}$$

$$d_{23} = \sqrt{\frac{4 \times s_{23}}{\Pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 1,47}{3,14}} = \sqrt{1,87} = 1,36 \cong 1,40 \text{ mm}^2$$

Emayeli tel çapları;

$$d_1 = 0,35 + 0,05 = 0,40 \text{ mm}$$

$$d_{21} = 2,15 + 0,07 = 2,22 \text{ mm}$$

$$d_{22} = 1,70 + 0,07 = 1,77 \text{ mm}$$

$$d_{23} = 1,40 + 0,07 = 1,47 \text{ mm olarak tespit edilir.}$$

**Not:** Emaye kalınlıkları telin çapına göre değişiklik göstermektedir. Hesaplamalarınızı yaparken firma kataloglarını inceleyiniz.

#### 2.4.6. Makara Ölçülerinin Çıkarılması

Transformatörün nüvesi mantel tipi nüvedir.

$$h = 3 \times a \Rightarrow h = 3 \times 2,5 = 7,5 \text{ cm} \Rightarrow 75 \text{ mm olarak tespit edilir.}$$

Makara yapımında kullanılan presbant kalınlığı 1mm, makaranın yan kapağı ile nüve arasındaki hava aralığı 1,5 mm olarak alınırsa makaranın içten içe yüksekliği:

$$h_m = h - (\text{Hava aralığı} \times 2) + (\text{Presbant kalınlığı} \times 2)$$

$$h_m = 75 - (1,5 \times 2) + (1 \times 2) = 75 - 3 - 2 = 70 \text{ mm'dir.}$$

### 2.4.6.1. Primer Sargı Kalınlığının Çıkarılması

$h_m=70\text{mm}$  ve emayeli bobin telinin çapı  $0,40\text{ mm}$  ise;

$$\frac{70}{0,40} = 175 \text{ adet tek sıra hâlinde makaraya sığmaktadır. Primer sargı 1589 sipir}$$

olduğuna göre ve bir kat ta 175 adet iletken sığıyorsa, primer sargı  $\frac{1589}{175} = 9,08 \cong 10$  katlı olacaktır.

Her kat arasına  $0,25\text{ mm}$  kalınlığında presbant ve sargının üstüne de  $0,40\text{mm}$  kalınlığında presbant konulursa;

$h_p = (\text{kat sayısı} \times \text{primer tel çapı}) + (\text{presbant kalınlığı} \times \text{kat sayısının bir eksiği}) + (\text{sargı üstüne konulan presbant kalınlığı})$

$$h_{\text{primer}} = 10 \times 0,40 + 9 \times 0,25 + 0,40 = 6,65 \text{ mm olur.}$$

### 2.4.6.2. Sekonder Sargı Kalınlığının Çıkarılması

Yukarıdaki hesaplamalarda sekonder sargıların iletken çapları birbirinden farklıdır. Genelde sekonderi kademeli olan transformatör sarımlarında, en kalın iletken çapıyla tüm sipirler sarılır. Ayrıca her kademe için ayrı ayrı sarım yapılmaz.

Bu örneğimizde toplam  $38+61+92=191$  sipir sarılmayıp, önce 38 sipir sarıldıktan sonra dışarıya bir uç çıkarılır daha sonra  $61-38=23$  sipir daha sarılarak bir uç daha çıkarılır ve son olarak  $92-61=32$  sipir daha sarılarak bir uç daha çıkarılarak toplamda sadece  $38+23+32=92$  sipir sarılarak tamamlanır. Bu uygulama hem iletken, hem de işçilik açısından tasarruf sağlar.

$$\frac{75}{2,22} = 33,78 \cong 33$$

adet (çıkan sayı tam sayı değilse bu sayı kesinlikle yuvarlanmamalıdır.) bobin teli bir katı oluşturmaktadır.

$$\frac{92}{33} = 2,78 \cong 3 \text{ kattan (Çıkan kesirli sayı bir üste yuvarlanır.) oluşur.}$$

$h_{\text{sekonder}} = (\text{kat sayısı} \times \text{sekonder tel çapı}) + (\text{presbant kalınlığı} \times \text{kat sayısının bir eksiği}) + (\text{sekonder sargının üzerine konulan } 0,4\text{ mm kalınlığındaki presbant})$

$$h_{\text{sekonder}} = 3 \times 2,22 + 2 \times 0,25 + 0,4 = 7,56 \text{ mm olur.}$$

