

**T.C.  
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

# **ELEKTRİK-ELEKTRONİK TEKNOLOJİSİ**

**ALTERNATİF AKIM ESASLARI  
522EE0014**

**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. Alternatif akım .....	3
1.1. Alternatif Akımın Tanımı .....	3
1.2. Alternatif Akımın Elde Edilmesi .....	4
1.3. Sinüs Dalgası .....	6
1.3.1. Saykıl .....	7
1.3.2. Periyot.....	7
1.3.3. Alternans.....	8
1.3.4. Frekans.....	9
1.3.5. Açıl Hız .....	9
1.3.6. Dalga Boyu .....	10
1.4. Alternatif Akım Değerleri .....	11
1.4.1. Ani değer .....	11
1.4.2. Maksimum Değer .....	12
1.4.3. Ortalama Değer.....	13
1.4.4. Etkin Değer.....	14
1.5. Alternatif Akımın Vektörlerle Gösterilmesi .....	16
1.5.1. Sıfır Faz .....	17
1.5.2. İleri Faz.....	17
1.5.3. Geri Faz .....	18
1.5.4. Faz Farkı .....	18
1.6. Alternatif Akımın Etkileri .....	19
1.6.1. Isı Etkisi.....	19
1.6.2. Kimyasal Etkisi.....	21
1.6.3. Manyetik Etkisi.....	22
UYGULAMA FAALİYETİ .....	24
ÖLÇME DEĞERLENDİRME.....	28
ÖĞRENME FAALİYETİ-2.....	30
2. Alternatif akım devreleri .....	30
2.1. A.C Devrelerde Bobinler .....	30
2.1.1. Endüktans .....	31
2.1.2. A.C’de Gösterdiği Özellikler.....	32
2.1.3. A.C’de Seri ve Paralel Bağlantıları .....	34
2.1.4. Nüvenin Endüktansa Etkisi.....	35
2.2. A.C Devrelerinde Kapasitörler .....	36
2.2.1. Kapasitans.....	36
2.2.2. A.C’de Gösterdiği Özellikler.....	37
2.2.3. A.C’de Seri ve Paralel bağlantıları .....	39
2.3. Alternatif Akım Devre Çeşitleri.....	40
2.3.1. Seri Devreler.....	40
2.3.2. Paralel Devreler .....	47
2.3.3. Rezonans Devreleri.....	52
2.3.4. Alternatif Akımda Güç .....	60
2.3.5. Endüktif Yüklü (R-XL) Devrelerde Güç Üçgeni .....	61

2.3.6. Güç Katsayısı.....	63
2.3.7. Üç Fazlı Sistemler .....	65
UYGULAMA FAALİYETİ .....	69
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	72
ÖĞRENME FAALİYETİ-3 .....	75
3. Transformatörler.....	75
3.1. Transformatörün Yapısı .....	75
3.2. Transformatörün Çalışma Prensibi .....	76
3.3. Transformatör Çeşitleri .....	77
3.3.1. Nüve Tipine Göre .....	77
3.3.2. Faz Sayısına Göre.....	79
3.3.3. Çalışma Ortamına Göre .....	79
3.3.4. Kullanma Amacına Göre .....	79
3.4. Dönüştürme Oranı.....	80
3.5. Transformatör Kayıpları .....	81
3.5.1. Fuko Kaybı .....	81
3.5.2. Histerisiz Kaybı .....	82
3.5.3. Bakır Kaybı.....	82
3.6. Transformatörlerde Güç.....	83
3.7. Transformatörlerde Verim .....	83
UYGULAMA FAALİYETİ .....	84
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	89
ÖĞRENME FAALİYETİ-4 .....	91
4. A.C motorlar.....	91
4.1. A.C Motorların D.C. Motorlarla Karşılaştırılması.....	92
4.2. A.C Motor Çeşitleri.....	93
4.2.1. Bir Fazlı Motor .....	93
4.2.2. Üç Fazlı Motor.....	95
UYGULAMA FAALİYETİ .....	98
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	100
MODÜL DEĞERLENDİRME .....	101
CEVAP ANAHTARLARI .....	105
KAYNAKÇA .....	108

# AÇIKLAMALAR

<b>KOD</b>	<b>522EE0014</b>
<b>ALAN</b>	<b>Elektrik Elektronik Teknolojisi</b>
<b>DAL/MESLEK</b>	<b>Alan Ortak</b>
<b>MODÜLÜN ADI</b>	<b>Alternatif Akım Esasları</b>
<b>MODÜLÜN TANIMI</b>	Alternatif akım devreleri ve devre elemanlarının alternatif akımda davranışları ile ilgili bilgi ve becerilerin kazandırıldığı bir öğrenme materyalidir.
<b>SÜRE</b>	40/32
<b>ÖN KOŞUL</b>	Bu modül için önkoşul yoktur.
<b>YETERLİK</b>	Direnç, kondansatör ve bobinden oluşan A.C devreleri kurup ölçümlerini yapabilmek, A.C devrelerde transformatör kullanabilmek, A.C motor devreleri kurabilmek
<b>MODÜLÜN AMACI</b>	<b>Genel Amaç</b> Bu modül ile gerekli araç gereçle donatılmış laboratuvar ortamı sağlandığında alternatif akımda bobinin ve kondansatörün davranışlarını kavrayacak ve devre çözümlerini yapabileceksiniz. Transformatörlerin ve A.C motorlarının kullanım yerlerini seçebileceksiniz. <b>Amaçlar</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Alternatif akımda bobin ve kondansatör devrelerini kurarak sonuçlarını değerlendirebileceksiniz.</li><li>2. A.C akımda direnç, bobin, kondansatörlerin seri/paralel devrelerini kurarak bu devrelerde ölçme ve hesaplamalar yapabileceksiniz.</li><li>3. Transformatörlerin, çalışma prensiplerini kavrayarak devreye bağlantısını yapabileceksiniz.</li><li>4. Alternatif akım motorlarının, doğru akım motorlarına olan üstünlüklerini kavrayacak, kullanım yerlerini seçebilecek ve devreye bağlantılarını yapabileceksiniz.</li></ol>
<b>EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI</b>	<b>Ortam:</b> Atölye ortamı <b>Donanım:</b> Dirençler, kondansatörler, bobinler, avometre ve osiloskop gibi ölçüm cihazları, transformatörler, A.C motorlar, deney bordu, iletken teller, bağlantı kabloları
<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,

Elektrik enerjisi, evlerde ve iş yerlerinde birçok değişik amaç için kullanılabilen yaygın bir enerji türüdür. Gelecekte belki de bütün binalar ve iş yerleri güneş hücreleri ya da rüzgâr türbinleri kullanarak kendi elektrik enerjilerini üretebilecektir. Ancak günümüzde, dünyanın çok büyük bölümünde termik, hidroelektrik ve nükleer santrallerin ürettiği elektrik enerjisi, ihtiyacı karşılamaktadır.

Santrallerde üretilen ve şehirlere, sanayi bölgelerine insanların kullanımı için iletilen elektrik enerjisi dairesel hareketle üretildiği için sinüs eğrisi şeklindedir ve bu formdaki elektrik sinyallerine alternatif akım ya da İngilizce kısaltmasıyla A.C denir.

Alternatif akım esasları modülünde edineceğiniz bilgiler, elektrik ve elektronik teknolojisi alanında kariyer sahibi olmak isteyen herkesin edinmesi gereken ve daha sonra karşılaşacağınız karmaşık devre analizlerinde mutlaka kullanmanız gereken bilgilerdir. Modül boyunca karşılaşacağınız matematik ve trigonometrik eşitliklerin çokluğu yılmınlığa neden olmamalıdır. Birkaç temel teoremin öğrenilmesi veya tekrar gözden geçirilmesi bu modülde verilen bilgilerin kolaylıkla zihninizde yer etmesine yardımcı olacaktır.





# ÖĞRENME FAALİYETİ-1

## AMAÇ

Bu öğrenme faaliyeti sonunda alternatif akım ile ilgili temel bilgileri edinecek ve alternatif akımın temel değerlerini ölçerek hesaplamalarını yapabileceksiniz.

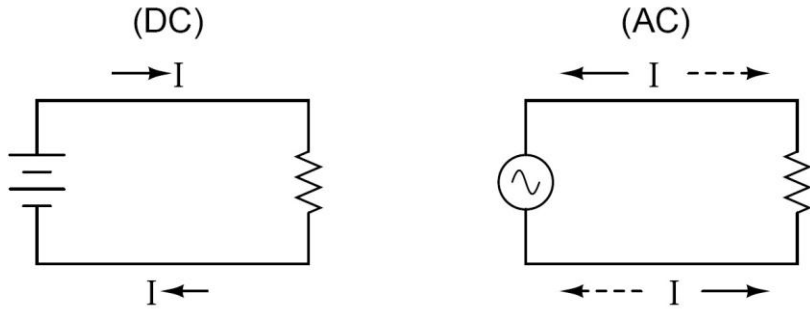
## ARAŞTIRMA

- Alternatif akım üretim ve iletim teknikleri hakkında araştırma yaparak edindiğiniz bilgileri sınıf ortamında arkadaşlarınızla paylaşınız.
- Alternatif akımın elde edildiği makineler olan alternatörler hakkında bilgi toplayarak arkadaşlarınızla paylaşınız
- Alternatif akım eğrisinin neden sinüzoidal olduğu hakkında bilgi toplayarak edindiğiniz bilgileri arkadaşlarınızla paylaşınız
- Elektrikli cihazların prizlerin üzerinde bulunan yazıların (220Vac, 50hz vb.) anlamlarını araştırınız.

## 1. ALTERNATİF AKIM

### 1.1. Alternatif Akımın Tanımı

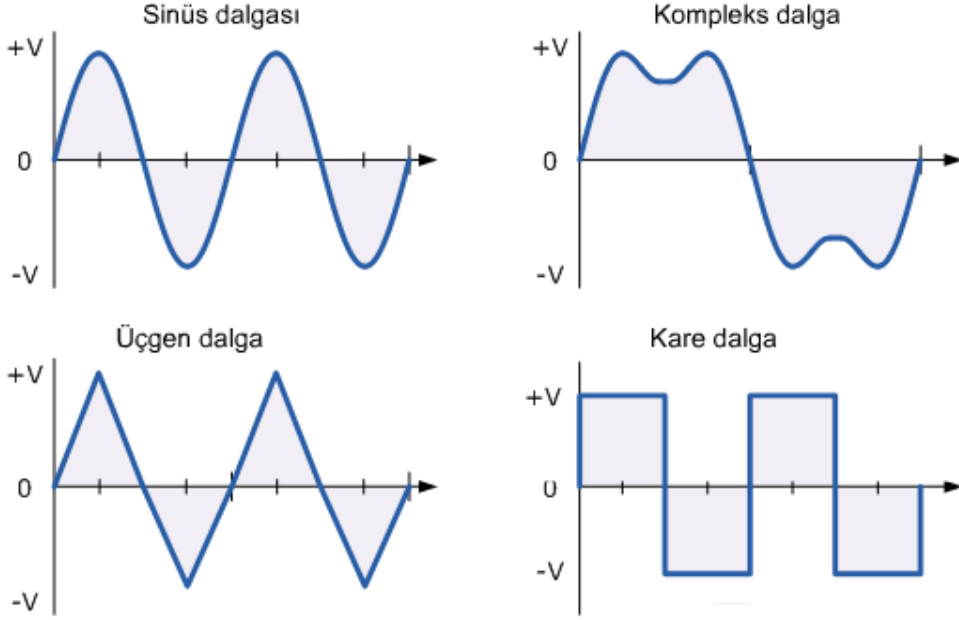
Zaman içerisinde yönü ve şiddeti belli bir düzen içerisinde değişen akıma alternatif akım denir. En bilinen A.C dalga biçimi sinüs dalgasıdır. Yine de farklı uygulamalarda üçgen ve kare dalga gibi değişik dalga biçimleri de kullanılmaktadır.



Şekil 1.1: Doğru ve alternatif akım

Doğru akım ve alternatif akım devrelerinde akım yönleri Şekil 1.1’de görüldüğü gibidir. D.C. gerilim kaynağı bulunan devrede akım üreticinin “+” kutbundan “-” kutbuna doğru direnç üzerinden geçerek ulaşır. A.C gerilim kaynağı bulunan devrede ise kaynağın sabit bir “+” ya da “-” kutbu yoktur. Kutuplar sürekli değiştiği için her kutup değişiminde direnç üzerinden geçen akımın da yönü değişecektir. Bu şekilde zamana göre yönü ve şiddeti

değişen akıma alternatif akım denir. Alternatif akımın direnç üzerinden geçmesini sağlayan gerilim kaynağına ise alternatif gerilim kaynağı denir.



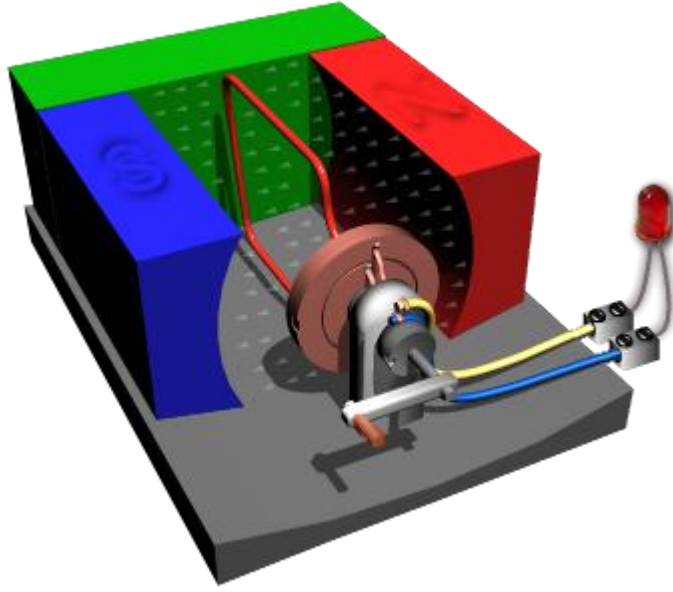
Şekil 1.2: Alternatif akım eğrileri

Bir alternatif gerilim kaynağının uçlarından birinin potansiyeli toprağa göre sıfır (0) iken diğer ucun potansiyeli sürekli artı (+) ve eksi (-) şeklinde farklı değerler almaktadır. Kaynağın sıfır potansiyelli ucu nötr olarak adlandırılırken diğer uç faz ya da canlı uç olarak adlandırılmaktadır. Şekil 1.2'de farklı alternatif kaynaklarına ait gerilim eğrileri görülmektedir.

Üretim ve iletim avantajlarının dışında alternatif akım kullanımda da bazı avantajlara sahiptir. Örneğin alternatif akım makinelerinin daha basit yapıda ve daha az bakım gerektirmeleri ve doğru akım ihtiyacı olan cihazlar için kolaylıkla doğru akıma çevrilebilmesi alternatif akımın başlıca üstünlükleridir. Doğru akımın alternatif akıma dönüştürülmesi işlemi daha karmaşık ve daha pahalıdır.

## 1.2. Alternatif Akımın Elde Edilmesi

Alternatif akım ya da gerilimin elde edilmesinde alternatör denilen aygıtlar kullanılır. Bir fazlı alternatör modeli ve A.C'nin elde edilmesi Resim 1.1 ve Şekil 1.3'te gösterilmiştir.

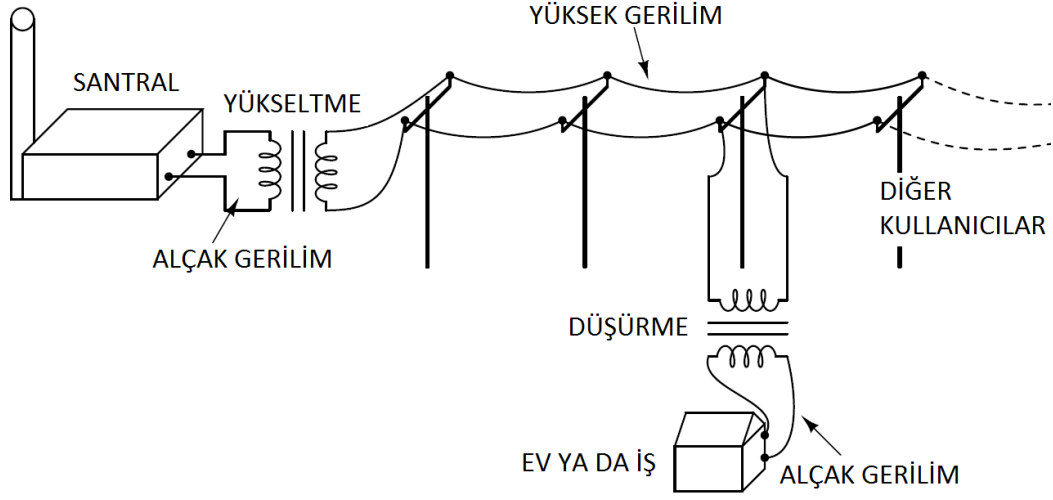


**Resim 1.1: Bir fazlı alternatör modeli**

Manyetik alan içinde tel çerçeve dönerken bir tam devir için ( $360^\circ$ lik dönüş için) geçen süre  $T$  ise bu süre içinde akımın zamana bağlı değişimi, aşağıdaki şekilde gibidir. Tel çerçevenin harekete başladığı an ile  $T/4$  zaman aralığında akım, sıfırdan pozitif maksimum değerine ulaşır.  $T/4$  ile  $T/2$  zaman aralığında akım maksimum değerinden en küçük değerine iner.  $T/2$  ile  $3T/4$  zaman aralığında sıfırdan negatif maksimum değerine ulaşır.  $3T/4$  ile  $T$  zaman aralığında ise akım ters yönde maksimum değerinden başlangıç konumuna döner. Böylece tel çerçeve  $360^\circ$  dönmüş olur. Akım bu esnada iki kez yön değiştirir.



**Şekil 1.3: Manyetik alan içinde hareket eden iletken**

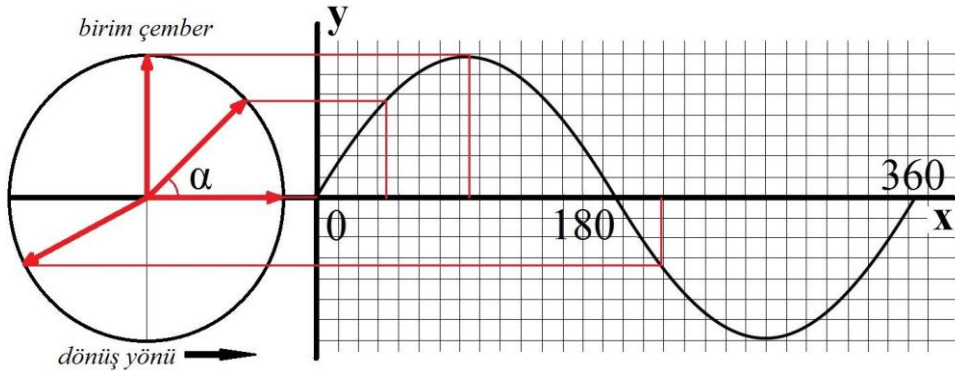


**Şekil 1.4: A.C gerilimin üretilmesi ve aktarılması**

A.C gerilim, elektrik santrallerinde çok daha büyük alternatörler yardımıyla üretilir. Üretilen bu A.C gerilim iletim hatlarında meydana gelebilecek kayıpları azaltabilmek için transformatörler ile yükseltilir. Gerilim yükseltilirken akım düşürülerek iletim hatlarında kullanılan iletkenlerin çapları da küçültülmüş olur. Son kullanıcıya ulaştırılmadan önce bu yüksek gerilim tekrar transformatörler ile düşürülür. Bu sefer gerilim düşürülürken akım yükseltilmiş olur (Şekil 1.4). Bu konuda ayrıntılı bilgi transformatörler konusunda verilecektir.

### 1.3. Sinüs Dalgası

Alternatör ile A.C gerilim üretilirken akım yönünün zamanın bir fonksiyonu olarak sürekli değiştiğinden daha önce bahsedilmişti. Alternatör ile üretilen bu alternatif akım ya da gerilimin şekli sinüs dalgası (sinüzoidal sinyal) olarak isimlendirilir.



**Şekil 1.5: Sinüs dalgası**

Sinüs dalgası alternatörün dairesel dönme hareketinden dolayı oluşan bir şekildir. Şekil 1.5 incelendiğinde birim çember içinde dönme hareketini temsil eden birim vektör görülebilir. Vektörün başlangıç noktası çemberin merkezidir. Sıfır noktasından ( $0^\circ$ ) başlayıp bir tam dönme hareketini yaptıktan sonra tekrar başlangıç noktasına ( $0^\circ$  ya da  $360^\circ$ ) dönmesi

esnasında vektörün çember üzerinde kestiği noktalar koordinat düzlemine aktarılır ve daha sonra bu noktalar birleştirilirse ortaya sinüs dalga şekli çıkacaktır. Sinüs sinyalinin gösterildiği düzlemde “x” eksenini hareket açısını ya da açı zamanını “y” eksenini ise oluşan alternatif akım ya da gerilimin genliğini gösterir.

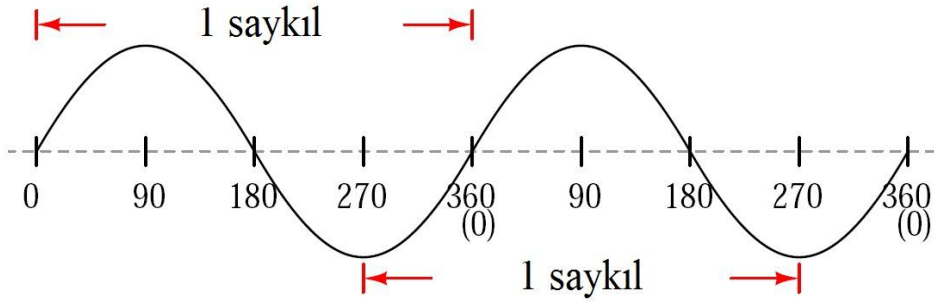
Birim çemberde vektörün konumu (koordinat düzleminde x eksenine karşılık gelir) açı, zaman ya da radyan cinsinden belirtilebilir. Tablo 1.1’de belirli açıların radyan karşılıkları verilmiştir.

AÇI (derece)	0	30	45	60	90	180	270	360
RADYAN	0	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/2$	$\pi$	$2\pi/3$	$2\pi$

**Tablo 1.1: Belirli açıların radyan karşılıkları**

### 1.3.1. Saykıl

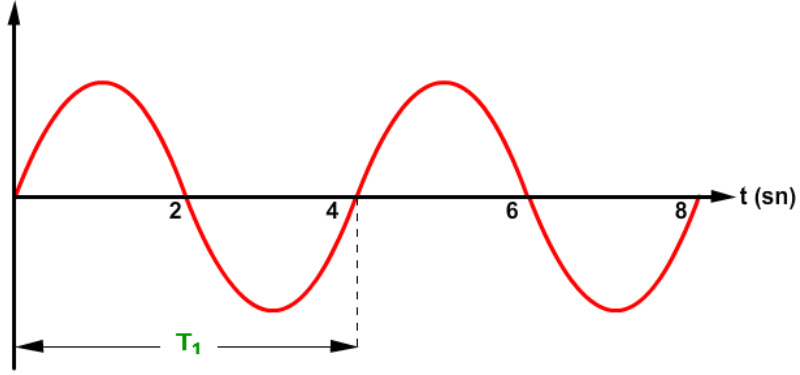
Saykıl, alternatörün bir tam tur dönmesiyle meydana gelen dalga şeklidir. Sinüs dalgasında bir saykıl gerçekleştikten sonra sinyal kendini tekrarlamaya başlar. Şekil 1.6’da görüldüğü gibi bir saykılı tespit edebilmek için sinüs sinyalinde başlangıç olarak kabul edilen açı değerinden (x düzleminde) 360 derece ileri ya da geri gidilir. Başlangıç ve bitiş noktaları arasında kalan dalga şekli bir saykılı gösterir.



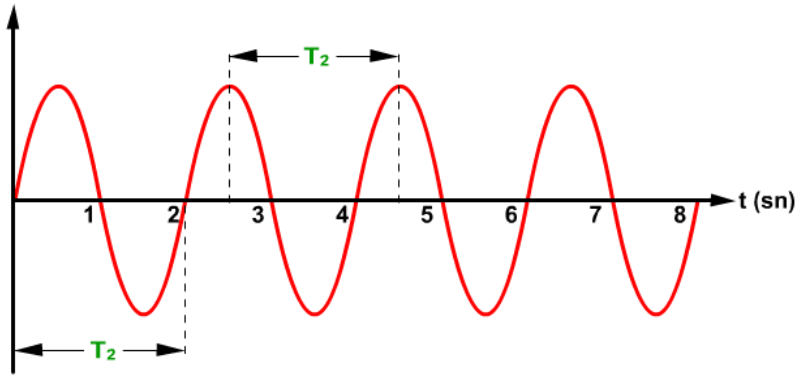
**Şekil 1.6: Sinüs dalgasında saykıl**

### 1.3.2. Periyot

Bir saykılın gerçekleşmesi için geçen süreye periyot denir. Periyot birimi saniye (s)dir ve “T” ile gösterilir. Şekil 1.7 incelendiğinde periyodu  $T_1$  ile gösterilen sinüs sinyalinin bir saykılını 4 saniyede tamamladığı yani periyodunun  $T_1=4s$  olduğu görülebilir. Periyodu  $T_2$  ile gösterilen sinüs sinyali ise (Şekil 1.8) bir saykılını 2 saniyede tamamlamıştır. Yani bu sinyalin periyodu  $T_2=2s$  olur.



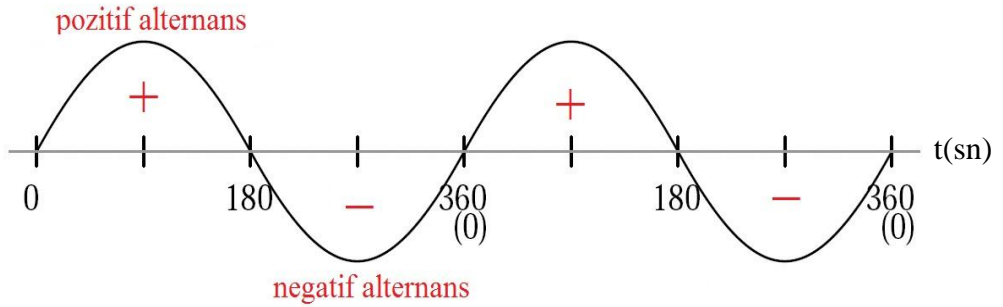
Şekil 1.7: Sinüs dalgasında periyot



Şekil 1.8: Sinüs dalgasında periyot

### 1.3.3. Alternans

Bir sinüs sinyalinde x eksenini referans olarak kabul edilirse sinyalin x ekseninin üzerinde kalan kısmı pozitif (+) alternans, altında kalan kısmı ise negatif (-) alternans olarak isimlendirilir.(Şekil 1.9)



Şekil 1.9: Sinüs dalgasında alternans

### 1.3.4. Frekans

Frekans, sinüs sinyalinin bir saniyede tekrarlanan saykıl sayısıdır. Bir A.C sinyalin frekansından bahsedebilmek için o sinyalin bir periyoda sahip olması gerekir. Diğer bir deyişle bir A.C sinyal belirli bir saykılı sürekli tekrarlıyorsa o sinyalin frekansından söz edilebilir.

Frekans periyodun matematiksel tersi olarak ifade edilir:

$$f = \frac{1}{T}$$

Bu denklemden  $f$  sinyalin frekansını belirtir ve birimi hertz (Hz)dir. En çok kullanılan üst katları kilohertz (1KHz=10<sup>3</sup>Hz), megahertz (1MHz=10<sup>6</sup>Hz) ve gigahertz [(giga, ciga diye okunur.) 1GHz=10<sup>9</sup>Hz]dir.  $T$  periyottur ve birimi saniye (s)dir. Örnek olarak Şekil 1.7'deki sinüs sinyallerinin frekansları aşağıdaki gibi hesaplanır.

**Örnek 1:** T1 = 0,25 s periyoda sahip sinyalin frekansı:

$$f = \frac{1}{0,25s} = \frac{100}{25} = 4Hz$$

**Örnek 2:** Şekil 1.9'daki sinyalin periyodu T2 = 0,5 s periyoda sahip sinyalin frekansı:

$$f = \frac{1}{0,5s} = \frac{10}{5} = 2Hz \text{ olacaktır.}$$

Frekans, A.C sinyalleri ifade edebilmek için kullanılan çok önemli bir parametredir. Bu nedenle frekansın ve diğer A.C parametrelerinin iyi kavranması ileride sıkça karşılaşılabilecek bu terimlerin karışıklık yaratmasının önüne geçecektir.

Alternatif gerilim santrallerde üretilir ve insanların kullanımı için evlere ve iş yerlerine taşınır. Kullanılan bu sinyalin sabit bir frekansı vardır. Avrupa ülkelerinde şebeke geriliminin frekansı 50Hz, ABD'de ise 60Hz'dir. Yani evlerde kullanılan A.C gerilim saniyede bir saykılı 50 ya da 60 kez tekrar eden bir dalga şeklindedir.

### 1.3.5. Açısal Hız

Sinüs sinyalinde açısal hız, sinyalin saniyede radyan cinsinden kaç salınım yaptığını gösteren bir parametredir. Açısal hız  $\omega$  (omega) ile gösterilir. Zamanın bir fonksiyonu olarak sinüs sinyalinin matematiksel olarak genel formu aşağıdaki gibidir:

$$y(t) = A.\sin(\omega t + \varphi)$$

Burada:

$A$  : Sinyalin genliğini, yani sinyalin alabileceği en büyük gerilim değerini,

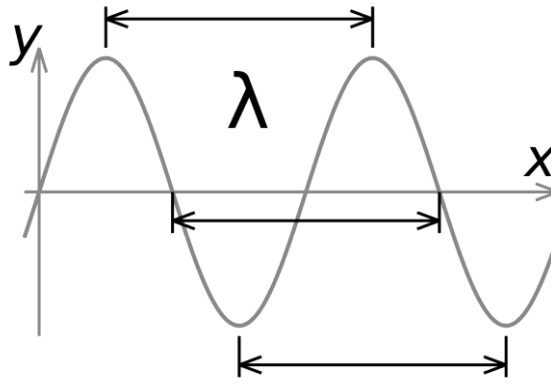
$\omega$  : açısal hızı,

$\varphi$  : faz açısını, yani  $t=0$  anındayken sinyalin açısal pozisyonunu belirtir.

$$\omega = 2\pi.f \quad \text{açısal hızı ifade eder.}$$

### 1.3.6. Dalga Boyu

Dalga boyu, sinüs sinyalinin iki saykılıının birbirinin aynı olan iki noktası (örneğin saykıl başlangıçları) arasındaki uzaklıktır. " $\lambda$ " ile gösterilir.(Şekil 1.10)



Şekil 1.10: Sinüs dalgasında dalga boyu

Dalga boyu aşağıdaki formülle ifade edilir:

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

Burada:

$\lambda$  : dalga boyunu, metre (m),

$v$  : dalga hızını, metre/saniye (m/s),

$f$  : sinyalin frekansını, hertz (Hz) ifade eder.

Elektromanyetik radyasyon ya da ışık serbest ortamda, ışık hızıyla yani yaklaşık  $3 \times 10^8$  m/sn. hızla hareket eder. Havadaki ses dalgalarının hızı ise oda sıcaklığında ve atmosfer basıncında 343 m/sn'dir.

**Örnek 1.3** 100MHz frekansa sahip elektromanyetik (radyo) sinyalinin dalga boyu:

$$\lambda = \frac{3.10^8}{100.10^6} = 3m \quad \text{olarak bulunur.}$$



## 1.4. Alternatif Akım Değerleri

A.C’de sinyalin genlik değeri sürekli olarak değiştiğinden akım ve gerilim değerleri için birden çok ifade belirlenmiştir. Pratikte A.C için ani değer, maksimum değer, ortalama değer ve etkin değer olmak üzere çeşitli parametreler kullanılmaktadır.

