

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

ELEKTRİK-ELEKTRONİK TEKNOLOJİSİ

ALTERNATİF AKIM ESASLARI

Ankara, 2018

- Bu bireysel öğrenme materyali, mesleki ve teknik eğitim okul / kurumlarında uygulanan çerçeve öğretim programlarında yer alan kazanımların gerçekleştirilmesine yönelik öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmıştır.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- **PARA İLE SATILMAZ.**

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	iii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1. ALTERNATİF AKIM.....	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.....	8
1.3.5. Açısal Hız	9
1.3.6. Dalga Boyu	9
1.4. Alternatif Akım Değerleri	10
1.4.1. Ani değer	10
1.4.2. En Yüksek (Maksimum) Değer	11
1.4.3. Ortalama Değer.....	12
1.4.4. Etkin Değer.....	13
1.5. Alternatif Akımın Vektörlerle Gösterilmesi	15
1.5.1. Sıfır Faz	16
1.5.2. İleri Faz.....	17
1.5.3. Geri Faz	17
1.5.4. Faz Farkı	17
1.6. Alternatif Akımın Etkileri	18
1.6.1. Isı Etkisi.....	18
1.6.2. Kimyasal Etkisi.....	20
1.6.3. Manyetik Etkisi.....	20
DEĞERLER ETKİNLİĞİ.....	22
UYGULAMA FAALİYETİ	23
ÖLÇME DEĞERLENDİRME.....	29
ÖĞRENME FAALİYETİ-2.....	31
2. ALTERNATİF AKIM DEVRELERİ.....	31
2.1. AC Devrelerde Bobinler	32
2.1.1. Endüktans	32
2.1.2. AC’de Gösterdiği Özellikler	33
2.1.3. AC’de Seri ve Paralel Bağlantıları	35
2.1.4. Nüvenin Endüktansa Etkisi.....	37
2.2. AC Devrelerinde Kapasitörler	38
2.2.1. Kapasitans.....	38
2.2.2. AC’de Gösterdiği Özellikler.....	39
2.2.3. AC’de Seri ve Paralel bağlantıları	41
2.3. Alternatif Akım Devre Çeşitleri.....	42
2.3.1. Seri Devreler.....	42
2.3.2. Paralel Devreler	49
2.3.3. Rezonans Devreleri.....	54
2.3.4. Alternatif Akımda Güç	61

2.3.5. Endüktif Yüklü (R-XL) Devrelerde Güç Üçgeni	63
2.3.6. Güç Katsayısı.....	65
2.3.7. Üç Fazlı Sistemler	66
DEĞERLER ETKİNLİĞİ.....	71
UYGULAMA FAALİYETİ	72
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	81
ÖĞRENME FAALİYETİ-3	85
3. TRANSFORMATÖRLER	85
3.1. Transformatörün Yapısı	85
3.2. Transformatörün Çalışma Prensibi	86
3.3. Transformatör Çeşitleri	87
3.3.1. Nüve Tipine Göre	87
3.3.2. Faz Sayısına Göre	89
3.3.3. Çalışma Ortamına Göre	89
3.3.4. Kullanma Amacına Göre	89
3.4. Dönüştürme Oranı.....	90
3.5. Transformatör Kayıpları	92
3.5.1. Fuko Kaybı	92
3.5.2. Histerisiz Kaybı	92
3.5.3. Bakır Kaybı.....	93
3.6. Transformatörlerde Güç	93
3.7. Transformatörlerde Verim	94
UYGULAMA FAALİYETİ	95
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	100
MODÜL DEĞERLENDİRME	103
CEVAP ANAHTARLARI	107
KAYNAKÇA	110

AÇIKLAMALAR

ALAN	Elektrik Elektronik Teknolojisi
DAL	Alan Ortak
MODÜLÜN ADI	Alternatif Akım Esasları
MODÜLÜN SÜRESİ	80/48
MODÜLÜN AMACI	Bireye/öğrenciye iş sağlığı ve güvenliği tedbirleri doğrultusunda alternatif akımda devre çözümlerini ve bağlantılarını yapma ile ilgili bilgi ve becerilerin kazandırılması amaçlanmaktadır.
MODÜLÜN ÖĞRENME KAZANIMLARI	<ol style="list-style-type: none">1. Alternatif akım (AC) temel değerlerinin hesaplamalarını sebep sonuç ilişkisi kurarak hatasız yapabileceksiniz.2. Uygun yöntemleri kullanarak alternatif akımda seri ve paralel RL-RC-RLC devrelerinin hesaplamalarını sebep sonuç ilişkisi kurarak hatasız yapabileceksiniz.3. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak transformatör değerlerine göre bağlantı şemasına uygun transformatörü devreye alabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Ortam: Atölye ve laboratuvar. Donanım: Etkileşimli tahta, uygulama plançeteleri, kuvvetli akım malzemeleri (anahtar, duy, lamba, priz, fiş, kablo vb.) araç ve gereçler (pense, tornavida, yan keski), iş güvenliği takımları.
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Bireysel öğrenme materyali içinde yer alan ve her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendirebileceksiniz.

GİRİŞ

Sevgili Öğrencimiz,

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 rüzgârtürbinleri 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 AC denir.

Alternatif akım esasları materyalinde 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.

Ders işlenirken yapacağımız temrin deneylerinde iş sağlığı ve güvenliği önlemleri alarak yapacağız. Bireysel öğrenme materyali boyunca karşılaşacağınız matematik ve trigonometrik eşitliklerin çokluğu yılgınlığa neden olmamalıdır. Birkaç temel teoremin öğrenilmesi veya tekrar gözden geçirilmesi bu materyalde verilen bilgilerin kolaylıkla zihninizde yer etmesine yardımcı olacaktır.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

ÖĞRENME KAZANIMI

İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak alternatif akım ile ilgili temel bilgileri edinecek ve alternatif akımın temel değerlerini ölçerek hesaplamalarını yapabileceksiniz.

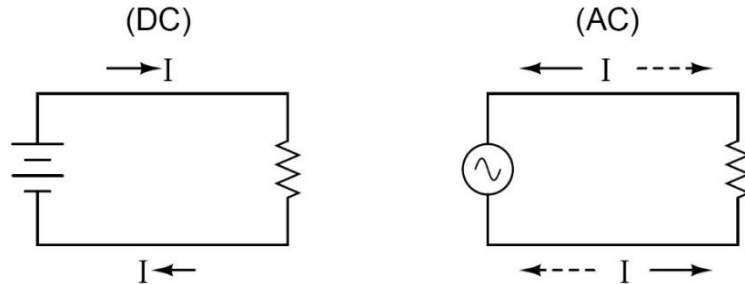
ARAŞTIRMA

- 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

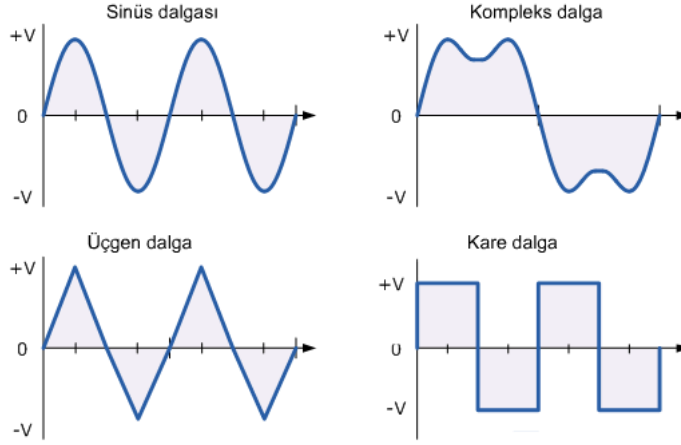
Zaman içerisinde yönü ve şiddeti belli bir düzen içerisinde değişen akıma alternatif akım denir. En bilinen AC dalga biçimi sinüs dalgasıdır. Yine de farklı uygulamalarda üçgen ve kare dalga gibi değişik dalga biçimleri de kullanılmaktadır.



Şekil 1.1: Doğru ve alternatif akım

Doğru akım ve alternatif akım devrelerinde akım yönleri Şekil 1.1’de görüldüğü gibidir. DC gerilim kaynağı bulunan devrede akım üreticinin **+(artı)** kutbundan **-(eksi)** kutbuna doğru direnç üzerinden geçerek ulaşır. AC gerilim kaynağı bulunan devrede ise

kaynağın sabit bir **+(artı)** ya da **-(eksi)** 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.



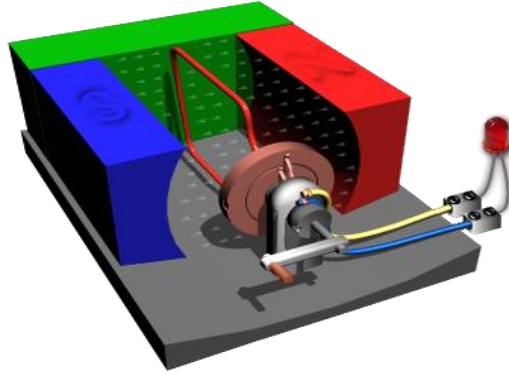
Şekil 1.2: Alternatif akım eğrileri

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.

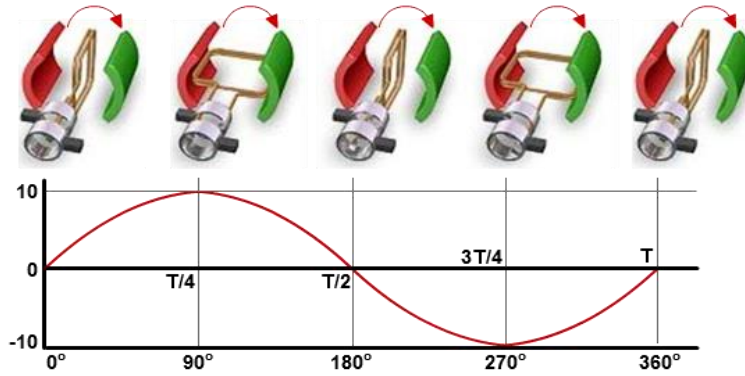
1.2. Alternatif Akımın Elde Edilmesi

Alternatif akım ya da gerilimin elde edilmesinde alternatör denilen aygıtlar kullanılır. Bir fazlı alternatör modeli ve AC'nin elde edilmesi Resim1.1 ve Şekil 1.3'te gösterilmiştir.



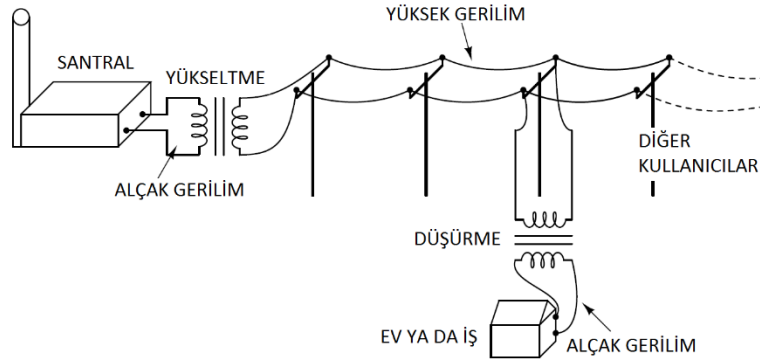
Resim 1.1: Bir fazlı alternatör modeli

Manyetik alan içinde tel çerçeve dönerken bir tam devir için (360° 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 en yüksek (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° dönmüş olur. Akım bu esnada iki kez yön değiştirir.



Şekil 1.3: Manyetik alan içinde hareket eden iletken

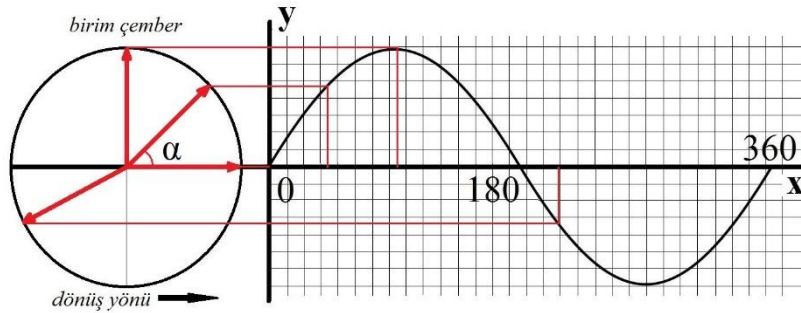
AC gerilim, elektrik santrallerinde çok daha büyük alternatörler yardımıyla üretilir. Üretilen bu AC gerilim iletim hatlarında meydana gelebilecek kayıpları azaltabilmek için transformatörler ile yükseltilir. Gerilim yükseltilirken akım düşürülerek iletim hatlarında kullanılan iletkenlerin çapları da 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.



Şekil 1.4: AC gerilimin üretilmesi ve aktarılması

1.3. Sinüs Dalgası

Alternatör ile AC 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°) başlayıp bir tam dönme hareketini yaptıktan sonra tekrar başlangıç noktasına (0° ya da 360°) 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.

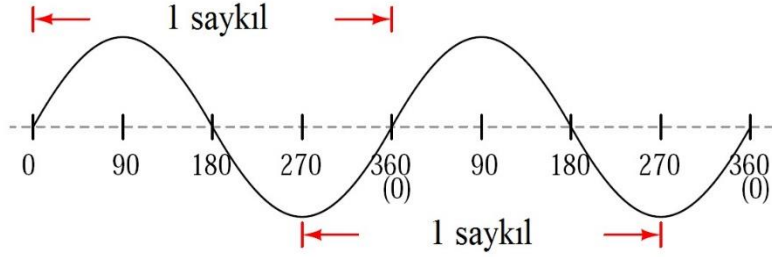
Birim çemberde vektörün konumu (koordinat düzleminde x eksenine karşılık gelir) açı, zaman ya da radyan cinsinden belirtilebilir. Tablo 1.1'de belirli açıların radyan karşılıkları verilmiştir.

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

Tablo1.1: Belirli açıların radyan karşılıkları

1.3.1. Saykıl

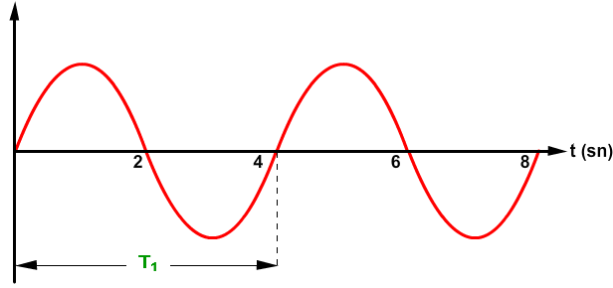
Saykıl, alternatörün bir tam tur dönmesiyle meydana gelen dalga şeklidir. Sinüs dalgasında bir saykıl gerçekleştikten sonra sinyal kendini tekrarlamaya başlar. Şekil 1.6'da görüldüğü gibi bir saykılı tespit edebilmek için sinüs sinyalinde başlangıç olarak kabul edilen açı değerinden (x düzleminde) 360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



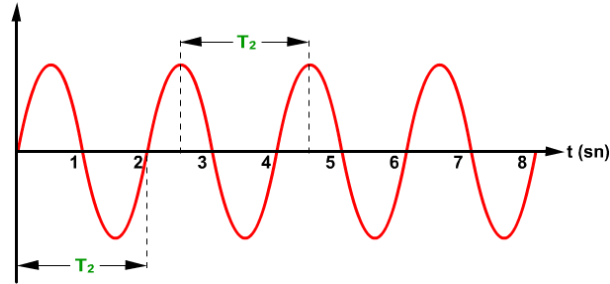
Şekil 1.6: Sinüs dalgasında saykıl

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.



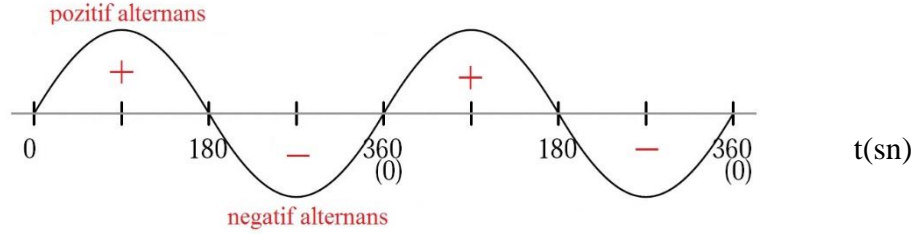
Şekil 1.7: Sinüs dalgasında periyot



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 AC sinyalin frekansından bahsedebilmek için o sinyalin bir periyoda sahip olması gerekir. Diğer bir deyişle bir AC sinyal belirli bir saykılı sürekli tekrarlıyorsa o sinyalin frekansından söz edilebilir.