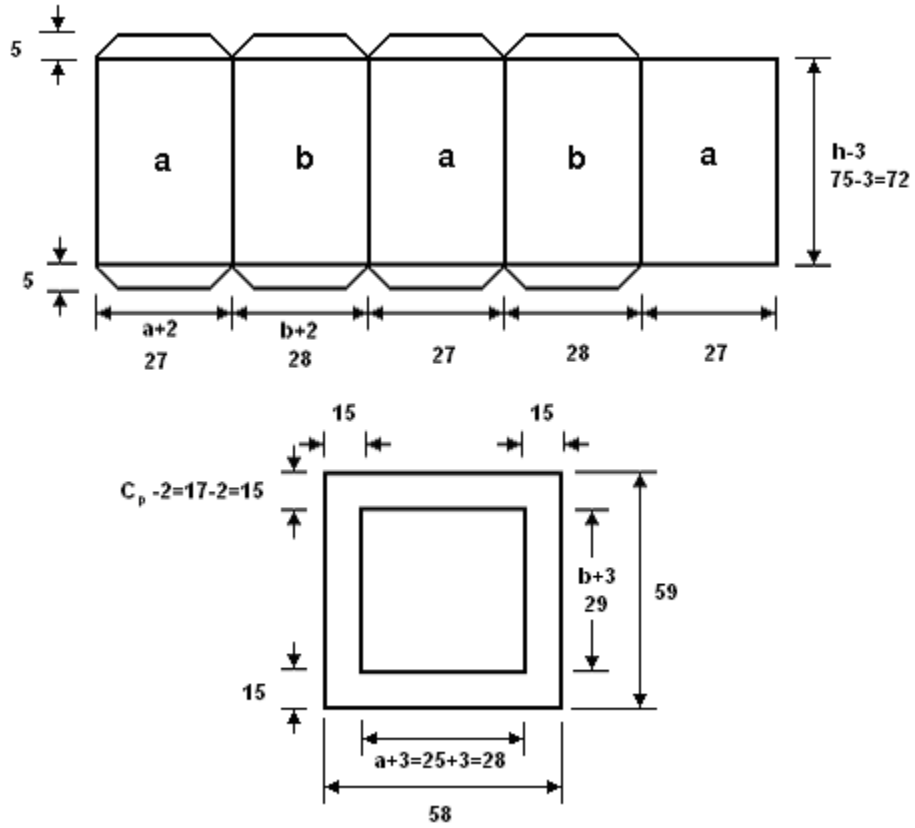
### 2.4.6.3. Pencere Genişliği

Makaranın altındaki 1mm' lik presbant kalınlığı, makara ile transformatör sacı arasındaki yaklaşık 1mm' lik hava boşluğu ve sargılar sarılırken yaklaşık 2mm'lik kabarmalar dikkate alınırsa toplam 4mm, pencere genişliği, büyük alınmalıdır.

$$C_p = h_{primer} + h_{sekonder} + 2 = 6,65 + 7,56 + 2 = 16,21 \cong 17 \text{ mm}$$

### 2.4.7. Makara Ölçülerinin Çıkarılması

Yukarıda yapılan hesaplamalar sonucunda makara ölçüleri aşağıdaki gibidir.



Şekil 2.7: Makara ölçüleri

### 2.4.8. Transformatör Sacı Ölçülerinin Tespiti

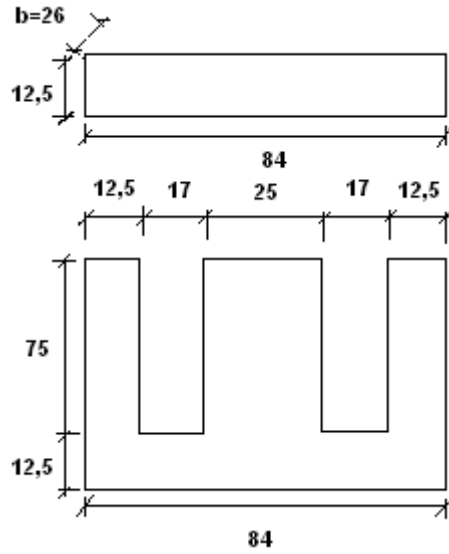
Daha önce nüvenin  $b=2,5\text{cm}$  olduğunu hesaplayarak bulmuştuk. Sacların birer yüzeyleri yalıtıldığı için nüve kesitinin  $b$  kenarını %5-%15 kadar artırmak gerekmektedir. Bu

artırma oranı yalıtkanın cinsi ve kalınlığına bağılı olarak değişir. Buna göre b kenarını biz %7 oranında artırırsak;

$$b = 2,5 \times 1,07 \cong 2,6\text{cm} = 26\text{mm olur.}$$

Bu transformatörde kullanacağımız sacların her birinin kalınlığının 0,5 mm olduğunu dşnrsek;

$$\frac{26}{0,5} = 52 \text{ adet I ve E tipi sac gerekir ( Şekil 2.8 ).}$$



Şekil 2. 8: Transformatör sac lleri

## 2.5. Hazır Nüve zerine Sarım Hesabı

Aşağıda değerleri ve sac lleri verilen mantel tipi nüvenin sarım hesabını yapalım.