### 1.4.1. Ani değer

Sinüs şekline sahip ve şiddeti sürekli değişen alternatif akım ya da gerilimin herhangi bir  $t$  anındaki genlik değerine ani değer denir. (Şekil 1.11) Ani değerler küçük harflerle gösterilir. Ani gerilim “ $v$ ” ile ani akım ise “ $i$ ” ile gösterilir. Ani değerler şu şekilde ifade edilir:

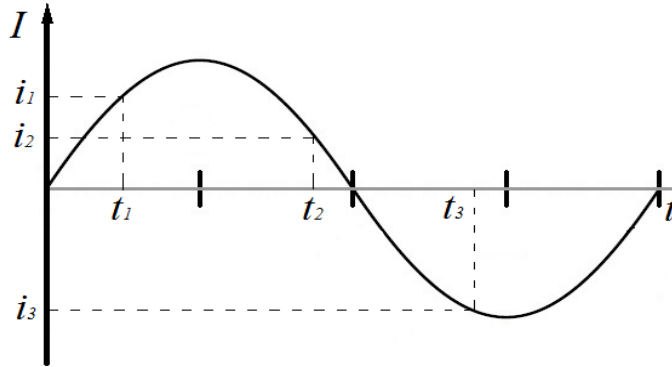
Akımın ani değeri:

$$i = I_m \cdot \sin \omega t$$

Gerilimin ani değeri:

$$v = V_m \cdot \sin \omega t$$

Burada  $V_m$  ve  $I_m$ , gerilim ve akımın maksimum değerleridir.



Şekil 1.11: Sinüs dalgasında ani değer

**Örnek 1:**  $f = 50\text{Hz}$  frekansa sahip ve maksimum değeri  $V_m = 220\text{V}$  A.C gerilimin  $t = 20\text{ms}$  anındaki ani değeri bulunmak istenirse;

$$v = V_m \cdot \sin \omega t = 220 \cdot \sin(2\pi \cdot 50 \cdot 2/100) = 220 \cdot \sin(2\pi) = 0\text{V} \text{ olarak bulunur.}$$

( $\sin 2\pi = \sin 360 = 0$  'dır)

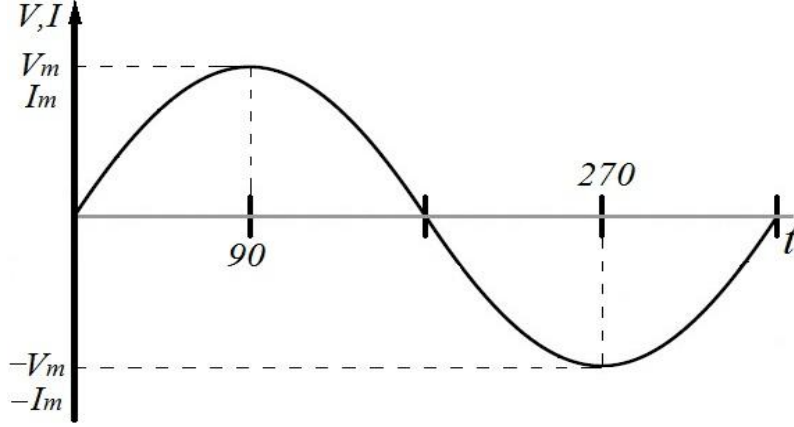
**Örnek 1:** Bir alıcı uçlarındaki 50 Hz'lik gerilimin maksimum değeri 310 V'tur. Alıcı uçlarında  $t = 0,00166\text{s}$  anındaki gerilimin ani değerini hesaplayalım.

$$\omega = 360 \cdot f = 360 \cdot 50 = 18000$$

$$v = V_m \cdot \sin \omega t = 310 \cdot \sin(18000 \cdot 0,00166) = 310 \cdot \sin(30) = 310 \cdot 0,5 = 155\text{V}$$

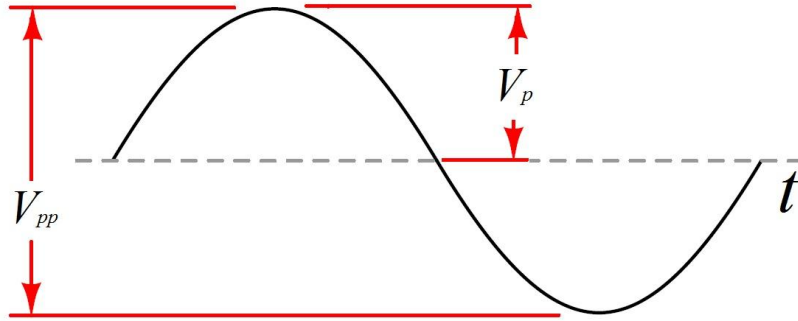
### 1.4.2. Maksimum Değer

Maksimum değer, alternatif akım ya da gerilimin ani değerlerinin en büyüğüdür. Gerilimin maksimum değeri  $V_m$ , akımın maksimum değeri  $I_m$  ile gösterilir. Sinüs dalga şekline sahip alternatif akım ya da gerilim, pozitif maksimum değerini  $(+V_m, +I_m)$   $90^\circ$  ya da  $\pi/2$ 'de, negatif maksimum değerini  $(-V_m, -I_m)$  ise  $270^\circ$  ya da  $3\pi/2$ 'de alır.(Şekil 1.12)



Şekil 1.12: Sinüs dalgasında maksimum değer

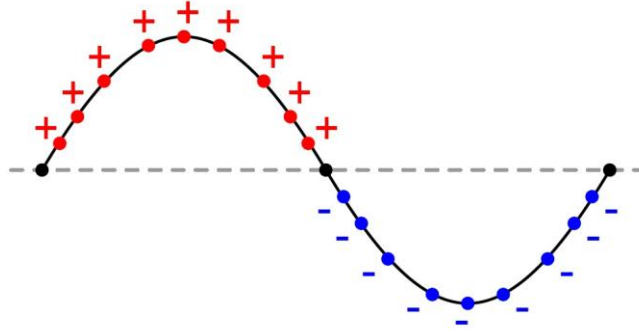
Sinüs dalgasında pozitif ve negatif maksimum değerler arasındaki genlik değerine tepeden tepeye gerilim denir ve  $V_{pp}$  ( $pp$ , İngilizce peak to peak –pik tu pik diye okunur-teriminin kısaltmasıdır) olarak isimlendirilir. (Şekil 1.13)Pozitif maksimum değer  $+V_p$ , negatif maksimum değer de  $-V_p$  olarak da isimlendirilir.



Şekil 1.13: Sinüs dalgasında  $V_{pp}$  ve  $V_p$  değerleri

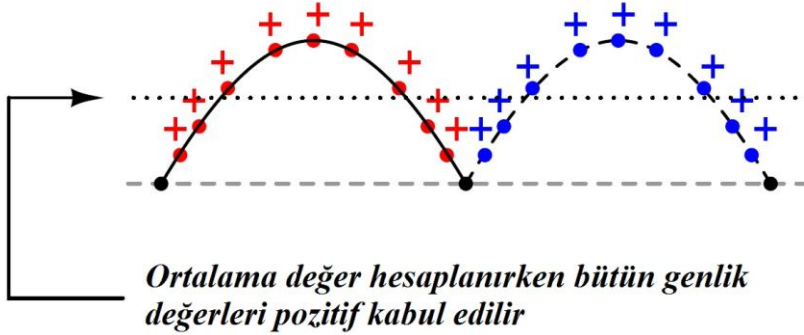
### 1.4.3. Ortalama Değer

Sinüs dalgasının ortalama değeri hesaplanmak istenirse bütün periyotlar birbirinin aynısı olduğundan sadece bir periyodun ortalama değerini bulmak yeterli olacaktır. Ancak Şekil 1.14'te görüldüğü gibi ortalama değer hesaplanırken periyot boyunca bütün genlik değerleri toplanmalı ve hesaba katılan genlik sayısına bölünmelidir. Toplama işlemi yapıldığında periyodun yarısı pozitif, diğer yarısı da negatif değerler aldığından sonuç sıfır çıkacaktır.



Şekil 1.14: Sinüs dalgasında ortalama değer

Ancak pratikte A.C bir gerilim kaynağının uçlarına yük olarak bir direnç bağlanırsa akımın yönü direnç üzerinden yayılan ısıyı etkilemez. Isı sadece akımın şiddetine bağlıdır. Bu nedenle uygulamada A.C akım ya da gerilimin ortalama değeri bulunurken bütün alternanslar pozitif olarak kabul edilir (Şekil 1.15) ve hesaplama buna göre yapılır.



Şekil 1.15: Sinüs dalgasında ortalama değer

Şekil 1.14'teki sadece pozitif alternansın ortalama değeri hesaplanacak olursa da

$$V_{ort} = 0,636.V_m$$

$$I_{ort} = 0,636.I_m \text{ eşitlikleri elde edilir.}$$

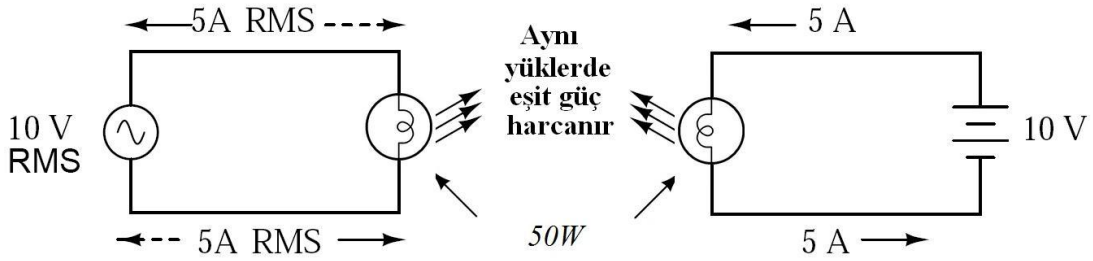
$V_{ort}$  ifadesi yerine  $V_{avg}$  (*avg/ average –evırıc* diye okunur.) ifadesi de kullanılabilir.

**Örnek 1:** Şekil 1.15'teki sinüs sinyalinin maksimum değeri 10V ise bu sinyalin ortalama değerini hesaplayalım.

$$V_{ort} = 0,636.V_m = 0,636.10 = 6,36V \text{ olarak bulunur.}$$

#### 1.4.4. Etkin Değer

Etkin değer, A.C'nin bir alıcı üzerinde yaptığı işe eşit iş yapan D.C karşılığıdır. Örnek olarak belirli bir zaman aralığında bir ısıtıcıya verilen alternatif akımın sağladığı ısı miktarını elde etmek için aynı ısıtıcıya aynı sürede uygulanan doğru akımın değeri alternatif akımın etkin değeridir.



**Şekil 1.16: Sinüs dalgasında etkin (efektif) değer**

Şekil 1.16'da etkin değeri 10V olan bir alternatif gerilim kaynağı ve 10V D.C gerilim kaynağı uçlarına 50W değerinde bir lamba bağlanmıştır. Bu gerilim kaynaklarından her ikisi de lamba üzerinden 5A RMS akım geçirir ve dirençler üzerinde 50W güç etkisi yaratır. Dolayısıyla her iki direnç de aynı miktarda ışık enerjisi yayar.

A.C ampermetrede ölçülen akım ve A.C voltmetrede ölçülen gerilim etkin değerdir. Etkin gerilim  $V$  ya da  $V_{eff}$  ( $V_e$ ) ile ve etkin akım değeri ise  $I$  ya da  $I_{eff}$  ( $I_e$ ) ile gösterilir. Alternatif akım veya gerilim değeri söylenirken aksi belirtilmediyse söylenen değer etkin değeri ifade eder.

RMS=Karesel ortalama değer (root mean square) anlamına gelir ve etkin değer, efektif değer olarak da isimlendirilir.

Örneğin, şebeke gerilimi 220V denildiğinde bu değer şebeke geriliminin etkin değeridir.

Sinüs dalgasının etkin değeri aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$V_{eff} = 0,707.V_m$$

$$I_{eff} = 0,707.I_m$$

**Örnek 1:** 10V maksimum değere sahip bir gerilim kaynağı  $1\Omega$  direnç ile seri bağlanmışsa direnç üzerindeki gerilimin RMS değeri;

$$V_{eff} = 0,707.V_m = 0,707.10 = 7,07V$$

Direnç üzerinden geçecek akımın RMS değeri ise;

$$I_{eff} = \frac{V_{eff}}{R} = \frac{7,07V}{1\Omega} = 7,07A \text{ olarak bulunur.}$$

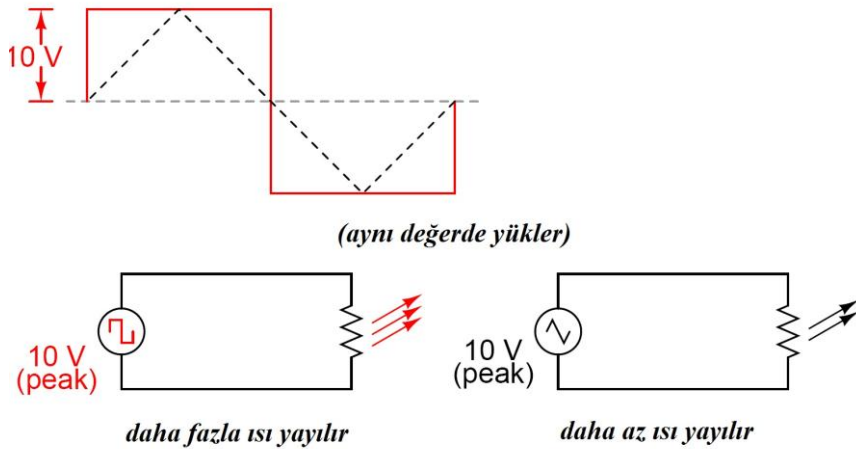
**Örnek 2:** Şehir şebeke gerilimi 220 V olduğuna göre maksimum değeri hesaplanacak olursa;

$$V_{eff} = 0,707.V_m \Rightarrow V_m = \frac{V_{eff}}{0,707} = \frac{220V}{0,707} = 311,17V \text{ olarak bulunur.}$$

Şekil 1.17 incelendiğinde kare ve üçgen dalga şekillerine sahip ve her ikisinin de maksimum değeri 10V olan sinyallerin aynı direnç uçlarına uygulandığı görülmektedir. Kare dalgada  $V_{eff} = V_p$ , üçgen dalgada ise  $V_{eff} = 0,577.V_p$  olduğundan uçlarına kare dalga uygulanan direnç daha fazla ısı yayacaktır.

Sinüs, kare ve üçgen dalgalarda etkin değer eşitlikleri incelendiğinde, büyüklük bakımından sıralamanın kare dalga, sinüs dalgası ve üçgen dalga şeklinde olduğu görülecektir.

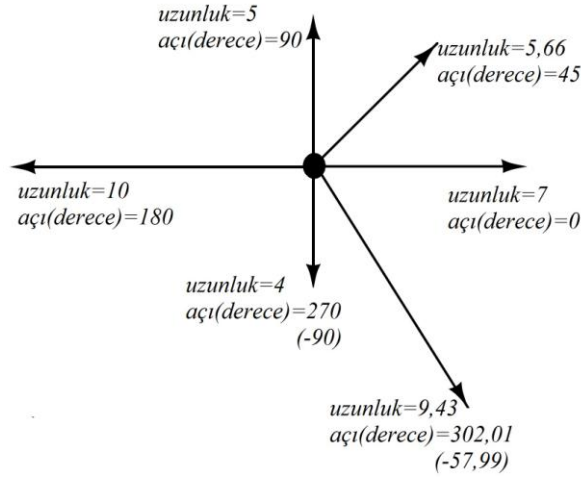
Sinüs dalgasında  $V_{eff} = 0,707.V_p$  olduğunu hatırlayalım.



Şekil 1.17: Üçgen ve kare dalgada etkin değerler

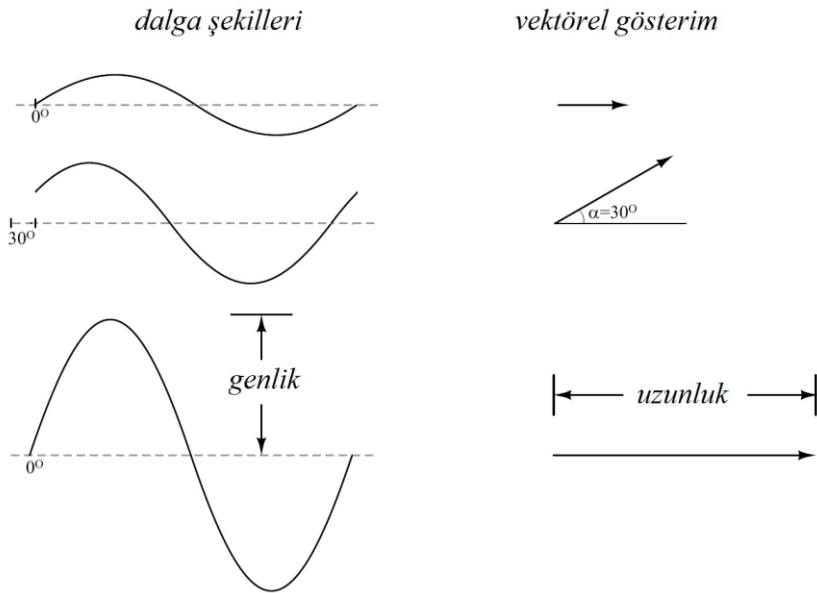
## 1.5. Alternatif Akımın Vektörlerle Gösterilmesi

Bir yönü, doğrultusu ve şiddeti (genliği) olan büyüklüklere vektörel büyüklükler denir. Vektörel büyüklükler aritmetik olarak toplanamaz. Alternatif akımın sinüs eğrisi ve eğriler arasındaki açı farkları dikkate alındığında, alternatif akımın da vektörel bir büyüklük olduğu kolaylıkla anlaşılabilir. (Şekil 1.18)



Şekil 1.18: Vektör gösterimleri

D.C bir gerilim kaynağının genlik değeri ya da bir direncin ohm cinsinden değeri birer skalar büyüklüktür. A.C bir gerilim kaynağının genlik değeri ise hem büyüklük hem de yön gösterilmesi gerektiği için vektörel bir büyüklüktür.



Şekil 1.19: Sinüs dalgasının vektörlerle gösterimi

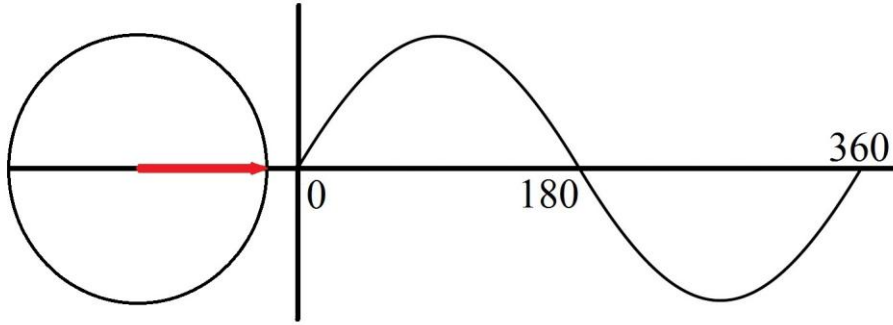
Bir doğru akım devresinde devre elemanlarından geçen akım ya da elemanlar üzerinde düşen gerilim değerleri skaler büyüklüklerdir. Alternatif akım devrelerinde ise akım ve gerilim değerleri devre elemanlarının cinslerine bağlı olarak skaler ya da vektörel olabilir. Şayet bir alternatif akım devresinde yalnızca sabit dirençler varsa akım ve gerilim değerleri skaler; sabit dirençlerin yanında bobin ya da kapasitör(ler) bulunuyorsa bu devrede akım ve gerilim değerleri vektörel büyüklüklerdir.

Alternatif akım devrelerinde bobin ve kapasitörler faz farkına neden olurlar. Aralarında faz farkı bulunan akım ve gerilim değerleri aralarında belli bir açı bulunan vektörlerle ifade edilirler. Bu konuda ayrıntılı bilgi devre hesaplamalarında verilmiştir.

Şekil 1.19'da üç farklı sinüs sinyalinin vektörlerle gösterimi verilmiştir. Sinüs sinyallerinin üçünün de pozitif alternansı  $0^\circ$ 'de başlamıştır. Bu nedenle her birinin vektörü aynı doğrultudadır. Ancak vektörlerin uzunlukları farklıdır. Genliği (maksimum değeri) en büyük olan sinyalin vektörü en uzundur.

### 1.5.1. Sıfır Faz

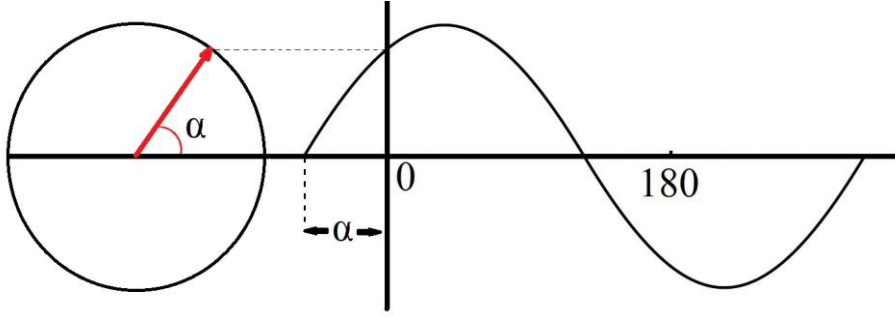
Eğer sinüs sinyali  $t=0$  anında, x eksenini referans olmak üzere sıfır genlik değerinden başlayarak pozitif yönde artıyorsa bu sinyale sıfır fazlı sinüs sinyali denir.  $\omega$  açısal hızı ile saat ibresinin tersi yönde dönen bir vektörün  $t=0$  anında referans eksenini ile yaptığı açı sıfır ise bu vektöre sıfır faz vektörü denir.(Şekil 1.20)



Şekil 1.20: Sıfır fazlı sinüs sinyali

### 1.5.2. İleri Faz

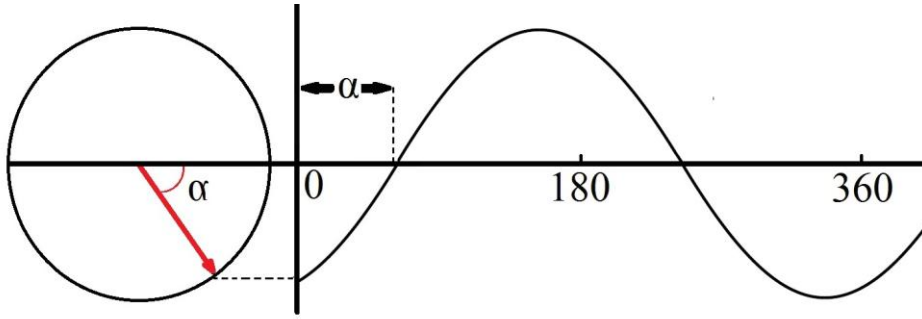
Eğer sinüs sinyali  $t=0$  anından önce, x eksenini referans olmak üzere pozitif genlik değerinden başlayarak pozitif yönde artıyorsa bu sinyale ileri fazlı sinüs sinyali denir.  $\omega$  açısal hızı ile saat ibresinin tersi yönde dönen bir vektörün  $t=0$  anında referans eksenini ile yaptığı açı sıfırdan büyük ise bu vektöre ileri faz vektörü denir. Şekil 1.21'de sinüs sinyali, sıfır fazlı sinüs sinyalinden  $\alpha$  (alfa) açısı kadar ileri fazdadır.



Şekil 1.21: İleri fazlı sinüs sinyali

### 1.5.3. Geri Faz

Eğer sinüs sinyali  $t=0$  anından sonra, x eksenini referans olmak üzere negatif genlik değerinden başlayarak pozitif yönde artıyorsa bu sinyale geri fazlı sinüs sinyali denir.  $\omega$  açısal hızı ile saat ibresinin tersi yönde dönen bir vektörün  $t=0$  anında referans eksenini yaptığı açı sıfırdan küçük ise bu vektöre geri faz vektörü denir. Şekil 1.22'de sinüs sinyali, sıfır fazlı sinüs sinyalinden  $\alpha$  açısı kadar geridir.

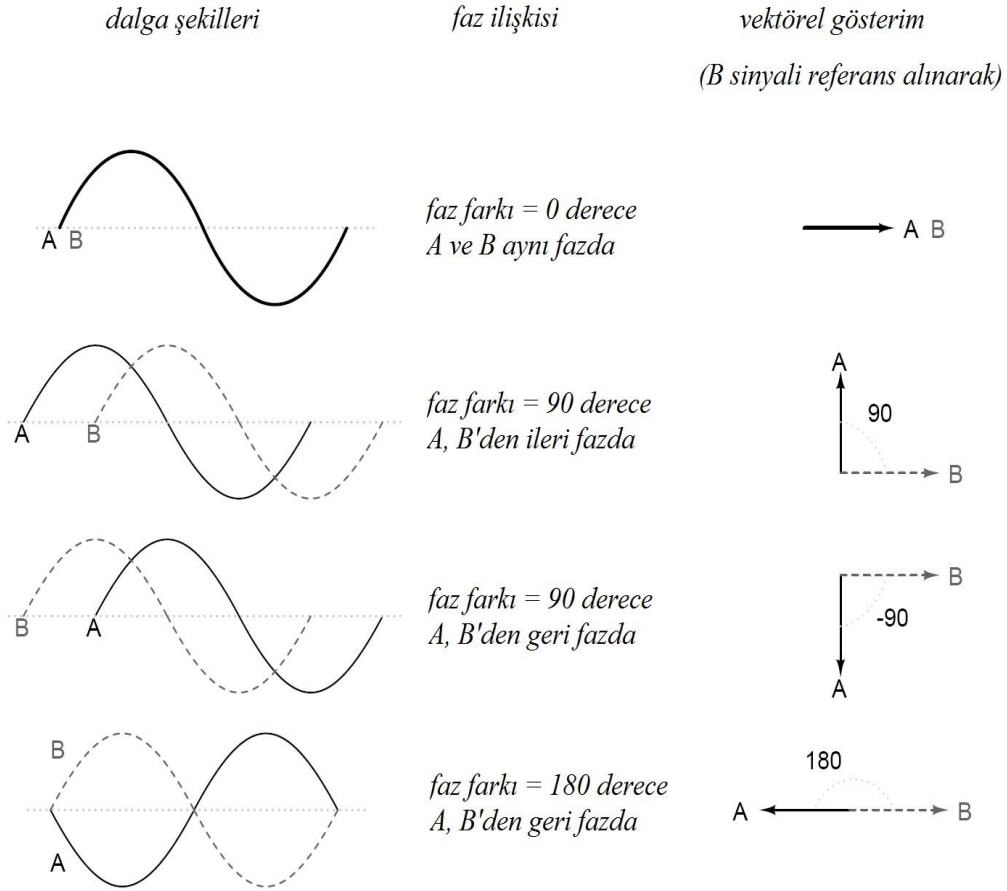


Şekil 1.22: Geri fazlı sinüs sinyali

### 1.5.4. Faz Farkı

Faz farkı, iki ya da daha çok sinyalin fazları arasındaki ilişkidir. Sinüs şekline sahip iki sinyalin faz farkından bahsederken iki sinyalden birinin diğerinden ileride ya da geride olduğu belirtilir ve bu fark açı, radyan veya zaman cinsinden ölçülendirilir. Şekil 1.23'te A ve B gibi iki sinüs sinyali arasındaki faz ilişkileri ve vektörel gösterimleri verilmiştir.





**Şekil 1.23: A ve B sinyallerinin faz ilişkisi**

## 1.6. Alternatif Akımın Etkileri

Alternatif akımın etkileri doğru akıma kıyasla farklıdır. Bunun nedeni, alternatif akım genliğinin yönü ve şiddetinin sürekli değişmesidir. Bobinli ve kapasitörlü devrelerde alternatif akımın etkileri akımın frekansı ile doğrudan ilişkilidir.

### 1.6.1. Isı Etkisi

Elektrik enerjisinin ısı etkisinden bahsedebilmek için önce iletkenlerin dirençleri üzerinde durmak gerekir. Her iletkenin çapı, uzunluğu ve yapıldığı malzemenin öz direnci ile ilişkili bir direnci vardır. Bu iletken üzerinden elektrik akımı geçtiği zaman eğer iletken akım geçişine fazla zorluk gösteriyorsa bu zorluk iletken üzerinde ısı enerjisi olarak ortaya çıkar.



**Resim 1.2: Elektrikli ısıtıcılar**

Alternatif akımdan klasik ısıtma cihazlarından faydalandığı gibi üç fazlı akımla çalışan ark fırınları ve indüksiyon fırınlarında da faydalanılmaktadır.

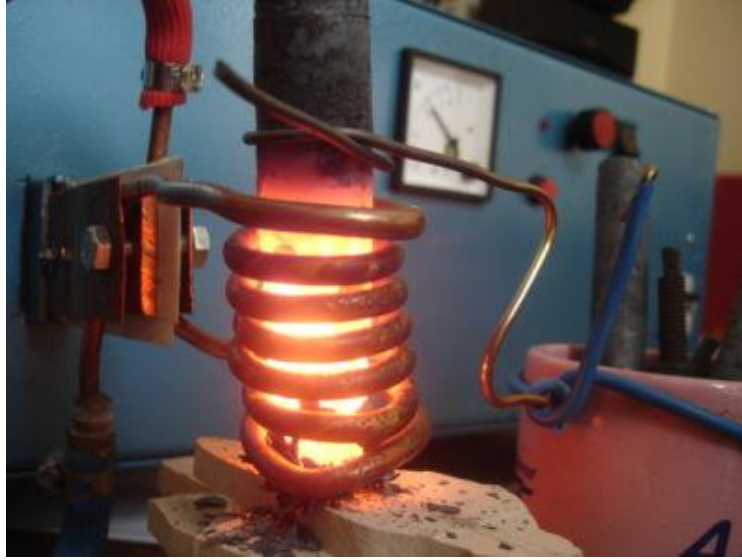


**Resim 1.3: Bir ark fırınında ergitme işlemi**

Ark fırınları demir ve çelik ergitme işlerinde kullanılır (Resim 1.3). Bu fırınların çalışma prensibi elektrot-elektrot ya da elektrot-malzeme arasındaki arklara dayanmaktadır.

Endüksiyon fırınlarında ise çeşitli düzeneklerle akımın frekansı yükseltilir. Isıtılacak madde büyük bir bobinin içerisinde duracak şekilde yerleştirilir. Böylece malzeme bir transformatörün tek sipirlik sekonder sargısı durumuna geçer (Resim 1.4).

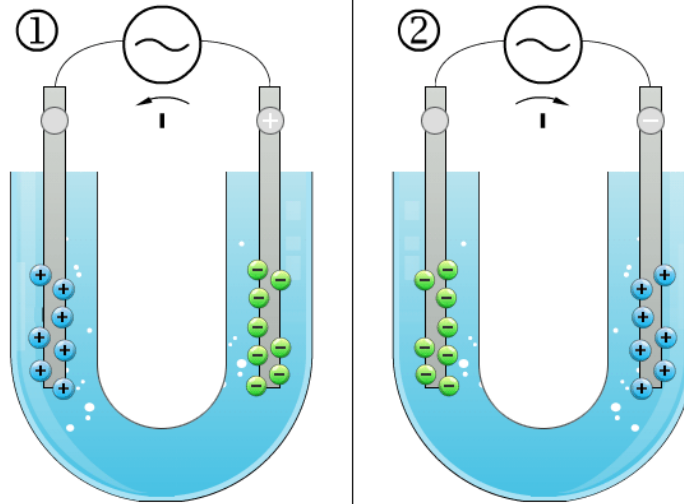
Bobinden yüksek frekanslı akım geçirilince malzemede indüksiyon gerilimi oluşur ve bu gerilim de malzemeden yüksek değerli akımlar (fuko akımı) dolaştırır. Malzemenin elektriksel direncine göre malzeme ısınır, hatta eriyebilir de (Resim 1.4). Endüksiyonla ısıtmanın en önemli avantajı klasik ısıtmaya göre daha az zamanda daha fazla ısıtmanın gerçekleşebilmesidir.



Resim 1.4: İndüksiyon fırınıyla ısıtma

### 1.6.2. Kimyasal Etkisi

Alternatif akımla, doğru akımla yapıldığı gibi elektroliz işleminden faydalanılamaz. Bunun nedeni alternatif akımın sürekli yön değiştirmesidir.