Frekans periyodun matematiksel tersi olarak ifade edilir.

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

Bu denklemde f sinyalin frekansını belirtir ve birimi hertz (Hz)dir. En çok kullanılan üst katları kilohertz ($1\text{KHz}=10^3\text{Hz}$), megahertz ($1\text{MHz}=10^6\text{Hz}$) ve gigahertz [(giga, ciga diye okunur.) $1\text{GHz}=10^9\text{Hz}$]dir. T periyottur ve birimi saniyedir (sn.). Örnek olarak Şekil 1.7'deki sinüs sinyallerinin frekansları aşağıdaki gibi hesaplanır.

Örnek 1: $T_1 = 0,25$ s periyoda sahip sinyalin frekansı

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

Örnek 2: Şekil 1.9'daki sinyalin periyodu $T_2 = 0,5$ sn. periyoda sahip sinyalin frekansı

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

olacaktır.

Örnek 3: Gerilim frekansı 50 Hz olan bir şebekedeki sinyalin periyodu kaç olur?

$$T = 1 \div f = 1 \div 50 = 0.02 \text{ sn.} = 20 \text{ ms olacaktır.}$$

Frekans, AC sinyalleri ifade edebilmek için kullanılan çok önemli bir parametredir. Bu nedenle frekansın ve diğer AC 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 50 Hz, ABD'de ise 60 Hz'dir. Yani evlerde kullanılan AC gerilim saniyede bir sayıklı 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 ω (omega) ile gösterilir. Zamanın bir fonksiyonu olarak sinüs sinyalinin matematiksel olarak genel formu aşağıdaki gibidir:

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

Burada

A : Sinyalin genliği yani sinyalin alabileceği en büyük gerilim değeri

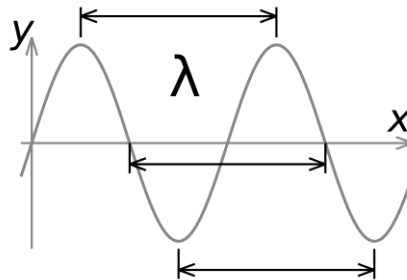
ω : açısal hızı

φ : faz açısı yani $t=0$ anındayken sinyalin açısal pozisyonu

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

1.3.6. Dalga Boyu

Dalga boyu, sinüs sinyalinin iki sayıklının birbirinin aynı olan iki noktası (örneğin sayıklı başlangıçları) arasındaki uzaklıktır. λ ile gösterilir (şekil 1.10).



Şekil 1.10: Sinüs dalgasında dalga boyu

Dalga boyu aşağıdaki formülle ifade edilir.

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

Burada

λ : dalga boyu, metre (m)

v : dalga hızı, metre/saniye (m/s)

f : sinyalin frekansı, hertz (Hz)

Elektromanyetik radyasyon ya da ışık serbest ortamda, ışık hızıyla yani yaklaşık 3×10^8 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

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{100 \cdot 10^6} = 3m \text{ olarak bulunur.}$$

1.4. Alternatif Akım Değerleri

AC'de sinyalin genlik değeri sürekli olarak değiştiğinden akım ve gerilim değerleri için birden çok ifade belirlenmiştir. Pratikte AC 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:

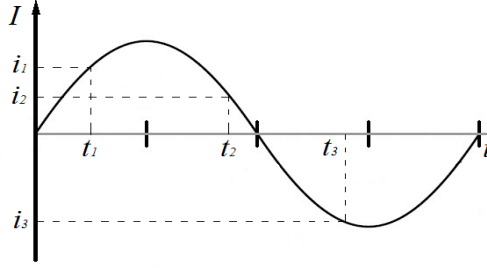
Akımın ani değeri

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

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 $V_m = 220\text{V}$ AC 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)

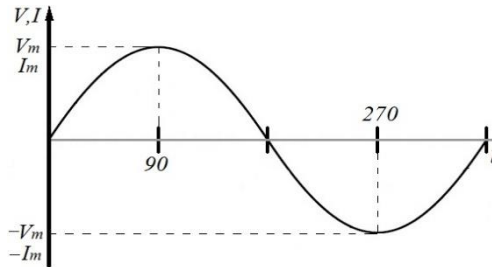
Örnek 2: Bir alıcı uçlarındaki 50 Hz 'lik gerilimin maksimum değeri 310 V 'tur. Alıcı uçlarında $t = 0,00166\text{s}$ anındaki gerilimin ani değerini hesaplayalım.

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

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

1.4.2. En Yüksek (Maksimum) Değer

En yüksek (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° ya da $\pi/2$ 'de, negatif maksimum değerini ($-V_m, -I_m$) ise 270° ya da $3\pi/2$ 'de alır (şekil 1.12).

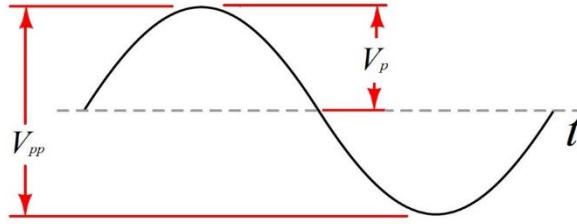


Şekil 1.12: Sinüs dalgasında maksimum değer

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.

Örnek 1: Şehir şebeke gerilimi 110 V olduğuna göre maksimum değeri hesaplanacak olursa

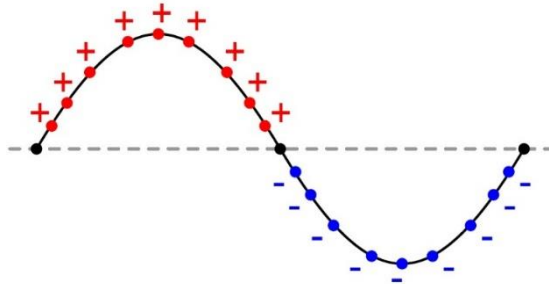
$$V_{\text{eff}} = 0,707 \cdot V_m \Rightarrow V_m = \frac{V_{\text{eff}}}{0,707} = \frac{110\text{V}}{0,707} = 155,58\text{V} \text{ olarak bulunur.}$$



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

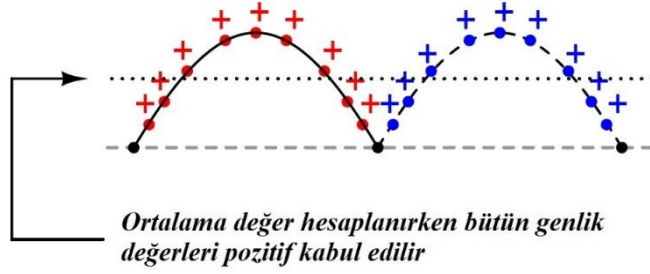
1.4.3. Ortalama Değer

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 AC bir gerilim kaynağının uçlarına yük olarak bir direnç bağlanırsa akımın yönü direnç üzerinden yayılan ısıyı etkilemez. Isı sadece akımın şiddetine bağlıdır. Bu nedenle uygulamada AC 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

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

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

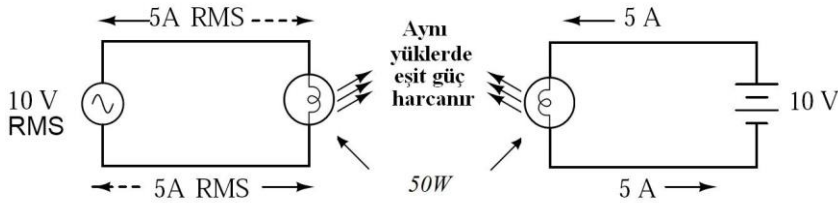
V_{ort} ifadesi yerine V_{avg} (avg/ average—evırıc diye okunur.) ifadesi de kullanılabilir.

Örnek 1: Şekil 1.15'tekisinüs 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, AC'nin bir alıcı üzerinde yaptığı işe eşit iş yapan DC 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 10 VDC gerilim kaynağı uçlarına 50 w değerinde bir lamba bağlanmıştır. Bu gerilim kaynaklarından her ikisi de lamba üzerinden 5ARMS akım geçirir ve dirençler üzerinde 50 w güç etkisi yaratır. Dolayısıyla her iki direnç de aynı miktarda ışık enerjisi yayar.

AC ampermetrede ölçülen akım ve AC 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 220 V 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 1Ω 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

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

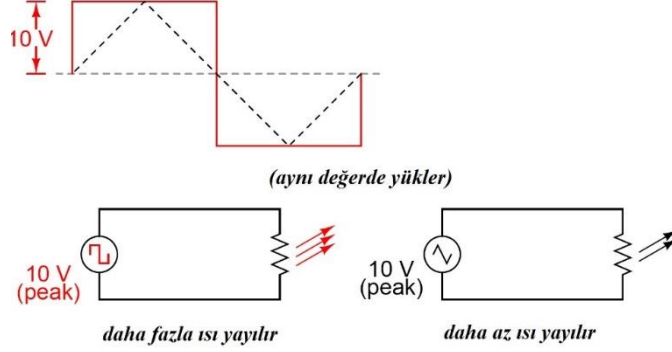
Örnek 2: Şehir şebeke gerilimi 220 V olduğuna göre maksimum değeri hesaplanacak olursa

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

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.

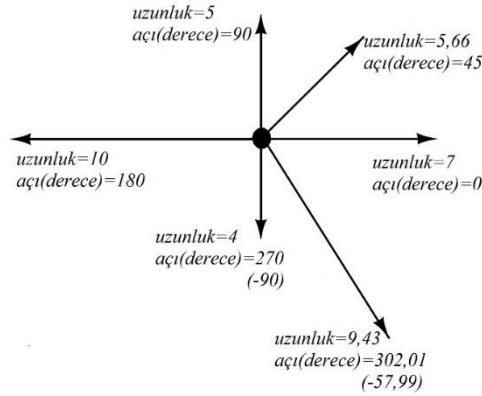
Sinüs dalgasında $V_{eff} = 0,707.V_p$ olduğunu hatırlayınız.



Şekil 1.17: Üçgen ve kare dalgada etkin değerler

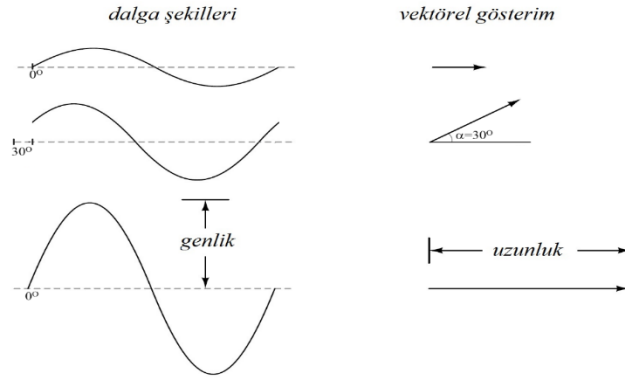
1.5. Alternatif Akımın Vektörlerle Gösterilmesi

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

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



Şekil 1.19: Sinüs dalgasının vektörlerle gösterimi

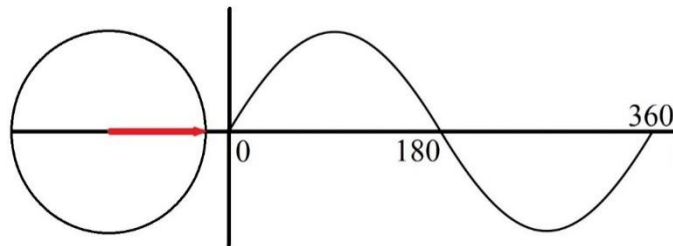
Bir doğru akım devresinde devre elemanlarından geçen akım ya da elemanlar üzerinde düşen gerilim değerleri skaler büyüklüklerdir. Alternatif akım devrelerinde ise akım ve gerilim değerleri devre elemanlarının cinslerine bağlı olarak skaler ya da vektörel olabilir. Şayet bir alternatif akım devresinde 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° '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

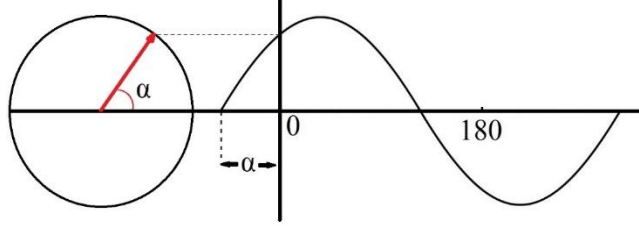
Sinüs sinyali $t=0$ anında, x eksenine referans olmak üzere sıfır genlik değerinden başlayarak pozitif yönde artıyorsa bu sinyale **sıfır fazlı sinüs sinyali** denir. ω açısal hızı ile saatibresinin tersi yönde dönen bir vektörün $t=0$ anında referans eksenine ile yaptığı açı sıfır ise bu vektöre sıfır faz vektörü denir (şekil 1.20).



Şekil 1.20: Sıfır fazlı sinüs sinyali

1.5.2. İleri Faz

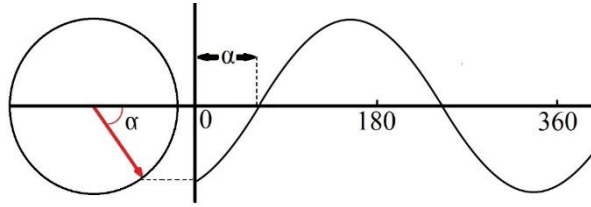
Sinüs sinyali $t=0$ anından önce, x eksenini referans olmak üzere pozitif genlik değerinden başlayarak pozitif yönde artıyorsa bu sinyale **ileri fazlı sinüs sinyali** denir. ω açısal hızı ile saat ibresinin tersi yönde dönen bir vektörün $t=0$ anında referans eksenini ile yaptığı açı sıfırdan büyük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



Şekil 1.21: İleri fazlı sinüs sinyali

1.5.3. Geri Faz

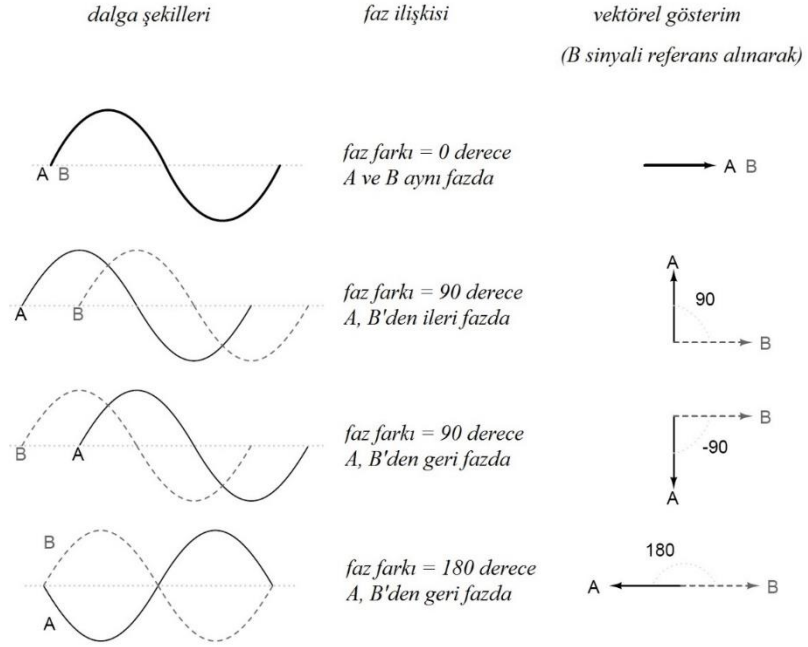
Sinüs sinyali $t=0$ anından sonra, x eksenini referans olmak üzere negatif genlik değerinden başlayarak pozitif yönde artıyorsa bu sinyale **geri fazlı sinüs sinyali** denir. ω açısal hızı ile saat ibresinin tersi yönde dönen bir vektörün $t=0$ anında referans eksenini ile yaptığı açı sıfırdan küçük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



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 iletkenin elektrik akımı geçtiği zaman eğer iletken akım geçişine fazla zorluk gösteriyorsa bu zorluk iletken üzerinde ısı enerjisi olarak ortaya çıkar.



Fotoğraf 1.1: Elektrikli ısıtıcılar

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



Fotoğraf 1.2: Bir ark fırınında ergitme işlemi

Ark fırınları demir ve çelik ergitme işlerinde kullanılır (**Hata! Başvuru kaynağı ulunamadı.** 1.2). 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 (Fotoğraf 1.3).