$$a=28\text{mm}$$

$$C=1,1$$

$$V_1=220 \text{ V}$$

$$V_2=10 \text{ V}$$

$$B=10000 \text{ gauss}$$

$$\text{Makara presbant kalınlığı} = 1\text{mm}$$

$$\text{Katlar arsına konulacak presbant kalınlığı} = 0,10\text{mm}$$

$$\text{Sargıların zerine konulacak presbant kalınlığı} = 0,25\text{mm}$$

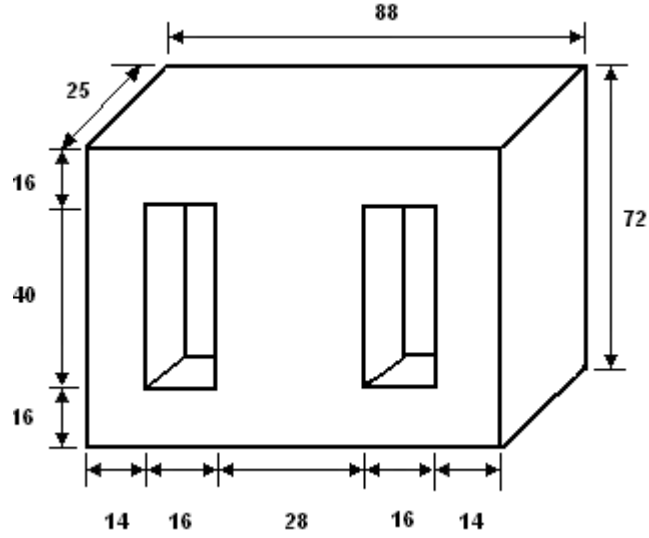
$$b=25\text{mm}$$

$$f=50\text{Hz.}$$

$$\%e=\%5$$

$$J=2,5 \text{ A/mm}^2$$

$$\eta=\%95$$



Şekil 2.9: Nüve ölçüleri

### 2.5.1. Manyetik Nüve Kesiti

$$S_n = a \times b = 28 \times 25 = 700 \text{ mm}^2 = 7 \text{ cm}^2$$

### 2.5.2. Primer Gücü

$$S_n = C \times \sqrt{S_2} \Rightarrow \sqrt{S_2} = \frac{S_n}{C} \Rightarrow (\sqrt{S_2})^2 = \left(\frac{S_n}{C}\right)^2 \Rightarrow S_2 = \left(\frac{7}{1,1}\right)^2 = 40,49 \text{ VA}$$

$$S_1 = \frac{S_2}{\eta} = \frac{40,49}{0,95} = 42,62 \text{ VA}$$

### 2.5.3. Primer ve Sekonder Siper Sayıları

$$N_1 = \frac{V_1 \times 10^8}{4,44 \times B \times S_n \times f} = \frac{220 \times 10^8}{4,44 \times 10000 \times 7 \times 50} = 1415,7 \cong 1416 \text{ siper}$$

$$N_2 = \frac{V_2 \times 10^8}{4,44 \times B \times S_n \times f} = \frac{10 \times 10^8}{4,44 \times 10000 \times 7 \times 50} = 64,35 \cong 65 \text{ siper}$$

%5' lik gerilim düşümünü de eklersek;

$$N_2 = 65 \times 1,05 = 68,25 = 69 \text{ siper olarak bulunur.}$$



## 2.5.4. Primer ve Sekonder Akımları

$$I_1 = \frac{S_1}{V_1} = \frac{42,62}{220} = 0,19 \text{ A} \quad I_2 = \frac{S_2}{V_2} = \frac{40,49}{10} = 4,04 \text{ A}$$

## 2.5.5. Primer ve Sekonder İletken Kesitleri

$$s_1 = \frac{I_1}{J} = \frac{0,19}{2,5} = 0,076 \text{ mm}^2 \quad s_2 = \frac{I_2}{J} = \frac{4,04}{2,5} = 1,61 \text{ mm}^2$$

## 2.5.6. Primer ve Sekonder Tel Çapları

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \times s_1}{\Pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,076}{3,14}} = \sqrt{0,09} = 0,30 \text{ mm}$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \times s_2}{\Pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 1,61}{3,14}} = \sqrt{2,05} = 1,43 \cong 1,45 \text{ mm}$$

Emayeli tel çapları;

$$d_1 = 0,30 + 0,05 = 0,35 \text{ mm}$$

$$d_2 = 1,45 + 0,07 = 1,52 \text{ mm olarak tespit edilir.}$$

**Not:** Emaye kalınlıkları telin çapına ve firmalara göre değişiklik göstermektedir. Hesaplamalarınızı yaparken firma kataloglarını inceleyiniz.

## 2.5.7. Sargı Kalınlıkları

Makara yapımında kullanılan presbant kalınlığı 1mm, makaranın yan kapağı ile nüve arasındaki hava aralığı 0,5 mm olarak alınır, makaranın içten içe yüksekliği;

$$h_m = h - (\text{Hava aralığı} \times 2) + (\text{Presbant kalınlığı} \times 2)$$

$$h_m = 40 - (0,5 \times 2) + (1 \times 2) = 40 - 1 + 2 = 37 \text{ mm olur.}$$

$h_m = 37 \text{ mm}$  olduğuna göre, emayeli bobin telinin çapı 0,40 mm ise;

$$\frac{37}{0,35} = 105,7 \cong 105 \text{ adet tek sıra hâlinde makaraya sığmaktadır. Primer sargı 1416 sipir}$$

olduğuna göre ve bir kata 105 adet iletken sığıyorsa primer sargı  $\frac{1416}{105} = 13,48 \cong 14$  katlı olacaktır.

Her kat arasına 0,25 mm kalınlığında presbant ve sargının üstüne de 0,40mm kalınlığında presbant konulursa;

$h_p = (\text{kat sayısı} \times \text{primer tel çapı}) + (\text{presbant kalınlığı} \times \text{kat sayısının bir eksiği}) + (\text{sargı üstüne konulan presbant kalınlığı})$

$$h_{primer} = 14 * 0,35 + 13 * 0,1 + 0,25 = 6,45 \text{ mm olur.}$$

Bir kattaki sekonder iletken sayısı:  $\frac{37}{1,57} = 23,56 \cong 23$  adet bobin teli, bir katı oluşturmaktadır.