Şekil 1.24: Alternatif akımla elektroliz

Şekil 1.24'te görüldüğü gibi alternatif akım pozitif yönde geçerken anyonlar (- yüklü iyonlar) kaynağın faz ucuna bağlı elektroda giderken katyonlar ise kaynağın nötr ucuna bağlı elektroda gider. Alternans değiştiğinde yani negatif alternansa geçildiğinde akımın yönü değişeceğinden iyon hareketi bu defa tam tersi yönde olur.

Alternatif akımla elektrolizde elektrot cinsleri ve elektrolitik sıvı uyumu sağlandığı takdirde bazı gazların elde edilmesi mümkün olabilse de sistemin verimi, doğru akımla kıyaslanamayacak kadar düşük olur. Bu nedenle de gaz ayrıştırma işlemlerinde alternatif akımla elektroliz kullanılmaz.

Metallerin arılaştırılması, sertleştirilmesi ya da kaplanması işlemleri ise alternatif akımla elektrolizle gerçekleştirilemez. Yukarıdaki şekilde de görüldüğü gibi bir metalden kopan iyonlar akımın bir sonraki alternansında geri metale döneceklerdir.

Yukarıdaki açıklamalardan anlaşılacağı gibi alternatif akım kimyasal olarak depolanamaz.

### 1.6.3. Manyetik Etkisi

Bir elektromıknatıs bobininden doğru akım geçirildiğinde akımın yönüne bağlı olarak elektromıknatısın kutupları sabittir. Bir kutbu doğal mıknatısın bir kutbunu çekerse diğer kutbu doğal mıknatısın aynı kutbunu iter.

Bir telden alternatif akım geçirildiğinde ise telin etrafında sürekli şiddeti ve yönü değişen bir manyetik alan oluşur. Bu nedenle bir elektromıknatıs bobininden alternatif akım geçirilirse elektromıknatısın kutupları sürekli yer değiştirir.



**Resim 1.5: Çeşitli transformatörler**

Alternatif akımda bir elektromıknatıs kutuplarının sürekli yer değiştirmesi elektromıknatısın metal ve alaşımlarını çekmesinde bir sorun teşkil etmez. Bu konuda doğru akımdan tek farkı elektromıknatıs nüvesinin tek parça değil de birer yüzü yalıtılmış metal sacların preslenmesi ile yapılmasıdır.

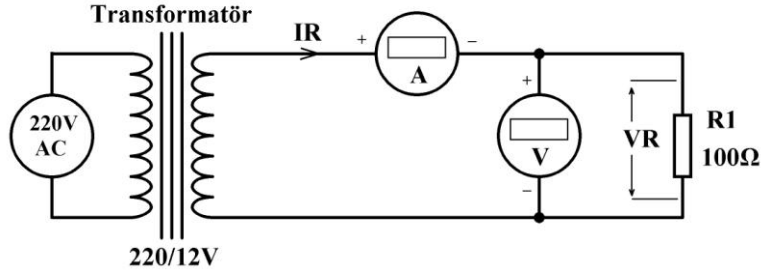


**Resim 1.6: Motor**

Alternatif akımın bu karakteristik özelliğinden en çok transformatörler ve asenkron motorlarda faydalanılır. Isı etkisi konusunda belirtildiği gibi indüksiyon fırınları da alternatif akımın manyetik etkisi ile çalışır.

## UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıdaki uygulamaları yaparak Alternatif akım temel değerlerini ölçebilecek ve hesaplamalarını yapabileceksiniz.



Transformatörlü uygulama devresi

### İşlem Basamakları

- Şekildeki devre için gerekli olan malzemeleri ve cihazları hazırlayınız ve devreyi breadboard üzerine kurunuz.
- Deney şemasında verilen devreye ait büyüklükleri hesaplayarak sonuçları gözlem tablosuna kaydediniz.

	$I_R$	$V_R$
Hesaplanan		

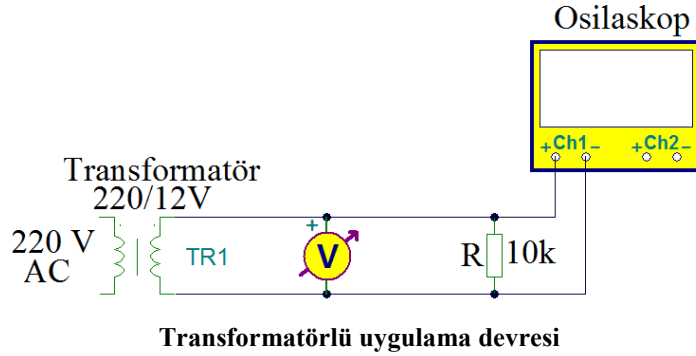
- Deney şemasında verilen devrenin girişine 220V 50Hz A.C uygulayınız.
- Devreden geçen akımı ve direnç üzerine düşen gerilimi ölçerek sonuçları gözlem tablosuna kaydediniz.

	$I$	$V_R$
Ölçülen		

- Hesaplama ve ölçüm sonuçlarını devre elemanlarının toleranslarını da göz önünde bulundurarak kıyaslayınız.

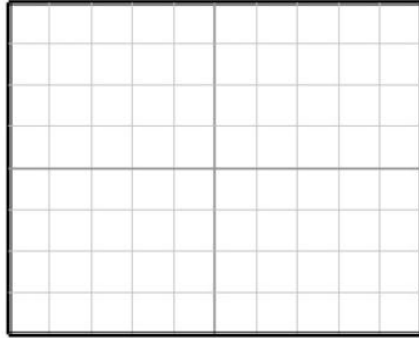
### Öneriler

- Devreyi kurmadan önce devre elemanlarını ölçerek kontrol ediniz.
- Hesaplama yaparken hesap makinesi kullanınız ve hata yapmamaya dikkat ediniz.
- Ölçüm yapacağınız voltmetre ve ampermetrenin A.C konumunda olduğundan emin olunuz.



### İşlem Basamakları

- Şekildeki devre için gerekli olan malzemeleri ve cihazları hazırlayınız ve devreyi breadboard üzerine kurunuz.
- Osilaskop ekranında görüntüyü tam olarak görmek için gerekli ayarları yapınız.
- Osilaskop ekranındaki görüntüyü çiziniz.



- Volt/Div, Time/Div ve prob değerlerini not alınız.  
Volt/Div:.....  
Time/Div:.....  
Prob kademes: 1x – 10x
- Voltmetrede okunan değeri not alınız.
- Devrenin enerjisini kesiniz.
- Osilaskop görüntüsüne göre sinyalin periyodunu ve frekansını hesaplayınız.
- Osilaskop görüntüsüne göre sinyalin tepeden tepeye, maksimum ve etkin gerilim değerlerini hesaplayınız.
- Voltmetrede ölçtüğünüz değerle önceki işlem basamağında bulduğunuz değerleri karşılaştırınız.

## Öneriler

- İş güvenliği tedbirlerini alınız.
- Osiloskop kullanımı ile ilgili bilgilerinizi tazeleyiniz.
- A.C voltmetrorenin etkin değęer ölçtüğünü hatırlayınız.
- Sinyal görüntüsü ve Time/div bilgisini kullanarak periyodu (T) daha sonra  $f=1/T$  formülünü kullanarak frekansı hesaplayınız.
- Sinyal görüntü ve Volts/div bilgisini kullanarak tepeden tepeye gerilimi hesaplayınız.  $V_m=V_{pp}/2$  ve  $V_{eff}=V_m \cdot 0.707$  formüllerini kullanarak maksimum ve etkin gerilim değęerlerini hesaplayınız.



## KONTROL LİSTESİ

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

<b>Değerlendirme Ölçütleri</b>	<b>Evet</b>	<b>Hayır</b>
1. Alternatif akımda temel değerlerin ölçümünü ve hesaplamalarını yapabildiniz mi?		
2. Alternatif akımı vektörel olarak gösterebildiniz 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 soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Zaman içerisinde yönü ve şiddeti değişen akıma ne denir?  
A) Alternatif Akım    B) Eğri Akım    C) Düzgün Akım    D) Doğru Akım
2. Aşağıdakiler hangisi şehir şebekesinde kullanılan alternatif akım sinyalidir?  
A) Testere    B) Sinüs    C) Üçgen    D) Kare
3. Aşağıdakilerden hangisi alternatif akımın avantajlarından değildir?  
A) Kolay üretilmesi    B) Kolay depolanması  
C) Kolay düşürülmesi    D) Kolay yükseltilmesi
4. “Pozitif ve negatif alternans bir .....oluşturur.” ifadesinde boş bırakılan yere aşağıdakilerden hangisi gelmelidir?  
A) Periyot    B) Frekans    C) Hertz    D) Saykıl
5. Pozitif alternansını 0,1ms’de tamamlayan alternatif akımın periyodu hangisidir?  
A) 2s    B) 0,1s    C) 0,2s    D) 1s
6. Periyodu 10 ms olan alternatif akımın frekansı kaç hertzdır?  
A) 100Hz    B) 50Hz    C) 1000Hz    D) 20Hz
7. 50 Hz’lik alternatif akımın bir periyodu ne kadar sürer?  
A) 20 ms    B) 50 ms    C) 25 ms    D) 1 s
8. Etkin değeri 20V olan alternatif akımın maksimum değeri kaç voltur?  
A) 20 V    B)  $10\sqrt{2}$  V    C)  $20\sqrt{2}$  V    D) 10 V
9. Etkin değeri 20 V olan alternatif akımın ortalama değeri olarak kaç voltur?  
A) 10 V    B) 12,56 V    C) 18 V    D) 25 V
10. Alternatif akımın aşağıdaki etkilerinden hangisi uygulamada kullanılmaz?  
A) Manyetik etkisi    B) Isı etkisi    C) Işık etkisi    D) Kimyasal etkisi

---

## **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

Bu öğrenme faaliyeti sonunda alternatif akımda bobin ve kondansatör devrelerini kurarak sonuçlarını değerlendirebilecek, alternatif akımda direnç, bobin, kondansatörlerin seri-paralel devrelerini kurarak bu devrelerde ölçme ve hesaplamalar yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Bobin ve kondansatör elemanlarının A.C devrelerdeki davranışlarını araştırınız ve ulaştığınız sonuçları sınıf ortamında arkadaşlarınızla tartışınız.
- Bobinler için endüktans ve kondansatörler için kapasitans kavramlarını, kapasitans ve endüktansı etkileyen fiziksel faktörleri araştırarak sınıf ortamında arkadaşlarınızla tartışınız.
- Evde kullanılan prizler ile sanayi tesislerine kullanılan prizler niçin farklıdır? Elde ettiğiniz sonuçları rapor hâlinde sununuz.

## 2. ALTERNATİF AKIM DEVRELERİ

Bildiğiniz gibi alternatif akım sürekli yönü ve şiddeti değişen bir akımdır. Alternatif akımda bazı devre elemanları (bobin, kapasitör, yarı iletken devre elemanları) doğru akım devrelerinde olduğundan farklı davranırlar.

Bu konuyu basit bir örnekle açıklayabiliriz. Örneğin bir kapasitör doğru akım devresinde üzerinden geçen akımın miktarına bağlı olarak belli bir zaman sonra dolar. Dolduktan sonra da üzerinden akım geçirmez. Oysa alternatif akım devresinde akım sürekli yön değiştirdiğinden bir kapasitörden sürekli akım geçer.

Şimdi bobin ve kapasitörün alternatif akım devrelerindeki karakteristik özelliklerine daha yakından bakalım.

### 2.1. A.C Devrelerde Bobinler

Bobinler alternatif akımdaki özelliğinden dolayı A.C motorlar, transformatörler, doğrultma devreleri, flüoresan lambalar, endüksiyon fırınları vb. yerlerde ve elektroniğin farklı dallarında farklı amaçlar için kullanılmaktadır.(Resim 2.1)

### 2.1.1. Endüktans

Bobin doğru akıma karşı devreye enerji verildiği ilk anda nispeten büyük bir zorluk gösterir. Ancak kısa bir süre sonra bu zorluk telin direncinden ibaret olur. Bir bobin uçlarına alternatif akım uygulandığında ise durum böyle olmaz. Alternatif akım bobin uçlarında yönü ve şiddeti sürekli değişen bir manyetik alan oluşturur. Bu manyetik alan bobin üzerinden geçen akım yönüne ters yönde bir akım geçirmek ister. Bu nedenle bobin uçlarında akım aniden yükselmez. Buna telin endüktans etkisi ya da bobinin endüktansı denir. Endüktans birimi Henry (H)'dir. Uygulamada H'nin ast katları kullanılır.

$$1 \text{ mili Henry} = 1\text{mH} = 10^{-3}\text{H} \text{ ya da } 1\text{H} = 10^3\text{mH}$$
$$1 \text{ mikro Henry} = 1\mu\text{H} = 10^{-6}\text{H} \text{ ya da } 1\text{H} = 10^6 \mu\text{H}$$

Şayet bobinden geçen akım sabit bir akımsa bobin etrafında oluşan manyetik alanın şiddeti de sabittir. Bir bobinden geçen akım değişkense bobinde oluşan alan şiddeti de değişken olacaktır. Bir bobin, kendi değişken alanının etkisi ile kendi üzerinde bir EMK (elektromotor kuvvet) indükler. İndüklenen bu EMK'ye zıt EMK denmektedir.

Endüktans, bir bobinin fiziksel özellikleri ve üzerinden geçen akımın değişim hızına (amper/saniye) bağlı olarak üzerinde enerji depolama ya da kendi üzerinde EMK endükleme kapasitesi olarak da tanımlanabilir.



**Resim 2.1: Çeşitli bobinler**

Bir bobinin endüktansı aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$L = \frac{\mu \cdot N^2 \cdot A}{\ell}$$

Bu formülde;

$L$  : Bobin endüktansını, Henry (H),

$\mu$  : Manyetik geçirgenliği Henry/metre (H/m),

$N$  : Sarım sayısını,

$A$  : Bobin kesit alanı, santimetrekare (m<sup>2</sup>),

$\ell$  : Tel uzunluğunu, santimetre (m) ifade eder.

**Örnek 1:** Nüvesinin bağıl geçirgenliği  $\mu_r = 200$  olan bir bobinin sarım sayısı  $N = 10$ , bobin kesit yarıçapı  $r = 1\text{ cm}$ , tel uzunluğu  $\ell = 10\text{ cm}$  havanın manyetik geçirgenliği  $\mu_o = 1,256 \cdot 10^{-6} \text{ H / m}$  ise

$$A = \pi \cdot r^2 = 3,14 \cdot 0,01^2 = 314 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^2$$

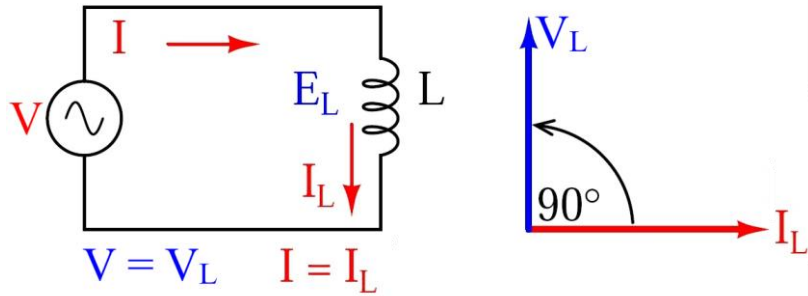
$$\mu = \mu_r \cdot \mu_o = 200 \cdot 1,256 \cdot 10^{-6} = 251 \cdot 10^{-6} \text{ H / m} = 251 \cdot 10^{-4} \text{ H / cm}$$

$$L = \frac{\mu \cdot N^2 \cdot A}{\ell} = \frac{251 \cdot 10^{-4} \cdot 100 \cdot 314 \cdot 10^{-6}}{10} = 78,81 \mu\text{H}$$

olarak bulunur.

### 2.1.2. A.C'de Gösterdiği Özellikler

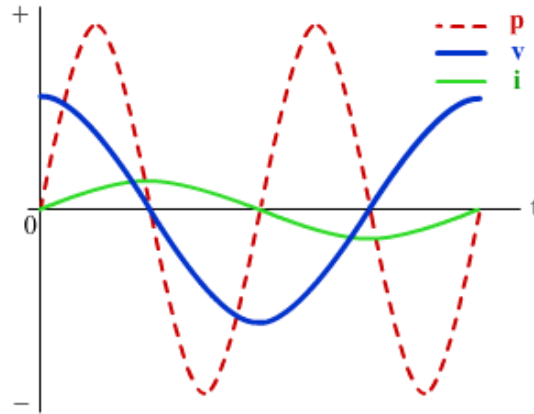
Bobinin alternatif akımın değişimine karşı zorluk gösterdiğinden daha önce bahsedilmişti. Şekil 2.1'deki saf endüktif devre incelenecek olursa bobin geriliminin devrenin toplam gerilimine, bobin akımının da devrenin akımına eşit olduğu görülür. Ancak bobin gerilimi ve akımı arasında faz farkı vardır. Şekil 2.1'deki vektör diyagramda gösterildiği gibi bobin akımı bobin geriliminden  $90^\circ$  ( $\pi/2$ ) geridedir.



Şekil 2.1: Saf endüktif devre

Saf endüktif devrede akım ve gerilimin dalga şekilleri Şekil 2.2'de gösterilmiştir. Burada kalın sürekli çizgi  $v_L$  bobinin ani gerilimini, ince sürekli çizgi ise  $i_L$  bobinin ani akımını ifade eder.  $i_L$  bobin akımı  $v_L$  bobin geriliminden  $90^\circ$  geridedir.

Saf endüktif devrede ani güç ani akım ve ani gerilim değerlerinin çarpımıyla ( $p = v \cdot i$ ) bulunur. Şekil 2.2 incelenecek olursa ani akım ve ani gerilimin her ikisi de pozitif veya negatif olduğunda ani gücün pozitif, herhangi birinin negatif olduğunda ani gücün negatif ve herhangi birinin sıfır olduğunda ani gücün sıfıra eşit olduğu görülebilir.



Şekil 2.2: Saf endüktif devrede akım, gerilim ve güç dalga şekilleri

Her bobin, alternatif akım devrelerinde frekansla doğru orantılı olarak değişen bir direnç gösterir. Bu dirence endüktif reaktans denir. Endüktif reaktans  $X_L$  ile gösterilir ve birimi ohm ( $\Omega$ )'dur. A.C devrelerde endüktif reaktans;

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L \text{ formülü ile hesaplanır.}$$

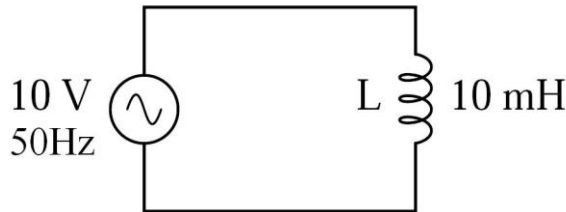
Burada;

$X_L$  :endüktif reaktansı, ohm ( $\Omega$ ),

$f$  : A.C geriliminin frekansını, Hertz ( $Hz$ ),

$L$  : bobin endüktansını, Henry ( $H$ ) ifade eder.

**Örnek 1:** Şekil 2.3'te görülen devrede bobinin endüktif reaktansı ve devre akımı hesaplanmak istenirse;



Şekil 2.3: A.C bobin devresi

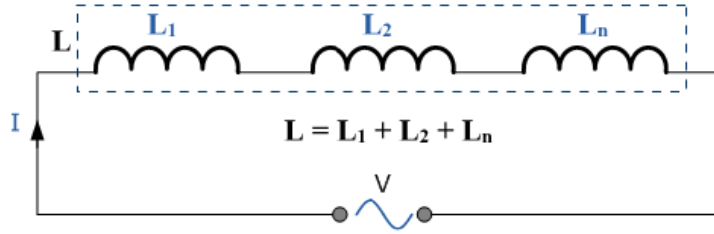
$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 3,14\Omega$$

$$I = \frac{V}{X_L} = \frac{10}{3,14} = 3,18A \text{ olarak bulunur.}$$

### 2.1.3. A.C'de Seri ve Paralel Bağlantıları

Bobinlerin A.C devrelerde seri ve paralel bağlantılarında eş değer endüktansları ve endüktif reaktansları, direnç devreleriyle aynı yöntemlerle hesaplanır.

Alternatif akım devrelerine bobinler devreye seri bağlandıklarında devrenin toplam endüktansı her bir bobin endüktansının toplanması ile bulunur.



Şekil 2.4: Seri bağlı bobinlerin devredeki toplam endüktansı

Şekil 2.4'te görüldüğü gibi seri bir devrenin toplam endüktansını bulmak için devredeki bobinlerin endüktansları toplanarak bulunur.

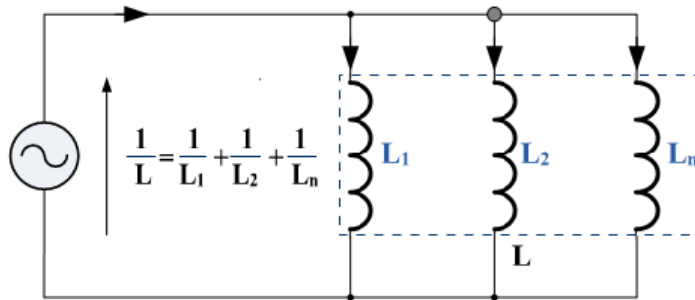
$$L = L_1 + L_2 + L_n$$

**Örnek 1:** Şekil 2.4'teki devrede üç bobinin endüktansları sırası ile  $L_1 = 2\text{mH}$ ,  $L_2 = 2.10^{-2}\text{H}$  ve  $L_3 = 5\text{mH}$  şeklindedir. Devrenin toplam endüktansı hesaplanacak olursa;

$$L_2 = 2.10^{-2}\text{H} = 2.10^{-2}.1000 = 20\text{mH}$$

$$L = L_1 + L_2 + L_3 = 2 + 20 + 5 = 27\text{mH} \text{ elde edilir.}$$

Bir devredeki paralel bağlı bobinlerin toplam endüktansı, paralel bir direnç devresinin toplam direncinin bulunduğu gibi bulunur. Yani bobinler devreye paralel bağlanırsa bobinlerin devreye uyguladıkları toplam endüktans, endüktans değerlerinin terslerinin toplanması ile bulunur. Bu nedenle toplam endüktans en küçük endüktans değerine eşit ya da daha küçük olur.



Şekil 2.5: Paralel bağlı bobinlerin devreye uyguladıkları toplam endüktans

Şekil 2.5'te görüldüğü gibi, bir devredeki toplam endüktansın tersi ( $1/L$ ) devredeki bobin endüktanslarının terslerinin toplamına eşittir.



$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_n}$$

**Örnek:** 2.5'teki devrede üç bobinin endüktansları sırası ile 2 mH, 4 mH ve 6 mH'dir. Devrenin toplam endüktansı hesaplanacak olursa;

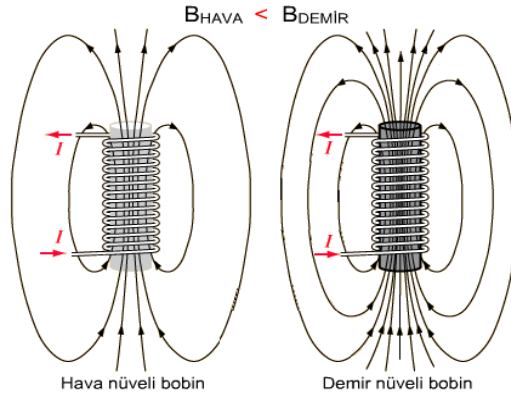
**Cevap:**

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{6} = \frac{7}{12}$$

$$\frac{1}{L} = \frac{7}{12} \Rightarrow L \cdot 7 = 1 \cdot 12 \Rightarrow L = \frac{12}{7} = 1.71 \text{ mH olarak bulunur.}$$

#### 2.1.4. Nüvenin Endüktansa Etkisi

Endüktansı etkileyen faktörlerden biri, bobinin üzerine sarıldığı nüvedir. Nüvenin manyetik geçirgenliği artarsa bobin üzerinde oluşan manyetik alan şiddeti artacağından endüktans da artar. Örneğin yumuşak demir nüve üzerine sarılan bir bobinin üzerinde oluşan manyetik alan çizgileri sayısı, nüve olarak hiçbir malzeme kullanılmayan, yani nüvesi hava olan bir bobin üzerinde oluşan manyetik alan çizgileri sayısından daha fazladır. (Şekil 2.6) Nüvenin endüktansa etkisi, nüvenin manyetik geçirgenliği ile doğru orantılıdır.



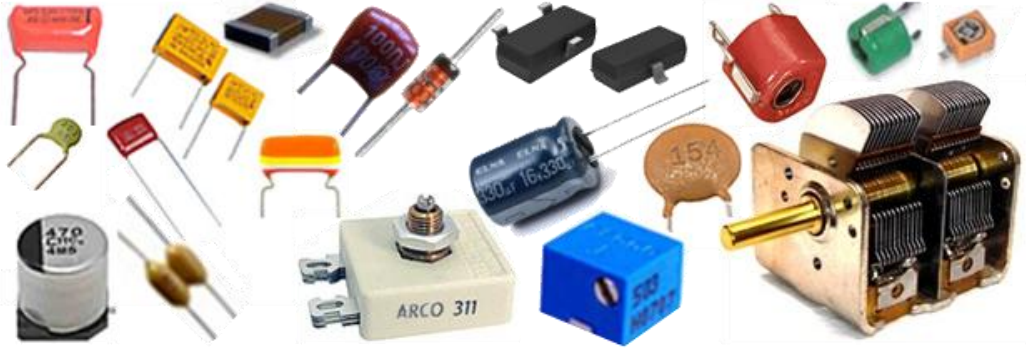
**Şekil 2.6: Hava nüveli ve demir nüveli bobinler**

Malzeme	$\mu$ (H / m )	$\mu_r$	Uygulama
Ferrit U60	$10^{-5}$	8	UHF bobinleri
Ferrit M33	$9,42 \cdot 10^{-4}$	750	Rezonans devresi
Nikel (%99 saf)	$7,54 \cdot 10^{-4}$	600	- -
Ferrit N41	$3,77 \cdot 10^{-3}$	3000	Güç devreleri
Demir (% 99,8 saf)	$6,28 \cdot 10^{-3}$	5000	- -
Ferrit T38	0,0126	10000	Geniş bant transformatörler
Silikon GO çelik	0,0503	40000	Dinamolar, transformatörler
Süpermaloy	1,26	1000000	Kayıt kafaları

**Tablo 2.1: Manyetik malzemelerin geçirgenlik değerleri ve kullanım alanları**

## 2.2. A.C Devrelerinde Kapasitörler

D.C. akım devrelerinde akımı depolama özelliği bulunan kapasitörler A.C devrelerde akım yönünün ve şiddetinin sürekli değişmesinden dolayı bu işlev için kullanılmaz. A.C devrelerde kapasitörlerden kompanzasyon sistemlerinde, elektronikte filtre ve seçici devrelerde faydalanılır.(Resim 2.2)

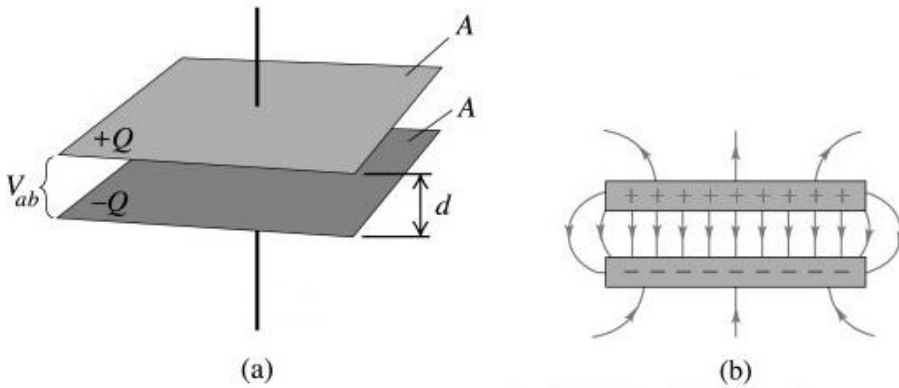


Resim 2.2: Çeşitli kapasitörler

### 2.2.1. Kapasitans

Kapasitans, elektronikte yükleri depo edebilme kabiliyeti ya da elektrik enerjisinin depolanmasında bir ölçü olarak tanımlanabilir. Elektrik enerjisini depolayabilme özelliğine sahip devre elemanlarına da kapasitör ya da kondansatör denir. Elektrik enerjisini depolayabilmenin en yaygın yöntemi birbirine paralel iki metal plaka kullanmaktır.( Şekil 2.7)Bu şekilde bir kapasitörde depolanan elektrik enerjisi plakaların yüzey alanı ile doğru orantılı, plakalar arası mesafe ile ters orantılıdır. Kapasitans birimi Farad (F)dır

A.C devrelerde kapasitörler elektrik yüklerini şarj etme özelliklerinden dolayı gerilimdeki değişimlere karşı zorluk gösterir.



Şekil 2.7: Paralel plakalı kapasitör

Paralel plakalı bir kapasitör için kapasitans değeri:

$$C = \varepsilon \cdot \frac{A}{d} \text{ formülü ile hesaplanabilir.}$$

Bu formülde:

$C$  : Kapasitans değerini, Farad (F),

$\varepsilon$  : Plakalar arasındaki yalıtkan malzemenin dielektrik katsayısını, Farad/metre (F/m),

$A$  : Plakaların alanını, metrekare ( $m^2$ ),

$d$  : Plakalar arası mesafeyi, metre (m), ifade eder.

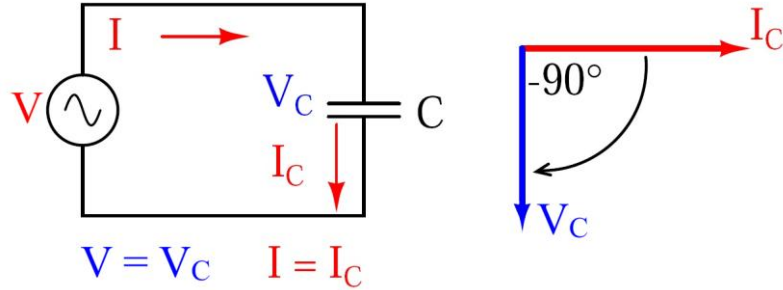
**Örnek 1:** Alanı  $0,1m^2$  olan plakaların birbirine uzaklığı  $0,01$  m ve plakalar arasında bağlı dielektrik katsayısı  $2$  olan bir malzeme (havanın dielektrik katsayısı  $\varepsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} F/m$ ) varsa kapasitans değeri aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$\varepsilon = k \cdot \varepsilon_0 = 2 \cdot 8,854 \cdot 10^{-12} = 17,708 \cdot 10^{-12} F/m$$

$$C = \varepsilon \cdot \frac{A}{d} = 17,708 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{0,1}{0,01} = 17,708 \cdot 10^{-11} F = 0,177 nF$$

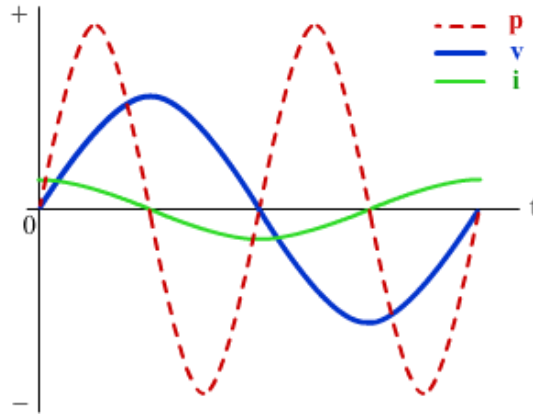
## 2.2.2. A.C'de Gösterdiği Özellikler

Kapasitörler A.C gerilimin değişimine karşı zorluk gösterir. Şekil 2.8'deki saf kapasitif devrede kapasitör üzerindeki geçen akım toplam devre akımıdır ve kapasitör gerilimi kaynak gerilimine eşittir. Ancak kondansatör gerilimi devre akımı ile aynı fazda değildir. Gerilim akımı  $90^\circ$  geriden takip eder. Bu durum, Şekil 2.8'de vektörel olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.8: Saf kapasitif devre

Şekil 2.9 incelendiğinde  $0^\circ$ 'de kalın sürekli çizgi ile gösterilen geriliminin ( $v$ ) pozitif alternans başlangıcında olduğu, ince sürekli çizgi ile gösterilen akımının ( $i$ ) aynı noktada maksimum tepe değerine ulaştığı görülmektedir. Faz farkı  $90^\circ$ 'dir ve gerilim akımdan geridedir.