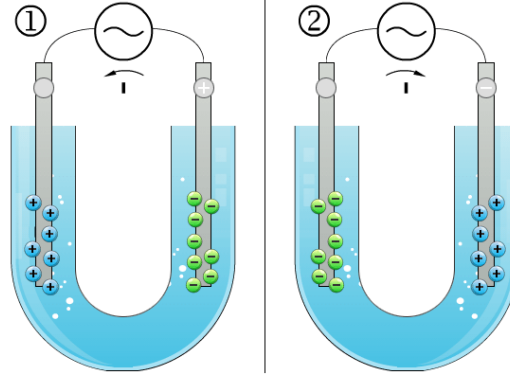
Bobinden yüksek frekanslı akım geçirilince malzemede indüksiyon gerilimi oluşur ve bu gerilim de malzemenin yüksek değerli akımlar (fuko akımı) dolaştırır. Malzemenin elektriksel direncine göre malzeme ısınır, hatta eriyebilir de (Fotoğraf 1.3). Endüksiyonla ısıtmanın en önemli avantajı klasik ısıtmaya göre daha az zamanda daha fazla ısıtmanın gerçekleşebilmesidir.



Fotoğraf 1.3: 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 elektromıknatis bobininden doğru akım geçirildiğinde akımın yönüne bağlı olarak elektromıknatisin kutupları sabittir. Bir kutbu doğal mıknatisin bir kutbunu çekerse diğer kutbu doğal mıknatisin aynı kutbunu iter.

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



Fotoğraf 1.4: Çeşitli transformatörler

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



Fotoğraf 1.5: 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.

DEĞERLER ETKİNLİĞİ-1

.....

Birkaç yıl önce, Seattle Özel Olimpiyatlarında tümü fiziksel ve zihinsel engelli olan dokuz yarışmacı 100 metre koşusu için başlama çizgisinde toplandılar. Başlama işareti verilince hepsi birlikte başladılar bir hamlede başlamadılar belki ama yarışı bitirmek ve kazanmak için istekliydiiler.

Yarışa başlar başlamaz içlerinden genç bir delikanlı tökezleyip yere düştü ve ağlamaya başladı. Diğer sekiz kişi oğlanın ağlamasını duydular. Yavaşladılar ve geriye baktılar. Sonra hepsi yönlerini değiştirdiler ve geriye doğru oğlanın yanına geldiler. İçlerinden down sendromlu bir kız eğilip oğlanı öptü ve “Bu onun daha iyi olmasını sağlar.” dedi. Sonra dokuz yarışmacı kolkola girdiler ve bitiş çizgisine doğru hep beraber yürüdüler. Stadyumdaki herkes ayağa kalkıp dakikalarca onları alkışladı. Orada bulunan insanlar hala bu olayı anlatıyorlar.

Neden mi?

Çünkü şu tek şeyi derinden bilmekteyiz: Bu hayatta önemli olan şey kendimiz kazanmaktan çok daha ötede olan bir şeydir. Bu hayatta önemli olan, yavaşlamak ve yönümüzü değiştirmek anlamına gelse bile diğerlerin de kazanmasına yardım etmektedir.

Kendisinden güçsüzü ezmeyi ilke edinen, daha güçlünün kendisini ezmesine davetiye çıkarmış olur.

1. Yukarıdaki metne bir başlık yazınız.
2. Sizce bu olay hangi düşünceyi anlatıyor? Neden?
3. Çevrenizde böyle insanların size kattığı anlamı belirtiniz.

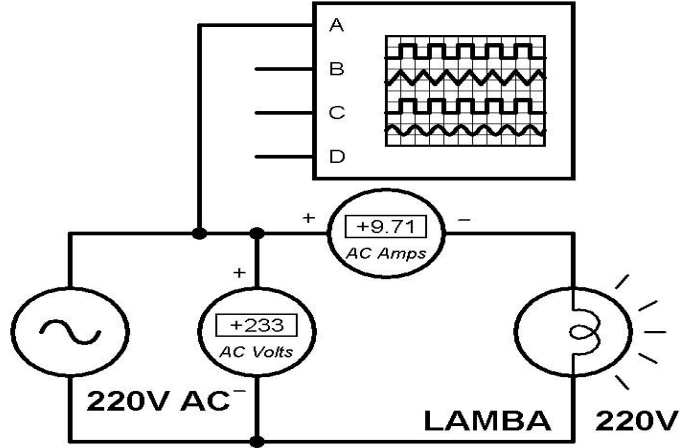
UYGULAMA FAALİYETİ

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

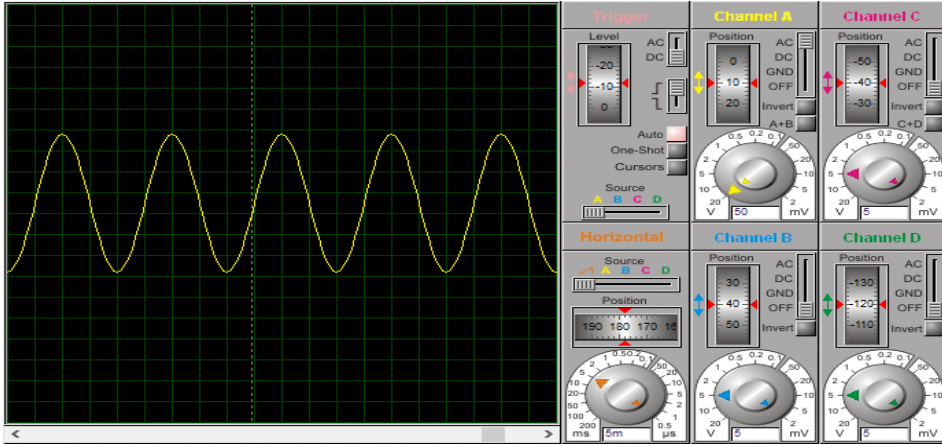
Uygulama Faaliyeti-1	Alternatif Akımda Periyot ve Frekans Hesaplamaları
Uygulama Faaliyeti-2	Alternatif Akımda Periyot ve Frekans Hesaplamaları
Uygulama Faaliyeti-3	Alternatif Akımda Ani, Etkin, Maksimum ve Ortalama Değerleri Hesaplamaları
Uygulama Faaliyeti-4	Alternatif Akımda Faz Farkının Vektörlerle Çizimi

UYGULAMA ADI	Alternatif Akımda Periyot ve Frekans Hesaplamaları			UYGULAMA NO.	1	
İşlem Basamakları		Öneriler				
➤ İş önlüğünü giyiniz.		➤ Gerekli iş güvenliği önlemlerini almayı unutmayınız.				
➤ Verilen problemleri inceleyiniz.		➤ Ders notlarını inceleyebilirsiniz.				
➤ Problemleri verilen alanlara çözünüz.						
➤ Sonuçları vurgulayınız.		➤ Birimlerin doğru yazıldığından emin olunuz.				
➤ Öğretmene gösterip kontrol ettiriniz.		➤ İmza attırmayı unutmayınız.				
➤ Teslim ediniz.		➤ Öğretmene verebilirsiniz.				
<p>Aşağıdaki soruları periyot ve frekans formüllerine göre yapınız.</p> <p>Soru 1: Şebeke frekansı 60 Hz olan bir gerilimin periyodu kaç msn.dir?</p> <p>Soru 2: Frekans değeri 100 Hz olan bir gerilimin periyodu kaç saniyedir?</p> <p>Soru 3: Periyodu 3 sn. olan bir gerilimin frekansı kaç Hz'dir?</p> <p>Soru 4: Periyot değeri 5 msn. olan bir şebekenin frekansı kaç Hz'dir?</p>						
ÖĞRENCİNİN		DEĞERLENDİRME			TOPLAM	
Adı:	Teknoloji	İş Alışk.	İşlem Bas.	Süre	Rakam	Yazı
Soyadı:	30	30	30	10		
Sınıf / No.:						
Okul:	Öğretmen			Tarih: .../.../20..	İmza	

İstenenler: Aşağıdaki devreyi kurunuz. Frekans ve periyot değerlerini bulunuz.



Digital Oscilloscope



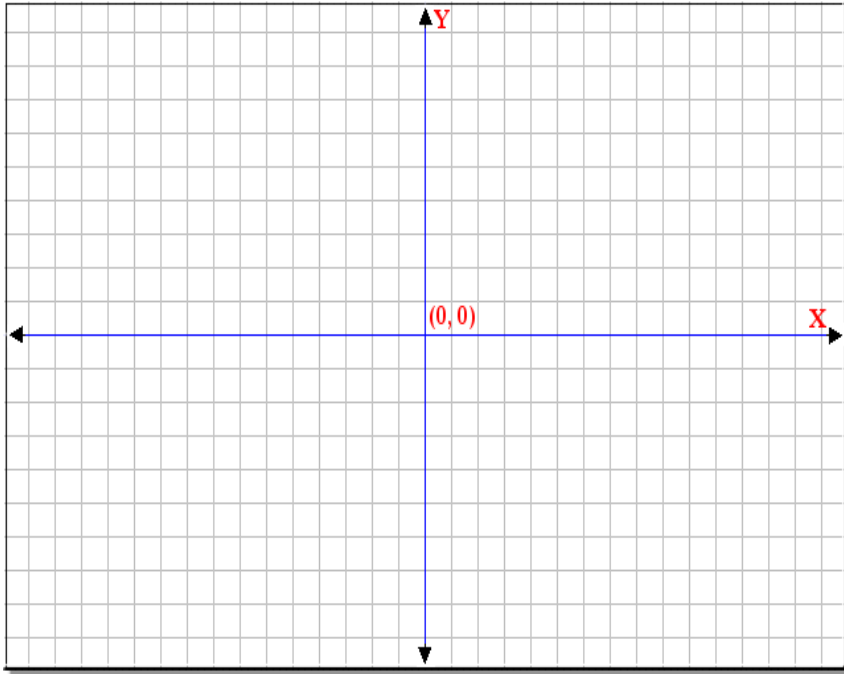
İşlem Basamakları		Öneriler				
➤ İş önlüğünü giyiniz.	➤ Gerekli iş güvenliği önlemlerini almayı unutmayınız.					
➤ Öğretmen malzemeleri teslim alınız.	➤ Malzemeleri eksiksiz olarak öğretmenden teslim alabilirsiniz.					
➤ Gerekli devreyi istenilen duruma uygun kurunuz.						
➤ Şekildeki devre için gerekli olan malzemeleri ve cihazları hazırlayınız ve devreyi kurunuz.	➤ Devreyi öğretmen kontrolünde çalıştırınız ve çalışmayı değerlendiriniz.					
➤ Deney şemasında verilen devreye ait frekans ve periyot değerlerini kaydedin ve hesaplayınız.	➤ Devre çalışmasını rapor ederek kontrol edebilirsiniz.					
➤ Devrenin çalışmasını durdurunuz.	➤ Öğretmen kontrolünde yapınız.					
➤ Öğretmene gösterip kontrol ettiriniz.	➤ İmza attırmayı unutmayınız.					
➤ Teslim ediniz.	➤ Öğretmene verebilirsiniz.					
ÖĞRENCİNİN		DEĞERLENDİRME			TOPLAM	
Adı:	Teknoloji	İş Alışk.	İşlem Bas.	Süre	Rakam	Yazı
Soyadı:	30	30	30	10		
Sınıf / No.:						
Okul:	Öğretmen			Tarih: .../.../20...	İmza	

UYGULAMA ADI	Alternatif Akımda Ani, Etkin, Maksimumve Ortalama Değerleri Hesaplamaları				UYGULAMA NO.	3	
Aşağıdaki soruları ani, etkin, maksimum ve ortalama formüllerine göre yapınız.							
İşlem Basamakları			Öneriler				
➤ İş önlüğünü giyiniz.			➤ Gerekli iş güvenliği önlemlerini almayı unutmayınız.				
➤ Verilen problemleri inceleyiniz.			➤ Ders notlarını inceleyebilirsiniz.				
➤ Problemleri verilen alanlara çözünüz.							
➤ Sonuçları vurgulayınız.			➤ Birimlerin doğru yazıldığından emin olunuz.				
➤ Öğretmene gösterip kontrol ettiriniz.			➤ İmza attırmayı unutmayınız.				
➤ Teslim ediniz.			➤ Öğretmene verebilirsiniz.				
<p>Soru 1: Bir alıcı uçlarındaki 60 Hz'lik gerilimin maksimum değeri 110V'tur. Alıcı uçlarında $t=0,05$ sn. anındaki gerilimin ani değerini bulunuz.</p> <p>Soru 2: Bir sinüs sinyalinin maksimum değeri 100V ise sinyalin ortalama değerini bulunuz?</p> <p>Soru 3: Şehir şebeke gerilimi 380 V olan gerilimin maksimum değeri hesaplayınız.</p> <p>Soru 4: Maksimum değeri 310V olan gerilimin etkin değerini hesaplayınız.</p>							
ÖĞRENCİNİN		DEĞERLENDİRME				TOPLAM	
Adı:		Teknoloji	İş Alışk.	İşlem Bas.	Süre		
Soyadı:		30	30	30	10	Rakam	Yazı
Sınıf / No.:							
Okul:		Öğretmen			Tarih: .../.../20..	İmza	

UYGULAMA ADI	Alternatif Akımda Faz Farkının Vektörlerle Çizimi	UYGULAMA NO.	4
--------------	---	--------------	---

Soru 1: Aralarında 120° olan 3 fazlı asenkron motorun sinüs eğrilerini çiziniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ İş önlüğünü giyiniz.	➤ Gerekli iş güvenliği önlemlerini almayı unutmayınız.
➤ Verilen problemleri inceleyiniz.	➤ Ders notlarını inceleyebilirsiniz.
➤ Problemleri verilen alanlara çözünüz.	
➤ Sonuçları vurgulayınız.	➤ Birimlerin doğru yazıldığından emin olunuz.
➤ Öğretmene gösterip kontrol ettiriniz.	➤ İmza attırmayı unutmayınız.
➤ Teslim ediniz.	➤ Öğretmene verebilirsiniz.



ÖĞRENCİNİN	DEĞERLENDİRME				TOPLAM	
Adı:	Teknoloji	İş Alışk.	İşlem Bas.	Süre	Rakam	Yazı
Soyadı:	30	30	30	10		
Sınıf / No.:						
Okul:	Öğretmen			Tarih: .../.../20..	İmza	

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatle okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Zaman içinde yönü ve şiddeti değişen akıma verilen ad aşağıdakilerden hangisidir?
A) Alternatif akım
B) Eğri akım
C) Düzgün akım
D) Doğru akım
E) Tam akım
2. Aşağıdakiler hangisi şehir şebekesinde kullanılan alternatif akım sinyalıdır?
A) Testere
B) Sinüs
C) Üçgen
D) Kare
E) Daire
3. Aşağıdakilerden hangisi alternatif akımın avantajlarından değildir?
A) Kolay üretilmesi
B) Kolay depolanması
C) Kolay düşürülmesi
D) Kolay yükseltilmesi
E) AC makinalarının az bakım gerektirmeleri
4. “Pozitif ve negatif alternans biroluşturur.” ifadesinde boş bırakılan yere aşağıdakilerden hangisi gelmelidir?
A) Periyot
B) Frekans
C) Hertz
D) Saykıl
E) Etkin değer
5. Pozitif alternansını 0,1msn.de tamamlayan alternatif akımın periyodu aşağıdakilerden hangisidir?
A) 2 sn.
B) 0,1sn.
C) 0,2 sn.
D) 1sn.
E) 3 sn.
6. Periyodu 10 msn. olan alternatif akımın frekansı kaç hertzdir?
A) 100 Hz
B) 50 Hz
C) 1000 Hz
D) 20 Hz
E) 30 Hz

7. 50 Hz'lik alternatif akımın bir periyodu ne kadar süreceği aşağıdakilerden hangisidir?
A) 20 msn.
B) 50 msn.
C) 25 msn.
D) 1 sn.
E) 2 sn.
8. Etkin değeri 20V olan alternatif akımın maksimum değeri aşağıdakilerden hangisidir?
A) 20V
B) $10\sqrt{2}$ V
C) $20\sqrt{2}$ V
D) 10V
E) 15 V
9. Etkin değeri 20 V olan alternatif akımın ortalama değeri nin kaç volt olduğu aşağıdakilerden hangisidir??
A) 10 V
B) 12,56 V
C) 18 V
D) 25 V
E) 32 V
10. Alternatif akımın aşağıdaki etkilerinden hangisi uygulamada kullanılmaz?
A) Manyetik etkisi
B) Isı etkisi
C) Işık etkisi
D) Kimyasal etkisi
E) Fiziksel 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

ÖĞRENME KAZANIMI

İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak, 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 AC 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 davranır.