$$\frac{69}{23} = 3 \text{ kattan oluşur.}$$

$h_{sekonder} = (\text{kat sayısı} \times \text{sekonder tel çapı}) + (\text{presbant kalınlığı} \times \text{kat sayısının bir eksiği}) + (\text{sekonder sargının üzerine konulan } 0,4 \text{ mm kalınlığındaki presbant})$

$$h_{sekonder} = 3 \times 1,57 + 2 \times 0,1 + 0,25 = 5,16 \text{ mm}$$

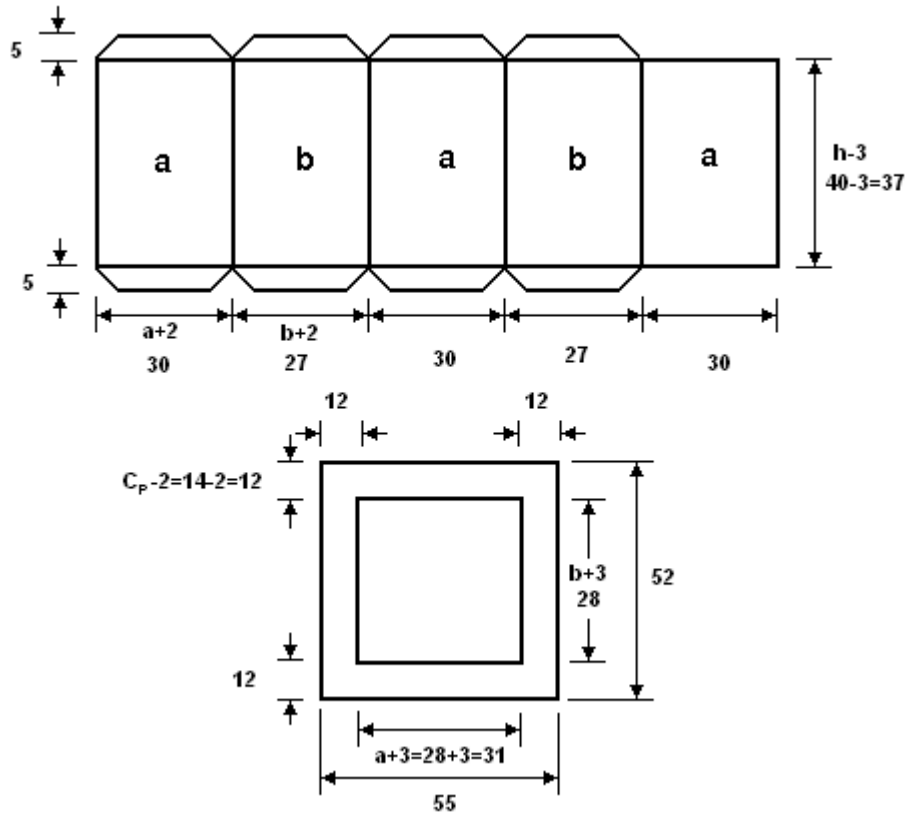
### 2.5.8. Pencere Genişliği ve Kontrolü

Makaranın altındaki 0,5 mm'lik presbant kalınlığı, makara ile transformatör sacı arasındaki yaklaşık 0,5 mm'lik hava boşluğu ve sargılar sarılırken yaklaşık 1mm'lik kabarmalar dikkate alınırsa toplam 2 mm, pencere genişliği, büyük alınmalıdır.

$$C_p = h_{primer} + h_{sekonder} + 2 = 6,45 + 5,16 + 2 = 13,61 \text{ mm}$$

Bulduğumuz pencere genişliği bize verilen pencere genişliğinden küçük olduğu ( $13,61 < 16$ ) için sarım yapılabilir.

## 2.5.9. Makara Ölçüleri



Şekil 2.10: Makara ölçüleri

## UYGULAMA FAALİYETİ

Değerleri verilen transformatörün hesabını aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız.

$V_1 = 220 \text{ V}$	$B = 10000 \text{ gaus}$	$a = 28 \text{ mm}$	$C_p = 14 \text{ mm}$
$V_2 = 15 \text{ V}$	$J = 2,5 \text{ A / mm}^2$	$b = 25 \text{ mm}$	$e = \% 4$
$f = 50 \text{ Hz}$	$C = 1,1$	$h = 40 \text{ mm}$	$\text{Verim} = \%94$

Makara presbant kalınlığı: 0,5 mm, ara presbant kalınlığı: 0 ,10 mm, sargı üzerine konulacak presbant kalınlığı: 0,20 mm olarak verilmiştir.

Nüve tipi mantel olacaktır.

### SONUÇLAR:

Sonuçlar bulduğunuz değerleri kontrol için verilmiştir.

N1: 1400 sipir N2:  $96 \times 1.04 = 100$  sipir

Çıplak iletken kesiti:  $d1: 0.35 \text{ mm}$   $d2: 1.30 \text{ mm}$

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Müşteriden gerekli bilgileri alınız.</li><li>➤ Yeni transformatör hesabını yapınız.</li><li>➤ Hazır nüveye göre transformatör hesabını yapınız.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Aldığınız bilgileri bir kâğıda düzenli bir şekilde not ediniz.</li><li>➤ Manyetik nüve kesitini ölçünüz.</li><li>➤ Transformatör gücünü mutlaka belirlemelisiniz.</li><li>➤ Hesaplamaları yaptıktan sonra mutlaka kontrol etmelisiniz.</li></ul>

## 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. Önlüğünüzü giydiniz mi?		
2. Arızalı transformatör üzerinde yazılan veya müşteriden alınan bilgileri bir kâğıda düzenli not ettiniz mi?		
3. Yeni transformatör hesabı için topladığınız veriler yeterli mi?		
4. Topladığınız verileri kullanarak zorlanmadan transformatör hesabını yapabildiniz mi?		
5. Elinizdeki nüvenin ölçülerini çıkarabildiniz mi?		
6. Elinizdeki nüvenin ölçülerine göre zorlanmadan transformatör hesabı yapabildiniz mi?		
7. Çalışma alanınızı tertipli düzenli kullandınız mı?		
8. Size verilen uygulamayı zamanında bitirebildiniz 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 soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