**Şekil 2.9: Saf kapasitif devrede akım, gerilim ve güç dalga şekilleri**

Saf kapasitif devrelerde akım, gerilim ve güç ilişkisi saf endüktif devrelerle aynıdır. (Şekil 2.9) Ani güç, ani akım ve ani gerilimin çarpımına eşittir ( $p = v.i$ ). Akım ve gerilimden herhangi birisi sıfır olduğunda güç sıfır, herhangi birisi negatif olduğunda güç negatif ve her ikisi de pozitif olduğunda güç pozitif olur. Gücün pozitif olması kapasitörün devreden güç çektiği, negatif olması da devreye güç verdiği anlamına gelir.

Her kapasitör, alternatif akım devrelerinde frekansla ters orantılı olarak değişen bir direnç gösterir. Bu dirence kapasitif reaktans denir. Kapasitif reaktans  $X_C$  ile gösterilir ve birimi ohm ( $\Omega$ ) dur. A.C devrelerde kapasitif reaktans;

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} \text{ formülü ile hesaplanır.}$$

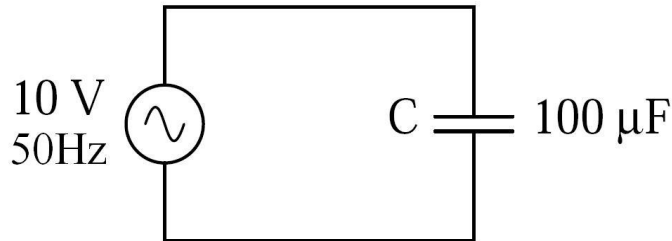
Burada;

$X_C$  :Kapasitif reaktansı, ohm ( $\Omega$ ),

$f$  : A.C geriliminin frekansını, Hertz ( $Hz$ ),

$C$  : Kapasitansı, Farad ( $F$ ) ifade eder.

**Örnek 1:** Şekil 2.10'da görülen devrede kondansatörün kapasitif reaktansı ve devre akımı hesaplanmak istenirse;



**Şekil 2.10: A.C kondansatör devresi**

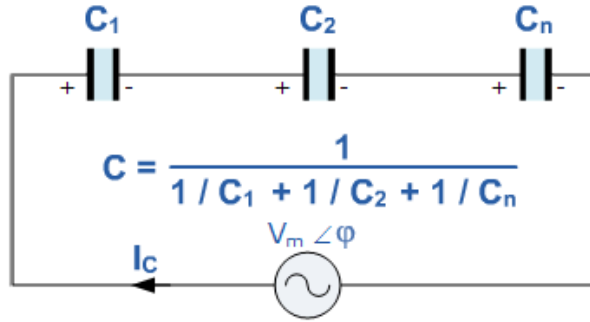
$$X_c = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2,3,14 \cdot 50 \cdot 100 \cdot 10^{-6}} = \frac{1}{6,28 \cdot 5 \cdot 10^{-3}} = \frac{10^3}{31,4} = 31,84 \Omega$$

$$I = \frac{V}{X_c} = \frac{10}{31,84} = 314 \text{mA} \text{ olarak bulunur.}$$

### 2.2.3. A.C'de Seri ve Paralel bağlantıları

Kondansatörlerin A.C devrelerde seri ve paralel bağlantılarında eş değer kapasitansları ve kapasitif reaktansları aşağıdaki gösterildiği gibi hesaplanır.

➤ Seri bağlantı



Şekil 2.11: Seri kapasitör devresinde eş değer (toplam) kapasite

Kapasitörler seri bağlandıklarında devrenin eş değer (toplam) kapasitesi, her bir kapasite değerinin terslerinin toplanması ile bulunur (Şekil 2.11).

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_n}}$$

**Örnek 1:** Şekil 2.11'deki kapasitör değerleri sırasıyla  $3\mu\text{F}$ ,  $6\mu\text{F}$  ve  $9\mu\text{F}$ 'dir. Devrenin toplam kapasitesi hesaplanmak istenirse;

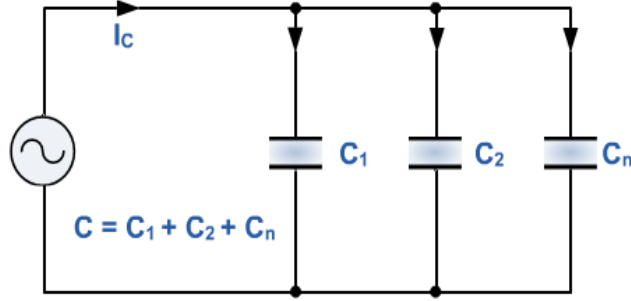
$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_n}} = \frac{1}{\frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{9}} = \frac{1}{\frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{9}} \Rightarrow C = \frac{1}{\frac{11}{18}} = \frac{18}{11} = 1,63 \mu\text{F}$$

(6)      (3)      (2)

olarak bulunur.

➤ Paralel bağlantı

Paralel bağlantıda toplam kapasite, kapasiteler toplanarak bulunur.



Şekil 2.12: Paralel kapasitör devresinde eş değer (toplam) kapasite

$$C = C_1 + C_2 + C_n$$

**Örnek 1:** Şekil 2.12’deki kapasitör değerleri sırasıyla  $10\mu F$ ,  $150\mu F$  ve  $220\mu F$ ’dir. Devrenin toplam kapasitesi hesaplanmak istenirse;

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 10\mu F + 150\mu F + 220\mu F = 380\mu F \text{ olarak bulunur.}$$

## 2.3. Alternatif Akım Devre Çeşitleri

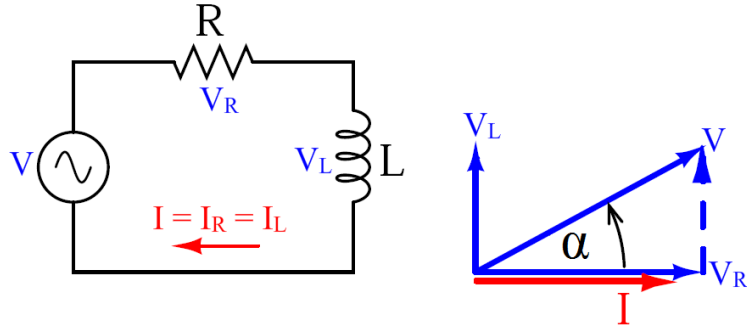
### 2.3.1. Seri Devreler

#### ➤ Seri R-L devresi

Seri R-L devresinde direnç ve bobin elemanları A.C gerilim kaynağı ile seri bağlanır.

- Toplam gerilim direnç ve bobin gerilimleri toplamına eşittir, toplam akım ise hem direnç hem de bobin üzerinden geçer.
- Direnç akımı ve gerilimi arasında faz farkı yoktur.
- Bobin akımı bobin gerilimini  $90^\circ$  geriden takip eder. Bu durumda Şekil 2.13’deki vektör diyagram ortaya çıkar.
- Devrenin toplam gerilimi  $V$ , toplam akım  $I$ ’dan  $\alpha$  açısı kadar ilerdedir.

A.C devrelerde direnç elemanının yanında kapasitif ya da endüktif bileşenler de varsa devrenin eş değer reaktansı (akıma karşı gösterilen zorluk) empedans olarak isimlendirilir ve  $Z$  ile gösterilir, birimi ohm ( $\Omega$ )dur. Empedansın tersi yani elektrik akımına karşı gösterilen kolaylık da admitans olarak adlandırılır ve “ $Y$ ” ile gösterilir ( $Y = Z^{-1}$ ). Birimi siemens (S)dir.



**Şekil 2.13: Seri R-L devresi ve akım-gerilim faz ilişkisi**

Şekil 2.13'te görülen seri R-L devresinde;

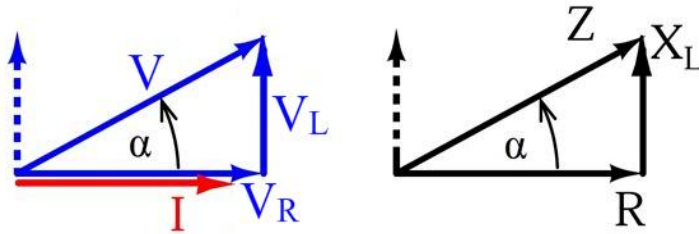
Vektör diyagramdan  $V^2 = V_R^2 + V_L^2 \Rightarrow V = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$  (Pisagor Teoremi)

ohm kanunundan  $V_R = I.R$  ve  $V_L = I.X_L \Rightarrow V = \sqrt{(I.R)^2 + (I.X_L)^2}$

$$I = \frac{V}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$$

$$I = \frac{V}{Z} \Rightarrow Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

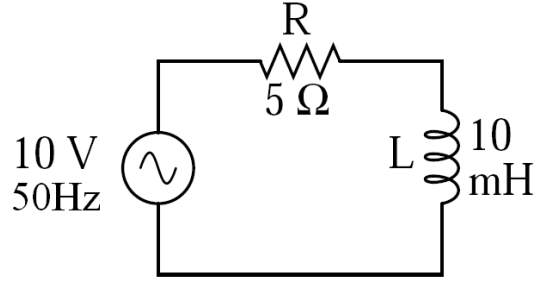
şeklinde ifade edilir. Bu formüller elde edildikten sonra gerilim ve empedans üçgenleri çizilebilir. (Şekil 2.14)



**Şekil 2.14: Seri R-L devresinde gerilim ve empedans üçgenleri**

Gerilim ve empedans üçgenlerinden  $\alpha$  faz açısı, farklı trigonometrik fonksiyonlar kullanılarak bulunabilir.

$$\tan \alpha = \frac{X_L}{R} \quad \cos \alpha = \frac{R}{Z} \quad \sin \alpha = \frac{X_L}{Z}$$



Şekil 2.15: Seri R-L devresi

**Örnek 1:** Şekil 2.15'teki seri R-L devresinde verilen değerlere göre;

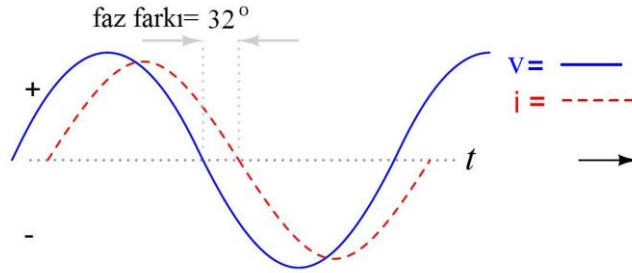
$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L = 2,314 \cdot 50 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 6,28 \cdot 500 \cdot 10^{-3} = 3,14 \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{5^2 + (3,14)^2} = \sqrt{25 + 9,85} = \sqrt{34,85} = 5,9 \Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{10}{5,9} = 1,69 A$$

$$\cos \alpha = \frac{R}{Z} \Rightarrow \alpha = \cos^{-1} \frac{R}{Z} = \cos^{-1} \frac{5}{5,9} = \cos^{-1} 0,84 \Rightarrow \alpha = 32^\circ$$

olarak bulunur. Akım gerilimden  $32^\circ$  geridedir. (Şekil 2.16)



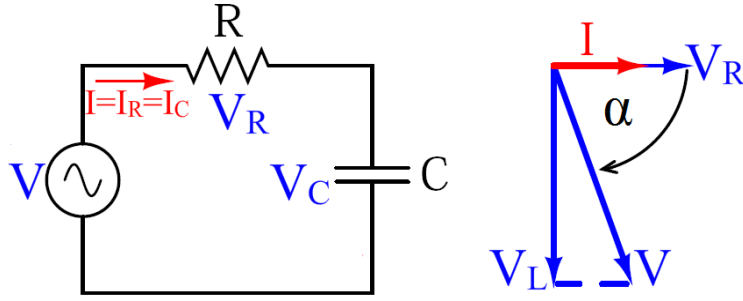
Şekil 2.16: Seri R-L devresinde ani akım ve ani gerilim arasındaki faz farkı

### ➤ Seri R-C devresi

Seri R-C devresinde direnç ve kapasitör elemanları A.C gerilim kaynağı ile seri bağlanır.

- Toplam gerilim direnç ve kapasitör gerilimleri toplamına eşittir, toplam akım ise hem direnç hem de kapasitör üzerinden geçer.
- Direnç akımı ve gerilimi arasında faz farkı yoktur.
- Kapasitör gerilimi kapasitör akımını  $90^\circ$  geriden takip eder. Bu durumda Şekil 2.17'deki vektör diyagram ortaya çıkar.
- Devrenin toplam gerilimi  $V$ , toplam akım  $I$ 'dan  $\alpha$  açısı kadar geridedir.





**Şekil 2.17: Seri R-C devresi ve akım-gerilim faz ilişkisi**

Şekil 2.17’de görülen seri R-C devresinde;

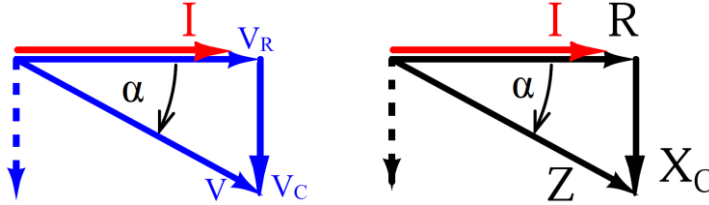
Vektör diyagramdan  $V^2 = V_R^2 + V_C^2 \Rightarrow V = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$  (Pisagor Teoremi)

ohm kanunundan  $V_R = I.R$  ve  $V_C = I.X_C \Rightarrow V = \sqrt{(I.R)^2 + (I.X_C)^2}$

$$I = \frac{V}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$

$$I = \frac{V}{Z} \Rightarrow Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

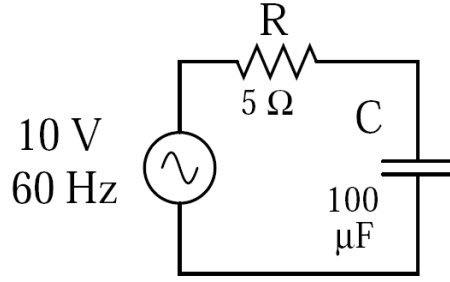
şeklinde ifade edilir. Bu formüller elde edildikten sonra gerilim ve empedans üçgenleri Şekil 2.18’de görüldüğü gibi çizilebilir.



**Şekil 2.18: Seri R-C devresinde gerilim ve empedans üçgenleri**

Gerilim ve empedans üçgenlerinden  $\alpha$  faz açısı, farklı trigonometrik fonksiyonlar kullanılarak bulunabilir.

$$\tan \alpha = \frac{X_C}{R} \quad \cos \alpha = \frac{R}{Z} \quad \sin \alpha = \frac{X_C}{Z}$$



Şekil 2.19: Seri R-C devresi

**Örnek 2:** Şekil 2.19'daki seri R-C devresinde verilen değerlere göre;

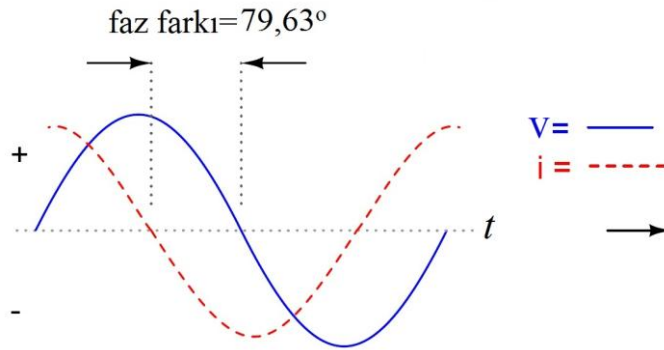
$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2,314 \cdot 60 \cdot 100 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^3}{6,28 \cdot 6} = \frac{1000}{37,68} = 26,53 \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{5^2 + (26,53)^2} = \sqrt{25 + 704,08} = \sqrt{729,08} = 27 \Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{10}{27} = 370 \text{ mA}$$

$$\cos \alpha = \frac{R}{Z} \Rightarrow \alpha = \cos^{-1} \frac{R}{Z} = \cos^{-1} \frac{5}{27} = \cos^{-1} 0,18 \Rightarrow \alpha = 79,63^\circ$$

olarak bulunur. Gerilim akımdan  $79,63^\circ$  geridedir. (Şekil 2.20)



Şekil 2.20: Seri R-L devresinde ani akım ve ani gerilim arasındaki faz farkı

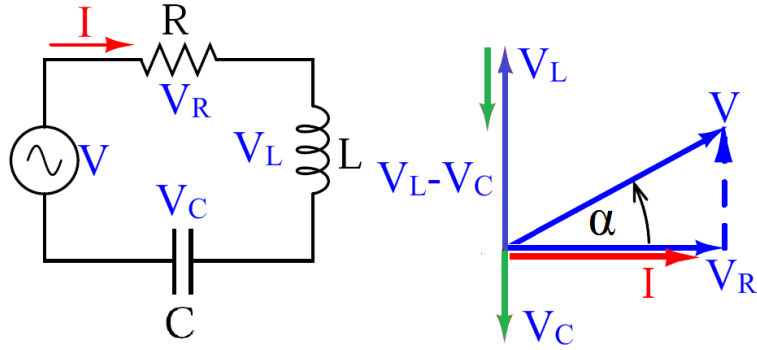
### ➤ Seri R-L-C devresi

Seri R-L-C devresinde direnç, bobin ve kapasitör elemanlar A.C gerilim kaynağı ile seri bağlanır.

1. Direnç üzerindeki  $V_R$  gerilimi akımla aynı fazdadır.
2. Bobin gerilimi  $V_L$  ile akım arasındaki faz farkı  $90^\circ$ 'dir. Gerilim akımdan  $90^\circ$  ileri fazdadır.
3. Kapasitör üzerindeki  $V_C$  gerilimi ise akımdan  $90^\circ$  geridedir.

4. Bu duruma göre çizilen Şekil 2.21'deki vektör diyagramında görüldüğü gibi  $V_L$  ve  $V_C$  gerilimlerinin vektörleri aynı doğrultuda fakat aralarında  $180^\circ$  faz farkı vardır. Bu vektör diyagram  $V_L > V_C$  kabul edilerek çizilmiştir.

Devrenin toplam gerilimi ile akımı arasında  $\alpha$  açısı kadar faz farkı vardır.



Şekil 2.21: Seri R-L-C devresi ve akım-gerilim faz ilişkileri

Şekil 2.22'de görülen seri R-L-C devresinin vektör diyagramından;

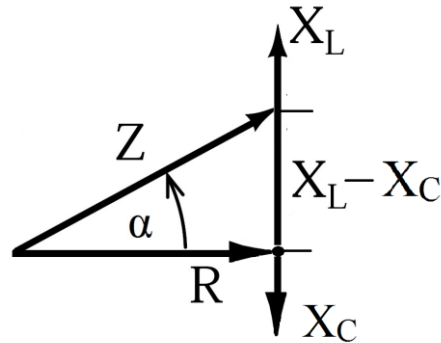
$$V^2 = V_R^2 + (V_L - V_C)^2 \Rightarrow V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2} \text{ (Pisagor Teoremi)}$$

$$V_R = I.R, V_L = I.X_L \text{ ve } V_C = I.X_C \Rightarrow V = \sqrt{(I.R)^2 + (I.X_L - I.X_C)^2}$$

$$V = I.\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \Rightarrow I = \frac{V}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

$$I = \frac{V}{Z} \Rightarrow Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

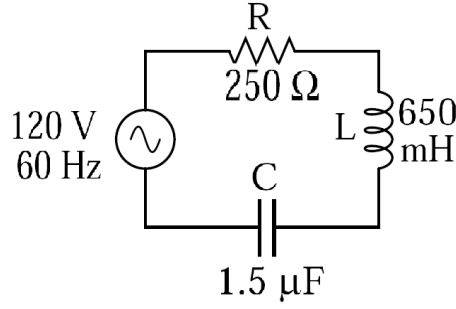
şeklinde ifade edilir. Bu formüller elde edildikten sonra empedans üçgeni çizilebilir.



Şekil 2.22: Seri R-L-C devresinde empedans üçgeni

Empedans üçgeninden  $\alpha$  faz açısı, farklı trigonometrik fonksiyonlar kullanılarak bulunabilir.

$$\tan \alpha = \frac{X_L - X_C}{R} \quad \cos \alpha = \frac{R}{Z} \quad \sin \alpha = \frac{X_L - X_C}{Z}$$



Şekil 2.23: Seri R-L-C devresi

Örneğin Şekil 2.23'teki seri R-L-C devresinde verilen değerlere göre;

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L = 2.3,14 \cdot 60 \cdot 650 \cdot 10^{-3} = 6,28.39 = 244,92\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2.3,14 \cdot 60 \cdot 1,5 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^6}{6,28.90} = \frac{10^6}{565,2} = 1,769K\Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{250^2 + (244,92 - 1769)^2} = \sqrt{62500 + 2322819} = 1,54K\Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{120}{1,54 \cdot 10^3} = 77mA$$

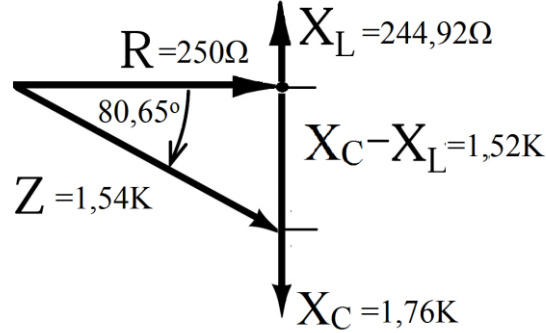
$$V_R = I \cdot R = 0,077 \cdot 250 = 19,25V$$

$$V_L = I \cdot X_L = 0,077 \cdot 244,92 = 18,85V$$

$$V_C = I \cdot X_C = 0,077 \cdot 1540 = 118,58V$$

$$\cos \alpha = \frac{R}{Z} \Rightarrow \alpha = \cos^{-1} \frac{R}{Z} = \cos^{-1} \frac{250}{1540} = \cos^{-1} 0,16 \Rightarrow \alpha = -80,65^\circ$$

Kapasitör gerilimi  $V_C$ , bobin gerilimi  $V_L$ 'den büyük olduğu için  $\alpha$  faz açısı negatif çıkmıştır. Bu durum devrenin kapasitif özellik gösterdiği anlamına gelir. Eğer bobin gerilimi kapasitör geriliminden büyük olsaydı devre endüktif özellik gösterirdi. Bulunan sonuçlar ile empedans üçgeni Şekil 2.24'deki gibi çizilebilir.



Şekil 2.24: Örnek seri R-L-C devresinde empedans üçgeni

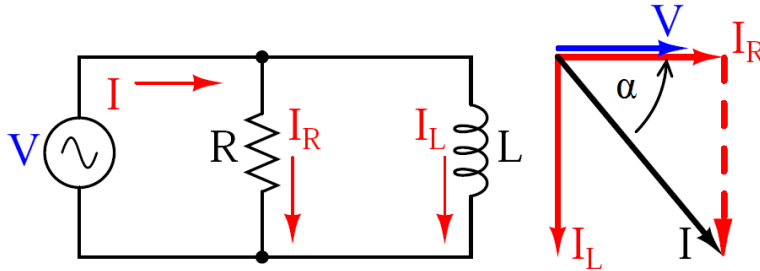
$X_C$  ve  $X_L$  birbirine eşit olduğu durum özel bir durum olup rezonans olarak geçmektedir. Bu durum rezonans devreleri konusunda işlenecektir.

### 2.3.2. Paralel Devreler

#### ➤ Paralel R-L devresi

Paralel R-L devresinde direnç ve bobin elemanları A.C gerilim kaynağı ile paralel bağlanır. Şekil 2.25'teki vektör diyagram incelenecek olursa;

- Direnç ve bobin elemanları üzerinde aynı genlikte ve fazda kaynak gerilimi olduğu görülür.
- Bobin akımı  $I_L$ , toplam devre akımından ( $I$ )  $90^\circ$  geri fazdadır.
- Toplam akım ( $I$ ), direnç akımından ( $I_R$ )  $\alpha$  açısı kadar geridedir.



Şekil 2.25: Paralel R-L devresinde akım-gerilim faz ilişkisi

Şekil 2.25'teki paralel R-L devresinin vektör diyagramından;

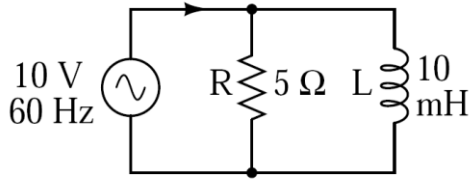
$$I^2 = I_R^2 + I_L^2 \Rightarrow I = \sqrt{I_R^2 + I_L^2} \text{ (Pisagor Teoremi)}$$

$$I_R = \frac{V}{R} \text{ ve } I_L = \frac{V}{X_L}$$

$$Z = \frac{V}{I} \text{ ya da } Z = \frac{R \cdot X_L}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$$

formülleri elde edilebilir. Faz açısı  $\alpha$  farklı trigonometrik fonksiyonlar yardımı ile bulunabilir.

$$\tan \alpha = \frac{I_L}{I_R} \quad \sin \alpha = \frac{I_L}{I} \quad \cos \alpha = \frac{I_R}{I}$$



Şekil 2.26: Paralel R-L devresi

**Örnek 1:** Şekil 2.26'daki paralel R-L devresinde verilen değerlere göre  $X_L, I_R, I_L, I, Z$  ve devrenin faz açısı aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L = 2,314 \cdot 60 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 6,28 \cdot 600 \cdot 10^{-3} = 3,768 \Omega$$

$$I_R = \frac{V}{R} = \frac{10}{5} = 2A$$

$$I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{10}{3,768} = 2,65A$$

$$I = \sqrt{I_R^2 + I_L^2} = \sqrt{2^2 + (2,65)^2} = \sqrt{4 + 7,02} = \sqrt{11,02} = 3,31A$$

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{10}{3,31} = 3,02 \Omega$$

$$\cos \alpha = \frac{I_R}{I} = \frac{2}{3,31} = 0,6 \Rightarrow \alpha = \cos^{-1} 0,6 = -52,98^\circ$$

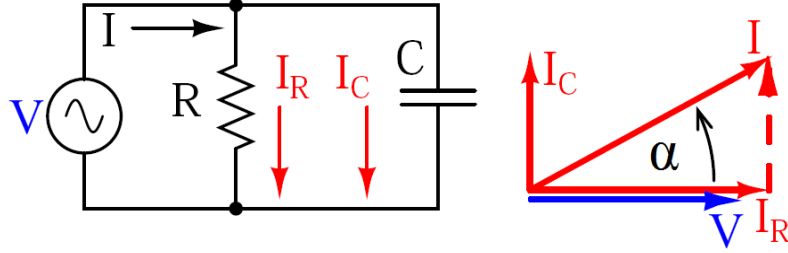
Devrenin toplam akımı, devre gerilimi ve direnç akımından  $52,98^\circ$  geridedir.

#### ➤ Paralel R-C devresi

Paralel R-C devresinde direnç ve kapasitör elemanları A.C gerilim kaynağı ile paralel bağlanır. Şekil 2.27'deki vektör diyagram incelenecek olursa;

- Direnç ve kapasitör elemanları üzerinde aynı genlikte ve fazda kaynak gerilimi olduğu görülür.
- Kapasitör akımı ( $I_C$ ), devre akımından ( $I$ )  $90^\circ$  ileri fazdadır.

- Devre akımı ( $I$ ), direnç akımından ( $I_R$ )  $\alpha$  açısı kadar ileridedir.



Şekil 2.27: Paralel R-C devresinde akım-gerilim faz ilişkisi

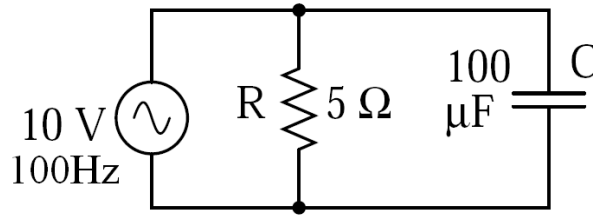
Şekil 2.27'deki paralel R-C devresinin vektör diyagramından;

$$I^2 = I_R^2 + I_C^2 \Rightarrow I = \sqrt{I_R^2 + I_C^2} \text{ (Pisagor Teoremi)}$$

$$I_R = \frac{V}{R} \text{ ve } I_C = \frac{V}{X_C}$$

$Z = \frac{V}{I}$  formülleri elde edilebilir. Faz açısı  $\alpha$  farklı trigonometrik fonksiyonlar yardımı ile bulunabilir.

$$\tan \alpha = \frac{I_C}{I_R} \quad \sin \alpha = \frac{I_C}{I} \quad \cos \alpha = \frac{I_R}{I}$$



Şekil 2.28: Paralel R-C devresi

Örneğin Şekil 2.28'deki paralel R-C devresinde verilen değerlere göre;

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2,3,14 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^2}{6,28} = \frac{100}{6,28} = 15,9 \Omega$$

$$I_R = \frac{E}{R} = \frac{10}{5} = 2A$$

$$I_C = \frac{E}{X_C} = \frac{10}{15,9} = 0,62A$$

$$I = \sqrt{I_R^2 + I_C^2} = \sqrt{2^2 + (0,62)^2} = \sqrt{4 + 0,39} = \sqrt{4,39} = 2,09 A$$

$$Z = \frac{E}{I} = \frac{10}{2,09} = 4,78 \Omega$$

$$\cos \alpha = \frac{I_R}{I} = \frac{2}{2,09} = 0,95 \Rightarrow \alpha = \cos^{-1} 0,95 = 16,8^\circ \text{ olarak bulunur.}$$

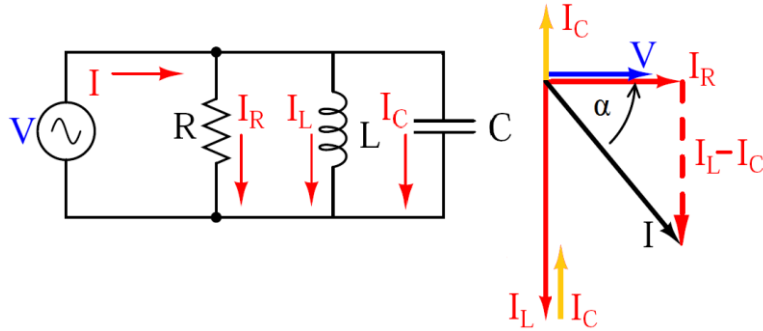
Devrenin toplam akımı, devre gerilimi ve direnç akımından  $11,47^\circ$  ileridedir.

### ➤ Paralel R-L-C devresi

Paralel R-L-C devresinde direnç, bobin ve kapasitör elemanlar A.C gerilim kaynağı ile paralel bağlanır. Bütün devre elemanlarının üzerinde A.C kaynak gerilimi vardır.

- Direnç akımı  $I_R$  devre gerilimi ile aynı fazdadır.
- Bobin akımı  $I_L$ , devre geriliminden  $90^\circ$  geridedir.
- Kapasitör akımı  $I_C$ , gerilimden  $90^\circ$  ileridedir.

Bu duruma göre çizilen Şekil 2.29'daki vektör diyagramda görüldüğü gibi  $I_L$  ve  $I_C$  akımlarının vektörleri aynı doğrultuda fakat aralarında  $180^\circ$  faz farkı vardır. Bu vektör diyagram  $I_L > I_C$  olduğu kabul edilerek çizilmiştir. Devrenin toplam akımı ile toplam gerilimi arasında  $\alpha$  açısı kadar faz farkı vardır.