Bu konu basit bir örnekle açıklanabilir. 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.

Bobin ve kapasitörün alternatif akım devrelerindeki karakteristik özellikleri aşağıda verilmiştir.

2.1. AC Devrelerde Bobinler

Bobinler alternatif akımdaki özelliğinden dolayı AC motorlar, transformatörler, doğrultma devreleri, flüoresan lambalar, endüksiyon fırınları vb. yerlerde ve elektroniğin farklı dallarında farklı amaçlar için kullanılmaktadır (Fotoğraf 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 değişirse 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.



Fotoğraf 2.1: Çeşitli bobinler

Bir bobinin endüktansı aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

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

Bu formülde

L : Bobin endüktansı, Henry (H),

μ : Manyetik geçirgenliği Henry/metre (H/m)

N : Sarım sayısı

A : Bobin kesit alan, santimetrekare(m²)

ℓ : Tel uzunluğu, santimetre (m)

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

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

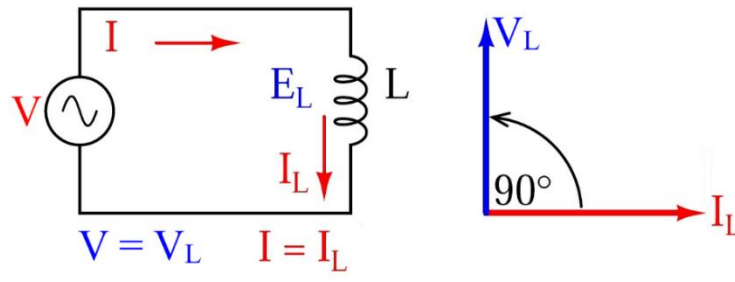
$$\mu = \mu_r \cdot \mu_o = 200 \cdot 1,256 \cdot 10^{-6} = 251 \cdot 10^{-6} \text{ H / m} = 251 \cdot 10^{-4} \text{ H / cm}$$

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

olarak bulunur.

2.1.2. AC'de Gösterdiği Özellikler

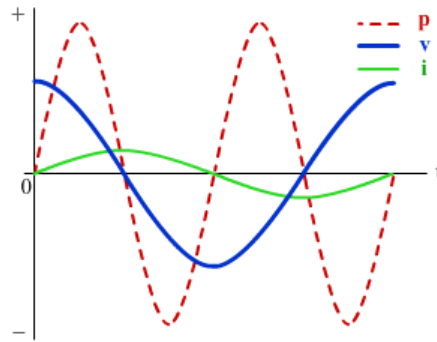
Bobinin alternatif akımın değişimine karşı zorluk gösterdiğinden daha önce bahsedilmişti. Şekil 2.1'deki saf endüktif devre incelenecek olursa bobin geriliminin devrenin toplam gerilimine, bobin akımının da devrenin akımına eşit olduğu görülür. Ancak bobin gerilimi ve akımı arasında faz farkı vardır. 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 90O geridedir.

Saf endüktif devrede ani güç ani akım ve ani gerilim değerlerinin çarpımıyla ($p = v.i$) bulunur. Şekil 2.2 incelenilecek 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 (Ω)’dur. AC devrelerde endüktif reaktans

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

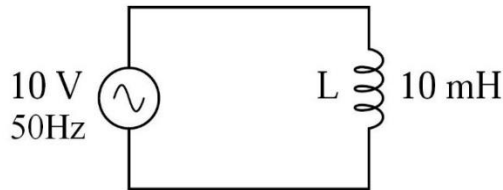
Burada

X_L :endüktif reaktansı, ohm (Ω)

f : AC geriliminin frekansı, Hertz(Hz)

L : bobin endüktansı, Henry (H)

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



Şekil 2.3: AC bobin devresi

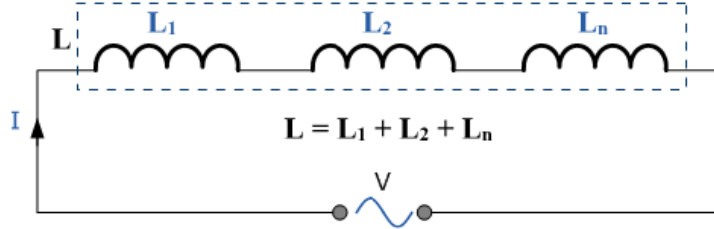
$$X_L = 2\pi.f.L = 2.3,14.50.10.10^{-3} = 3,14\Omega$$

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

2.1.3. AC'de Seri ve Paralel Bağlantıları

Bobinlerin AC 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.

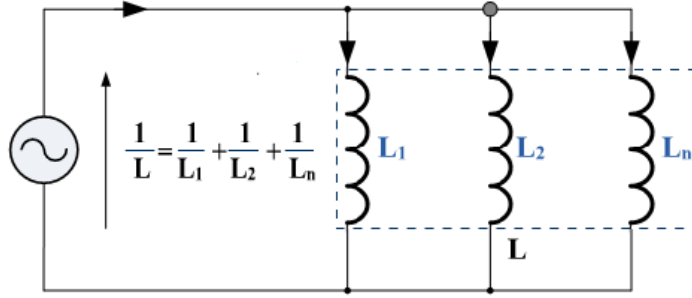
$$L = L_1 + L_2 + L_n$$

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

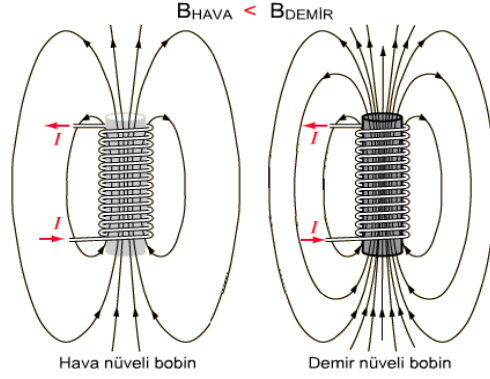
Cevap:

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

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

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.



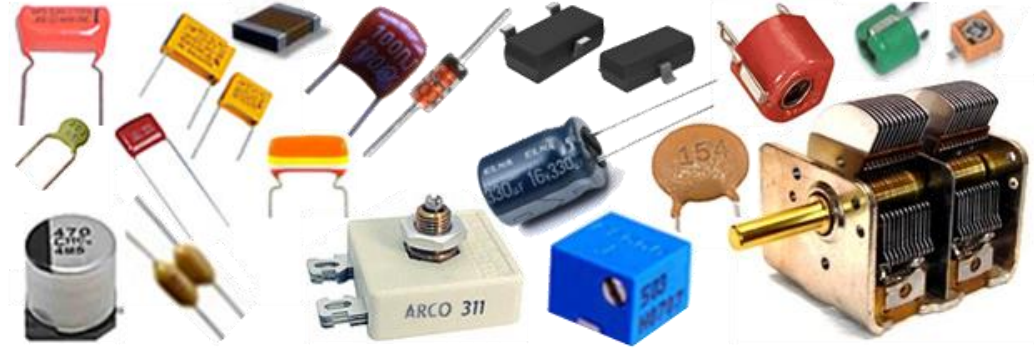
Şekil 2.6: Hava nüveli ve demir nüveli bobinler

Malzeme	μ /(H / m)	μ_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. AC Devrelerinde Kapasitörler

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

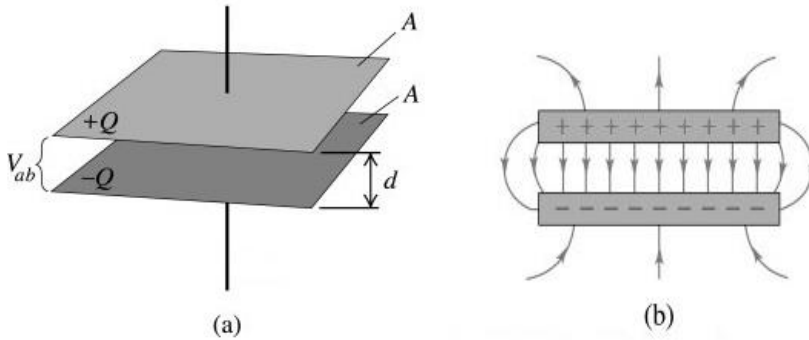


Fotoğraf 2.2: Çeşitli kapasitörler

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 faraddır (F).

AC 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 değeri, Farad (F),

ε : Plakalar arasındaki yalıtkan malzemenin dielektrik katsayısı, Farad/metre (F/m)

A : Plakaların alanı, metrekare (m^2)

d : Plakalar arası mesafe, metre (m)

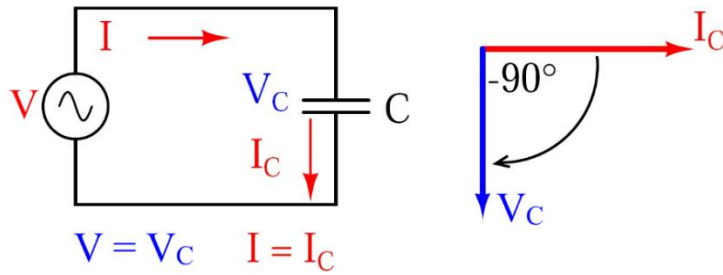
Örnek 1: Alanı $0,1m^2$ olan plakaların birbirine uzaklığı $0,01m$ ve plakalar arasında bağıl dielektrik katsayısı 2 olan bir malzeme (havanın dielektrik katsayısı $\varepsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} F/m$) varsa kapasitans değeri aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

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

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

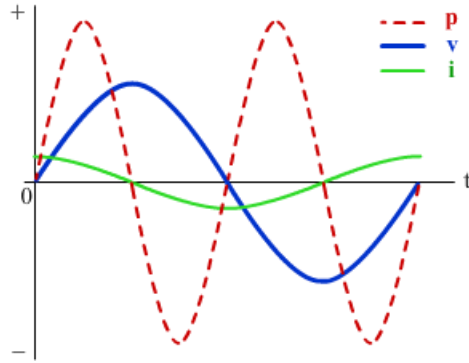
2.2.2. AC'de Gösterdiği Özellikler

Kapasitörler AC 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° geriden takip eder. Bu durum, Şekil 2.8'de vektörel olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.8: Saf kapasitif devre

Şekil 2.9 incelendiğinde 0° '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° '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 ($p = v \cdot i$). Akım ve gerilimden herhangi biri 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 (Ω) dur. AC devrelerde kapasitif reaktans

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

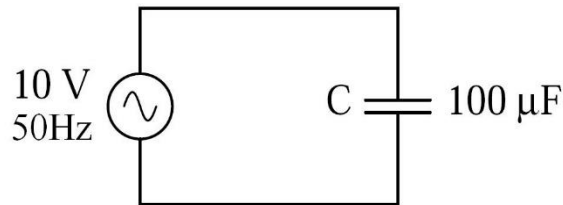
Burada

X_C :Kapasitif reaktans, ohm (Ω)

f : AC geriliminin frekansı, Hertz (Hz)

C : Kapasitans, Farad (F)

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



Şekil 2.10: AC kondansatör devresi

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

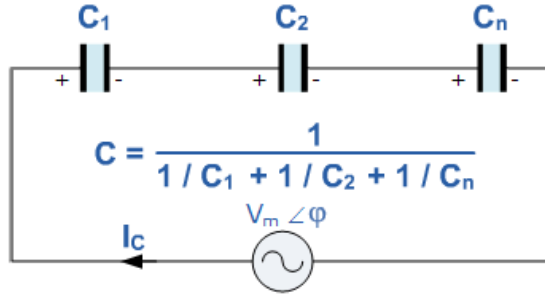
$$I = \frac{V}{X_c} = \frac{10}{31,84} = 314 \text{mA}$$

olarak bulunur.

2.2.3. AC'de Seri ve Paralel bağlantıları

Kondansatörlerin AC devrelerde seri ve paralel bağlantılarında eşdeğer kapasitansları ve kapasitif reaktansları aşağıdaki gösterildiği gibi hesaplanır.

Seri bağlantı



Şekil 2.11: Seri kapasitör devresinde eşdeğer (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 3µF, 6µF ve 9µF'dır. Devrenin toplam kapasitesi hesaplanmak istenirse

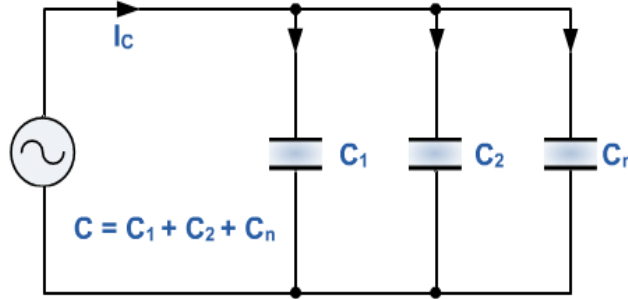
$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_n}} = \frac{1}{\frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{9}} = \frac{1}{\frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{9}} \Rightarrow C = \frac{1}{\frac{11}{18}} = \frac{18}{11} = 1,63 \mu F$$

(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

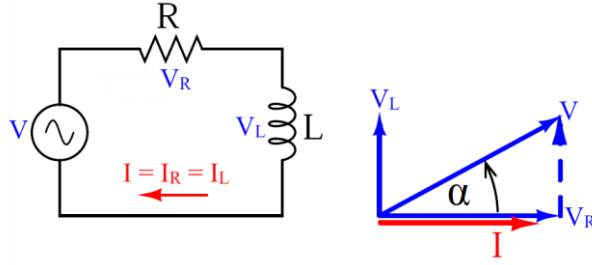
2.3.1. Seri Devreler

Seri R-L devresi

Seri R-L devresinde direnç ve bobin elemanları AC 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° geriden takip eder. Bu durumda şekil 2.13'deki vektör diyagram ortaya çıkar.
- Devrenin toplam gerilimi V , toplam akım I 'dan α açısı kadar ilerdedir.

AC 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 ohmdur (Ω). Empedansın tersi yani elektrik akımına karşı gösterilen kolaylık da admitans olarak adlandırılır ve Y ile gösterilir ($Y = Z^{-1}$). Birimi siemensdir (S).



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

Şekil 2.13'te görülen seri R-L devresinde;

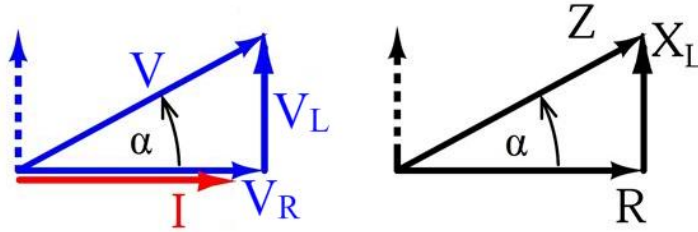
Vektör diyagramdan $V^2 = V_R^2 + V_L^2 \Rightarrow V = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$ (Pisagor Teoremi)

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

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

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

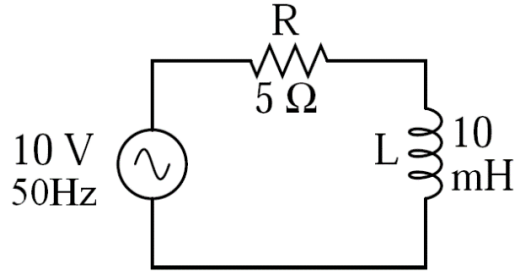
şeklinde ifade edilir. Bu formüller elde edildikten sonra gerilim ve empedans üçgenleri çizilebilir (şekil 2.14).



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

Gerilim ve empedans üçgenlerinden α 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

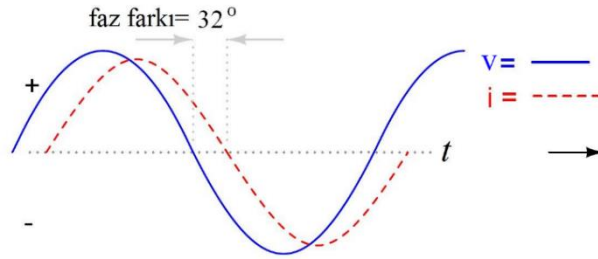
$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L = 2,314 \cdot 50 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 6,28 \cdot 500 \cdot 10^{-3} = 3,14 \Omega$$

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

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

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

olarak bulunur. Akım gerilimden 32° geridedir (şekil 2.16).