- Verimi %90 olan bir transformatörün sekonder gücü 45 VA ise primer gücü aşağıdakilerden hangisidir?  
A) 30                      B) 35                      C) 50                      D) 55
- Manyetik nüve üzerindeki toplam kuvvet çizgilerinin sayısını belirten sembol aşağıdakilerden hangisidir?  
A)  $\Phi$                       B)  $\varphi$                       C)  $\beta$                       D)  $\alpha$
- Transformatör hesaplarında kullanılan nüve kesitinin birimi aşağıdakilerden hangisidir?  
A)  $\text{mm}^2$                       B)  $\text{cm}^2$                       C) dm                      D) m
- Primer gerilimi 200V, sekonder gerilimi 100V ve sekonder akımı 10A olan bir transformatörün şebekeden çekeceği akım aşağıdakilerden hangisidir?  
A) 1A                      B) 5A                      C) 10A                      D) 20A
- Primer gücü 100VA ve primer gerilimi 50V olan bir transformatörün şebekeden çekeceği akım aşağıdakilerden hangisidir?  
A) 0,5A                      B) 1A                      C) 2A                      D) 3A
- İletkenin  $1\text{mm}^2$ lik kesitinden geçen akım miktarına ne isim verilir ve hangi harfle gösterilir?  
A) Akım, A                      B) Manyetik akı yoğunluğu, B  
C) Akım yoğunluğu, J                      D) Manyetik akı yoğunluğu, J
- Hesaplamalar sonucunda sekonder siper sayısı 100 siper ve gerilim düşümünün %5 olacağı düşünülüyorsa, bu transformatör yüke bağlandığında sekonder geriliminin düşmemesi için sekonder siper sayısı kaç siper fazla sarılmalıdır?  
A) 1                      B) 3                      C) 5                      D) 7
- Kesiti  $3,14\text{mm}^2$  olan bir bobin telinin çapı kaç milimetredir?  
A) 0,25                      B) 0,50                      C) 1                      D) 2
- Dönüştürme oranı belli olmayan bir transformatörün siper sayısını bulmak için aşağıdaki verilerden hangisine gerek yoktur?  
A) Nüve kesiti                      B) Frekans                      C) Manyetik akı yoğunluğu                      D) Hepsi
- Akım yoğunluğu  $2\text{A/mm}^2$  olan ve  $1\text{mm}^2$ lik bakır iletken en fazla kaç amper akım geçer?  
A) 0,5A                      B) 1A                      C) 1,5A                      D) 2A

## **DEĞERLENDİRME**

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz veya cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete dönerek tekrar inceleyiniz. Cevaplarınızın tamamı “evet” ise bir sonraki faaliyete geçiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-3

## AMAÇ

Uygun ortam sağlandığında bir fazlı transformatör sarımı için gerekli ön hazırlıklarınızı ve sarımı hatasız yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

Bu faaliyet öncesinde çevrenizden arızalı bir fazlı transformatör bularak nüve ölçülerini çıkarınız.

- Edindiğiniz bilgiler çerçevesinde gerekli hesaplamaları yapınız.
- Kazanmış olduğunuz bilgi ve deneyimleri arkadaş grubunuz ile paylaşınız.

## 3. BİR FAZLI TRANSFORMATÖR SARIMI

### 3.1. Makara Yapımı

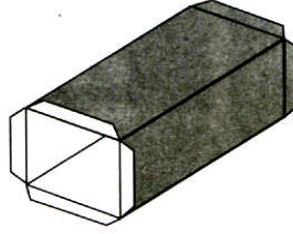
Transformatörlerde makara, sargıların düzgün olarak sarılması, birbirine ve manyetik nüveye karşı yalıtkanlığın sağlanması amacı ile yapılır. Makara yapımında kullanılan presbant, transformatörün gücüne göre 1–1,5–2 mm veya daha kalın olabilmektedir. Bazı transformatörlerde presbant yerine bakalit veya ebonit gibi malzemeler de kullanılabilir. **Seri imalatla sert plastikten çeşitli ebatlarda hazır makaralar kullanılmaktadır.**

Transformatör nüvesi mantel tipi nüve olduğuna göre sargılar orta ayağa silindirik sargı şeklinde sarılacaktır.

Resim 3.1'deki makaranın açılım şemasını, 1mm'lik presbantın üzerine çiziniz. Dikkatlice bir makas yardımıyla kesiniz. Daha sonra kıvrılacak kısımları, presbantın arka yüzeyinden falçata ile kesmeden çiziniz ve ters tarafa katlayınız. Böylelikle kalın presbant düzgün ve kolay katlanacaktır.

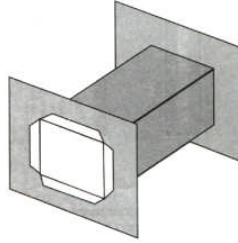
Makara kenarlarının alt ve üst kısımlarında bırakılan 5mm'lik kulakçıklar, makara gövdesinin kapak kısmına yapıştırılmasını sağlar. En son çizilen kulakçüksüz 'a' kenarı ise diğer 'a' kenarının üzerine yapıştırmak için kullanılır. Dikkat edilmesi gereken bir konu yapışacak kısımların, yapışan yüzeylerin birer katının kaldırılmasıdır. Böylelikle hem yapışmanın daha kaliteli olmasını, hem de iki kenar yapıştığında toplam kalınlığın yine 1mm olmasını sağlar. 'a' kenarları yapıştırıldıktan sonra resim 3.2'deki durumu alır.





**Resim 3.1: Yan kapakları takılmamış makara**

Kapakların içinden geçirdiğiniz kulakçıkları şekil 1.2’de görüldüğü gibi kapağın dış yüzeyine yapıştırınız. Yine burada yapışan yüzeylerin birer katlarını kaldırdıktan sonra yapıştırmayı unutmayınız.