Şekil 2.29: Paralel R-L-C devresinde akım-gerilim faz ilişkisi

Şekil 2.29'da görülen paralel R-L-C devresinin vektör diyagramından;

$$I^2 = I_R^2 + (I_L - I_C)^2 \Rightarrow I = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$$

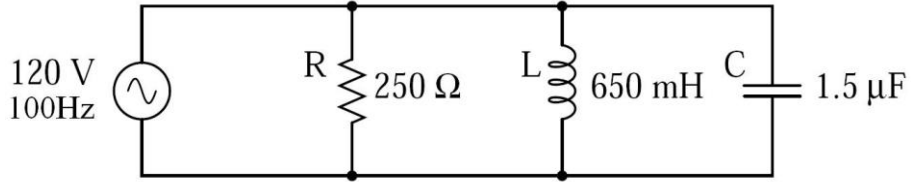
$$I_R = \frac{V}{R} \quad I_C = \frac{V}{X_C} \quad I_L = \frac{V}{X_L}$$

$Z = \frac{V}{I}$  formülleri elde edilebilir. Faz açısı  $\alpha$ ,

$$\tan \alpha = \frac{I_L - I_C}{I_R}, \quad \sin \alpha = \frac{I_L - I_C}{I}, \quad \cos \alpha = \frac{I_R}{I} \text{ eşitlikleri ile bulunabilir.}$$



Örneğin Şekil 2.30'daki paralel R-L-C devresinde verilen değerlere göre;



Şekil 2.30: Paralel R-L-C devresi

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L = 2,314 \cdot 100 \cdot 650 \cdot 10^{-3} = 6,28 \cdot 65 = 408,2\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2,314 \cdot 100 \cdot 1,5 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^6}{6,28 \cdot 150} = \frac{10^6}{942} = 1,06 K\Omega$$

$$I_R = \frac{V}{R} = \frac{120}{250} = 0,48A$$

$$I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{120}{1061} = 0,113A$$

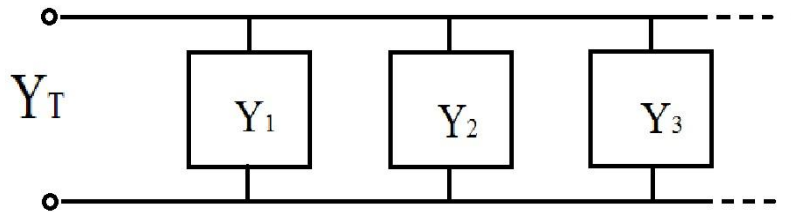
$$I_L = \frac{E}{X_L} = \frac{120}{408,2} = 0,293A$$

$$I = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2} = \sqrt{(0,48)^2 + (0,293 - 0,113)^2} = \sqrt{0,23 + 0,032} = 0,511A$$

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{120}{0,511} = 234,83\Omega$$

$$\cos \alpha = \frac{I_R}{I} = \frac{0,48}{0,511} = 0,93 \Rightarrow \alpha = \cos^{-1} 0,93 = 21,56^\circ \text{ olarak bulunur.}$$

Paralel R-L-C devresinde eş değer empedans, eş değer admitans yardımıyla da bulunabilir.(Şekil 2.31) Paralel R-L-C devresinde eş değer admitans bütün admitansların toplamıdır. Eş değer admitans bulunduktan sonra tersi alınarak empedans bulunabilir.



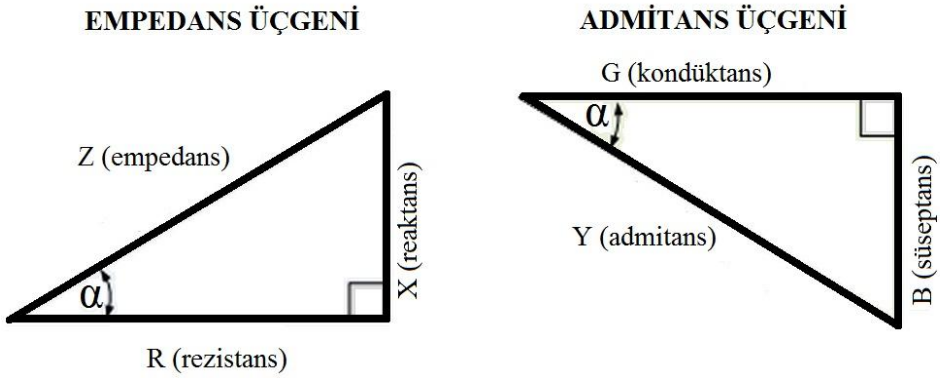
Şekil 2.31: Paralel R-L-C devresinde admitans

$$\frac{1}{Z_T} = Y_T = Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_n$$

Admitans kavramıyla birlikte A.C devre analizlerinde kullanılan iki kavram daha vardır. Bunlardan biri kondüktans değeri de süseptanstır. Kondüktans direncin tersidir.  $G$  ile gösterilir ve birimi siemens (S)dir. Süseptans ise reaktansın tersidir.  $B$  ile gösterilir ve birimi siemens (S)dir.

$$Y = \frac{1}{Z} \quad G = \frac{1}{R} \quad B_C = \frac{1}{X_C} \quad B_L = \frac{1}{X_L}$$

Paralel R-L-C devresinde empedans ve admitans üçgenleri Şekil 2.32’de gösterilmiştir.



Şekil 2.32: Paralel R-L-C devresinde empedans ve admitans üçgenleri

### 2.3.3. Rezonans Devreleri

Bobin veya kondansatörlerden oluşan devrelerde frekans değıştikçe bobinin endüktif reaktansı ve kondansatörün kapasitif reaktansı değışeceğinden bu durum devredeki bütün akım, gerilim ve empedans parametrelerinin değışmesine neden olur.

A.C gerilim kaynağının frekansının öyle bir değeri vardır ki devredeki kapasitif ve endüktif bileşenlerin etkisi ortadan kalkar. Bu frekans değeri rezonans frekansı denir ve  $f_r$  ile gösterilir. Rezonans devreleri elektronikte kullanılan en önemli devrelerdendir. Televizyon ve radyolarda belli frekanstaki sinyallerin seçilmesinde ve A.C filtreleme işlemlerinde kullanılırlar.

➤ **Seri rezonans devresi**

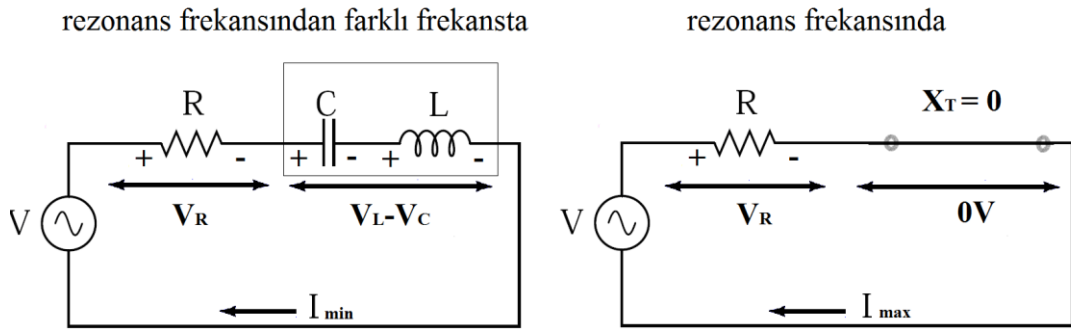
$f_r$  frekansında rezonans etkisi gösteren seri R-L-C devrelerine seri rezonans devresi denir.

Rezonans kavramını anlayabilmek için öncelikle bobin ve kondansatör elemanlarının frekans değışimlerine nasıl tepki gösterdiklerini tam olarak bilmek gereklidir. Bu noktada endüktif ve kapasitif reaktans matematiksel ifadelerini hatırlamakta yarar vardır.

$$X_L = 2\pi.f.L \quad X_C = \frac{1}{2\pi.f.C}$$

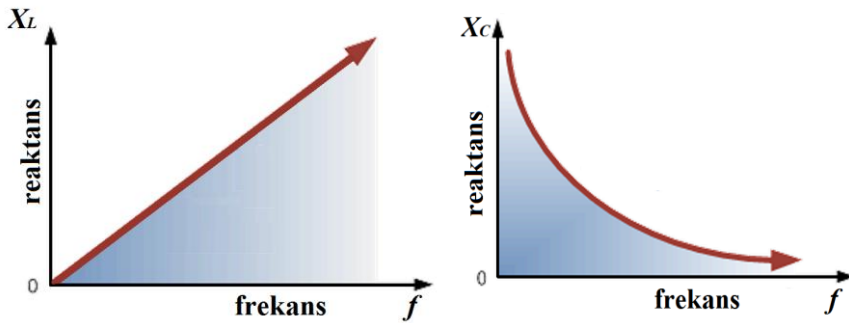
Endüktif ve kapasitif reaktansın matematiksel ifadeleri incelendiğinde frekansla olan ilişkileri açıkça görülmektedir.

Endüktif reaktans frekans ile doğru orantılıdır. Bir bobine uygulanan A.C gerilimin frekansı artırıldıkça  $X_L$  değeri de artacaktır. Yani frekans artırıldıkça bobin giderek açık devre gibi davranacak, tersine frekans azaltılıp sifira yaklaştıkça, başka bir deyişle D.C'ye yaklaştıkça bobin kısa devre gibi davranacaktır.



Şekil 2.33: Seri rezonans devresi ve eş değer devresi

Kapasitif reaktans, frekans ile ters orantılıdır. Kondansatöre uygulanan A.C gerilimin frekansı artırıldıkça  $X_C$  değeri azalacaktır. Frekansın artması kondansatörün kısa devre gibi davranmasına, frekansın azalması ise kondansatörün açık devre gibi davranmasına neden olacaktır.

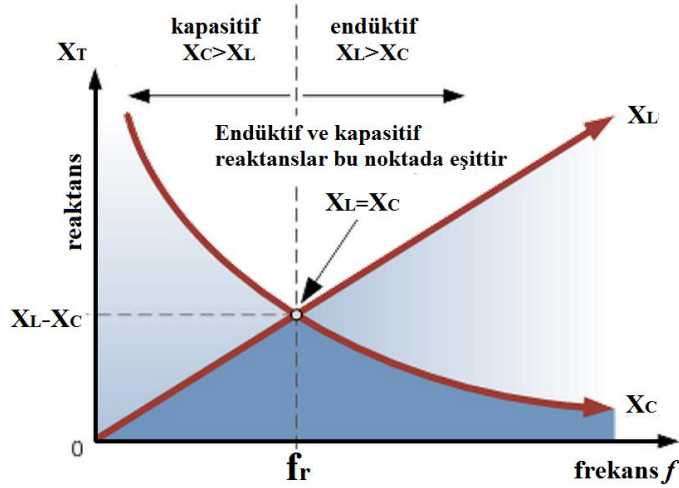


Şekil 2.34:  $X_L$  ve  $X_C$  nin frekansla değişimi

Şekil 2.33'teki devrede eğer  $X_L > X_C$  ise devre endüktif,  $X_L < X_C$  ise devre kapasitif davranacaktır.  $X_L = X_C$  durumunda ise devre rezonansa girecek ve omik karakterli olacaktır.

$X_L = X_C$  olduğunda ise devre ne endüktif ne de kapasitif özellik gösterir. Bu durumda devre rezonanstadır.

$X_L = X_C$  olduğunda A.C gerilimin  $f_r$  frekansı rezonans frekansıdır. Şekil 2.35'teki frekans-reaktans grafiğinde  $X_L$  eğrisinin  $X_C$  eğrisini kestiği nokta, frekans düzleminde rezonans frekansının değerini gösterir.



Şekil 2.35  $X_L$  ve  $X_C$  nin rezonans frekansında durumu

$f_r$  rezonans frekansında  $X_L$  ve  $X_C$  eşit ise aşağıdaki eşitlikler yazılabilir.

$$X_L = X_C \Rightarrow 2\pi \cdot f \cdot L = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

$$f^2 = \frac{1}{(2\pi)^2 \cdot L \cdot C} \Rightarrow \sqrt{f^2} = \sqrt{\frac{1}{(2\pi)^2 \cdot L \cdot C}}$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

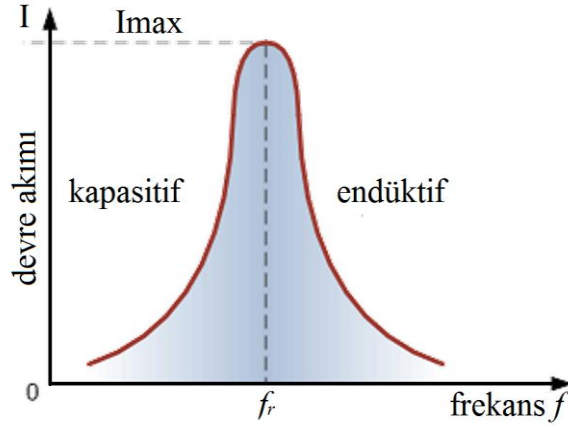
Bu eşitlikte

$f_r$  : Rezonans frekansını, Hertz (Hz)

$L$  : Bobin endüktansını, Henry (H)

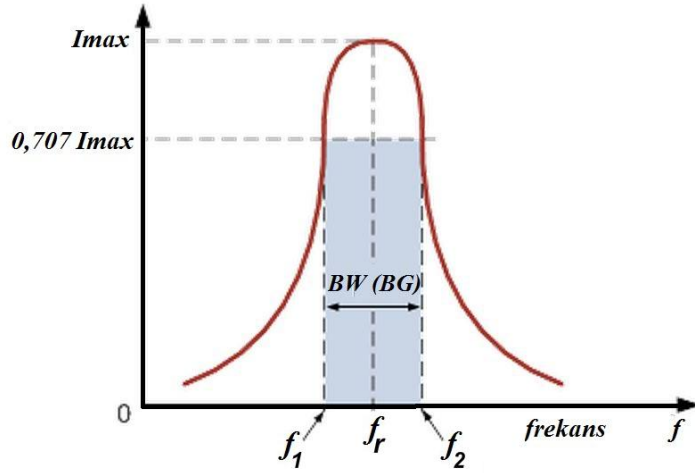
$C$  : Kondansatör kapasitansını, Farad (F), ifade eder.

Seri rezonans devresinde harcanan güç akım ve empedansla doğru orantılıdır. Akım ve empedans frekans ile değiştiği için harcanan güç A.C gerilimin frekansı ile ilişkilidir. Rezonans devresinde güç  $P = I^2 \cdot Z$  ile bulunabilir.



Şekil 2.36: Seri rezonans devresinde frekans-akım grafiği

Seri rezonans devresinde ortalama güç  $f_r$  rezonans frekansının üstünde ve altında iki frekans değeri arasında harcanır.(Şekil 2.36) Bu iki noktaya yarı güç noktaları denir ve bu noktalarda akımın değeri maksimum değerin 0,707'si kadardır.  $f_r$  frekansının altında kalan noktadaki frekans alt kesim frekansı ( $f_1$ ), üstünde kalan frekans ise üst kesim frekansı ( $f_2$ ) olarak isimlendirilir. Alt kesim ve üst kesim frekansları arasındaki frekans bandına ise bant genişliği (BG ya da Bandwidth, BW) denir.



Şekil 2.37: Seri rezonans devresinde bant genişliği-akım ilişkisi

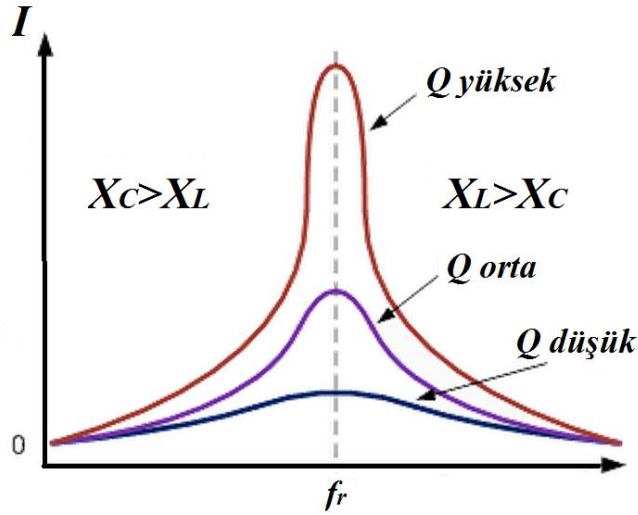
Şekil 2.37'den yararlanarak bant genişliği, alt ve üst kesim frekansları için aşağıdaki eşitlikler yazılabilir.

$$BG = f_2 - f_1, f_1 = f_r - \frac{BG}{2} \text{ ve } f_2 = f_r + \frac{BG}{2}$$

Seri rezonans devresinde bir diğere önemli parametre de kalite faktörüdür. Kalite faktörü  $Q$  ile gösterilir ve rezonans seçiciliğinin bir ölçüsüdür. (Şekil 2.38)Seçicilik, rezonans devresinin  $f_r$  ye yakın frekanslar dışındaki sinyalleri reddetmesidir. Bir rezonans devresinin seçiciliği ne kadar iyi ise bant genişliği o kadar küçük ve kalite faktörü de yüksektir.

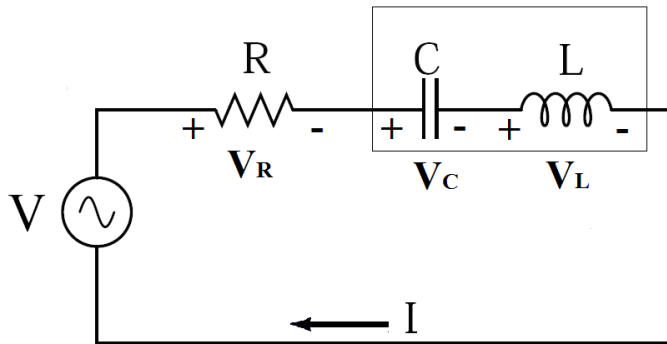
Kalite faktörü  $Q$  aşağıdaki eşitliklerden herhangi biri ile bulunabilir.

$$Q = \frac{f_r}{BG} \quad Q = \frac{X_L}{R} \quad Q = \frac{1}{R \cdot X_C} \quad Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$



Şekil 2.38: Seri rezonans devresinde seçicilik

**Örnek 1:** Şekil 2.39'daki seri rezonans devresinde  $R = 30\Omega$ ,  $L = 20mH$ ,  $C = 2\mu F$  ve A.C kaynak gerilimi  $V = 9V$  ise;



Şekil 2.39: Seri R-L-C devresi

Rezonans frekansı:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2.3,14\sqrt{0,02.2.10^{-6}}} = \frac{10^3}{6,28\sqrt{0,04}} = \frac{10^3}{6,28.0,2} = 796Hz$$

$$\text{Rezonans frekansında endüktif reaktans} = X_L = 2\pi.f.L = 2.3,14.796.0,02 = 100\Omega$$

Rezonans frekansında kapasitif reaktans:

$$X_C = \frac{1}{2\pi.f.C} = \frac{1}{2.3,14.796.2.10^{-6}} = \frac{10^6}{2.3,14.796.2} = \frac{10^6}{10^4} = 100\Omega$$

$$\text{Devre akımı} = I = \frac{V}{R} = \frac{9}{30} = 300mA$$

Rezonans frekansında bobin ve kapasitör üzerindeki gerilimleri:

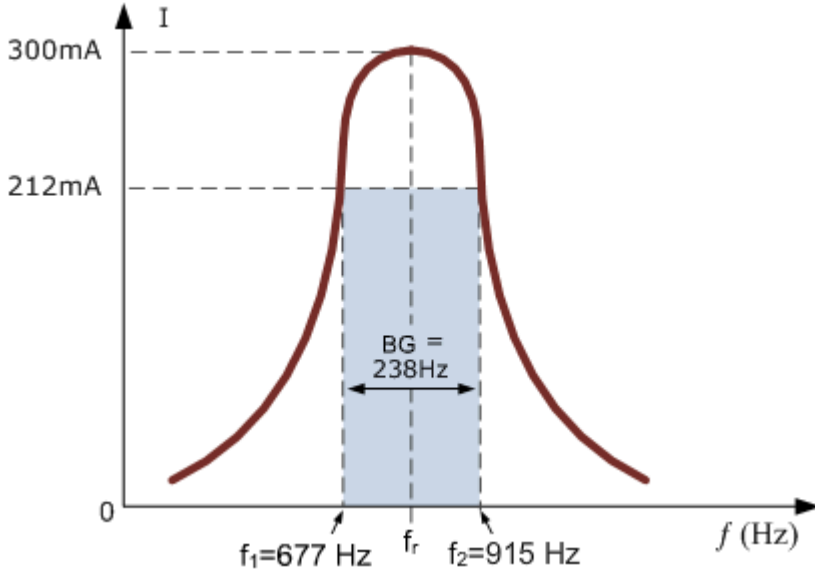
$$V_L = V_C = I.X_L = I.X_C = 0,3.100 = 30V \text{ ( hatırlayınız, kaynak gerilimi 9V)}$$

$$\text{Kalite faktörü} = Q = \frac{X_L}{R} = \frac{100}{30} = 3,33$$

$$\text{Bant genişliği} = BG = \frac{f_r}{Q} = \frac{796}{3,33} = 238Hz$$

$$\text{Alt kesim frekansı} = f_1 = f_r - \frac{BG}{2} = 796 - \frac{239}{2} = 677Hz$$

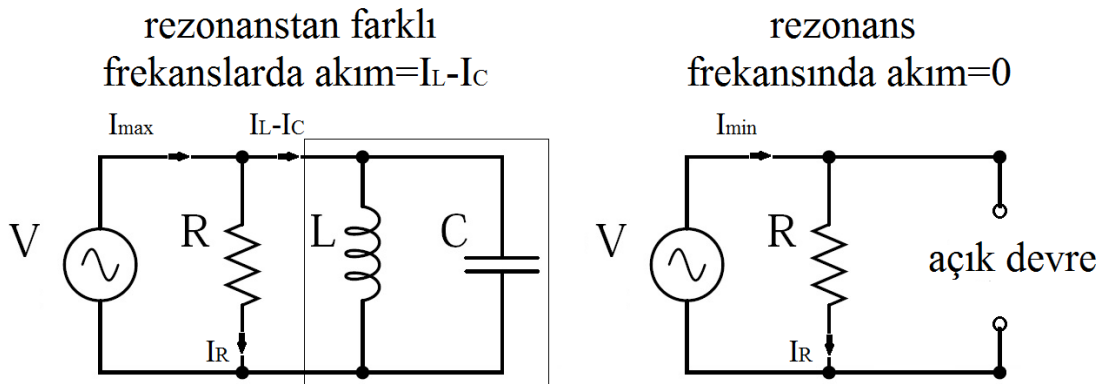
Üst kesim frekansı =  $f_2 = f_r + \frac{BG}{2} = 796 + \frac{239}{2} = 915Hz$  olarak bulunur. Ayrıca bant genişliği-akım grafiği Şekil 2.40'deki gibi olur.



Şekil 2.40: Örneğe ait bant genişliği akım grafiği

➤ **Paralel rezonans devresi**

Paralel rezonans devresi seri rezonans devrelerinden çok farklı değildir.(Şekil 2.41) Reaktif elemanların frekansa verdiği tepkiler devrenin davranışını etkiler. Paralel rezonans devresinde de seri rezonans olduğu gibi reaktif elemanlar, rezonans frekansında birbirinin etkisini yok edecektir. Tank devresi olarak isimlendirilen paralel L-C devresinde bobin ve kapasitör, rezonans frekansında depoladıkları enerji ile sürekli birbirleri üzerinden akım geçirirler. Böylece A.C gerilim kaynağından akım çekmezler. Bu durumda L-C elemanlarından oluşan tank devresi açık devre gibi davranır.

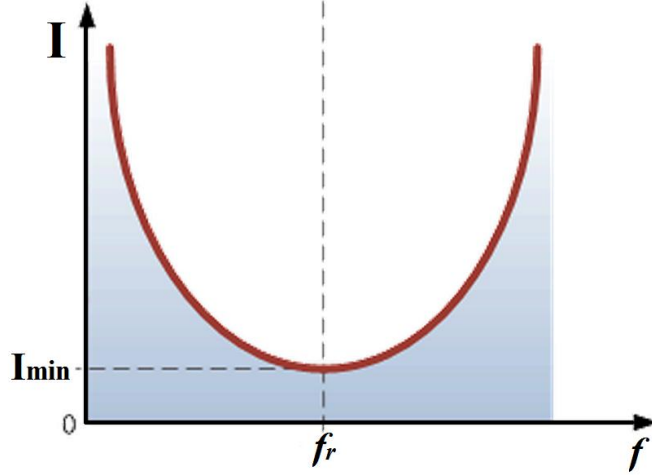


Şekil 2.41: Paralel rezonans devresi

Şekil 2.42'deki grafikte görüldüğü gibi paralel rezonans devresinde  $f_r$  rezonans frekansında devrenin toplam akımı minimumdur.  $X_L$  ve  $X_C$  bileşenleri tank devresini açık



devre hâline getirmiştir. Rezonans frekansının dışındaki frekanslarda ise devreden minimum akımdan fazla akım geçer.



Şekil 2.42: Paralel rezonans devresinde akım-frekans ilişkisi

Paralel rezonans devrelerinde kullanılan eşitlikler, paralel R-L-C'deki akım ve gerilim ve seri rezonanstaki  $f_r$  eşitlikleri ile aynıdır. Ancak kalite faktörü;

$$Q = R / X_L = R / X_C = R \cdot \sqrt{C / L} \text{ eşitlikleri ile bulunur.}$$

**Örnek 1:** Şekil 2.41'deki gibi bir paralel rezonans devresinde  $R = 60 \Omega$ ,  $L = 200 \text{ mH}$ ,  $C = 120 \mu\text{F}$  ve A.C. kaynak gerilimi  $V = 100 \text{ V}$  ise;

$$f_r = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} = \frac{1}{2,3,14 \cdot \sqrt{200 \cdot 10^{-3} \cdot 120 \cdot 10^{-6}}} = \frac{10^3}{6,28 \cdot \sqrt{24 \cdot 10^{-6}}} = \frac{10^3}{6,28 \cdot 4,89} = 32,5 \text{ Hz}$$

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L = 2,3,14 \cdot 32,5 \cdot 0,2 = 40,82 \Omega$$

$$Q = \frac{R}{X_L} = \frac{60}{40,82} = 1,46$$

$$BG = \frac{f_r}{Q} = \frac{32,5}{1,46} = 22,2 \text{ Hz}$$

$$f_1 = f_r - \frac{BG}{2} = 32,5 - \frac{22,2}{2} = 21,4 \text{ Hz}$$

$$f_2 = f_r + \frac{BG}{2} = 32,5 + \frac{22,2}{2} = 43,6 \text{ Hz}$$

$$I_T = \frac{V}{R} = \frac{100}{60} = 1,67A \text{ (rezonans anında toplam akım)}$$

$$I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{100}{40,82} = 2,45A \text{ (rezonans anında bobin ya da tank devresinin akımı)}$$

#### 2.3.4. Alternatif Akımda Güç

Alternatif akım devrelerinde güç birim zamanda yapılan elektrik işidir. A.C devrelerde güç devre gerilimine ve devrede dolaşan akıma bağlıdır. Bununla beraber A.C devrelerde güç, endüktif ve kapasitif yüklerin de bulunması, akım ve gerilimin genliğinin devamlı olarak değişmesi ve aralarında faz farkı bulunması nedeniyle birden fazla bileşene sahiptir. A.C devrelerdeki bu güç bileşenleri aktif güç, reaktif güç ve görünür güçtür.

##### ➤ Aktif (iş yapan) güç (P)

Aktif (gerçek) güç, reaktif bileşenlere (bobin ve kapasitör) sahip bir devrede rezistif eleman (direnç) üzerinde harcanan güçtür.  $P$  ile gösterilir. Birimi watt (W)'tır. Aktif güç devrede harcanan enerjinin ölçüsüdür.

$$P = V.I.\cos\varphi$$

$P$  : Aktif güç watt (W)

$I$  : Akım, amper (A)

$V$  : Gerilim, volt (V)

$\varphi$  : Gerilim ve akım arasındaki faz farkı

##### ➤ Reaktif (kör) güç (Q)

A.C devrelerde kaynak sinyalinin yönü ve şiddeti zamanla değişir. Endüktif ve kapasitif devre elemanları enerji depolayabilme özelliğine sahiptir ve depolanan bu enerji kaynağa tekrar aktarılır. A.C devrelerde enerji kaynağına geri aktarılan güce reaktif güç denir.  $Q$  ile gösterilir. Birimi volt-amper-reaktif (VAR)tir.

$$Q = V.I.\sin\varphi \text{ ile hesaplanır.}$$

$Q$  : Reaktif güç volt-amper-reaktif (VAR)

$I$  : Akım, amper (A)

$V$  : Gerilim, volt (V)

$\varphi$  : Gerilim ve akım arasındaki faz farkı

### ➤ **Görünür (zahirî, bileşke) güç (S)**

Pratikte A.C devrelerde rezistif ve reaktif yükler bir arada bulunur. Rezistif yüklerde harcanan aktif güç ile reaktif yüklerde harcanan reaktif gücün vektörel toplamına ya da bileşkesine görünür güç denir.  $S$  ile gösterilir. Birimi volt-amper (VA)dir.

$$S = V.I \text{ ile hesaplanır.}$$

$S$  : Görünür güç volt-amper (VA)

$I$  : Akım, amper (A)

$V$  : Gerilim, volt (V)

Görünür güç, alternatif akım kaynaklarının güçlerinin belirtilmesinde kullanılır. Çünkü kaynakların iç ısıları, akımın gerilimle olan faz ilişkisine bağlı olmayıp kaynaktan çekilen toplam akım ile ilgilidir.

**Örnek 1:** Bir elektrik motoru 220 V'luk alternatif akım kaynağından 10A ve  $30^\circ$  geri fazlı akım çekmektedir. Motorun kaynaktan çektiği aktif, reaktif ve görünür güçleri hesaplanacak olursa ( $\sin 30^\circ = 0,5$ ,  $\cos 30^\circ = 0,866$ );

$$P = V.I.\cos\varphi$$

$$P = 220.10.\cos 30$$

$$P = 1905,2W$$

$$Q = V.I.\sin\varphi$$

$$Q = 220.10.\sin 30$$

$$Q = 1100VAR$$

$$S = V.I$$

$$S = 220.10$$

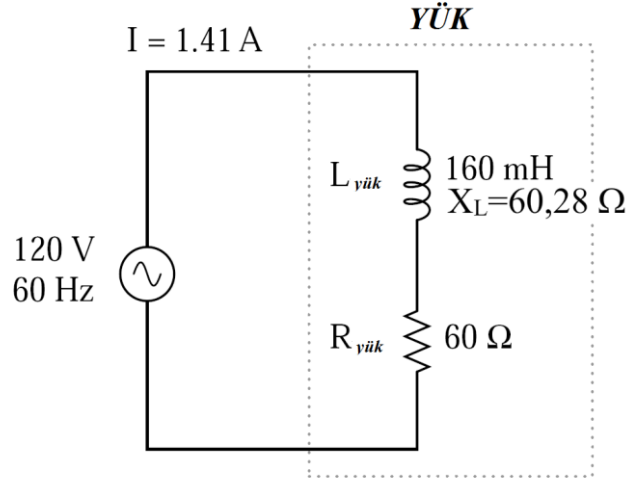
$$S = 2200VA \text{ bulunur.}$$

### **2.3.5. Endüktif Yüklü (R-XL) Devrelerde Güç Üçgeni**

Bir bobin omik ve endüktif olmak üzere iki çeşit dirence sahiptir. Uygulamada saf bobin özelliği gösteren devre elemanı yoktur. Asenkron motorlar, transformatörler ve bobinli ziller yani içinde bobin olan tüm cihazlar endüktif yüküdür. Bu cihazlarda kullanılan bobinlerin omik ve endüktif dirençleri vardır. Bu tür yüklerde gerilim akımdan ileridedir. Pratikteki uygulama devreleri R- $X_L$  devresi olarak isimlendirilir.

### ➤ **Seri R-XL devresi**

Seri R-XL devresinde bobin ve direnç elemanları seri bağlanır ve A.C devrede yükü oluşturur. Şekil 2.43'teki R-L devresinin güç bileşenleri;



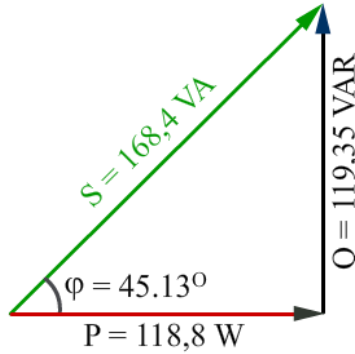
Şekil 2.43: Seri R-XL devresi

$$P = I^2 \cdot R = 1,98 \cdot 60 = 119,365 \text{ W}$$

$$Q = I^2 \cdot X = 1,98 \cdot 60,319 = 119,998 \text{ VAR}$$

$$S = I^2 \cdot Z = 1,98 \cdot 85,48 = 169,256 \text{ VA} \text{ olarak bulunur.}$$

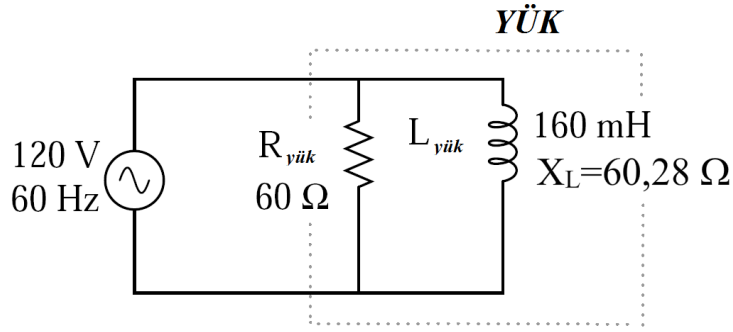
Bu sonuçlar yardımı ile seri R-XL devresinin güç üçgeni şekil 2.44'deki gibi çizilebilir.