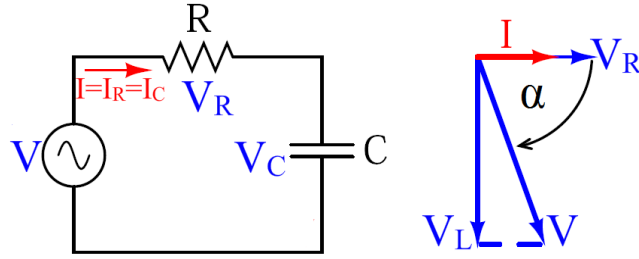


Şekil 2.16: Seri R-L devresinde ani akım ve ani gerilim arasındaki faz farkı

Seri R-C devresi

Seri R-C devresinde direnç ve kapasitör elemanları AC 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° geriden takip eder. Bu durumda Şekil 2.17'deki vektör diyagram ortaya çıkar.
- Devrenin toplam gerilimi V , toplam akım I 'dan α açısı kadar geridedir.



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

Şekil 2.17’de görülen seri R-C devresinde

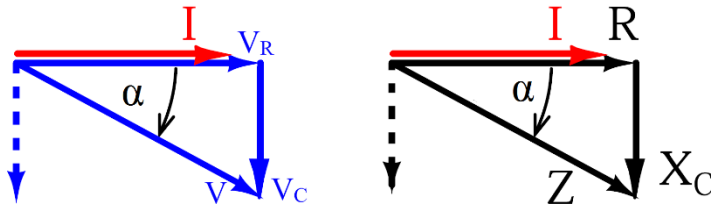
Vektör diyagramdan $V^2 = V_R^2 + V_C^2 \Rightarrow V = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$ (Pisagor Teoremi)

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

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

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

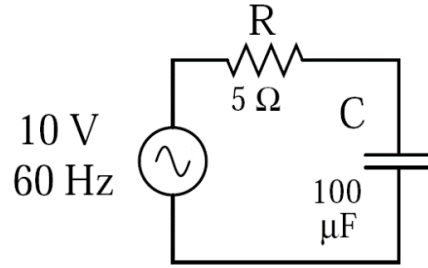
şeklinde ifade edilir. Bu formüller elde edildikten sonra gerilim ve empedans üçgenleri Şekil 2.18’de görüldüğü gibi çizilebilir.



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

Gerilim ve empedans üçgenlerinden α 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

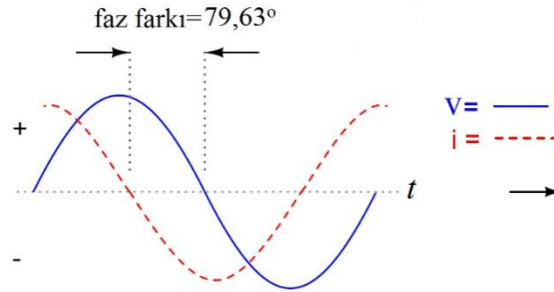
$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2,314 \cdot 60 \cdot 100 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^3}{6,28 \cdot 6} = \frac{1000}{37,68} = 26,53\Omega$$

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

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

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

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

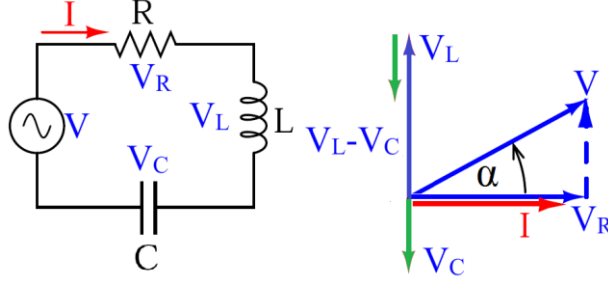
Seri R-L-C devresi

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

- Direnç üzerindeki V_R gerilimi akımla aynı fazdadır.
- Bobin gerilimi V_L ile akım arasındaki faz farkı 90° 'dir. Gerilim akımdan 90° ileri fazdadır.
- Kapasitör üzerindeki V_C gerilimi ise akımdan 90° geridedir.

- Bu duruma göre çizilen şekil 2.21'deki vektör diyagramında görüldüğü gibi V_L ve V_C gerilimlerinin vektörleri aynı doğrultuda fakat aralarında 180° faz farkı vardır. Bu vektör diyagram $V_L > V_C$ kabul edilerek çizilmiştir.

Devrenin toplam gerilimi ile akımı arasında α 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

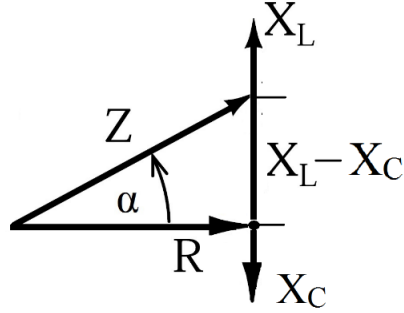
$$V^2 = V_R^2 + (V_L - V_C)^2 \Rightarrow V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2} \text{ (Pisagor teoremi)}$$

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

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

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

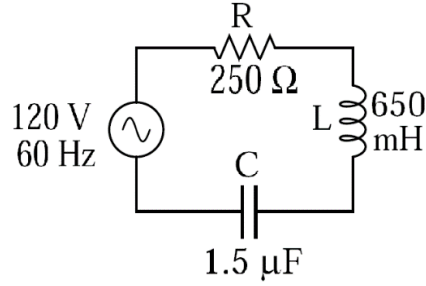
şeklinde ifade edilir. Bu formüller elde edildikten sonra empedans üçgeni çizilebilir.



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

Empedans üçgeninden α 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

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L = 2,314,60 \cdot 650 \cdot 10^{-3} = 6,28,39 = 244,92\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2,314,60 \cdot 1,5 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^6}{6,28,90} = \frac{10^6}{565,2} = 1,769K\Omega$$

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

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

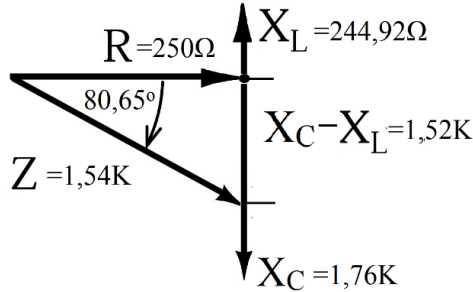
$$V_R = I \cdot R = 0,077 \cdot 250 = 19,25V$$

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

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

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

Kapasitör gerilimi V_C , bobin gerilimi V_L den büyük olduğu için α 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'teki gibi çizilebilir.



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

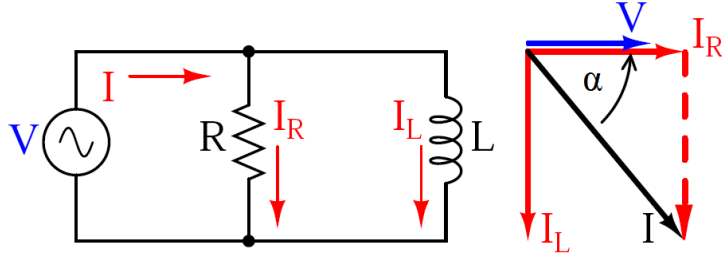
X_C ve X_L birbirine eşit olduğu durum özel bir durum olup rezonans olarak geçmektedir. Bu durum rezonans devreleri konusunda işlenecektir.

2.3.2. Paralel Devreler

Paralel R-L devresi

Paralel R-L devresinde direnç ve bobin elemanları AC 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° geri fazdadır.
- Toplam akım (I), direnç akımından (I_R) α açısı kadar geridedir.



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

Şekil 2.25'teki paralel R-L devresinin vektör diyagramından

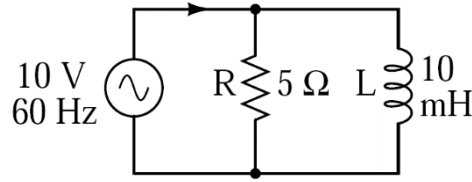
$$I^2 = I_R^2 + I_L^2 \Rightarrow I = \sqrt{I_R^2 + I_L^2} \text{ (Pisagor teoremi)}$$

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

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

formülleri elde edilebilir. Faz açısı α 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.

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

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

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

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

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

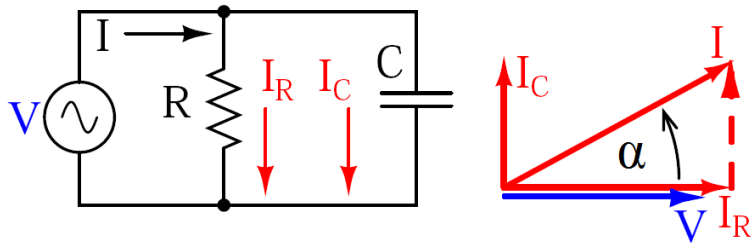
$$\cos \alpha = \frac{I_R}{I} = \frac{2}{3,31} = 0,6 \Rightarrow \alpha = \cos^{-1} 0,6 = -52,98^\circ$$

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

Paralel R-C devresi

Paralel R-C devresinde direnç ve kapasitör elemanları AC 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° ileri fazdadır.
- Devre akımı (I), direnç akımından (I_R) α açısı kadar ileridedir.



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

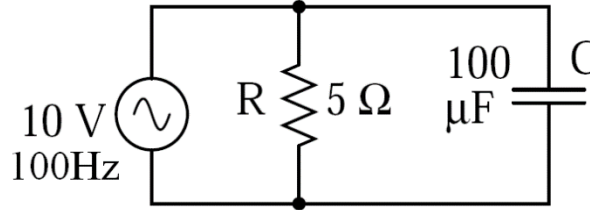
Şekil 2.27'deki paralel R-C devresinin vektör diyagramından

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

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

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

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2,314 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^2}{6,28} = \frac{100}{6,28} = 15,9\Omega$$

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

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

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

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

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

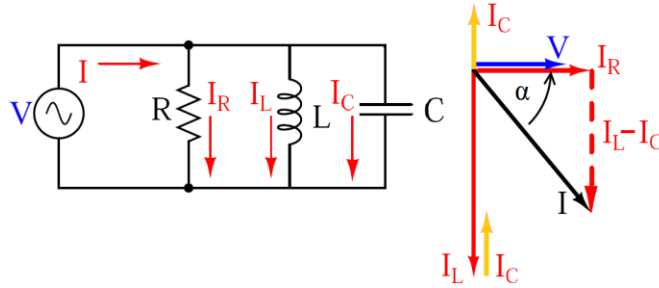
Devrenin toplam akımı, devre gerilimi ve direnç akımından $11,47^\circ$ ileridedir.

Paralel R-L-C devresi

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

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

Bu duruma göre çizilen şekil 2.29'daki vektör diyagramdagörüldüğü gibi I_L ve I_C akımlarının vektörleri aynı doğrultuda fakat aralarında 180° faz farkı vardır. Bu vektör diyagram $I_L > I_C$ olduğu kabul edilerek çizilmiştir. Devrenin toplam akımı ile toplam gerilimi arasında α 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

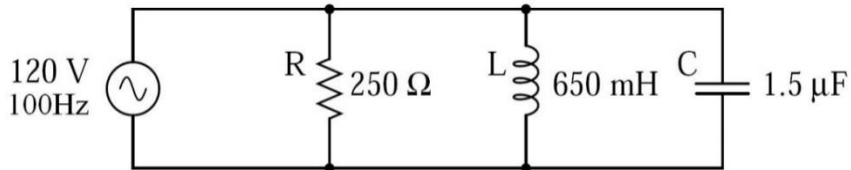
$$I^2 = I_R^2 + (I_L - I_C)^2 \Rightarrow I = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$$

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

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

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

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



Şekil 2.30: Paralel R-L-C devresi

$$X_L = 2\pi.f.L = 2.314.100.650.10^{-3} = 6,28.65 = 408,2\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi.f.C} = \frac{1}{2.314.100.1,5.10^{-6}} = \frac{10^6}{6,28.150} = \frac{10^6}{942} = 1,06K\Omega$$

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

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

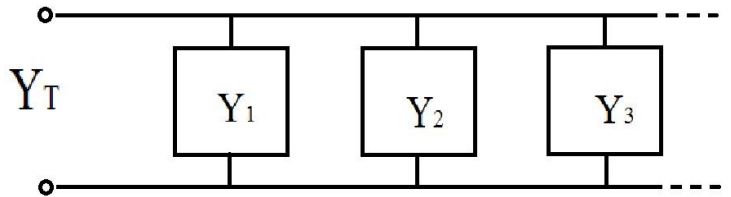
$$I_L = \frac{E}{X_L} = \frac{120}{408,2} = 0,293A$$

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

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

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

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.



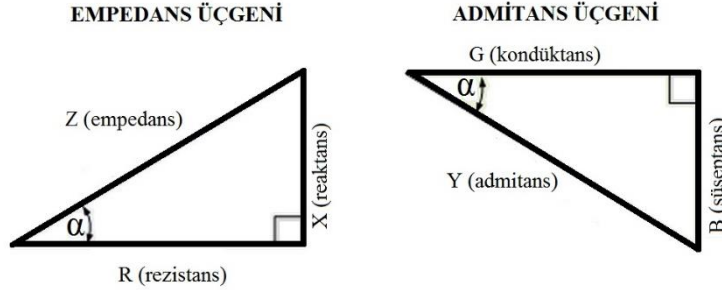
Şekil 2.31: Paralel R-L-C devresinde admitans

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

Admitans kavramıyla birlikte AC devre analizlerinde kullanılan iki kavram daha vardır. Bunlardan biri kondüktans diğeri de süseptanstır. Kondüktans direncin tersidir. G ile gösterilir ve birimi siemensdir (S). Süseptans ise reaktansın tersidir. B ile gösterilir ve birimi siemensdir (S).

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

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 değiştiğinde bobinin endüktif reaktansı ve kondansatörün kapasitif reaktansı değişeceğinden bu durum devredeki bütün akım, gerilim ve empedans parametrelerinin değişmesine neden olur.

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

Seri rezonans devresi

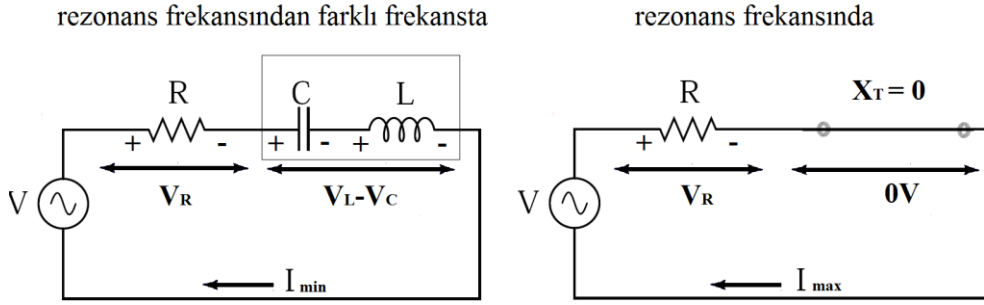
f_r frekansında rezonans etkisi gösteren seri R-L-C devrelerine seri rezonans devresi denir.

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

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

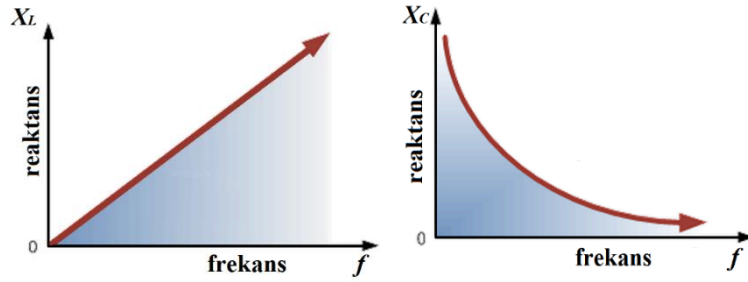
Endüktif ve kapasitif reaktansın matematiksel ifadeleri incelendiğinde frekansla olan ilişkileri açıkça görülmektedir.

Endüktif reaktans frekans ile doğru orantılıdır. Bir bobine uygulanan AC gerilimin frekansı artırıldıkça X_L değeri de artacaktır. Yani frekans artırıldıkça bobin giderek açık devre gibi davranacak, tersine frekans azaltılıp sifıra yaklaştıkça başka bir deyişle DC'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 AC gerilimin frekansı artırıldıkça X_C değeri azalacaktır. Frekansın artması kondansatörün kısa devre gibi davranmasına, frekansın azalması ise kondansatörün açık devre gibi davranmasına neden olacaktır.