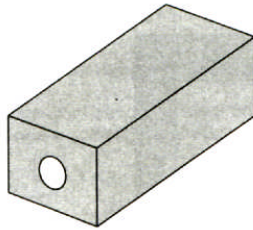
**Resim 3.2: Tamamlanmış makara**

Yapıştırma işlemlerinizi bitirdikten sonra bir adet transformatör sacı alarak makaranın içine rahat girip girmediğini kontrol ediniz.

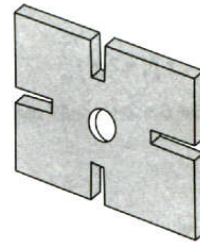
### 3.2. Bobinlerin Sarımı

Hazırladığımız makaranın ortasındaki boşluğa tam girebilecek şekilde resim 3.3’te görülen ortasından boydan boya delik açılmış bir adet takoz yapılır. Ayrıca bobin telleri sarılırken kapakların dışarıya doğru şişme yapmaması için resim 3.4’te görülen makaranın her iki tarafına kontrplaktan veya ağaçtan kapak yapılır.

Nüve ölçülerine göre hazırlanan takoz, makara içerisine boşluk kalmayacak şekilde geçirildikten sonra ağaçtan yapılan kapaklarla beraber sarım çıkırığına takılır.



**Resim 3.3: Takoz**

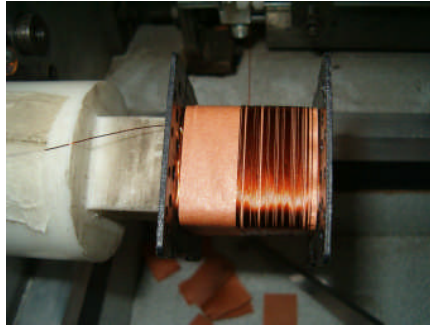


**Resim 3.4: Ağaç yan kapak**

Öncelikle 0,30 mm çapındaki primer sargı iletkeni sarılacağı için uç kısmına uygun bir makaron geçirilerek sarıma başlanır. Geçirilen makaronun makara içinde yaklaşık olarak yarım tur atması gereklidir. Dışarıda kalan bobin teli uygun uzunlukta bırakılır ve fazlalık, çizilmeyecek şekilde mil üzerine sarılır. Sarım yapılırken iletken gergin olmalı ve iletkenlerin üst üste gelmemesine dikkat edilmelidir. Birinci kat tamamlandıktan sonra katlar arasına 0,10mm kalınlığında presbanttan bir miktar kesilerek iletkenlerin üzerine sarılır ve ikinci kat sarılmaya başlanır. Sarıma devam edildikçe katlar arası, 0,10'luk presbantla yalıtılır. Primer sargı sarıldıktan sonra 0,25 mm kalınlığındaki presbantla primer sargının üstü kapatılır, iletkenin yetecek kadar kısım kesilerek uç kısmına makaron geçirilir ve makaronun yan kapağı delinerek dışarıya çıkartılır ( Resim 3.5 ).

Bobin telinin uç kısmına, primer sarımda olduğu gibi makaron geçirilerek sarıma başlanır. Sekonder iletkeni daha kalın olacağından kabarmanın aşırı olmaması için her katın sonunda sargılar plastik tokmak yardımıyla vurularak düzeltilir. Bu sırada bobin tellerinin emayesinin çizilmemesine ve ezilmemesine özen gösterilmelidir. Yine primer sarımda olduğu gibi katlar arasına 0,10 mm kalınlığında presbant konulur. Sekonder sargı sarıldıktan sonra en son katın üstüne 0,25 mm kalınlığında presbant konularak sargılar yalıtılır. Sarım bittikten sonra sekonder sargının çıkış ucunun açılmaması için bir ip yardımıyla diğer sargılara bağlanır ve makaron ile diğer sargıların çıktığı noktadan çıkartılır.

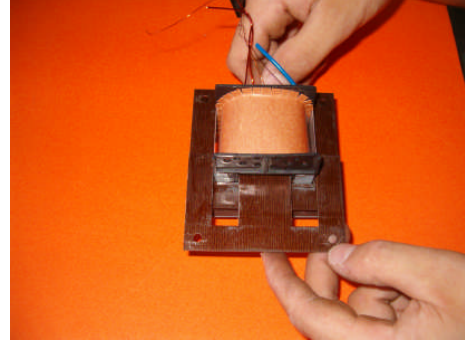
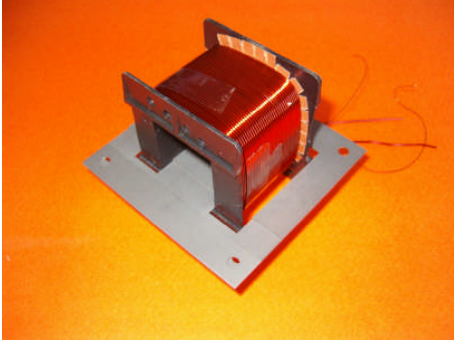
Makara çıkıktan sökülür ve bobin uçları ohmmetre ile ölçülerek kopukluk kontrolü yapılır.