Şekil 2.44: Reaktif yüklü seri R-XL devrede güç üçgeni

#### ➤ Paralel R-XL devresi

Seri R-XL devresinde bobin ve direnç elemanları paralel bağlanır ve A.C devrede yükü oluşturur. Şekil 2.45'teki R-L devresinin güç bileşenleri;



Şekil 2.45: Paralel R-XL devresi

$$Z = \frac{R \cdot X_L}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} = \frac{60 \cdot 60,28}{\sqrt{60^2 + 60,28^2}} = 42,52 \Omega$$

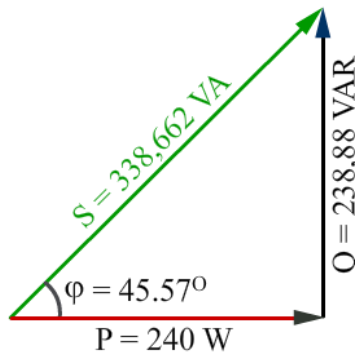
$$P = I^2 \cdot R = \frac{V^2}{R} = \frac{120^2}{60} = 240 \text{ W}$$

$$Q = I^2 \cdot X_L = \frac{V^2}{X_L} = \frac{120^2}{60,28} = 238,88 \text{ VAR}$$

$$S = I^2 \cdot Z = \frac{V^2}{Z} = \frac{120^2}{42,5} = 338,66 \text{ VA ve}$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{240}{338,66} = 0,7 \Rightarrow \cos^{-1} = 45,57^\circ \text{ olarak bulunur.}$$

Bu sonuçlar yardımı ile paralel R-XL devresinin güç üçgeni Şekil 2.46'daki gibi çizilebilir.



Şekil 2.46: Reaktif yüklü paralel R-XL devrede güç üçgeni

### 2.3.6. Güç Katsayısı

Endüstride kullanılan yüklerin çoğunluğunu bobinli cihaz ya da makineler oluşturur. Bunlar da endüktif devreler olup geri güç katsayılıdır. Dolayısıyla şebekeler, alıcıların aktif

güçleri yanında, reaktif güçlerini de karşılamak zorunda kalmaktadır. İş yapma özelliği olmayan reaktif güç, şebekeleri gereksiz yere yükler ve verimini düşürür. Bu yüzden güç katsayısının düzeltilmesi gerekmektedir. Bu işlemlere “kompanzasyon” denir.

Güç katsayısının düzeltilmesinin faydaları:

- Alternatörün ve trafonun görünür güçleri düşer.
- Aynı besleme hatlarından daha fazla aktif enerji iletilir.
- Enerji iletim hatlarındaki kayıplar azalır.
- Aynı gücü iletmek için daha az iletken kullanılır ve buna bağlı olarak yatırım maliyetleri düşer.
- Reaktif güç için ödenmesi gereken para tasarruf edilir.

Güç katsayısını düzeltmek için yani endüktif reaktif gücü yok etmek için devreye çoğunlukla paralel kondansatör grupları bağlanabilir.

#### ➤ **Faz açısı**

Reaktif yüklere sahip A.C devrelerde güç üçgeninde bulunan  $\varphi$  açısı, A.C gerilim kaynağından ne kadar güç çekildiğini veya kaynağa ne kadar güç aktarıldığının oranını gösterir. Güç üçgeninde bulunan bu açiya faz açısı denir.  $\varphi$  açısının kosinüsü yani  $\cos \varphi$  ise aktif gücün görünür güce oranıdır ve güç katsayısı olarak isimlendirilir.

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

Şekil 2.45’teki paralel R-XL devresinin faz açısı ve güç katsayısı hesaplanacak olursa;

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{240}{339} = 0,7$$

$$\varphi = \cos^{-1} 0,7 = 45^\circ \text{ olarak bulunur.}$$

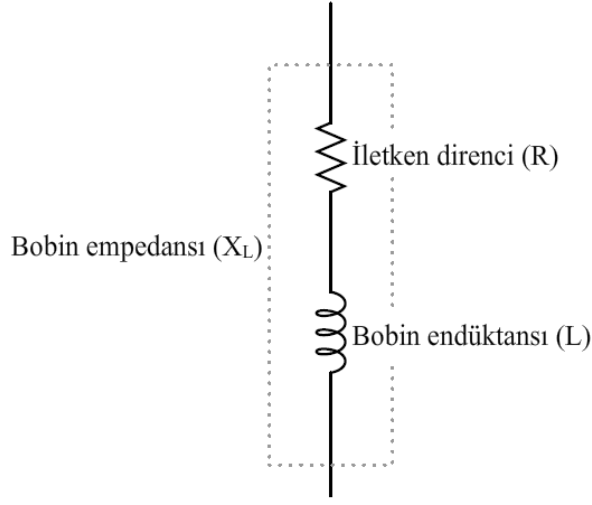
Güç katsayısının 1’e yakın bir olması istenir. Bunun anlamı aktif güç ile görünür gücün birbirine yakın ve reaktif gücün ise nispeten küçük olmasının istenmesidir. Bir sistemin güç katsayısı artırılarak sistemin verimi artırılabilir.

#### ➤ **Gerçek bobinin incelenmesi**

İdeal bir bobinin sabit direncinin olmadığı varsayılır. Bu nedenle bir A.C devresinde ideal bir bobinin toplam direnci endüktansından kaynaklanan direncidir ( $X_L$ ).

Oysa gerçekte bir bobinin az ya da çok sabit bir direnci vardır. (Şekil 2.47) Sonuçta bobin bir iletken ve hemen her iletken yapısı, kesiti ve uzunluğuna bağlı olarak bir direnç değerine sahiptir.

Bir bobinin sabit direnci yüksek akımlı devrelerde ihmal edilemez.

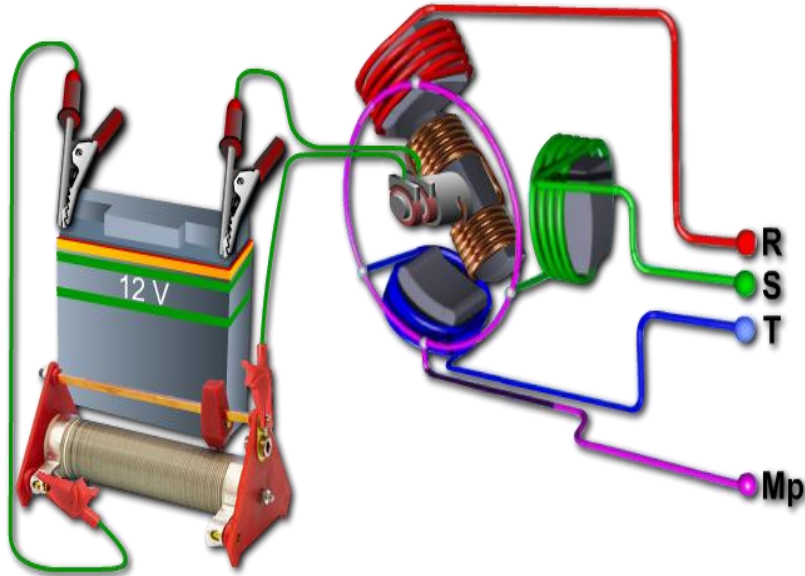


Şekil 2.47: Gerçek bobin

### 2.3.7. Üç Fazlı Sistemler

Alternatif akım üretmek için alternatör kullanıldığından ilk bölümde bahsedilmişti. Şimdiye kadar incelenen elektrik devrelerindeki A.C kaynaklar hep bir fazlı kaynaklardı. Eğer bir alternatör, birbirinin aynısı ancak aralarında 120 derece faz farkı olan sinüs şekline sahip üç farklı sinyal üretiyorsa buna üç fazlı sistem denir.

Şekil 2.48'de görüldüğü gibi bir alternatörün sargıları 120'şer derece aralıklarla yerleştirilmiştir. Bu yapıdan dolayı elde edilen gerilimler sinüzoidaldir ve aralarında 120 derece faz farkı vardır.



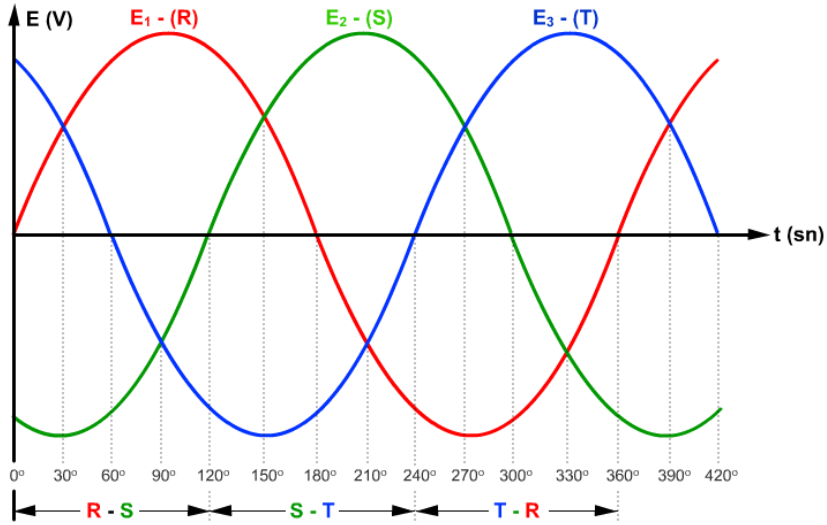
Şekil 2.48: Üç fazlı alternatör modeli

Elektrik enerjisinin iletimi ve üretimi bakımından çok fazlı sistemlerin bir fazlı sistemlere üstünlükleri vardır. Bunlar:

- Aynı boyuta sahip iki veya üç fazlı alternatörler bir fazlı olanlardan daha fazla güç verir.
- Çok fazlı alternatörlerde kilowatt-saat başına enerjinin maliyeti bir fazlı olanlardan daha düşüktür.
- Çok fazlı enerji iletim hatları bir fazlı hatlardan daha ucuzdur. Örneğin üç fazlı enerji iletim hattının bakır ağırlığı eş değer bir fazlı hattın ağırlığının 3/4'ü kadardır.

#### ➤ Faz farkları

Bir alternatör düzeneğinde N-S kutupları arasındaki sabit manyetik alana üç sargı bobini 120°şer derece faz farklı olarak yerleştirilerek döndürülürse aralarında 120 derece faz farkı olan üç sinüzoidal sinyal elde edilir. Şekil 2.49'te A, B ve C bobinlerinde indüklenen 120°şer derece faz farklı sinüs eğrileri görülmektedir.



Şekil 2.49: Üç faz sinüs sinyalleri

Not: İç tesisler yönetmeliğinde ve teknik resim çizimlerinde üç fazın isimleri L1, L2 ve L3 olarak kullanılmaktadır. L1 griyle, L2 siyahla ve L3 de kahverengiyle gösterilir.

#### ➤ Faz gerilimi

Şekil 2.48'de R, S ve T bobinlerinin sarım sayıları birbirine eşit olursa indüklenen gerilimlerin maksimum değerleri, dolayısıyla bu gerilimlerin etkin değerleri de birbirine eşit olur. 120 derece faz farklı ve maksimum değeri aynı olan üç eğri matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$e_R = E_m \cdot \sin \omega t$$

$$e_S = E_m \cdot \sin(\omega t - \pi/3)$$



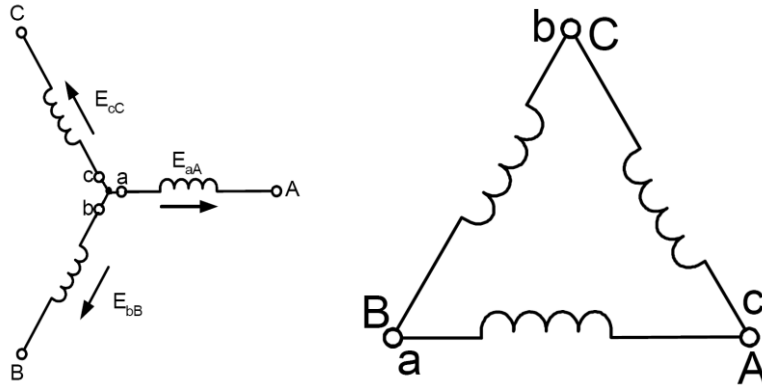
$$e_T = E_m \cdot \sin(\omega t - 2\pi/3)$$

Şekil 2.48'de görüldüğü gibi R bobininde indüklenen gerilim maksimum değerini aldıktan 120° sonra S bobininde indüklenen gerilim maksimum değerini alır. S bobininden 120° sonra T bobininde indüklenen gerilim maksimum değerine ulaşır. T bobinindeki gerilim R bobinindeki gerilimden 240° geri veya 120° ileri fazdadır.

Alternatörlerde gerilim indüklenmesini sağlamak için kullanılan bobinler birbirlerine iki farklı şekilde bağlanır. Bunlar yıldız (Y) ve üçgen (Δ) bağlantıdır. Her bir bobinde indüklenen gerilim faz gerilimi, fazlar arasındaki gerilim ise hat gerilimi olarak isimlendirilir. (Şekil 2.50)

Yıldız bağlantıda hat gerilimi faz geriliminin  $\sqrt{3}$  katına eşittir ( $V = \sqrt{3} \cdot V_f$ ) ve hat akımı faz akımına eşittir ( $I_H = I_f$ ). Üçgen bağlantıda ise hat gerilimi faz gerilimine eşittir ( $V = V_f$ ) ve hat akımı faz akımının  $\sqrt{3}$  katına eşittir ( $I_H = \sqrt{3} \cdot I_f$ ).

Örneğin yıldız bağlı üç fazlı bir sistemde faz gerilimi  $V_f = 220$  V ise hat gerilimi  $V = \sqrt{3} \cdot V_f = 1,73 \cdot 220 = 381,05$  V olarak bulunur.



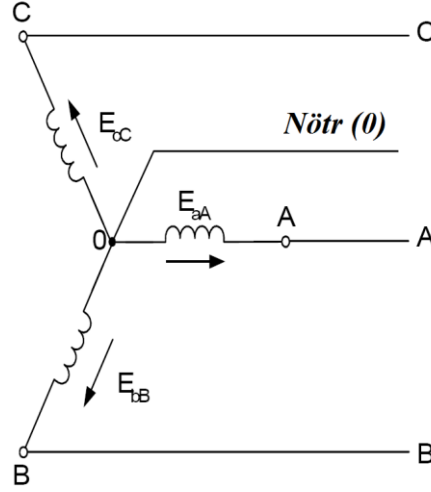
Şekil 2.50: Yıldız ve üçgen bağlantı

**Örnek:** Hat gerilimi 190 V olan bir sisteme yıldız bağlı bir motorun faz gerilimi bulunmak istenirse;

$$V_H = \sqrt{3} \cdot V_F \Rightarrow V_F = V_H / \sqrt{3} = 190 / 1,73 = 110 \text{ V olur.}$$

#### ➤ Sıfır noktası

Yıldız bağlı üç fazlı sistemlerde her faz sargısının birer ucu bir noktada birleştirilir. (Şekil 2.51) Bu noktaya sıfır noktası ya da nötr denir. Yıldız bağlantıda yükler sıfır noktası ile bir faz ucuna bağlanır. Üçgen bağlantıda ise sıfır noktası yoktur, yükler faz uçları arasında bağlanır.



Şekil 2.51: Yıldız bağlantıda sıfır noktası

### ➤ Üç fazlı sistemlerde güç

Üç fazlı sistemlerde yıldız ve üçgen bağlantılarda eğer dengeli yük (eşit empedanslarda yükler) varsa güç aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$P$  : Dengeli yüklü sistemde güç (watt, W)

$V$  : Fazlar arası gerilim (hat gerilimi) (volt, V)

$I$  : Hat akımı (amper, A)

$\varphi$  : Hat gerilimi ve hat akımı arasındaki açı

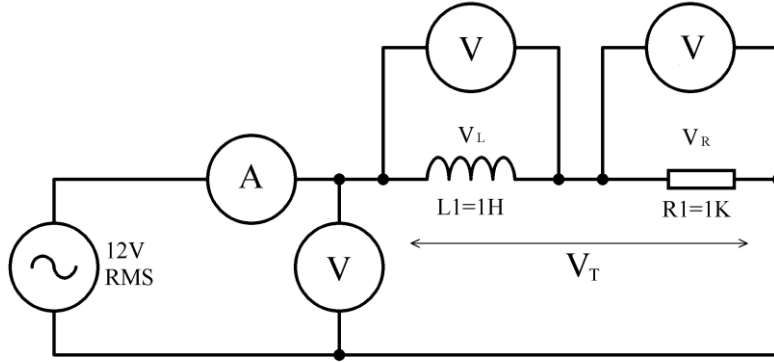
### ➤ Dengeli üç fazlı sistemler

Üç fazlı olarak gerçekleştirilen elektrik enerjinin üretimi, iletimi ve dağıtım sırasında faz gerilimi ve akımlarının olabildiğince dengede tutulmasına çalışılır. Jeneratörler uygun yapıları dolayısıyla dengeli gerilim üretir. Ancak bazı tür tüketiciler karakteristikleri gereği fazlardan dengesiz akımlar çekebilir. Demir yolu tesisleri, ark fırınları, alçak gerilim enerji dağıtım şebekelerindeki bu tür yüklerle birer örnektir. Bu durumda her fazın akımının genliği birbirinden farklı ve akım fazörleri arasındaki açı da  $120^\circ$ den farklıdır.

Dengeli üç fazlı güç sistemlerinde yük akımları, sistemin besleme ve uç gerilimleri dengelidir. Akımlar ve gerilimler sinüzoidaldir. Fazların empedansları ( $Z_R = Z_S = Z_T$ ) ve admitansları ( $Y_R = Y_S = Y_T$ ) eş değerdir. Kaçak kapasitelerin belirli noktalarda toplandığı kabul edilir ya da uzun iletim hatları hariç ihmal edilir.

## UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıdaki uygulamaları yaparak AC akımda direnç, bobin, kondansatör seri/paralel devrelerinde ölçme ve hesaplamalar yapabileceksiniz.



Seri R-L devresi

### İşlem Basamakları

- Seri R-L devresini breadboard üzerine kurunuz.
- Devreye enerji veriniz.
- Voltmetre ve ampermetre üzerinde okunan değerleri not alınız.

I:.....

$V_T$ :.....

$V_R$ :.....

$V_L$ :.....

- Devrenin enerjisini kesiniz.
- Direnç değerini Ohm Kanunu'na göre hesaplayınız.

.....  
.....

- Direncin değeriyle bulduğunuz değeri karşılaştırınız.
- Bobinin endüktif reaktans değerini  $V_L/I$  Ohm Kanunu'na göre hesaplayınız.

.....  
.....

- Bobinin endüktif reaktansını  $X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$  formülüne göre hesaplayınız.

.....  
.....

- Bulduğunuz değerleri karşılaştırınız.

- Devrenin empedansını  $V/I$  formülü ile hesaplayınız.

.....  
.....  
.....

- Devre empedansını  $Z = \sqrt{R^2 + XL^2}$  formülüne göre hesaplayınız.

.....  
.....  
.....

- Bulduğunuz değerleri karşılaştırınız.
- Devrenin akımını faz açısını hesaplayınız.

.....  
.....  
.....

- Devreden çekilen toplam gücü, direnç ve bobin üzerinde harcanan güçleri hesaplayınız.

.....  
.....  
.....

- Hesapladığınız güçleri karşılaştırınız.

### Öneriler

- İş güvenliği tedbirlerini alınız.
- Devreyi kurmadan önce devre elemanlarını ölçerek kontrol ediniz.
- Hesaplama yaparken hesap makinesi kullanınız ve hata yapmamaya dikkat ediniz.
- Ölçüm cihazlarınızın A.C kademesinde olduğundan emin olunuz.

## 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. Alternatif akımda bobin bağlantılarını yapabildiniz mi?		
2. Alternatif akımda kondansatör bağlantılarını yapabildiniz mi?		
3. Alternatif akımda seri devre çözümlerini yapabildiniz mi?		
4. Alternatif akımda paralel devre çözümlerini yapabildiniz mi?		
5. Üç fazlı alternatif akım sistemlerinde çözümleri yapabildiniz 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.

1. Bir bobinin alternatif akıma gösterdiği zorluk aşağıdakilerden hangisidir?  
A) Kapasitif reaktans  
B) Empedans  
C) Direnç  
D) Endüktif reaktans
2. Sadece bobinli A.C devresinde akımı ve bobin gerilimi için aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?  
A) Akım ve gerilim aynı fazdadır.  
B) Akım  $90^\circ$  geri fazdadır.  
C) Akım  $90^\circ$  ileri fazdadır.  
D) İkisini faz farkı  $180^\circ$ 'dir.
3. 3 mH ve 6 mH endüktansı olan iki bobin seri bağlanırsa eş değer endüktans ne olur?  
A) 2 mH  
B) 6 mH  
C) 9 mH  
D) 18 mH
4. Kapasitörlü bir A.C devresinde devre akımı ve kapasitör gerilimi için aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?  
A) Akım ve gerilim aynı fazdadır.  
B) Akım  $90^\circ$  ileri fazdadır.  
C) Akım  $90^\circ$  geri fazdadır.  
D) İkisini faz farkı  $180^\circ$ 'dir.
5.  $10\mu\text{F}$ 'luk iki kondansatör birbirine seri bağlanırsa eş değer kapasite ne olur?  
A)  $1\mu\text{F}$   
B)  $2\mu\text{F}$   
C)  $4\mu\text{F}$   
D)  $5\mu\text{F}$
6. Seri R-L devresi için aşağıdakilerden hangisi söylenemez?  
A) Omik dirençteki gerilim düşümü akımla aynı fazdadır.  
B) Endüktif reaktansda düşen gerilim akımdan  $90^\circ$  geri fazdadır.  
C) Devre akımı  $I = V/Z$  fomülüyle bulunur.  
D) Devreden geçen akım, gerilimden  $\phi$  kadar geri kalır.
7. Seri R-C devresi için aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?  
A) Devre akımı, devre geriliminden  $\phi$  faz açısı kadar ileri fazdadır.  
B) Devrenin empedansı  $Z$ ,  $R$ , ve  $X_C$  dirençlerinin toplamına eşittir.  
C) Devre akımı  $I = Z/V$  fomülüyle bulunur.  
D) Kondansatörün uçlarındaki kapasitif reaktans gerilim düşümü akım  $180^\circ$  geri fazdadır.

8. Maksimum gerilimi 100V olan bir A.C kaynak direnci  $10\Omega$  olan bir devreye akım vermektedir. A.C kaynağın frekansı 40Hz olduğuna göre akımın denklemi aşağıdakilerden hangisidir?
- A)  $i = 10\sin 80\pi.t$   
 B)  $i = 5\sin 80\pi.t$   
 C)  $i = 5\sin 40\pi.t$   
 D)  $i = 4\sin 80\pi.t$
9. Seri R-L-C devresinde  $R = 15\Omega$ ,  $X_L = 24\Omega$ ,  $X_C = 4\Omega$  ve alternatif gerilim kaynağının etkin değeri 100V ise devreden geçen akımın etkin değeri kaç amperdir?
- A) 2                      B) 3                      C) 4                      D) 8
10. Seri R-L devresinde direnç üzerindeki gerilimin bobin üzerindeki gerilime oranı  $V_R/V_{X_C} = 3/4$  ise bu devrede faz açısının kosinüsü ( $\cos \varphi$ ) aşağıdakilerden hangisidir?
- A)  $3/5$                       B)  $3/4$                       C) 1                      D)  $4/3$
11. Seri R-C devresinde  $R = 4\Omega$ ,  $X_C = 3\Omega$ , A.C kaynak geriliminin etkin değeri 100V ve akımın etkin değeri  $I_1$ , seri bir R-L-C devresinde  $R = 3\Omega$ ,  $X_L = 7\Omega$ ,  $X_C = 3\Omega$ , A.C kaynak geriliminin etkin değeri 100V ve akımın etkin değeri  $I_2$  ise  $I_1/I_2$  oranı aşağıdakilerden hangisidir?
- A) 4                      B) 3                      C) 2                      D) 1
12. Seri R-L-C devresinde  $R = 15\Omega$ ,  $X_L = 10\Omega$  ve  $X_C = 10\Omega$  ise aşağıdaki yargılardan hangisi ya da hangileri doğrudur?
- i. Devre rezonanstadır.  
 ii. Bobin gerilimi kondansatör gerilimine eşittir.  
 iii. Devrenin empedansı direnç değeri kadardır.
- A) i                      B) i ve ii                      C) i ve iii                      D) i, ii ve iii
13. Reaktif bileşenlere (bobin ve kapasitör) sahip bir devrede rezistif eleman (direnç) üzerinde harcanan güç aşağıdakilerden hangisidir?
- A) Aktif güç                      B) Pasif güç                      C) Görünür güç                      D) Reaktif güç
14. Rezonans devrelerinde kalite faktörü aşağıdakilerden hangisi ile gösterilir?
- A) K                      B) G                      C) BW                      D) Q

15. Alt kesim frekansı 60Hz üst kesim frekansı 150Hz olan bir rezonans devresinde bant genişliği aşağıdakilerden hangisidir?
- A) 80Hz                      B) 90Hz                      C) 100Hz                      D) 210Hz
16. Üst kesim frekansı 1,5KHz ve bant genişliği 500Hz olan bir rezonans devresinin rezonans frekansı aşağıdakilerden hangisidir?
- A) 2KHz                      B) 750Hz                      C) 1,25KHz                      D) 1,75KHz
17. Yıldız bağlantıda hat gerilimi faz geriliminin kaç katına eşittir?
- A)  $\sqrt{3}$                       B)  $\sqrt{2}$                       C) 1,5                      D) 10
18. Alternatif akım devresinde iş yapan güç hangisidir?
- A) Reaktif güç                      B) Görünür güç                      C) Aktif güç                      D) İş güç
19. Aşağıdakilerden hangisi kompanzasyonun faydalarından değildir?
- A) Alternatörden veya trafodan çekilen görünür güç artar.  
B) Aynı besleme hatlarından daha fazla aktif enerji iletilir.  
C) Enerji iletim hatlarındaki kayıplar azalır.  
D) Reaktif güç için ödenmesi gereken para tasarruf edilir.

## 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

Bu öğrenme faaliyeti sonunda transformatörlerin, çalışma prensiplerini kavrayarak devreye bağlantılarını yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Transformatörlerin üretim teknikleri, türleri, yapıları ve elektrik devrelerinde kullanım amaçlarını araştırarak sınıf ortamında arkadaşlarınızla tartışınız.

## 3. TRANSFORMATÖRLER

Transformatörler daha çok, enerji iletimi ve dağıtımında kullanılır. Bunun yanı sıra birçok cihazda gerilim dönüştürücü olarak kullanılır.

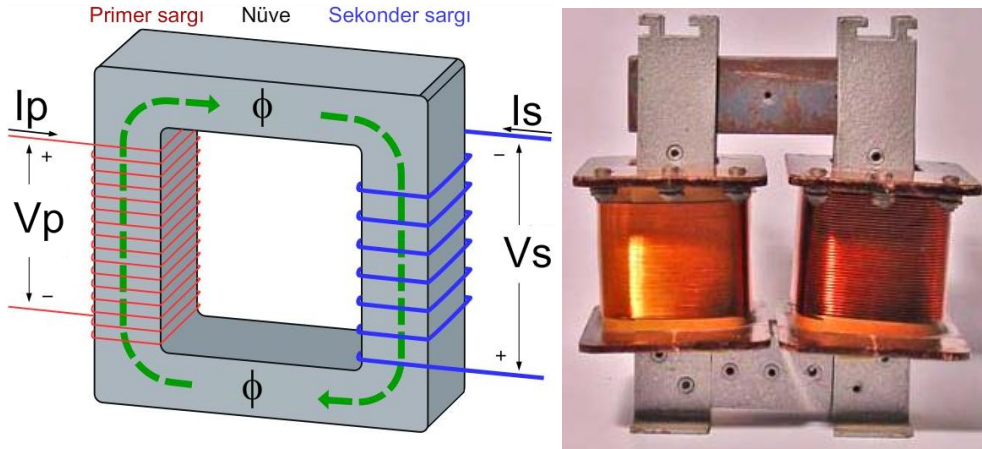
Elektrik enerjisinin santrallerden, kullanım alanlarına iletimi sırasında hatlarda ısı şeklinde güç kaybı ve gerilim düşümü olur. Bu durumu asgariye indirmek için güç sabit tutulup gerilimin yükseltilmesi gerekir. Bu akımın düşürülmesi demektir. Böylece hatlarda kullanılan iletkenlerin kesitleri küçülür, kayıplar azalır ve iletken maliyeti dolayısıyla da iletim maliyetleri düşer.

### 3.1. Transformatörün Yapısı

Transformatör, A.C sistemlerde gerilimin seviyesini frekans değiştirilmeden manyetik indüksiyon yoluyla dönüştürmek için kullanılan ve hareketli parçası bulunmayan bir elektrik makinesidir. Transformatörler; ince, silisli (silis, oksijen ve silisyumdan oluşan çok dayanıklı bir malzemedir) saclardan oluşan kapalı bir manyetik gövde ile bunun üzerine sarılan yalıtılmış iletken sargılarından oluşur. Şekil 3.1 de Transformatörün yapısı görülmektedir.

Temelde transformatörde iki sargı bulunur. Bu sargılardan biri primer (birincil) sargı diğeri ise sekonder (ikincil) sargıdır. Primer ve sekonder sargılarının elektriksel bir bağlantısı yoktur.

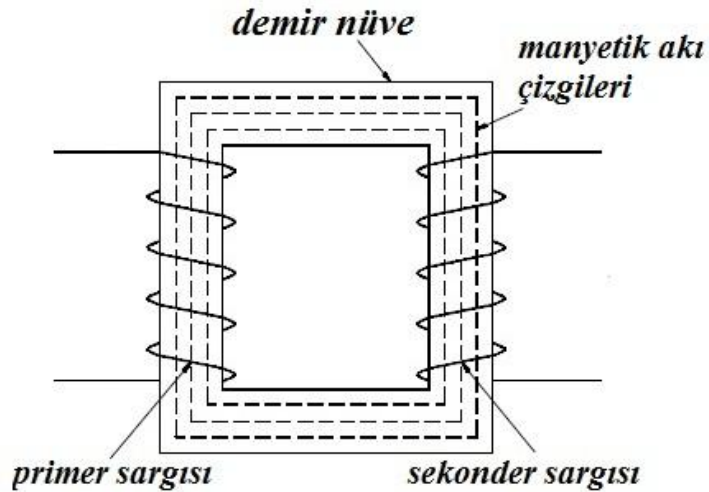
Transformatörlerin primer ve sekonder sargıları birbirlerinden elektriksel olarak yalıtıldıkları gibi nüveden de yalıtılır. Yalıtkan olarak pres bant, kâğıt, mika, bazı plastik maddeler, çeşitli yağlar, pamuk reçine, ağaç takozlar ve pertinaks gibi bazı maddeler kullanılır.



Şekil 3.1: Transformatör yapısı

### 3.2. Transformatörün Çalışma Prensibi

Transformatör, enerjinin değişken manyetik akı yoluyla bir iletken diğerine aktarılması prensibine göre çalışır. Manyetik akı bir A.C gerilim kaynağı tarafından oluşturulur. Primer sargısı uçlarına A.C gerilim uygulandığında sargı üzerinden bir alternatif akım geçer. Bu alternatif akım nüve üzerinde yönü ve şiddeti sürekli değişen bir manyetik akı oluşturur. Nüve üzerinde oluşan manyetik akı sekonder sargısı uçlarında bir A.C gerilim indüklenmesine neden olur. Böylece primer uçlarındaki A.C gerilim sekonder uçlarında bir gerilim indüklenmesi sağlar. Şekil 3.2 de demir nüveli Transformatörde manyetik akı çizgileri görülmektedir.