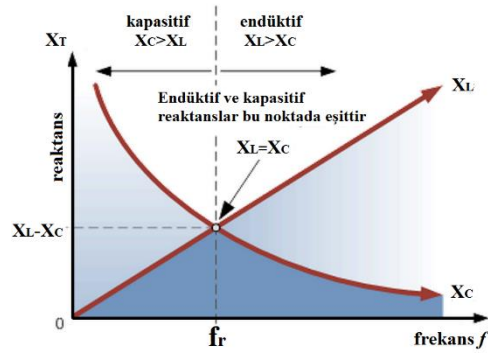


Şekil 2.34: X_L ve X_C nin frekansla değişimi

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 AC 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.

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

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

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

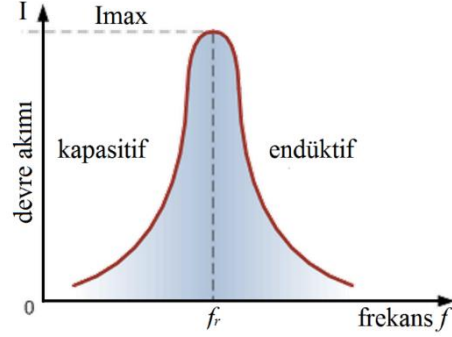
Bu eşitlikte

f_r : Rezonans frekansı, Hertz (Hz)

L : Bobin endüktansı, Henry(H)

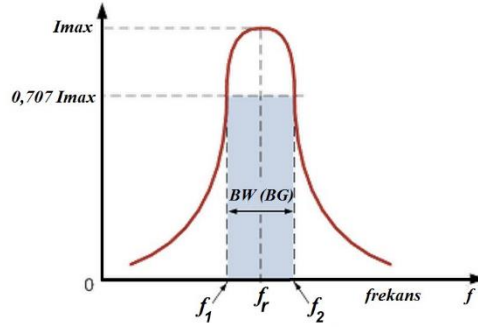
C : Kondansatör kapasitansı, Farad (F)

Seri rezonans devresinde harcanan güç akım ve empedansla doğru orantılıdır. Akım ve empedans frekans ile değiştiği için harcanan güç AC 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 değer $0,707$ '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

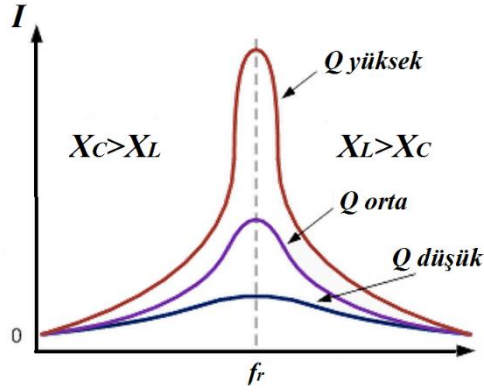
Şekil 2.37'den yararlanarak bant genişliği, alt ve üst kesim frekansları için aşağıdaki eşitlikler yazılabilir.

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

Seri rezonans devresinde bir diğ er önemli parametre de kalite faktörüdür. Kalite faktörü Q ile gösterilir ve rezonansda seçiciliğ inin bir ölçüsüdür (ş ekil 2.38). Seçicilik, rezonans devresinin f_r ye yakın frekanslar dış ındaki sinyalleri reddetmesidir. Bir rezonans devresinin seçiciliğ i ne kadar iyi ise bant genişliğ i o kadar küçük ve kalite faktörü de yüksektir.

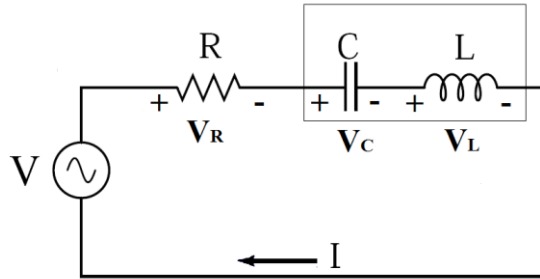
Kalite faktörü Q aş ığındaki eş itliklerden herhangi biri ile bulunabilir.

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



Ş ekil 2.38: Seri rezonans devresinde seçicilik

Örnek 1: Ş ekil 2.39'daki seri rezonans devresinde $R = 30\Omega$, $L = 20mH$, $C = 2\mu F$ ve AC kaynak gerilimi $V = 9V$ ise



Ş ekil 2.39: Seri R-L-C devresi

Rezonans frekansı

$$f_r = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} = \frac{1}{2,3,14 \sqrt{0,02 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}} = \frac{10^3}{6,28 \sqrt{0,04}} = \frac{10^3}{6,28 \cdot 0,2} = 796Hz$$

Rezonans frekansında endüktif reaktans = $X_L = 2\pi \cdot f \cdot L = 2,3,14 \cdot 796 \cdot 0,02 = 100\Omega$

Rezonans frekansında kapasitif reaktans

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

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

Rezonans frekansında bobin ve kapasitör üzerindeki gerilimleri

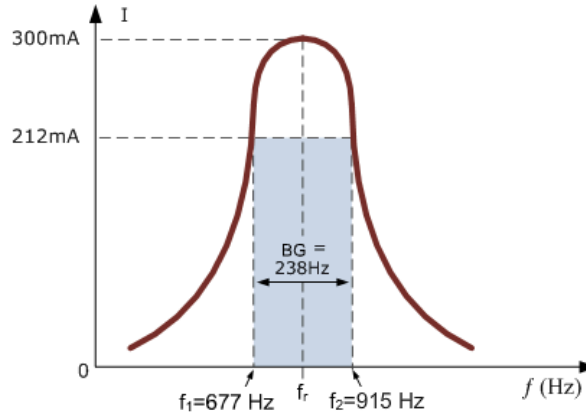
$$V_L = V_C = I \cdot X_L = I \cdot X_C = 0,3 \cdot 100 = 30V \text{ (hatırlayınız, kaynak gerilimi 9V)}$$

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

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

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

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.

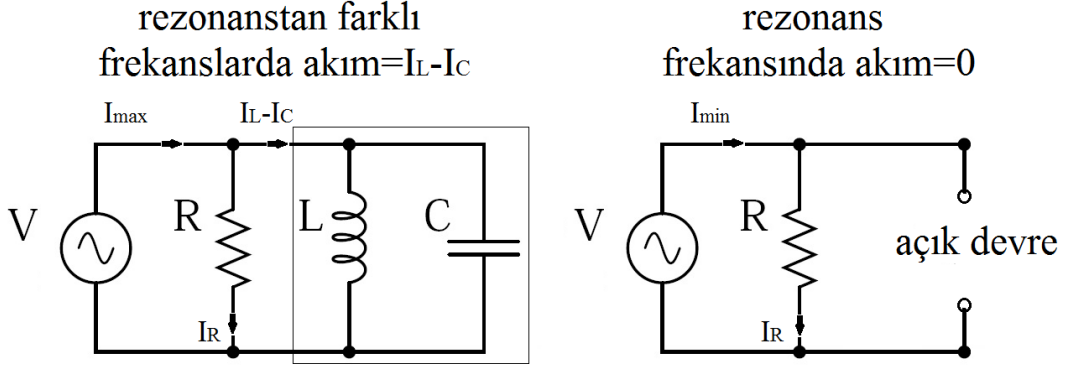


Şekil 2.40: Örneğe ait bant genişliği akım grafiği

Paralel rezonans devresi

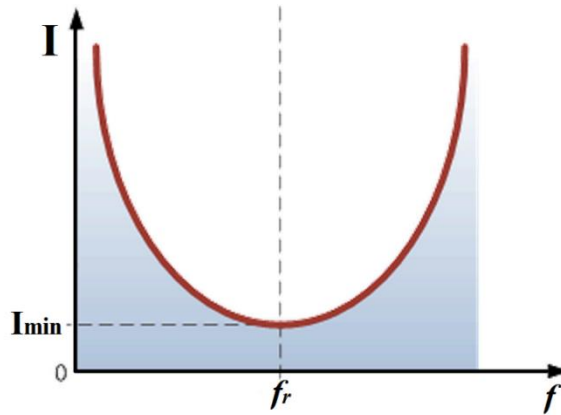
Paralel rezonans devresi seri rezonans devrelerinden çok farklı değildir (şekil 2.41). Reaktif elemanların frekansa verdiği tepkiler devrenin davranışını etkiler. Paralel rezonans devresinde de seri rezonans olduğu gibi reaktif elemanlar, rezonans frekansında birbirinin

etkisini yok edecektir. Tank devresi olarak isimlendirilen paralel L-C devresinde bobin ve kapasitör, rezonans frekansında depoladıkları enerji ile sürekli birbirleri üzerinden akım geçirir. Böylece AC gerilim kaynağından akım çekmez. 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 $R = 60\Omega$, $L = 200$ mH, $C = 120\mu\text{F}$ ve AC. kaynak gerilimi $V = 100$ V ise

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2.314\sqrt{200 \cdot 10^{-3} \cdot 120 \cdot 10^{-6}}} = \frac{10^3}{6.28\sqrt{24 \cdot 10^{-6}}} = \frac{10^3}{6.28 \cdot 4.89} = 32.5\text{Hz}$$

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L = 2.314 \cdot 32.5 \cdot 0.2 = 40.82\Omega$$

$$Q = \frac{R}{X_L} = \frac{60}{40.82} = 1.46$$

$$BG = \frac{f_r}{Q} = \frac{32.5}{1.46} = 22.2\text{Hz}$$

$$f_1 = f_r - \frac{BG}{2} = 32.5 - \frac{22.2}{2} = 21.4\text{Hz}$$

$$f_2 = f_r + \frac{BG}{2} = 32.5 + \frac{22.2}{2} = 43.6\text{Hz}$$

$$I_T = \frac{V}{R} = \frac{100}{60} = 1.67\text{A} \text{ (rezonans anında toplam akım)}$$

$$I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{100}{40.82} = 2.45\text{A} \text{ (rezonans anında bobin ya da tank devresinin akımı)}$$

2.3.4. Alternatif Akımda Güç

Alternatif akım devrelerinde güç birim zamanda yapılan elektrik işidir. AC devrelerde güç devre gerilimine ve devrede dolaşan akıma bağlıdır. Bununla beraber ACdevrelerde güç, endüktif ve kapasitif yüklerin de bulunması, akım ve gerilimin genliğinin devamlı olarak değişmesi ve aralarında faz farkı bulunması nedeniyle birden fazla bileşene sahiptir. AC 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 güçwatt (W)

I : Akım, amper (A)

V : Gerilim, volt (V)

φ : Gerilim ve akım arasındaki faz farkı

Reaktif (kör) güç (Q)

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

$Q = V.I.\sin\varphi$ ile hesaplanır.

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

I : Akım, amper (A)

V : Gerilim, volt (V)

φ : Gerilim ve akım arasındaki faz farkı

Görünür (zahirî, bileşke) güç (S)

Pratikte AC 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-amperdir (VA).

$S = V.I$ 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° geri fazlı akım çekmektedir. Motorun kaynaktan çektiği aktif, reaktif ve görünür güçleri hesaplanacak olursa ($\sin 30^\circ = 0,5$, $\cos 30^\circ = 0,866$)

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

$$P = 220.10.\cos30$$

$$P = 1905,2W$$

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

$$Q = 220.10.\sin30$$

$$Q = 1100VAR$$

$$S = V.I$$

$$S = 220.10$$

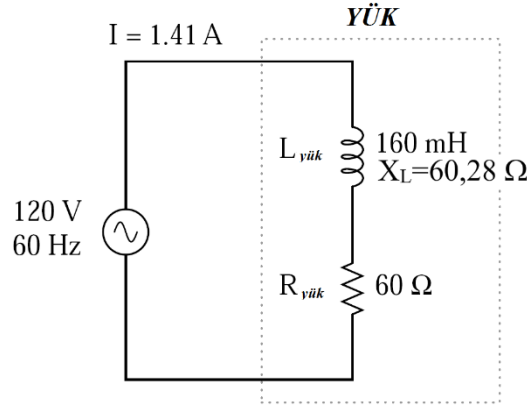
$$S = 2200VA \text{ bulunur.}$$

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 AC devrede yükü oluşturur. Şekil 2.43'teki R-L devresinin güç bileşenleri



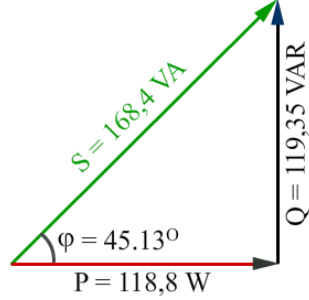
Şekil 2.43: Seri R-XL devresi

$$P = I^2.R = 1,98.60 = 119,365W$$

$$Q = I^2.X = 1,98.60,319 = 119,998VAR$$

$$S = I^2.Z = 1,98.85,48 = 169,256VA \text{ olarak bulunur.}$$

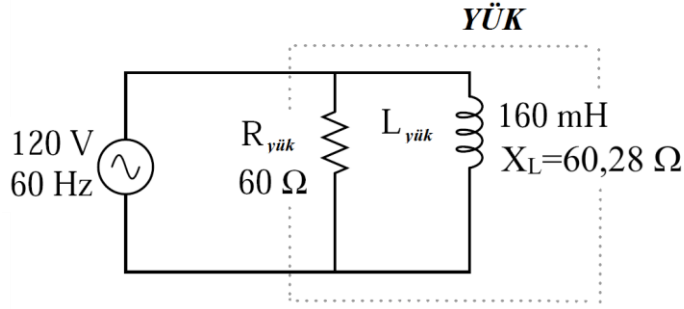
Bu sonuçlar yardımı ile seri R-XL devresinin güç üçgeni şekil 2.44'deki gibi çizilebilir.



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 AC devrede yükü oluşturur. Şekil 2.45'teki R-L devresinin güç bileşenleri



Şekil 2.45: Paralel R-XL devresi

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

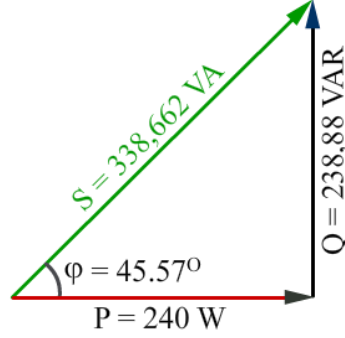
$$P = I^2 \cdot R = \frac{V^2}{R} = \frac{120^2}{60} = 240 \text{ W}$$

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

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

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

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 AC devrelerde güç üçgeninde bulunan φ açısı, AC gerilim kaynağından ne kadar güç çekildiğini veya kaynağa ne kadar güç aktarıldığının oranını gösterir. Güç üçgeninde bulunan bu açığı faz açısı denir. φ 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

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

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

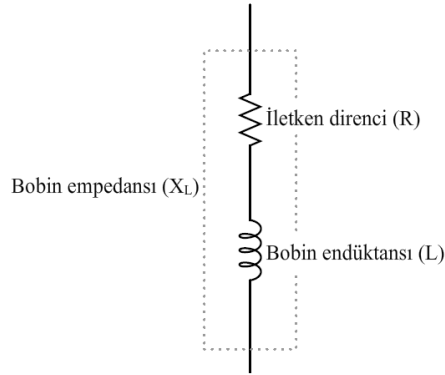
Güç katsayısının 1'e yakın bir olması istenir. Bunun anlamı aktif güç ile görünür gücün birbirine yakın ve reaktif gücün ise nispeten küçük olmasının istenmesidir. Bir sistemin güç katsayısı artırılarak sistemin verimi artırılabilir.

Gerçek bobinin incelenmesi

İdeal bir bobinin sabit direncinin olmadığı varsayılır. Bu nedenle AC 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 dir ve hemen her iletken yapısı, kesiti ve uzunluğuna bağlı olarak bir direnç değerine sahiptir.

Bir bobinin sabit direnci yüksek akımlı devrelerde ihmal edilemez.