Resim 3.5: Primer sargının sarılması

### 3.3. Sacların Düzenlenmesi

Transformatör nüvesi E ve I şeklinde iki tip sacdan oluşacaktır. Sacların ek yerleri üst üste gelmeyecek şekilde dizilmelidir. Sacların dizilmesinde dikkat edilecek noktalardan biri de her bir sacın, altında veya üstünde bulunan saclardan yalıtılmasıdır. Bilindiği gibi nüveyi oluşturan sacların birer yüzleri yalıtılmış durumdadır. Buna göre saclar, üstteki sacın yalıtılmış yüzü, alttaki sacın yalıtılmamış yüzeyi ile üst üste gelecek şekilde dizilmelidir ( Resim 3.6 ). E ve I şeklindeki saclar aralarında hava boşluğu kalmayacak şekilde dizilirse manyetik kuvvet çizgilerinin geçişi kolaylaştırılmış olur. Sacları makara içerisine dizerken makaronun iç kısmının yırtılmamasına özen gösterilmelidir. Aksi takdirde iletkenlerin emayesinin çizilmesine ve hatta kopmasına neden olursunuz.



**Resim 3. 6: Transformator saclarının yerlestirilmesi**

### **3.4. Transformator Montajı Yapım Tekniđi**

Transformator sacları takıldıktan sonra sacların uzerine koşebent veya kalın sacdan ayak yapilir ve nuveye somunlu civatalarla sıkıca sıkılır. Saclar ne kadar sıkılırsa o kadar sessiz çalışır. Daha sonra epoksi boya ile transformator sacları boyanır.

Bobin uçlarının fazlılıkları kesildikten sonra klemensin içinde kalacak kısımların emayesi bir çakmak yardımı ile yakılır ve klemense takılarak vidalarla sıkıştırılır. Böylelikle transformator montajı tamamlanmış olur Resim 3.7



**Resim 3.7: Transformatorün koşebent ve klemens montaj yapılmış hâli**

### **3.5. Transformatorün Yalıtımı**

#### **3.5.1. Önemi**

Kullanıcıların can güvenliğini ve mal güvenliğini sağlamak için transformator yalıtımının dikkatli özenli yapılması gerekir. Transformatorün yalıtımında hem sargılar birbirinden yalıtılmalı, hem de sargıların nüveden çok iyi yalıtılması gerekmektedir.

### 3.5.2. Yöntemi

Günümüzde transformatör sargılarının ve nüvenin yalıtımında en çok kullanılan yalıtım malzemesi presbant veya mikalı presbanttır. Uygulamada her kata 0,1 mm kalınlığında presbant konulması gerekiyorsa da piyasada her 70V'lık gerilime denk düşen sipirde yalıtım yapıldıktan sonra sarıma devam edilmektedir.

Günümüzde çok yaygın olmasa da verniklenerek transformatör yalıtımı yapılmaktadır. Bunun için vakumlu dolaplarda bulunan vernik havuzlarına transformatör daldırılır, böylelikle vernikle transformatör arasında hiç hava boşluğu kalmaz. Vakumsuz ortamda vernik havuzuna daldırıp çıkarıldıktan sonra kurumaya bırakılan transformatörlerde verniğin altında hava boşluğu kalacağından sağlıklı bir yöntem değildir.

### 3.5.3. Kontrolü

Kullanıma hazır hâle gelen transformatörün son kontrollerinde aşağıdaki maddeler sırasıyla uygulanır.

- Transformatör sargılarının dirençleri ayrı ayrı ohmmetre ile ölçülerek açık veya kısa devre olmaması gerekir.
- Primer sargı ile sekonder sargı arası ohmmetre ile ölçülür ve ölçü aletinin sonsuz direnç (açık devre) göstermesi gerekir.
- Nüve ile sargılar arası ohmmetre ile yapılan ölçümlerde yine sonsuz direnç (açık devre) göstermesi gerekmektedir.
- Transformatörün primerine nominal gerilim uygulanır ve sekonder gerilimi voltmetre ile ölçülür.
- Sekonder gerilimi hesapladığımız değer ise primer gerilimi kesilerek sekondere uygun bir yük bağlanır ve primere tekrar gerilim verilerek sekonder akımı ölçülür ve bir müddet çalıştırılır.
- Yükte çalıştırılan transformatörün enerjisi kesildiğinde sargılarının ısınıp ısınmadığı kontrol edilmelidir. Normal şartlarda sargıların ısınmaması gerekir. Eğer transformatör çok ısınıyorsa sekonder iletken çapı küçük seçilmiş demektir.

Yukarıda yapılan kontroller sonucunda olumsuz bir durumla karşılaşılmadığı zaman tablo 3.1'deki gibi bir etiket doldurularak transformatörün uygun bir yerine yapıştırılır.

ÇIKIŞ GÜÇÜ	.....VA
PRİMER GERİLİMİ	.....V
SEKONDER GERİLİMİ	.....V
PRİMER AKIMI	.....A
SEKONDER AKIMI	.....A
ÇALIŞMA FREKANSI	.....Hz

**Tablo 3.1: Transformatör etiketi**

## UYGULAMA FAALİYETİ

**Uygulama 1:** Uygulama Faaliyeti - 2’de sarım hesabı yaptığınız transformatörün nüvesine uygun ebatta makara (karkas), sac, takoz ve yan kapakları aşağıdaki işlem basamaklarını takip ederek hazırlayınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Makaranın açık şeklini çiziniz.</li><li>➤ Presbantı kesiniz.</li><li>➤ Parçaları yapıştırınız.</li><li>➤ Sacı seçiniz.</li><li>➤ Ölçüye uygun sacları kesiniz.</li><li>➤ Sökülmüş sacların verniklerini temizleyiniz.</li><li>➤ Takoz ve kapağın yapılacağı tahtayı seçiniz.</li><li>➤ Takoza hazırlayınız.</li><li>➤ Kapağı hazırlayınız.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Çok dikkatli olmalısınız. En ufak hatada makaranız düzgün olmayacaktır.</li><li>➤ Presbantı keserken çelik cetvel ve falçata kullanabilirsiniz.</li><li>➤ Yapışacak yüzeylerin birer katlarını kaldırmayı unutmayınız.</li><li>➤ Giyotinle sacı keserken dikkatli olmalısınız.</li><li>➤ Vernikli sacları tinerin içerisinde bekletirseniz daha kolay temizlersiniz.</li><li>➤ Ölçülerini çıkardığınız takoz ve kapakları bir marangoza hazırlatınız.</li></ul>