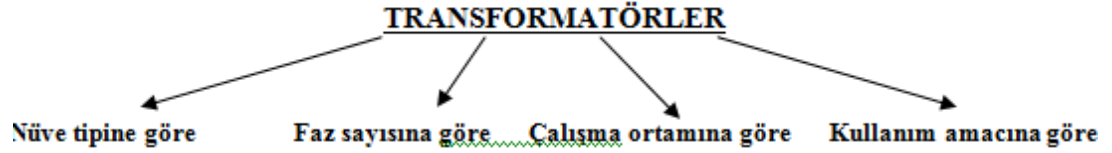


Şekil 3.2: Demir nüveli transformatör ve manyetik akı çizgileri

Transformatörler alternatif gerilimin seviyesini dönüştürme dışında başka uygulamalarda da kullanılabilir. Bu uygulamalardan en yaygın olanları empedans uygunlaştırma ve bir devreyi başka bir devreden elektriksel olarak yalıtmaştır.

### 3.3. Transformatör Çeşitleri

Uygulamada ihtiyaçlar çok farklı olduğundan transformatör çeşitleri de fazladır. Bu sebeple transformatörler farklı gruplar altında incelenmektedir.

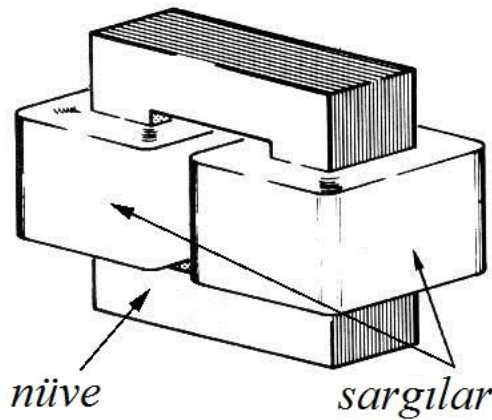
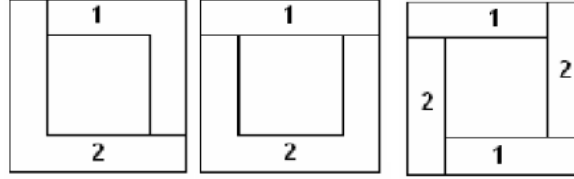


#### 3.3.1. Nüve Tipine Göre

Transformatör nüvelerinin türüne göre üç şekilde sınıflandırılır. Bunlar çekirdek tipi, mantel tip ve dağıtılmış tip nüveye sahip transformatörlerdir.

##### ➤ Çekirdek tipi

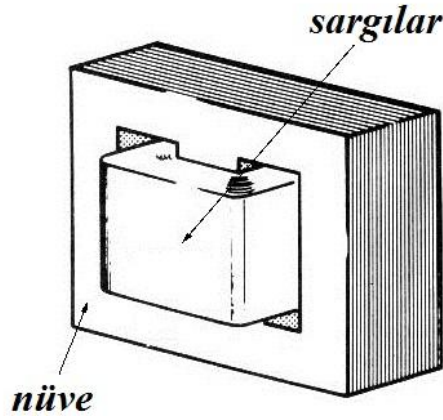
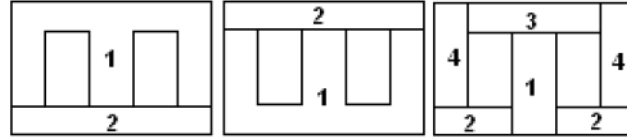
Çekirdek tip nüveli transformatörlerde yalıtım için daha fazla yer ayrılmıştır. Bu tip transformatörler büyük güçlerde ve yüksek gerilimlerde kullanılır. Sargı kontrolü kolaydır. Şekil 3.3'te çekirdek tip nüve görülmektedir.



Şekil 3.3: Çekirdek tip nüveli transformatör ve sac şekiller

➤ **Mantel tipi**

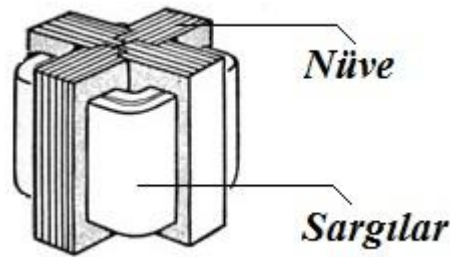
Mantel tip trafolar alçak gerilimlerde kullanılır. Sargılar manyetik nüve tarafından sarılmış durumdadır. Demir yolu kısa ve mıknatıslanma akımı küçüktür. Bu nedenle mantel nüveye sahip olan transformatörler zayıf akım uygulamalarında kullanılır. Sargılar dış etkilere karşı iyi korunur.Şekil 3.4 de mantel tipi transformatör ve sac şekilleri gösterilmiştir.



Şekil 3.4: Mantel tip nüveli transformatör ve sac şekiller

➤ **Dağıtılmış tip**

Dağıtılmış tip nüveye sahip transformatörler üstten bakıldığında “+” işaretine benzer. (Şekil 3.5)Bu nüveye sahip transformatörlerde kaçak alanlar küçük olduğu için boşa çalışma akımı ve iç gerilim düşümleri azdır. Soğutulması daha kolaydır.



Şekil 3.5: Dağıtılmış tip nüveli transformatör

### 3.3.2. Faz Sayısına Göre

Transformatör faz sayısına göre iki şekilde sınıflandırılır. Bunlar tek fazlı ve çok fazlı transformatörlerdir.

#### ➤ Tek fazlı transformatörler

Tek fazlı transformatörlerde tek primer sargısı bulunur. Primer sargısı tek fazlı giriş sinyali içindir. Sekonder sargısı amaca göre bir veya birden fazla olabilir.

#### ➤ Çok fazlı transformatörler

Çok fazlı transformatörlerde iki veya ikiden fazla primer sargısı bulunur. Sekonder sargısı amaca göre iki veya ikiden fazladır. Çok fazlı transformatörler çoğunlukla üç fazlı sarılırlar. Primer ve sekonder sargı sayılarına göre;

- Primer ve sekonderi aynı sayıda faza sahip olanlar (bir, iki, üç, altı, on iki fazlı transformatörler),
- Primer ve sekonderi farklı sayıda faza sahip olanlar (üç fazlı sistemi, iki, altı veya on iki faza dönüştüren transformatörler) şeklinde sınıflandırılır.

### 3.3.3. Çalışma Ortamına Göre

Transformatörler boyutları bakımından belki de en çok çeşitliliğe sahip elektrik devre elemanıdır. Elektrik enerjisi ve bu enerjinin dönüştürülmesine her alanda ihtiyaç duyulur. Bu nedenle transformatörlerin her çalışma ortamında kullanılması zorunlu hâle gelmiştir. Transformatörlerin kullanıldıkları ortama göre soğuk hava şartlarına, yağışlara, toza, suya, su basıncına ve sıcaklığa karşı iyi şekilde korunabilmektedir. Transformatörlerin başlıca çalışma ortamlarına göre;

- Platform tipi transformatörler,
- Yer altı tipi transformatörler,
- Su altı tipi transformatörler,
- İç mekân tipi transformatörler şeklinde sınıflandırılır.

### 3.3.4. Kullanma Amacına Göre

#### ➤ Düşürücü tip transformatör

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

Düşürücü tip transformatörler evlerimizdeki gece lambalarında, şarjlı süpürgelerde, cep telefonlarının şarj aletlerinde vb. cihazlarda kullanılır.

➤ **Yükseltici tip transformatör**

Primer sargısına uygulanan alternatif gerilimden daha büyük bir alternatif gerilim sekonder sargıdan alınıyorsa bu tip transformatörlere yükseltici tip transformatör denir.

Televizyonlarda ve enerji nakil hatlarındaki yüksek gerilim bu tip transformatörler ile oluşturur.

➤ **Ölçü transformatörleri**

Alternatif akımda yüksek gerilimlerin ve büyük akımların ölçü aletleri ile ölçülmesi zordur. 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 düşürülür. Ölçü transformatörleri, ölçmelerin güvenli bir biçimde, kolay ve doğru bir şekilde yapılmasını sağlar.

İki ayrı özellikte ölçü transformatörü vardır. Bunlar;

- Akım transformatörleri,
- Gerilim transformatörleridir.

➤ **Yalıtım (izolasyon) transformatörleri**

Yalıtım trafolarının amaç gerilim dönüşümü değildir. Bu transformatörlerin kullanım amacı iki devreyi elektriksel olarak birbirinden yalıtmaktır. Bu tip transformatörlerde primer sargısına uygulanan gerilim sekonderden aynı şiddette alınır.

Bahsedilen çeşitlerin dışında hat transformatörü, empedans uygunlaştırma transformatörü, oto transformatörü vb. çeşitleri de bulunmaktadır.

### 3.4. Dönüştürme Oranı

Transformatörlerin primer ve sekonder sarım sayıları, gerilimleri ve akımları arasında sabit bir oran vardır. Bu orana dönüştürme oranı denir. Dönüştürme oranı:

$$K = \frac{N_P}{N_S} = \frac{V_P}{V_S} = \frac{I_S}{I_P}$$

$K$  : Dönüştürme oranı

$N_P$  : Primer sarım sayısı

$N_S$  : Sekonder sarım sayısı

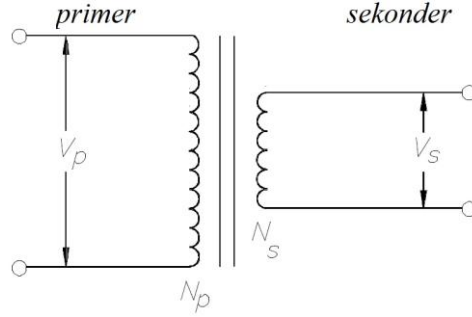
$V_P$  : Primer gerilimi, volt (V)

$V_S$  : Sekonder gerilimi, volt (V)

$I_P$  : Primer akımı, amper (A)

$I_S$  : Sekonder akımı, amper (A)

Dönüştürme oranına göre primer sarım sayısı ve gerilimi sabit kabul edilirse sekonder sarım sayısı artırılırsa sekonder gerilimi artar ve sekonder akımı düşer. Sekonder sarım sayısı az olursa sekonder gerilimi düşer.



Şekil 3.6: Örnek transformatör devresi

**Örnek 1:** Şekil 3.6'daki transformatör devresinde 120 V'luk primer gerilimi sekonder uçlarında 6 V olarak görülmektedir. Primer sargısı 360 tur ise sekonder sargısının tur sayısı hesaplanacak olursa;

$$\frac{N_P}{N_S} = \frac{V_P}{V_S} \Rightarrow \frac{360}{N_S} = \frac{120}{6} \Rightarrow N_S = \frac{360 \cdot 6}{120} = 18 \text{ olarak bulunur.}$$

**Örnek 2:** Şekil 3.6'daki transformatör devresinde dönüştürme oranı  $K=1/4$ , sekonder sargısı 5000 tur ve sekonder gerilimi 60 V ise primer gerilimi ve primer sargısının tur sayısı ne olur?

$$K = \frac{N_P}{N_S} = \frac{V_P}{V_S} \Rightarrow \frac{1}{4} = \frac{N_P}{5000} = \frac{V_P}{60}$$

$$N_P = \frac{5000}{4} = 1250$$

$$V_P = \frac{60}{4} = 15V$$

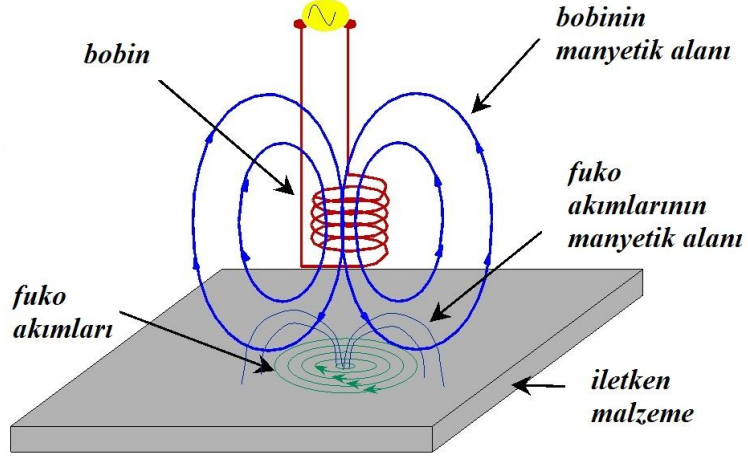
## 3.5. Transformatör Kayıpları

### 3.5.1. Fuko Kaybı

Bir nüve üzerine sarılmış bir bobinden değişken akım geçirildiğinde nüve üzerinde gerilim indüklenir. Bu gerilim nüvede kapalı çevrimler halinde çok sayıda akım yollarının oluşmasına neden olur. Bu olay yalnızca nüve yüzeyinde değil içinde de meydana gelir.(Şekil 3.7) Kapalı minik halkalar şeklinde oluşan bu akımlara fuko akımları (eddy -edi diye okunur- akımları) denir. Her bir kapalı akım yolundaki akım şiddeti doğrudan indüklenen gerilim ile orantılıdır. Akım şiddeti bu akım yolunun elektriksel direnci ile ters orantılıdır.

Fuko akımları nüvelerde aşırı ısınmaya neden olur. Isınma ise enerjinin kaybı anlamına gelir. Feko akımlarını önleyebilmek için transformatörlerde nüve için ince saclar kullanılır, bu saclar birbirlerinden yalıtılır ve öz direnci yüksek iletkenler kullanılır.

Alternatif gerilimin frekansı yükseldikçe feko akım şiddeti de artar. Doğru akım devrelerinde frekans bileşeni olmadığı için feko akımlarından söz edilemez.



Şekil 3.7: Feko akımlarının oluşması

### 3.5.2. Histerisiz Kaybı

Demir gibi bazı ferromanyetik maddeler haricî manyetik alana maruz kaldıklarında geçici ya da kalıcı olarak manyetiklik sergilemeye başlar. Bu manyetiklik transformatör üzerinde var olan manyetik alana ters yöndedir ve ısı olarak enerji kaybına neden olur. Bu kayba histerisiz kaybı denir.

Histerisiz kaybı, nüve moleküllerinin frekansa bağlı olarak yön değiştirmesi sırasında moleküllerin birbirleri ile sürtünmeleri sonucu ısı şeklinde ortaya çıkar.

### 3.5.3. Bakır Kaybı

Bakır kaybı genellikle transformatör sargıları veya diğer elektrikli cihazların iletkenlerinde elektrik akımının ürettiği ısı için kullanılan bir terimdir. Transformatörlerdeki bakır kayıpları sargıda kullanılan iletkenin direnci ve iletken üzerinden geçen akımın karesi ile doğru orantılıdır. Düşük frekanslı uygulamalarda kalın kesitli ve düşük dirençli iletkenler kullanılması ile bakır kaybı minimum seviyelere çekilebilir.

Transformatörün sekonderine bir yük bağlandığı zaman hem primerden hem sekonderden bir akım geçer. Geçen akımlar primerde  $I_p^2 \cdot R_p$  ve sekonderde  $I_s^2 \cdot R_s^2$  şeklinde bakır kayıpları oluşur.

Bakır kayıpları 1000 kVA'nın altındaki güçlerde transformatörün görünür gücünün % 3 ile % 4'ü kadardır.



### 3.6. Transformatörlerde Güç

İdeal bir transformatörde kayıplar göz önünde bulundurulmadan primer sargısında bulunan enerjinin doğrudan sekonder sargısına aktarıldığı düşünülür. Yine kayıplar göz ardı edilip transformatör sekonder uçlarına bir yük bağlandığında aktarılan enerjinin tamamı yük üzerinde bir güç harcanmasını sağlar. Transformatörlerde güç, sekonder uçlarındaki yükün empedansına dolayısıyla yükün çektiği akıma ve sekonder uçlarındaki gerilim değerine bağlıdır.

Enerjinin kayıpsız aktarılacağı düşünülürse;

$$P_p = P_s \text{ ve } I_p \cdot V_p = I_s \cdot V_s \text{ eşitlikleri yazılabilir.}$$

Burada  $P_p$  primer gücünü,  $P_o$  sekonder gücünü ifade eder. Eşitlikten yararlanılarak sekonder uçlarına bağlanan bir yükün çekebileceği en fazla akımın, dolayısıyla harcayacağı en fazla gücün ve transformatör gücünün primer akımı ve gerilimine de bağlı olduğu görülür. Primer gerilimin sabit şebeke gerilimi olduğu varsayılırsa primer akımı da transformatör gücü için önemli bir parametredir.

Örneğin kayıpları önemsenmeyen bir transformatörün primer gerilimi  $V_p = 220V$ , primer akımı  $I_p = 0,045A$  ve sekonder gerilimi  $V_s = 12V$  ise sekonder akımı ve transformatörün gücü;

$$P_p = P_s = V_p \cdot I_p = V_s \cdot I_s \Rightarrow P_p = 220 \cdot 0,045 = 10W$$

$$P_s = V_s \cdot I_s \Rightarrow 10 = 12 \cdot I_s \Rightarrow I_s = \frac{10}{12} = 0,83A \text{ olarak bulunur.}$$

### 3.7. Transformatörlerde Verim

Bir transformatörün verimi çıkış gücünün giriş gücüne oranıdır. Fuko, histerisiz ve bakır kayıpları her ne kadar küçük güçlü transformatörlerde önemsenmese de büyük güçler söz konusu olduğunda çıkışa aktarılan güç miktarını düşürmektedir. Yani kayıplar verimin yüzde yüz olmasını engellemektedir. Verim  $\eta$  (eta) ile gösterilir ve birimi yoktur. Yüzde olarak verimlilik aşağıdaki eşitlikle bulunabilir.

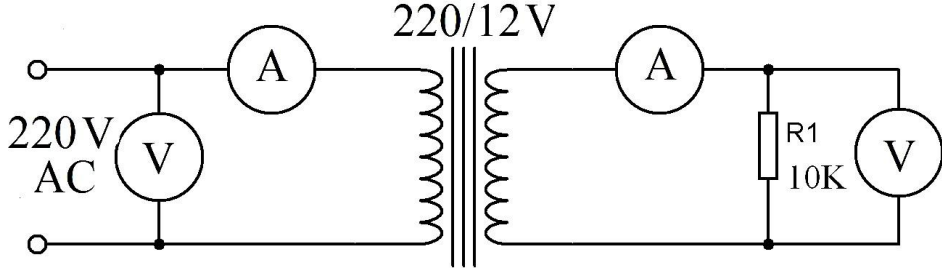
$$\% \eta = \frac{P_s}{P_p} \cdot 100$$

Örneğin 100W'lık bir transformatörde 2W kayıplara harcanyorsa bu transformatörün yüzde verimliliği;

$$\% \eta = \frac{P_s}{P_p} \cdot 100 = \frac{100 - 2}{100} \cdot 100 = \%98 \text{ olarak bulunur.}$$

## UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıdaki uygulamayı yaparak transformatör seçimini yapabilecek ve devreye bağlayabileceksiniz.



Transformatör uygulama devresi

### İşlem Basamakları

- Şekildeki devreyi breadboard üzerine kurunuz.
- Devreye enerji veriniz.
- Ölçü aletlerinde okunan değerleri not alınız.

$I_1 = \dots\dots\dots$

$V_1 = \dots\dots\dots$

$I_2 = \dots\dots\dots$

$V_2 = \dots\dots\dots,$

- Devrenin enerjisini kesiniz.
- Transformatörün dönüştürme oranını hesaplayınız.

.....  
.....  
.....

- Transformatörün primer gücünü hesaplayınız.

.....  
.....  
.....

- Transformatörün sekonder gücünü hesaplayınız.

.....  
.....  
.....

- Transformatörün verimini hesaplayınız.

.....  
.....

---

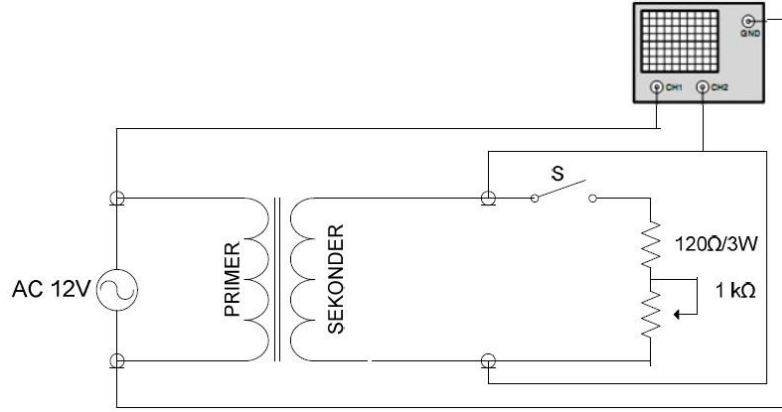
## Öneriler

➤ İş güvenliği tedbirlerini alınız.

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

$$P = V.I$$

$$\% \eta = \frac{P_s}{P_p} \cdot 100$$



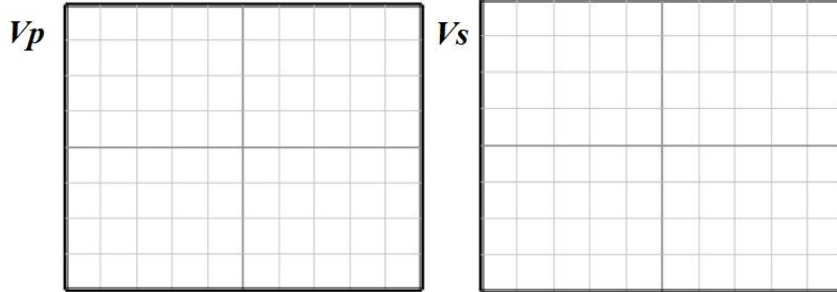
**Transformatör uygulama devresi**

### İşlem basamakları

- Şekildeki devreyi şemada gösterilen malzemeleri kullanarak breadboard üzerine kurunuz.
- Transformatöre enerji verilmemiş ve S anahtarı açık durumda iken primer ve sekonder sargılarının direncini avometre ile ölçünüz.
- S anahtarı açık durumda iken devreye A.C 12V uygulayarak yüksüz primer ve sekonder gerilimlerini osilaskopla gözlemleyiniz.
- S anahtarını kapatarak sekonder yükünü devreye alınız. Yüklü primer ve sekonder gerilimlerini osilaskopla gözlemleyiniz. Potansiyometreyi ayarlayarak yük değişiminin sekonder gerilimine etkisini inceleyiniz.
- Ölçüm sonuçlarını kaydediniz.

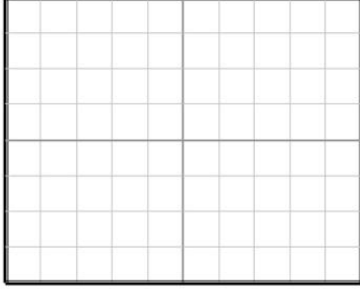
Primer sargı direnci	
Sekonder sargı direnci	

- Yüksüz ölçümler

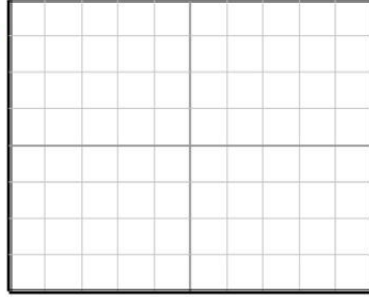


- Yüklü ölçümler

$V_p$



$V_s$



### İşlem basamakları

- Devreyi kurarken kesinlikle enerji altında çalışmayınız.
- Transformatörde giriş gerilimi olarak şebeke gerilimi kullanıyorsanız primer terminallerini gerilim uygulamadan önce elektrik bandı ya da benzeri bir malzeme kullanarak yalıtınız.
- Osiloskopta ölçüm yaparken Volts/Div ve Time/Div kademelerini sinyalleri en iyi gözleyebileceğiniz pozisyona getiriniz.

## 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. Devreye uygun transformatör seçebildiniz mi?		
2. Transformatörü devreye bağlayabildiniz mi?		
3. Transformatör ölçümleri yapabildiniz mi?		
4. Transformatör hesaplamaları yapabildiniz 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.

1. Transformatör için aşağıdaki ifadelerden hangisi doğrudur?  
A) Manyetik indüksiyon prensibine göre çalışır.  
B) Çalışmak için haricî gerilim kaynağına ihtiyaç duyar.  
C) Hareketli parçaları vardır.  
D) Gerilim dönüştüren bir motoru vardır.
2. Transformatörün elektrik devrelerinde görevi nedir?  
A) Frekansı değiştirmek  
B) A.C'yi D.C' ye dönüştürmek  
C) A.C'nin seviyesini değiştirmek  
D) A.C faz değiştirmek
3. Transformatörde nüve ne işe yarar?  
A) Gerilimi doğrultur.  
B) Kısa devrelerden korumak için empedans sağlar.  
C) Sargılardaki harmonikleri yok eder.  
D) Manyetik akının geçişi için yol sağlar.
4. Transformatörlerde dönüştürme oranı nedir?  
A) Güçteki değişim oranıdır.  
B) Nüve ile sarımlar arasındaki güç oranıdır.  
C) Primer ve sekonder sargılarının tur sayılarının oranıdır.  
D) Bakır kayıplarının fuko kayıplarına oranıdır.
5. Transformatörün verimi aşağıdakilerden hangisidir?  
A) Primer geriliminin sekonder gerilimine oranı  
B) Primer akımının sekonder akımına oranı  
C) Primer empedansını sekonder empedansına oranı  
D) Sekonder gücünün primer gücüne oranı
6. Aşağıdakilerden hangisi nüve tipine göre transformatörlerden değildir?  
A) Mantel tip  
B) Dağıtılmış tip  
C) Çekirdek tip  
D) Tek fazlı tip
7. Sekonder sargısı 500 ve sekonder gerilimi 20 V olan bir transformatörün primer gerilimi 150 V ise primer sargısı aşağıdakilerden hangisidir?  
A) 3750  
B) 37500  
C) 375  
D) 37,5

8. Transformatörde verim aşağıdaki simgelerden hangisi ile gösterilir?
- A)  $\mu$                       B)  $\eta$                       C)  $\pi$                       D)  $\lambda$
9. 200W güce sahip bir transformatörde 5W bakır, fuko ve histerisiz kayıplarına harcanıyorsa bu transformatörün verimi yüzde kaç olur?
- A) 95,5                      B) 97,5                      C) 92                      D) 90
10. Aşağıdakilerden hangisi kullanım amacına göre transformatörlerden değildir?
- A) Sabit gerilim transformatörleri                      B) Ayarlı gerilim transformatörleri  
C) Sabit akım transformatörleri                      D) Değişken yük transformatörleri
11. Transformatör, girişine uygulanan sinyalin hangi özelliği kesinlikle değişmez?
- A) Gerilim                      B) Frekans                      C) Akım                      D) Güç
12. Transformatörün çalışması alternatif akımın etkilerinden hangisine bağlıdır?
- A) Işık                      B) Manyetik alan                      C) Isı                      D) Kimyasal
13. Hangisi nüve çeşitlerine göre transformatör çeşitlerinde değildir?
- A) Düşürücü tip                      B) Dağıtılmış tip                      C) Çekirdek tipi                      D) Mantel tip
14. Bir transformatörün yapısında aşağıdakilerden hangisi vardır?
- A) Primer sargı                      B) Sekonder sargı                      C) Nüve                      D) Hepsi
15. Bir transformatörün nüvesi, manyetik geçirgenliği kötü olan bir nüve ile değiştirilirse aşağıdakilerden hangisinde artma görülür?
- A) Sekonder gerilimi                      B) Sekonder gücü  
C) Dönüştürme oranı                      D) Kayıplar
16. Aşağıdaki kayıp çeşitlerinden hangisi bir transformatör için söz konusu değildir?
- A) Rüzgar kayıpları                      B) Histerisiz kaybı                      C) Bakır kaybı                      D) Fuko kaybı



# ÖĞRENME FAALİYETİ-4

## AMAÇ

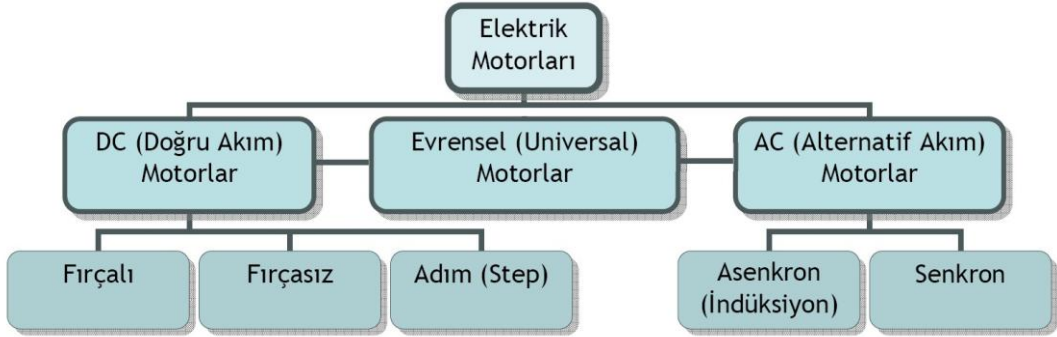
Bu öğrenme faaliyeti sonunda alternatif akım motorlarının, doğru akım motorlarına olan üstünlüklerini kavrayacak, kullanım yerlerini seçebilecek ve devreye bağlantılarını yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Alternatif akım motorlarının kullanıldığı alanları araştırınız.
- Alternatif akım motorlarının doğru akım motorlarından farklarını araştırarak bir rapor hâlinde sınıf ortamında arkadaşlarınıza ve öğretmeninize sununuz.

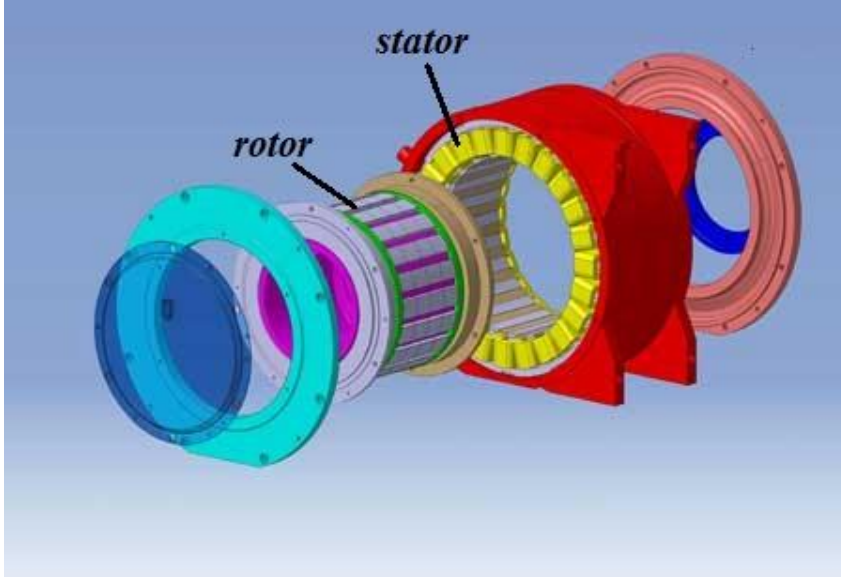
## 4. A.C MOTORLAR

Bir elektrik motoru, elektrik enerjisinden hareket enerjisi elde etmeye yarayan bir makinedir. Şekil 4.1’de elektrik motorları için basit bir sınıflandırma tablosu verilmiştir.



Şekil 4.1: Elektrik motoru çeşitleri

A.C motorlar asenkron ve senkron olmak üzere genel olarak iki gruba ayrılabilir. Asenkron motorlarda temelde iki kısımdan oluşur.(Şekil 4.2) Bunlardan birisi stator diğeri rotordur. Statora uygulanan alternatif gerilim bir manyetik alan oluşturur. Rotor ise bu manyetik alan içinde bulunur ve stator manyetik alanı rotor üzerinde bir indüksiyon akımı meydana gelir. Stator ve rotor birer elektromıknatıs olarak çalışır ve oluşturdukları manyetik alanların birbirini itip çekmesi ile hareket enerjisi oluşur.