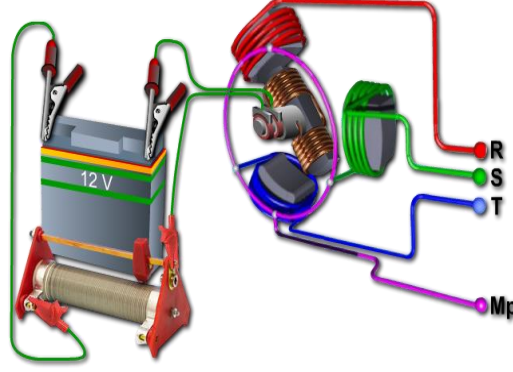


Şekil 2.47: Gerçek bobin

2.3.7. Üç Fazlı Sistemler

Alternatif akım üretmek için alternatör kullanıldığından ilk bölümde bahsedilmişti. Şimdiye kadar incelenen elektrik devrelerindeki AC 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

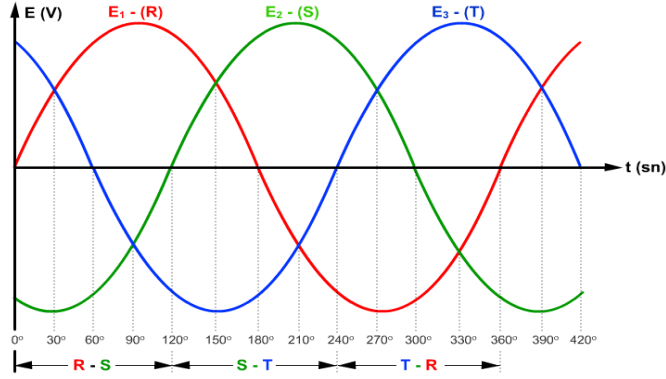
Elektrik enerjisinin iletimi ve üretimi bakımından çok fazlı sistemlerin bir fazlı sistemlere üstünlükleri vardır.

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°'er derece faz farkı olarak yerleştirilerek döndürülürse aralarında 120 derecefaz farkı olan üç sinüzoidal sinyal elde edilir. Şekil 2.49'da A, B ve C bobinlerindeindüklenen 120°'er derece faz farklı sinüs eğrileri görülmektedir.



Şekil 2.49: Üç faz sinüs sinyalleri

Not: İç Tesisler Yönetmeliği'nde 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 bir birine eşit olur. 120 derece faz farklı ve maksimum değeri aynı olan üç eğri matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilir.

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

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

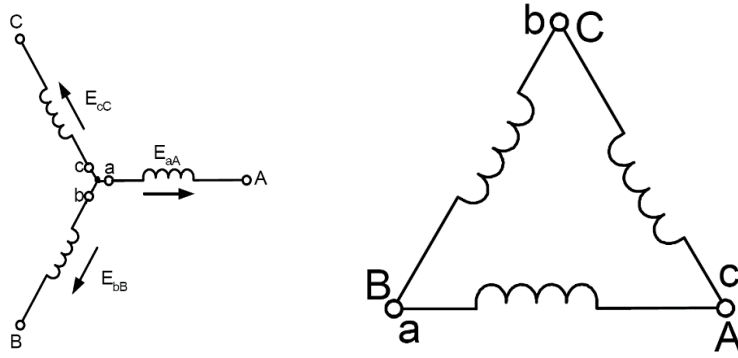
$$e_T = E_m \cdot \sin(\omega t - 2\pi / 3)$$

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 ($V = \sqrt{3}.V_f$) 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 ($I_H = \sqrt{3}.I_F$).

Örneğin yıldız bağlı üç fazlı bir sistemde faz gerilimi $V_f = 220V$ ise hat gerilimi $V = \sqrt{3}.V_f = 1,73.220 = 381,05V$ olarak bulunur.



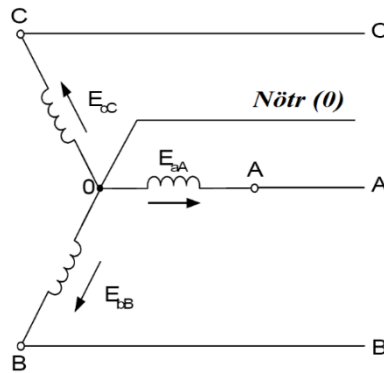
Şekil 2.50: Yıldız ve üçgen bağlantı

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

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

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.

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

P : Dengeli yüklü sistemde güç (watt, W)

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

I : Hat akımı (amper, A)

φ : Hat gerilimi ve hat akımı arasındaki açı

Dengeli üç fazlı sistemler

Üç fazlı olarak gerçekleştirilen elektrik enerjinin üretimi, iletimi ve dağıtımı 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. Demiryolu 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° den farklıdır.

Dengeli üç fazlı güç sistemlerinde yük akımları, sistemin besleme ve uç gerilimleri dengelidir. Akımlar ve gerilimler sinüzoidaldir. Fazları nempedansları ($Z_R = Z_S = Z_T$) 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.

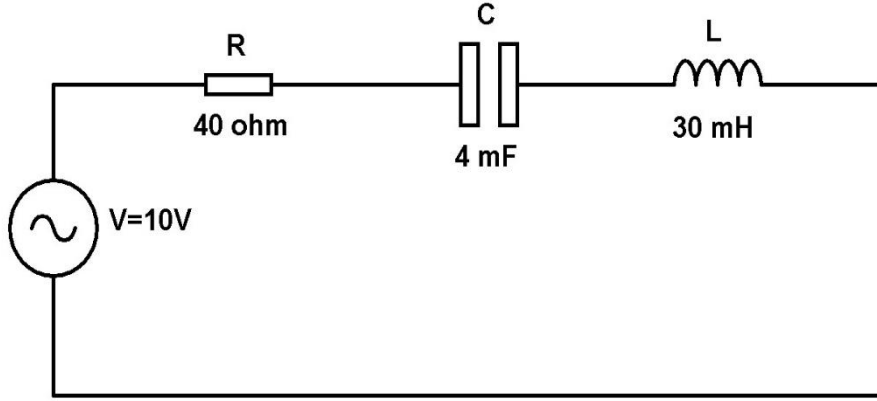
UYGULAMA FAALİYETİ

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

Uygulama Faaliyeti-1	Alternatif Akımda Seri R-L-C Hesaplamaları
Uygulama Faaliyeti-2	Alternatif Akımda Paralel R-L-C Hesaplamaları
Uygulama Faaliyeti-3	Alternatif Akımda Seri Rezonans Devre Hesaplamaları
Uygulama Faaliyeti-4	Alternatif Akımda Paralel Rezonans Devre Hesaplamaları
Uygulama Faaliyeti-5	Alternatif Akımda Güç Hesaplamaları
Uygulama Faaliyeti-6	Alternatif Akımda Güç Üçgenin Çizimi ve Hesaplamaları
Uygulama Faaliyeti-7	Alternatif Akımda Güç Üçgenin Çizimi ve Hesaplamaları
Uygulama Faaliyeti-8	Alternatif Akımda Güç Katsayısı Hesaplamaları

UYGULAMA ADI	Alternatif Akımda Seri R-L-C Hesaplamaları	UYGULAMA NO.	1
--------------	--	--------------	---

Soru 1: Aşağıdaki devrenin değerlerini bulunuz ve empedans üçgenini çiziniz.

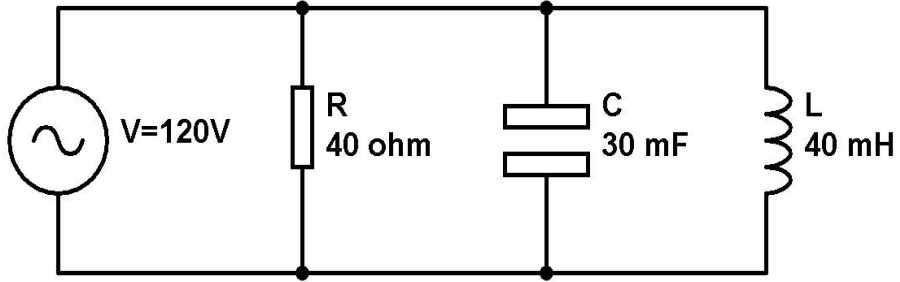


İşlem Basamakları	Öneriler
➤ İş önlüğünü giyiniz.	➤ Gerekli iş güvenliği önlemlerini almayı unutmayınız.
➤ Öğretmenden malzemeleri teslim alınız.	➤ Malzemeleri eksiksiz olarak öğretmenden teslim alabilirsiniz.
➤ Gerekli devreyi istenilen duruma uygun kurunuz.	
➤ Şekildeki devre için gerekli olan malzemeleri ve cihazları hazırlayınız ve devreyi kurunuz.	➤ Devreyi öğretmen kontrolünde çalıştırınız ve çalışmayı değerlendiriniz.
➤ Deney şemasında verilen devreye ait frekans ve periyot değerlerini kaydedin ve hesaplayınız.	➤ Devre çalışmasını rapor ederek kontrol edebilirsiniz.
➤ Devrenin çalışmasını durdurunuz.	➤ Öğretmen kontrolünde yapınız.
➤ Öğretmene gösterip kontrol ettiriniz.	➤ İmza attırmayı unutmayınız.
➤ Teslim ediniz.	➤ Öğretmene verebilirsiniz.

ÖĞRENCİNİN	DEĞERLENDİRME				TOPLAM	
	Teknoloji	İş Alışk.	İşlem Bas.	Süre	Rakam	Yazı
Adı:						
Soyadı:						
Sınıf / No.:						
Okul:	Öğretmen			Tarih: .../.../20....	İmza	

UYGULAMA ADI	Alternatif Akımda Paralel R-L-C Hesaplamaları	UYGULAMA NO.	2
---------------------	--	---------------------	---

Soru 1: Aşağıdaki devrenin değerlerini bulunuz ve empedans üçgenini çiziniz.

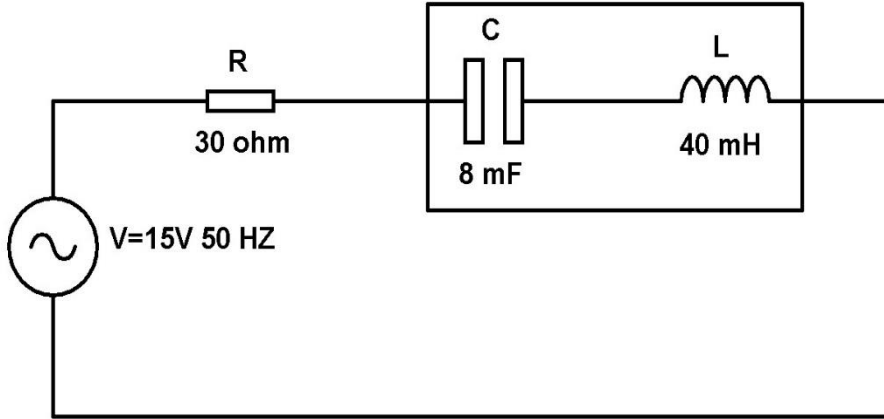


İşlem Basamakları	Öneriler
➤ İş önlüğünü giyiniz.	➤ Gerekli iş güvenliği önlemlerini almayı unutmayınız.
➤ Öğretmenden malzemeleri teslim alınız.	➤ Malzemeleri eksiksiz olarak öğretmenden teslim alabilirsiniz.
➤ Gerekli devreyi istenilen duruma uygun kurunuz.	
➤ Şekildeki devre için gerekli olan malzemeleri ve cihazları hazırlayınız ve devreyi kurunuz.	➤ Devreyi öğretmen kontrolünde çalıştırınız ve çalışmayı değerlendiriniz.
➤ Deney şemasında verilen devreye ait frekans ve periyot değerlerini kaydedin ve hesaplayınız.	➤ Devre çalışmasını rapor ederek kontrol edebilirsiniz.
➤ Devrenin çalışmasını durdurunuz.	➤ Öğretmen kontrolünde yapınız.
➤ Öğretmene gösterip kontrol ettiriniz.	➤ İmza attırmayı unutmayınız.
➤ Teslim ediniz.	➤ Öğretmene verebilirsiniz.

ÖĞRENCİNİN		DEĞERLENDİRME				TOPLAM	
Adı:		Teknoloji	İş Alışk.	İşlem Bas.	Süre	Rakam	Yazı
Soyadı:							
Sınıf / No.:							
Okul:	Öğretmen				Tarih: .../.../20...	İmza	

UYGULAMA ADI	Alternatif Akımda Seri Rezonans Devre Hesaplamaları	UYGULAMA NO.	3
--------------	---	--------------	---

Soru 1: Aşağıdaki devrenin rezonans frekansını bulunuz ve bant genişlik grafiğini çiziniz.

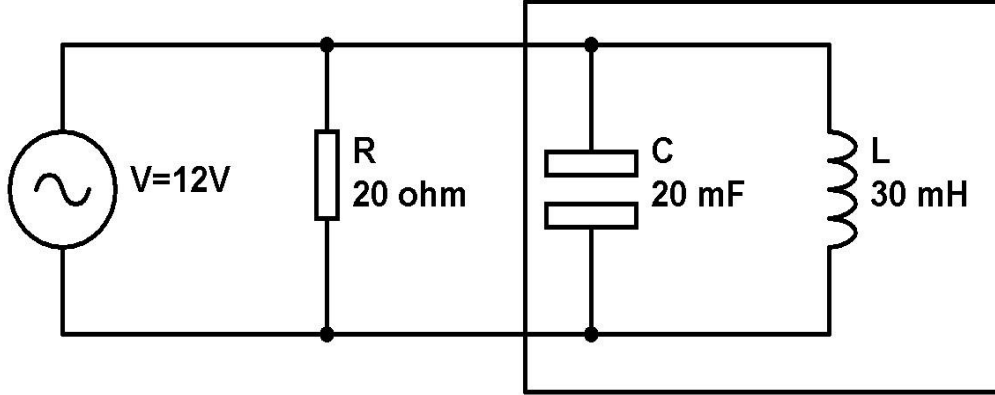


İşlem Basamakları	Öneriler
➤ İş önlüğünü giyiniz.	➤ Gerekli iş güvenliği önlemlerini almayı unutmayınız.
➤ Öğretmenden malzemeleri teslim alınız.	➤ Malzemeleri eksiksiz olarak öğretmenden teslim alabilirsiniz.
➤ Gerekli devreyi istenilen duruma uygun kurunuz.	
➤ Şekildeki devre için gerekli olan malzemeleri ve cihazları hazırlayınız ve devreyi kurunuz.	➤ Devreyi öğretmen kontrolünde çalıştırınız ve çalışmayı değerlendiriniz.
➤ Deney şemasında verilen devreye ait frekans ve periyot değerlerini kaydedin ve hesaplayınız.	➤ Devre çalışmasını rapor ederek kontrol edebilirsiniz.
➤ Devrenin çalışmasını durdurunuz.	➤ Öğretmen kontrolünde yapınız.
➤ Öğretmene gösterip kontrol ettiriniz.	➤ İmza attırmayı unutmayınız.
➤ Teslim ediniz.	➤ Öğretmene verebilirsiniz.

ÖĞRENCİNİN	DEĞERLENDİRME				TOPLAM	
Adı:	Teknoloji	İş Alışk.	İşlem Bas.	Süre	Rakam	Yazı
Soyadı:	30	30	30	10		
Sınıf / No.:						
Okul:	Öğretmen			Tarih: .../.../20...	İmza	

UYGULAMA ADI	Alternatif Akımda Paralel Rezonans Devre Hesaplamaları	UYGULAMA NO.	4
--------------	--	--------------	---

Soru 1: Aşağıdaki devrenin rezonans frekansını bulunuz ve bant genişlik grafiğini çiziniz.



İşlem Basamakları	Öneriler
➤ İş önlüğünü giyiniz.	➤ Gerekli iş güvenliği önlemlerini almayı unutmayınız.
➤ Öğretmenden malzemeleri teslim alınız.	➤ Malzemeleri eksiksiz olarak öğretmenden teslim alabilirsiniz.
➤ Gerekli devreyi istenilen duruma uygun kurunuz.	
➤ Şekildeki devre için gerekli olan malzemeleri ve cihazları hazırlayınız ve devreyi kurunuz.	➤ Devreyi öğretmen kontrolünde çalıştırınız ve çalışmayı değerlendiriniz.
➤ Deney şemasında verilen devreye ait frekans ve periyot değerlerini kaydedin ve hesaplayınız.	➤ Devre çalışmasını rapor ederek kontrol edebilirsiniz.
➤ Devrenin çalışmasını durdurunuz.	➤ Öğretmen kontrolünde yapınız.
➤ Öğretmene gösterip kontrol ettiriniz.	➤ İmza attırmayı unutmayınız.
➤ Teslim ediniz.	➤ Öğretmene verebilirsiniz.