## UYGULAMA FAALİYETİ

Sarım hazırlıklarını yaptığınız transformatörün sarımını ve yalıtımını aşağıdaki işlem basamaklarını takip ederek yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Makarayı sarım çıkırığına sabitleyiniz.</li><li>➤ Bobin makarasını sehpaye takınız.</li><li>➤ Tele makaron geçiriniz.</li><li>➤ Primer katını sarınız.</li><li>➤ Kat arasına kâğıt yerleştiriniz.</li><li>➤ Sekonder katlarını da sarınız.</li><li>➤ Son katın üzerini de yalıtınız.</li><li>➤ Makarayı çıkırıktan sökünüz.</li><li>➤ Transformatörün yalıtımını yapınız.</li><li>➤ Transformatörün kontrolünü yapınız.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Makara ile takoz arasında boşluk kalmamasına özen gösteriniz. Aksi takdirde bobin tellerini sararken makaranın şekli bozulacaktır.</li><li>➤ Bobin makarasını sehpaye taktığınızda rahatça dönmeli; çünkü sarım yaparken teli koparabilirsiniz.</li><li>➤ Makara içinde makaronlu teli yarım tur atacak kadar sarınız.</li><li>➤ Katlar arasına 0,10mm kalınlığında presbant koymayı unutmayınız.</li><li>➤ Primerle sekonder sargı arasına ise 0,25 mm'lik presbant koymanız yeterli olacaktır.</li><li>➤ Transformatörün yalıtımını en kolay vernik ile yapabilirsiniz.</li><li>➤ Transformatör kontrolünü laboratuvar ortamında gerçekleştirebilirsiniz.</li></ul>

## 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. Önlüğünüzü giydiniz mi?		
2. Makaranın açık şeklini presbandın üzerine çizebildiniz mi?		
3. Yapıştırma işlemi yapabildiniz mi?		
4. Ölçüye uygun sac kesebildiniz mi?		
5. Tahta ve kapakları hazırlayabildiniz mi?		
6. Primer ve sekonder sargıları sarabildiniz mi?		
7. Transformator yalıtımını uygun yapabildiniz mi?		
8. Transformator kontrolünü yaptınız mı?		
9. Çalışma alanınızı tertipli düzenli kullandınız mı?		
10. Size verilen uygulamayı zamanında bitirebildiniz mi?		

## 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. ( ) Transformatör sacı iyice sıkıştırılmadan çalıştırılırsa trafo gürültülü çalışır.
2. ( ) Sacları dizerken ek yerlerinin üst üste getirilmesi gerekmektedir.
3. ( ) Makara yaparken yapışacak yüzeylerden birer kat kaldırıldıktan sonra yapıştirilmalıdır.
4. ( ) Makara yapımında kullanılan presbandın kalınlığı transformatörün gücüne göre değışmektedir.
5. ( ) Küçük güçlü transformatörlerde, önce sekonder sargı sarılır.
6. ( ) Primer sargı sarılırken her kat arasına presbant konulmaz.
7. ( ) Transformatör saclarının yüzeyleri yalıtılmıştır.

### 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 Modül değerlendirmeye geçiniz.



# MODÜL DEĞERLENDİRME

Modül ile kazandığınız yeterliliği aşağıdaki ölçütlere göre değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Arızalı transformatörü değerlerini kaydederek sökebiliyor musunuz?		
2. Yeni transformatör hesabı yapabiliyor musunuz?		
3. Verilen hazır nüvenin hesabını yapabiliyor musunuz?		
4. Hesaplamalara uygun transformatörü sarabiliyor musunuz?		
5. Transformatör saçlarını doğru yerleştirebiliyor musunuz ?		
6. Sardığınız transformatörün kontrollerini yapabiliyor musunuz?		

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili faaliyetleri tekrar inceleyiniz. Cevaplarınız doğru ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

# CEVAP ANAHTARLARI

## ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	Doğru
2	Yanlış
3	Doğru
4	Yanlış
5	Yanlış
6	Doğru
7	Doğru
8	Yanlış
9	Doğru
10	Yanlış
11	Yanlış
12	Yanlış
13	Doğru
14	Doğru
15	Yanlış

## ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	C
2	A
3	B
4	B
5	C
6	C
7	C
8	D
9	D
10	D

## ÖĞRENME FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

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

## KAYNAKÇA

- PEŞİNT Adnan, Abdullah ÜRKMEZ, **Elektrik Makineleri Cilt 2**, İstanbul 1980.
- CEYLAN Hasan, **Elektrik Atölyesi Bobinaj**, İstanbul 1997.
- ÇOLAK Şerif, **Atölye 2**, Hatay 2001.
- GÖRKEM Abdullah, **Atölye 2**, Ankara 2002
- PEŞİNT Adnan, Abdullah ÜRKMEZ, **Elektrik Makineleri Cilt 2**, İstanbul 1980.
- TUNCAY Ersoy, **Atölye 2**, İstanbul 2004.