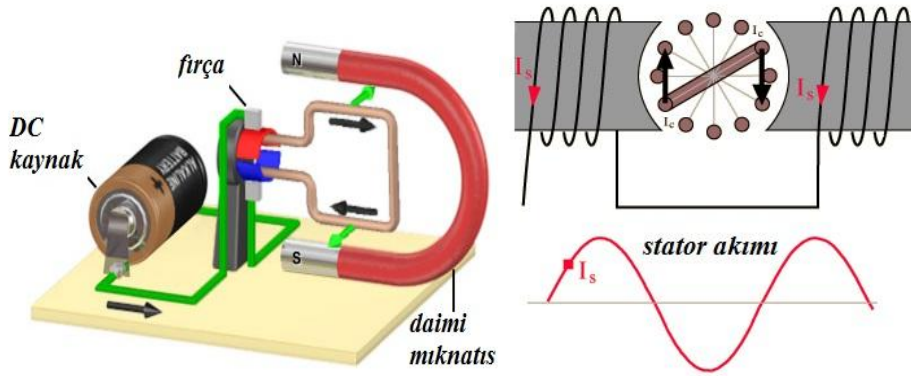


Şekil 4.2: Asenkron motor

#### 4.1. A.C Motorların D.C. Motorlarla Karşılaştırılması

D.C. ve A.C motorların kullanım alanlarına göre birbirlerine birtakım üstünlükleri vardır.

Alternatif akım motorları, D.C. motorlara göre daha basit yapıda ve daha ucuz olmaları, ark oluşturmamaları, momentlerinin yüksek olması nedeniyle doğru akım motorlarına göre daha çok tercih edilir.(Şekil 4.3)



Şekil 4.3: Temel D.C. ve A.C motor

## 4.2. A.C Motor Çeşitleri

Alternatif akım motorları temelde senkron ve asenkron olmak üzere iki çeşittir. Senkron motorun rotorunda sargılar bulunur ve bu sargılardan bir kaynak vasıtasıyla akım geçirilir. Bu nedenle bu motorların rotor devir sayıları stator döner alan devir sayısına eşittir. Asenkron motorlarda ise enerji sadece stator sargılarına verilir. Stator sargılarındaki döner alan rotor sargıları ya da kısa devre çubuklarında endüksiyon yoluyla akım dolaştırarak rotorun dönmesini sağlar. Bu motorlarda rotor devri döner alanın devrine ulaştığında indükleme olmayacağından rotor devri döner alanın devrinden daima küçüktür.

Faz sayısına göre ise asenkron motorlar genelde bir fazlı ve üç fazlı olarak yapılır.

### 4.2.1. Bir Fazlı Motor

Bir fazlı motorlarda iki çeşit sargı bulunmasına karşın sargılar aynı gerilimle beslenir. Sargılar faz farkı oluşturacak şekilde farklı özelliktedir.

Bir fazlı A.C motorların kullanım alanları oldukça fazladır. Bunun nedeni bakımının ve maliyetinin düşük olmasıdır. Evlerde kullanılan çamaşır ve bulaşık makinelerinde ve diğer bazı ev aletlerinde çoğunlukla bir fazlı asenkron motorlar kullanılır.

#### ➤ Tanımı ve çeşitleri

Bir fazlı asenkron motorlar kendi aralarında yardımcı sargılı (Resim 4.1) ve gölge kutuplu motorlar olmak üzere iki gruba ayrılır.

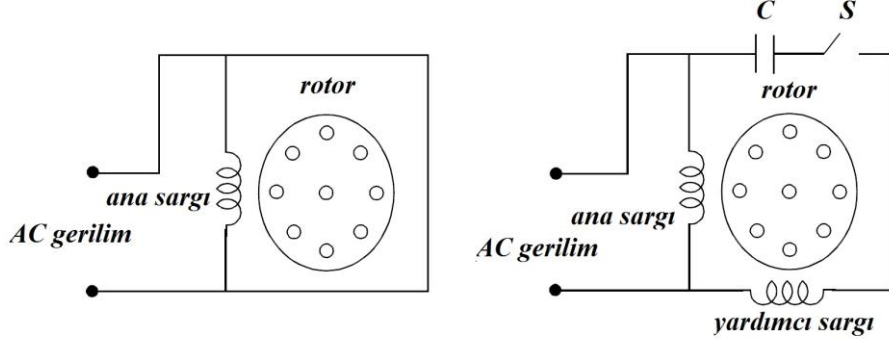


Resim 4.1: Yardımcı sargılı bir fazlı A.C motor

#### ➤ Çalıştırılması

Bir fazlı asenkron motorlarda tek stator sargısı ve sincap kafesi rotorlar kullanılır. Stator sargısına uygulanan tek fazlı alternatif akım sargı üzerinde değişken manyetik alan oluşturur. Bu indüksiyon dolayısı ile rotor enerjilenir. Bu durum motorun hareket üretmesine yetmez sadece bir titreşim oluşturur. Dolayısıyla motora ilk hareketi dışardan tatbik etmek gerekir. İlk hareket verebilmek için bir fazlı motorlarda yardımcı sargı bulunur. Motora ilk hareket verildikten sonra yardımcı sargı devreden çıkar.

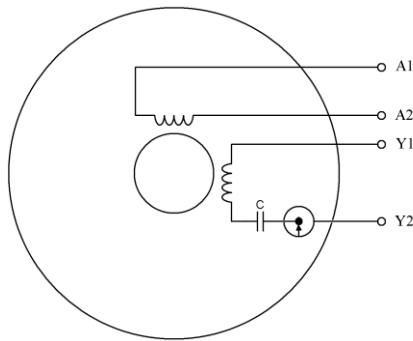
Şekil 4.4'te bir fazlı motor devrelerinde yardımcı sargı motorun ilk anda hareketini sağlamak için konulmuştur. Yardımcı sargının önündeki C kondansatörü ise ilk hareket anında 90 derecelik faz farkını oluşturabilmek içindir. Motor ilk hareketten ve normal devrine ulaştıktan sonra yardımcı sargıyı ve C kondansatörünü devre dışı bırakmak için S anahtarı kullanılmıştır. Bu anahtar ilk anda kapalıdır. Motor yeterli devri aldıktan sonra dönmenin etkisi ile açılır ve yardımcı sargıyla kondansatörü devre dışı bırakır.



Şekil 4.4: Yardımcı sargısı olan ve olmayan bir fazlı motor devreleri

#### ➤ Dönüş yönünün değiştirilmesi

Yardımcı sargılı asenkron motorlarda devir yönünü değiştirmek için bobinlerden birinin akım yönünü değiştirmek gerekir. Bu değiştirme, daha çok yardımcı sargıda uygulanır. Sargı uçları stator içinde bağlanarak dışarıya üç tane uç çıkartılır. Uçlardan ikisi ana sargı, diğeri ise yardımcı sargı ucudur ve bu uç santrifüj anahtara bağlanır. Devir yönü sık sık değiştirilen motorlarda ise klemens tablosuna dört uç çıkartılır. Örneğin Şekil 4.5'deki iki ana sargısı ve bir yardımcı sargısı bulunan bir fazlı motorun dönüş yönünü değiştirmek için Y1 ve Y2 uçları yer değiştirilir.



Şekil 4.5: Bir fazlı motor bağlantı şeması

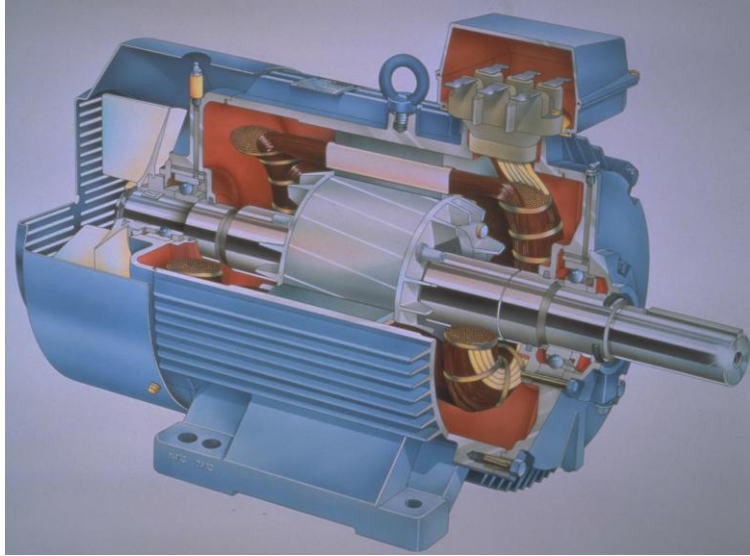
Aspiratör, vantilatör, kompresör, çamaşır makinası gibi motorlar, daima bir yönde döner. Bu nedenle sargı uçları stator içinde bağlanarak dışarıya üç uç çıkartılır. Uçlardan ikisi ana sargı, diğeri ise yardımcı sargı ucudur ve bu uç santrifüj anahtara bağlanır. Devir yönü sık sık değiştirilen motorlarda ise klemens tablosuna dört uç çıkartılır.

## 4.2.2. Üç Fazlı Motor

### ➤ Tanımı ve çeşitleri

Üç fazlı motorlar, basit tasarıma, yapısı gereği yüksek ilk hareket torkuna ve verimliliğe sahip olduğu için endüstride en çok tercih edilen motorlardır. Kullanım alanları arasında endüstriyel fanlar, havalandırma sistemleri, kompresörler ve konveyör sistemleri sayılabilir.

Üç fazlı motorlar yapısal olarak bir fazlı motorlarla benzer.(Resim 4.2) Manyetik alanın oluşturulduğu bir stator ve mekanik enerjinin alındığı rotora sahiptir. Üç fazlı motorlarda üç adet stator sargısı vardır ve bu sargılar aralarında  $120^\circ$  farkla konumlandırılır.

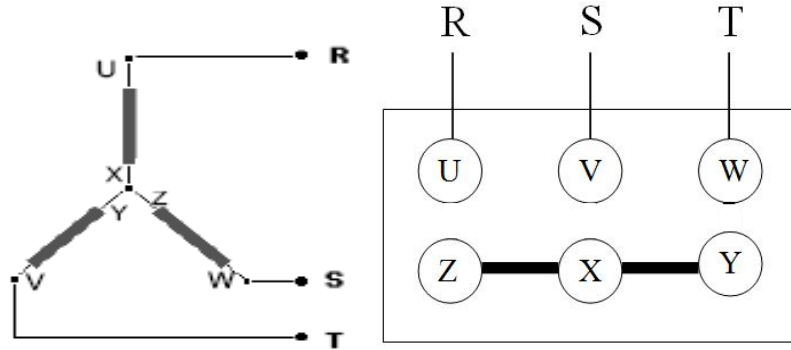


**Resim 4.2: Üç fazlı motor**

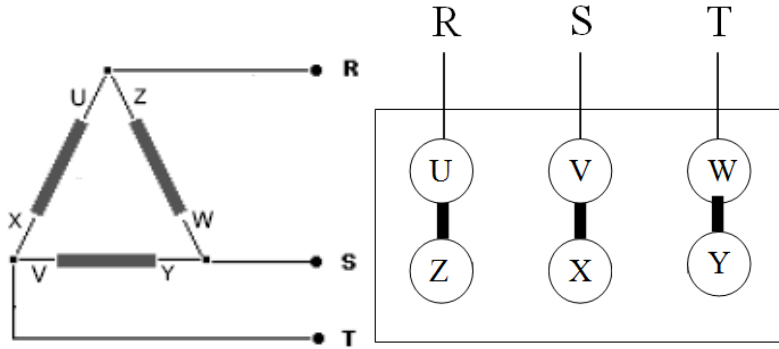
Stator ve rotor arasında elektriksel bir bağlantı yoktur ve bu motor elemanları yüksek mıknatıslanma özelliğine sahip plakalardan üretilir. Statorda indüklenen manyetik akı rotora havadan iletilir. Rotorda indüklenen manyetik alan ile stator manyetik alanı arasındaki itme-çekme kuvveti hareketin oluşmasını sağlar. Dönme hareketi, rotor manyetik alanının stator döner manyetik alanının peşinden sürüklenmesi ile gerçekleşir.

### ➤ Çalıştırılması

Üç fazlı A.C motorları çalıştırmanın (yol vermenin) en kolay şekli doğrudan yol vermedir. Motorun sargı uçları birer şalter üzerinden (Şekil 4.8’de kontaktör) direkt olarak şebekeye bağlanır. Asenkron motorlar ilk çalışma anında nominal akımlarının yaklaşık üç kat fazlasını şebekeden çeker. Doğrudan yol verme yönteminde motor ilk anda boşta çalıştırılmalıdır. Direkt yol verme, yüksek güçlü motorlarda (5 kW’ın üstünde) aşırı ısınma nedeniyle sargıların zarar görmesine neden olabilir. Bu nedenle yüksek güçlü motorlara düşük gerilimle yol verilir(Şekil 4.6).

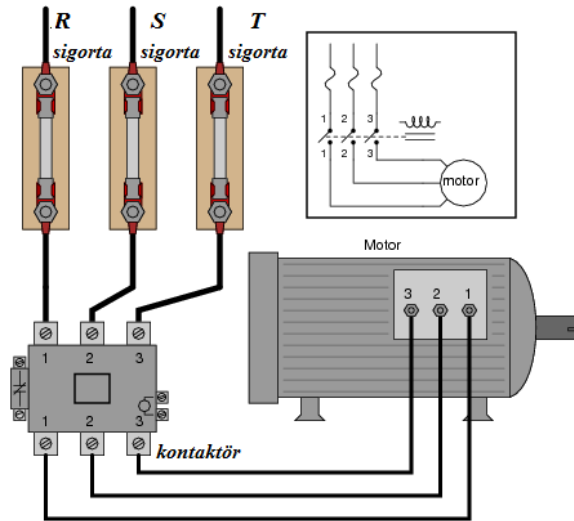


Şekil 4.6: Üç fazlı motorun yıldız devre bağlantısı



Şekil 4.7: Üç fazlı motorun üçgen devre bağlantısı

Şekil 4.8'de üç fazlı bir asenkron motora direkt yol verilmesine ilişkin bir şema görülmektedir. Devrede kontaktörden akım geçirildiğinde kontaktör kontakları konum değiştirir. Açık kontaklara bağlı üç faz, kontaktör kapanınca motor sargılarından akım dolaştırarak motorun çalışması sağlanır.

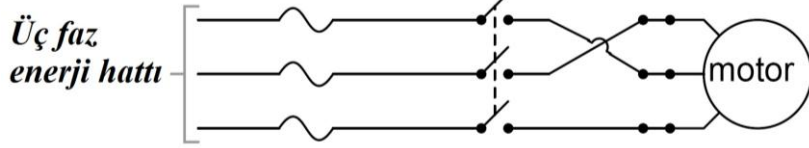


Şekil 4.8: Üç fazlı motora doğrudan yol verme

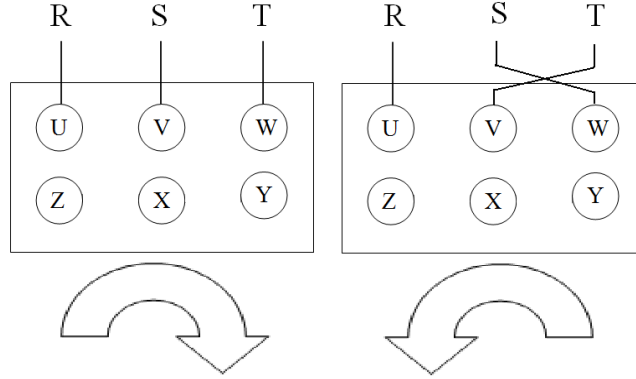
➤ **Dönüş yönünün değiştirilmesi**

Üç fazlı A.C motorlarda dönüş yönü değiştirilmek istendiğinde herhangi iki fazın bağlantı yerleri değiştirilip diğer tek fazın sabit tutulması yeterlidir (Şekil 4.9). Ayrıca üç fazlı motorlarda dönüş yönünün değiştirilmesi için motor klemens tablosu bağlantısı şekil 4.10 da gösterilmiştir.

Dönüş yönü değiştirme işlemi genellikle kontaktörlerle yapılır. Dönüş yönünü değiştirmek için bazı durumlarda özel paket şalterler de kullanılmaktadır.



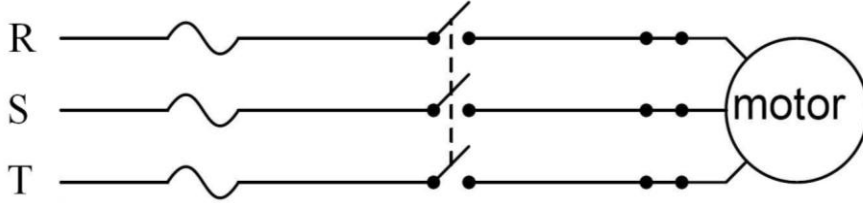
Şekil 4.9: Üç fazlı motorda dönüş yönünün değiştirilmesi



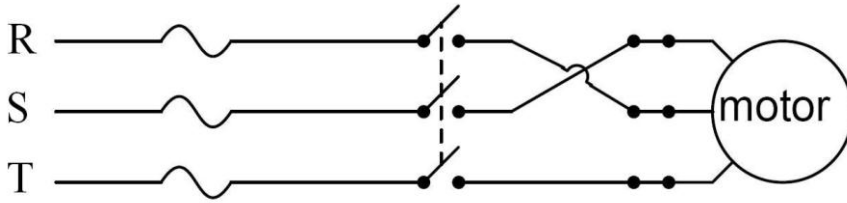
Şekil 4.10: Üç faz motor bağlantısı ve dönüş yönünün değiştirilmesi

## UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıdaki uygulamayı yaparak AC motor seçimini yapabilecek ve çalıştırabileceksiniz.



**Paket şalterle motora yol verme devresi**



**Paket şalterle motorun dönüş yönünü değiştirme devresi**

### İşlem Basamakları

- Şekildeki devreyi kurunuz.
- Devreye enerji veriniz.
- Devreye enerji vererek motorun dönüş yönünü not ediniz.
- Enerjiyi kesiniz.
- Klemens tablosunda S ve T fazlarını yer değiştiriniz.
- Devreye tekrar enerji veriniz.
- Devreye enerji vererek motorun dönüş yönünü not ediniz.
- Devrenin enerjisini kesiniz.
- Bir önceki bağlantıdaki dönüş ile karşılaştırınız.
- Motorun dönüş yönünü değiştirmek için değişik bağlantı şekillerini belirleyip rapor olarak yazınız.

### Öneriler

- İş güvenliği tedbirlerini alınız.
- Üç fazlı sistemde 380V A.C gerilim olduğunu hatırlayınız. Öğretmeniniz olmadan sisteme enerji vermeyiniz.



## KONTROL LİSTESİ

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

<b>Değerlendirme Ölçütleri</b>	<b>Evet</b>	<b>Hayır</b>
1. Bir fazlı A.C motor seçimini yapabildiniz mi?		
2. Bir fazlı A.C motoru devreye bağlayabildiniz mi?		
3. Bir fazlı A.C motorun devir yönünü değiştirebildiniz mi?		
4. Üç fazlı A.C motor seçebildiniz mi?		
5. Üç fazlı AC motoru devreye bağlayabildiniz mi?		
6. Üç fazlı AC motorun devir yönünü değiştirebildiniz 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

Aşağıda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. ( ) Elektrik enerjisini kullanarak mekanik enerji elde eden makinelere elektrik motoru denir.
2. ( ) Stator ve rotor birer elektromıknatıs olarak çalışır ve oluşturdukları manyetik alanların birbirini itip çekmesi ile kimyasal enerjisi oluşur.
3. ( ) Evlerde kullanılan çamaşır ve bulaşık makinelerinde çoğunlukla üç fazlı asenkron motorlar bulunur.
4. ( ) Bir fazlı asenkron motorlarda tek stator sargısı ve sincap kafesi rotorlar kullanılır.
5. ( ) İlk hareket verebilmek için bir fazlı motorlarda yardımcı sargı bulunur.
6. ( ) Yardımcı sargılı asenkron motorlarda devir yönünü değiştirmek için bobinlerden birinin akım yönünü değiştirmek gerekir.
7. ( ) Üç fazlı motorlarda üç adet stator sargısı vardır ve bu sargılar aralarında  $100^\circ$  farkla konumlandırılır.
8. ( ) Üç fazlı motorlarda stator ve rotor arasında elektriksel bir bağlantı yoktur ve bu motor elemanları yüksek mıknatıslanma özelliğine sahip plakalardan üretilir.
9. ( ) Asenkron motorlar ilk çalışma anında nominal akımlarının 15-20 kat fazlasını şebekeden çeker.
10. ( ) Üç fazlı AC motorlarda dönüş yönü değiştirilmek istendiğinde herhangi iki fazın bağlantı yerleri değiştirilip diğer tek fazın sabit tutulması yeterlidir.

## 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

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi açısal hızın sembolüdür?  
A)  $\alpha$                       B)  $f$                       C)  $\omega$                       D)  $T$
2. Aşağıdaki frekanslardan dalga boyu en küçük olanı hangisidir?  
A) 50 Hz                      B) 60 Hz                      C) 6 kHz                      D) 5 MHz
3. Alternatif akımın aşağıdaki etkilerinden hangisi kullanılmaz?  
A) Isı etkisi                      B) Işık etkisi                      C) Manyetik etki                      D) Kimyasal etki
4. Aşağıdakilerden hangisi büyüdüğünde bir bobinin endüktansı artar?  
A) Bobin çapı                      B) Nüve                      C) Siper sayısı                      D) Hepsi
5. Aşağıdakilerden hangisi arttıkça bir kapasitörün kapasitesi azalır?  
A) Plakaların yüzey alanı                      B) Dielektrik katsayısı  
C) Plakalar arasındaki mesafe                      D) Hiçbiri
6. 4  $\Omega$ 'luk bir direnç ve 3  $\Omega$ 'luk bir bobin 110V 50 Hz'lik bir kaynağa seri bağlanınca devrenin empedansı ne olur?  
A) 3  $\Omega$                       B) 4  $\Omega$                       C) 5  $\Omega$                       D) 7  $\Omega$
7. 4  $\Omega$ 'luk bir direnç ve 3 $\Omega$ 'luk bir bobin 110 V 50 Hz'lik bir kaynağa seri bağlanınca devrenin faz açısı ne olur?  
A) 37°                      B) 47°                      C) 53°                      D) 63°
8. 4  $\Omega$ 'luk bir direnç ve 3  $\Omega$ 'luk bir bobin 110 V 50 Hz'lik bir kaynağa seri bağlanınca devrenin aktif gücü ne olur?  
A) 1936 W                      B) 88 W                      C) 4 W                      D) 1550 W
9. 4  $\Omega$ 'luk bir direnç ve 3  $\Omega$ 'luk bir bobin 110 V 50 Hz'lik bir kaynağa seri bağlanınca devrenin reaktif gücü ne olur?  
A) 3 VAR                      B) 1452 VAR                      C) 871 VAR                      D) 66 VAR
10. 4  $\Omega$ 'luk bir direnç ve 3  $\Omega$ 'luk bir bobin 110 V 50 Hz'lik bir kaynağa seri bağlanınca devrenin görünür gücü ne olur?  
A) 5 VA                      B) 1778 VA                      C) 2420 VA                      D) 110 VA

11. Üç fazlı yıldız bağlı bir motorun hat akımı 173 A'ı göstermektedir. Motorun faz akımı aşağıdakilerden hangisidir?
- A) 122 A                      B) 110 A                      C) 100 A                      D) 173 A
12. Bir asenkron motorun şebekeden çektiği aktif güç 3 kW ve reaktif güç de 4 kVAR'tir. Motorun güç katsayısı aşağıdakilerden hangisidir?
- A)  $\cos\phi = 0.6$                       B)  $\cos\phi = 0.7$                       C)  $\cos\phi = 0.8$                       D)  $\cos\phi = 0.9$
13. Bir transformatörün nüvesi, manyetik geçirgenliği kötü olan bir nüve ile değiştirilirse aşağıdakilerden hangisinde artma görülür?
- A) Çıkış gerilimi                      B) Çıkış gücü                      C) Dönüştürme oranı                      D) Kayıplar
14. Aşağıdaki kayıp çeşitlerinden hangisi bir transformatör için söz konusu değildir?
- A) Rüzgâr kayıpları                      B) Histeresiz kaybı                      C) Bakır kaybı                      D) Fuko kaybı
15. Aşağıdakilerden hangisi transformatörlerde kullanılan nüve çeşitlerinden değildir?
- A) Yumuşak demir                      B) Çekirdek tip                      C) Dağıtılmış tip                      D) Mantel tip
16. Primer sargısının sarım sayısı 10 ve sekonder sargısının sarım sayısı 100 olan bir transformatöre 100 V uygulanırsa sekonderinden kaç volt gerilim alınır?
- A) 10 V                      B) 100 V                      C) 1000 V                      D) 10000 V
17. Giriş gerilimi 120 V ve çıkış gerilimi 6 V olan bir transformatörün dönüştürme oranı aşağıdakilerden hangisidir?
- A) 6                      B) 20                      C) 40                      D) 120
18. Giriş gücü 10 W ve çıkış gücü 9,5 W olan bir transformatörün verimi aşağıdakilerden hangisidir?
- A) % 5                      B) % 95                      C) % 100                      D) Hiçbiri
19. Giriş gücü 10 W ve çıkış gücü 9,5 W olan bir transformatörün toplam kaybı kaç W'tır?
- A) 19,5 W                      B) 10 W                      C) 9,5 W                      D) 0.5 W
20. Bir transformatörün tel direncinden kaynaklanan kaybı aşağıdakilerden hangisidir?
- A) Fuko kaybı                      B) Histeresiz kaybı                      C) Bakır kaybı                      D) Hepsisi
21. Bir fazlı motorlarda yardımcı sargının kullanım amacı aşağıdakilerden hangisidir?
- A) Motor gücünü artırmak                      B) Faz farkı yaratmak  
C) Motor momentini artırmak                      D) Hiçbiri

22. Aşağıdakilerden hangisi A.C motorların üstünlüklerinden değildir?
- A) Ucuz olmaları  
B) Verimlerinin yüksek olması  
C) Devir sayılarının kolay ayarlanması  
D) Yapılarının basit ve bakıma az ihtiyaç göstermeleri
23. Aşağıdakilerden hangisi bir fazlı asenkron motorların devir yönünü değiştirme yöntemlerinden biri değildir?
- A) Ana sargı uçlarını ters bağlamak                      B) Yardımcı sargı uçlarını ters bağlamak  
C) Bütün sargı uçlarını ters bağlamak                      D) Hepsi
24. 380 V'luk şebekeye yıldız bağlı bir üç fazlı bir asenkron motorun faz sargılarının gerilimleri aşağıdakilerden hangisidir?
- A) 220 V                      B) 240 V                      C) 310 V                      D) 380 V

Aşağıda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

25. ( ) Bir akımın sinüzoidal olabilmesi için akımın elde edildiği bobinler manyetik alan içerisinde doğrusal hareket ettirilmelidir.
26. ( ) Bir sinüs eğrisinin başlangıç noktası x ekseninin pozitif bölgesinde ise bu eğri ileri faz eğrisidir.
27. ( ) Bir bobinin nüvesi büyüdükçe bobin endüktansı artar.
28. ( ) Bir kapasitörün plakaları uzaklaştırılınca kapasitesi artar.
29. ( ) Üç fazlı dengeli yıldız bağlı devrelerde hat gerilimi faz gerilimine eşit ve hat akımı da faz akımının  $\sqrt{3}$  katıdır.
30. ( ) Bir transformatörün manyetik kaçaklarını azaltarak transformatörün verimini artırılabilir.
31. ( ) 10/100 V'luk bir transformatörün dönüştürme oranı 10'dur.
32. ( ) Bir transformatörün çıkışından, girişine göre daha düşük gerilim alabilmek için çıkış sargısının girişe göre daha az sarımlı olması gerekir.

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

33. Alternatif akım santrallerde ..... ile yükseltılarak iletilir.
34. Alternatif akımın maksimum değeri, etkin değerinin ..... katıdır.

35. Bir alternatör rotorunun birim zamandaki dönüş sayısı arttıkça frekansı .....
36. Frekansı 50 Hz olan bir akımın periyodu ..... milisaniyedir.
37. Başlangıç noktası x ekseninin pozitif bölgesinde olan sinüs eğrisine .....faz eğrisi denir.
38. Bir bobin içerisindeki ..... hareket ettirilerek bobin endüktansı ayarlanabilir.
39. Seri R-L-C devresinde devre geriliminin ileri fazlı olması için devredeki endüktif reaktansın kapasitif reaktanstan ..... olması gerekir.
40. Bir rezonans devresinde kalite kat sayısı ile bant genişliği arasında ..... orantı söz konusudur.

# CEVAP ANAHTARLARI

## ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

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

## ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	B
3	C
4	B
5	D
6	B
7	A
8	A
9	C
10	A
11	D
12	D
13	A
14	D
15	B
16	C
17	A
18	C
19	A

### ÖĞRENME FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	A
2	C
3	D
4	C
5	D
6	D
7	A
8	B
9	B
10	D
11	D
12	B
13	A
14	D
15	D
16	A

### ÖĞRENME FAALİYETİ-4'ÜN CEVAP ANAHTARI

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



## MODÜL DEĞERLENDİRMENİN CEVAP ANAHTARI

1	C
2	D
3	D
4	D
5	C
6	C
7	C
8	A
9	B
10	C
11	D
12	A
13	D
14	A
15	A
16	C
17	B
18	B
19	D
20	C
21	B
22	C
23	C
24	A
25	Yanlış
26	Yanlış
27	Doğru
28	Yanlış
29	Yanlış
30	Doğru
31	Yanlış
32	Doğru
33	Transformatör
34	$1,41(\sqrt{2})$
35	Artar
36	20
37	Geri
38	Nüve
39	Büyük
40	Ters

## KAYNAKÇA

- AKAR Feyzi, Mustafa YAĞIMLI, **Alternatif Akım Devreleri ve Problem Çözümleri**, Beta Basım Yayım Dağıtım AŞ, İstanbul, 2008.
- ARİFOĞLU Uğur, **Elektrik-Elektronik Mühendisliğinin Temelleri Alternatif Akım Devreleri Cilt: 2**, Alfa Basım Yayım Dağıtım, İstanbul, 2007.
- CEYLAN Murat, **Alternatif Akım Devre Analizi**, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2010.
- IRWIN J. David, **Basic Engineering Circuit Analysis 8th Edition**, John Wiley & Sons Inc., West Sussex, UK, 2001.
- ALTINSAÇLI Adem, **Elektrik Makineleri**, Halim Yayınları, Kahramanmaraş, 1998.
- ŞAÇKAN Ahmet Hamdi, **Doğru ve Alternatif Akım Devreleri**, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2000.
- GÜVEN M. Emin, MARTI İ. Baha, **Elektroteknik Cilt II**, MEB Yayınları, İstanbul, 1984.
- GÜVEN M. Emin, ÇOŞKUN İ., **Elektroteknik ve Laboratuvarı II**, MEB Yayınları, Ankara, 2003.
- KARA Sadık, **Elektrik Elektronik Rehberi**, Ufuk Kitap, Kırtasiye, Yayıncılık, Kayseri, 2004.
- BAYRAK Mehmet, **Temel Elektrik ve Mağnetizma**, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul, 2002.
- GÜVEN M. Emin, İ. Baha MARTI, İsmail COŞKUN, **Elektroteknik Cilt-1**, MEB Yayınları, İstanbul, 1997.
- PEŞİNT M. Adnan, **Senkron Makineler**, Yüksek Teknik Öğretmen Matbaası, Ankara, 1975.
- BADUR Özdemir, **Elektrik Kumanda Devreleri**, Millî Eğitim Gençlik ve Spor Bakanlığı Yayınları, Ankara, 1978.
- RICHARDS, SEARS, WEHR, ZEMANSKY, **Modern Üniversite Fiziği**, Çağlayan Basımevi, İstanbul, 1982.
- OĞUZ Necati, Muhittin GÖKKAYA, **Elektrik Makineleri I**, Millî Eğitim Basımevi, İstanbul, 1991.
- PEŞİNT M. Adnan, Abdullah ÜRKMEZ, **Elektrik Makineleri II Transformatörler**, Millî Eğitim Basımevi, İstanbul, 1992.