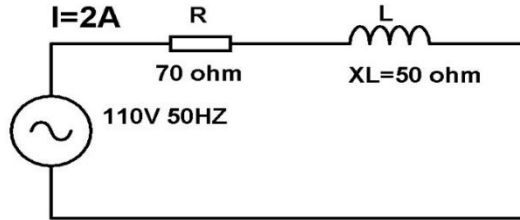
ÖĞRENCİNİN	DEĞERLENDİRME				TOPLAM	
	Teknoloji	İş Alışk.	İşlem Bas.	Süre	Rakam	Yazı
Adı:						
Soyadı:						
Sınıf / No.:						
Okul:	Öğretmen			Tarih: .../.../20...	İmza	

UYGULAMA ADI	Alternatif Akımda Güç Hesaplamaları			UYGULAMA NO.	5	
İşlem Basamakları		Öneriler				
➤ İş önlüğünü giyiniz.		➤ Gerekli iş güvenliği önlemlerini almayı unutmayınız.				
➤ Öğretmen malzemeleri teslim alınız.		➤ Malzemeleri eksiksiz olarak öğretmenden teslim alabilirsiniz.				
➤ Gerekli devreyi istenilen duruma uygun kurunuz.		➤ Devreyi öğretmen kontrolünde çalıştırınız ve çalışmayı değerlendiriniz.				
➤ Şekildeki devre için gerekli olan malzemeleri ve cihazları hazırlayınız ve devreyi kurunuz.		➤ Devreyi öğretmen kontrolünde çalıştırınız ve çalışmayı değerlendiriniz.				
➤ Deney şemasında verilen devreye ait frekans ve periyot değerlerini kaydedin ve hesaplayınız.		➤ Devre çalışmasını rapor ederek kontrol edebilirsiniz.				
➤ Devrenin çalışmasını durdurunuz.		➤ Öğretmen kontrolünde yapınız.				
➤ Öğretmene gösterip kontrol ettiriniz.		➤ İmza attırmayı unutmayınız.				
➤ Teslim ediniz.		➤ Öğretmene verebilirsiniz.				
<p>Soru 1: 380V'luk bir asenkron motorunun şebeken çektiği akım 7A, 15° geri fazdadır. Motorun kaynaktan çektiği aktif, reaktif, görünür güçlerini hesaplayınız.</p>						
<p>Soru 2: 380V'luk bir asenkron motorunun şebeken çektiği akım 5A, 5° geri fazdadır. Motorun kaynaktan çektiği aktif, reaktif, görünür güçlerini hesaplayınız.</p>						
ÖĞRENCİNİN		DEĞERLENDİRME			TOPLAM	
Adı:	Teknoloji	İş Alışk.	İşlem Bas.	Süre	Rakam	Yazı
Soyadı:	30	30	30	10		
Sınıf / No.:						
Okul:	Öğretmen			Tarih: .../.../20....	İmza	

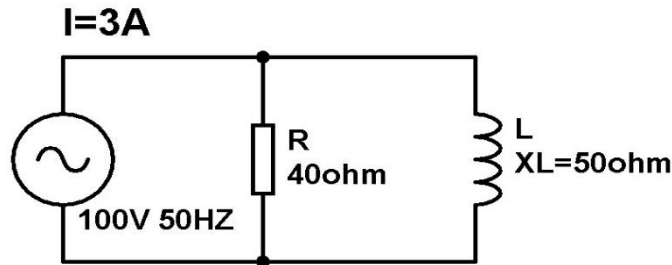
UYGULAMA ADI	Alternatif Akımda Güç Üçgenin Çizimi ve Hesaplamaları	UYGULAMA NO.	6
--------------	---	--------------	---

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ İş önlüğünü giyiniz.	➤ Gerekli iş güvenliği önlemlerini almayı unutmayınız.
➤ Öğretmenden malzemeleri teslim alınız.	➤ Malzemeleri eksiksiz olarak öğretmenden teslim alabilirsiniz.
➤ Gerekli devreyi istenilen duruma uygun kurunuz.	
➤ Şekildeki devre için gerekli olan malzemeleri ve cihazları hazırlayınız ve devreyi kurunuz.	➤ Devreyi öğretmen kontrolünde çalıştırınız ve çalışmayı değerlendiriniz.
➤ Deney şemasında verilen devreye ait frekans ve periyot değerlerini kaydedin ve hesaplayınız.	➤ Devre çalışmasını rapor ederek kontrol edebilirsiniz.
➤ Devrenin çalışmasını durdurunuz.	➤ Öğretmen kontrolünde yapınız.
➤ Öğretmene gösterip kontrol ettiriniz.	➤ İmza attırmayı unutmayınız.
➤ Teslim ediniz.	➤ Öğretmene verebilirsiniz.

Soru 1: Aşağıdaki devrenin hesaplamalarını yaparak güç üçgenini çiziniz.



Soru 2: Aşağıdaki devrenin hesaplamalarını yaparak güç üçgenini çiziniz.

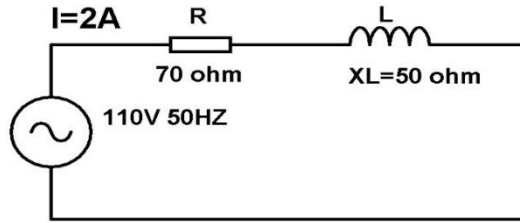


ÖĞRENCİNİN	DEĞERLENDİRME				TOPLAM	
	Adı:	Teknoloji	İş Alışk.	İşlem Bas.		
Soyadı:	30	30	30	10	Rakam	Yazı
Sınıf / No.:						
Okul:	Öğretmen			Tarih: / / 20....	İmza	

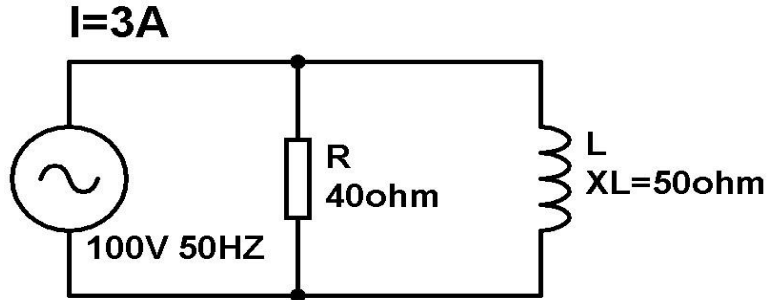
UYGULAMA ADI	Alternatif Akımda Güç Üçgenin Çizimi ve Hesaplamaları	UYGULAMA NO.	7
--------------	---	--------------	---

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ İş önlüğünü giyiniz.	➤ Gerekli iş güvenliği önlemlerini almayı unutmayınız.
➤ Öğretmenden malzemeleri teslim alınız.	➤ Malzemeleri eksiksiz olarak öğretmenden teslim alabilirsiniz.
➤ Gerekli devreyi istenilen duruma uygun kurunuz.	
➤ Şekildeki devre için gerekli olan malzemeleri ve cihazları hazırlayınız ve devreyi kurunuz.	➤ Devreyi öğretmen kontrolünde çalıştırınız ve çalışmayı değerlendiriniz.
➤ Deney şemasında verilen devreye ait frekans ve periyot değerlerini kaydedin ve hesaplayınız.	➤ Devre çalışmasını rapor ederek kontrol edebilirsiniz.
➤ Devrenin çalışmasını durdurunuz.	➤ Öğretmen kontrolünde yapınız.
➤ Öğretmene gösterip kontrol ettiriniz.	➤ İmza atırmayı unutmayınız.
➤ Teslim ediniz.	➤ Öğretmene verebilirsiniz.

Soru 1: Aşağıdaki devrenin hesaplamalarını yaparak güç üçgenini çiziniz.



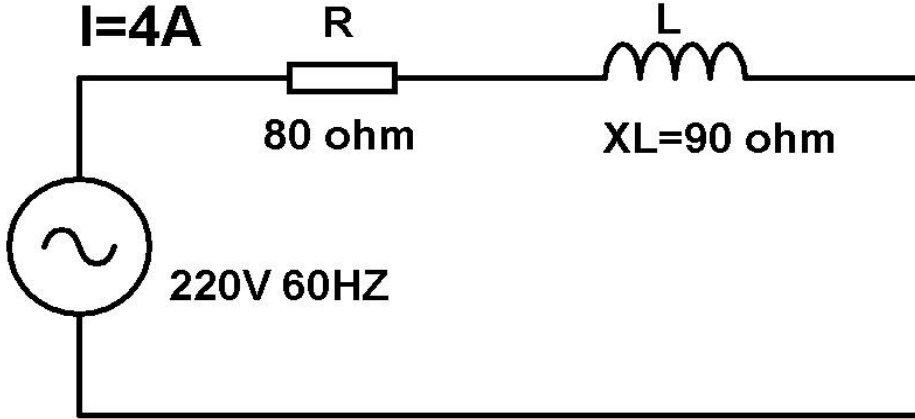
Soru 2: Aşağıdaki devrenin hesaplamalarını yaparak güç üçgenini çiziniz.



ÖĞRENCİNİN	DEĞERLENDİRME				TOPLAM	
	Adı:	Teknoloji	İş Alışk.	İşlem Bas.		
Soyadı:	30	30	30	10	Rakam	Yazı
Sınıf / No.:						
Okul:	Öğretmen			Tarih:	İmza	
				.../.../20....		

UYGULAMA ADI	Alternatif Akımda Güç Katsayısı Hesaplamaları	UYGULAMA NO.	8
--------------	---	--------------	---

Soru 1: Aşağıdaki devrenin güç katsayısını hesaplayınız.



İşlem Basamakları	Öneriler
➤ İş önlüğünü giyiniz.	➤ Gerekli iş güvenliği önlemlerini almayı unutmayınız.
➤ Öğretmenden malzemeleri teslim alınız.	➤ Malzemeleri eksiksiz olarak öğretmenden teslim alabilirsiniz.
➤ Gerekli devreyi istenilen duruma uygun kurunuz.	
➤ Şekildeki devre için gerekli olan malzemeleri ve cihazları hazırlayınız ve devreyi kurunuz.	➤ Devreyi öğretmen kontrolünde çalıştırınız ve çalışmayı değerlendiriniz.
➤ Deney şemasında verilen devreye ait frekans ve periyot değerlerini kaydedin ve hesaplayınız.	➤ Devre çalışmasını rapor ederek kontrol edebilirsiniz.
➤ Devrenin çalışmasını durdurunuz.	➤ Öğretmen kontrolünde yapınız.
➤ Öğretmene gösterip kontrol ettiriniz.	➤ İmza attırmayı unutmayınız.
➤ Teslim ediniz.	➤ Öğretmene verebilirsiniz.

ÖĞRENCİNİN	DEĞERLENDİRME				TOPLAM	
Adı:	Teknoloji	İş Alışk.	İşlem Bas.	Süre	Rakam	Yazı
Soyadı:	30	30	30	10		
Sınıf / No.:						
Okul:	Öğretmen			Tarih: .../.../20....	İmza	

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatle okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Bir bobinin alternatif akıma gösterdiği zorluk aşağıdakilerden hangisidir?
A) Kapasitif reaktans
B) Empedans
C) Direnç
D) Endüktif reaktans
E) Güç kat sayısı
2. Sadece bobinli AC devresinde akımı ve bobin gerilimi için aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?
A) Akım ve gerilim aynı fazdadır.
B) Akım 90° geri fazdadır.
C) Akım 90° ileri fazdadır.
D) İkisini faz farkı 180° dir.
E) Akım ve gerilim arasında 45° dir.
3. 3 mH ve 6 mH endüktansı olan iki bobin seri bağlanırsa eş değer endüktansı aşağıdakilerden hangisidir?
A) 2 mH
B) 6 mH
C) 9 mH
D) 18 mH
E) 27 mH
4. Kapasitörlü bir AC devresinde devre akımı ve kapasitör gerilimi için aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?
A) Akım ve gerilim aynı fazdadır.
B) Akım 90° ileri fazdadır.
C) Akım 90° geri fazdadır.
D) İkisini faz farkı 180° dir.
E) Akım ve gerilim arasında 45° dir.
5. $10\mu\text{F}$ 'luk iki kondansatör birbirine seri bağlanırsa eş değer kapasite aşağıdakilerden hangisidir?
A) $1\mu\text{F}$
B) $2\mu\text{F}$
C) $4\mu\text{F}$
D) $5\mu\text{F}$
E) $6\mu\text{F}$

6. Seri R-L devresi için aşağıdakilerden hangisi söylenemez?
- A) Omik dirençteki gerilim düşümü akımla aynı fazdadır.
B) Endüktif reaktansda düşen gerilim akımdan 90° geri fazdadır.
C) Devre akımı $I = V/Z$ fomülüyle bulunur.
D) Devreden geçen akım, gerilimden ϕ kadar geri kalır.
E) Devrenin toplam gerilimi V , toplam akım I 'dan α açısı kadar ilerdedir.
7. Seri R-C devresi için aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?
- A) Devre akımı, devre geriliminden ϕ 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° geri fazdadır.
E) Kapasitör gerilimi kapasitör akımını 90° ileriden takip eder.
8. Maksimum gerilimi 100V olan bir AC kaynak direnci 10Ω olan bir devreye akım vermektedir. AC 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) $i = 4\sin 80\pi t$
E) $i = 9\sin 80\pi t$
9. Aşağıdakilerden hangisi 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 amper olduğunu gösterir?
- A) 2
B) 3
C) 4
D) 8
E) 10
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 ($\cos\phi$) aşağıdakilerden hangisidir?
- A) $3/5$
B) $3/4$
C) 1
D) $4/3$
E) 0

11. Seri R-C devresinde $R = 4\Omega$, $X_C = 3\Omega$, AC kaynak geriliminin etkin değeri 100V ve akımın etkin değeri I_1 , seri bir R-L-C devresinde $R = 3\Omega$, $X_L = 7\Omega$, $X_C = 3\Omega$, AC 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
E) 0
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
E) Yalnız ii
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
E) Görünmeyen güç
14. Rezonans devrelerinde kalite faktörü aşağıdakilerden hangisi ile gösterilir?
A) K
B) G
C) BW
D) Q
E) E
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
E) 330Hz

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
E) 1KHz
17. Aşağıdakilerden hangisi yıldız bağlantıda hat gerilimi faz geriliminin kaç katına eşit olduğunu gösterir?
A) $\sqrt{3}$
B) $\sqrt{2}$
C) 1,5
D) 10
E) 15
18. Alternatif akım devresinde iş yapan güç aşağıdakilerden hangisidir?
A) Reaktif güç
B) Görünür güç
C) Aktif güç
D) İş güç
E) Görünmeyen 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.
E) İletim maliyetleri düşer.

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

ÖĞRENME KAZANIMI

İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak 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.

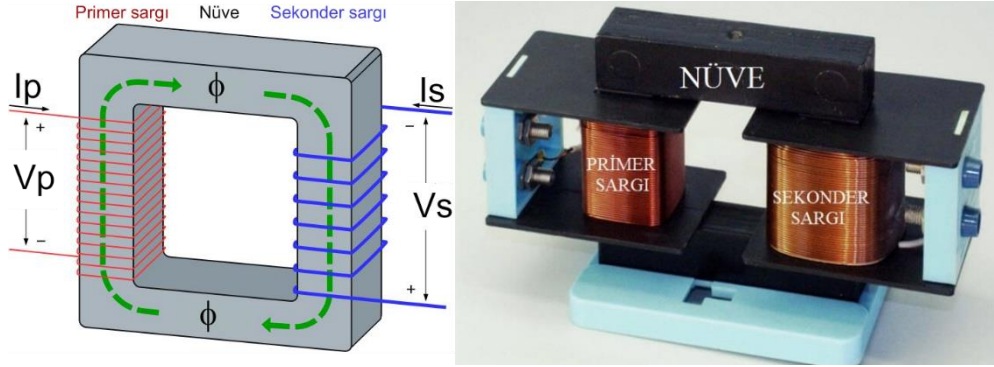
Elektrik enerjisinin santrallerden, kullanım alanlarına iletimi sırasında hatlarda ısı şeklinde güç kaybı ve gerilim düşümü olur. Bu durumu asgariye indirmek için güç sabit tutulup gerilimin yükseltilmesi gerekir. Bu akımın düşürülmesi demektir. Böylece hatlarda kullanılan iletkenlerin kesitleri küçülür,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

3.1. Transformatörün Yapısı

Transformatör, AC 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.

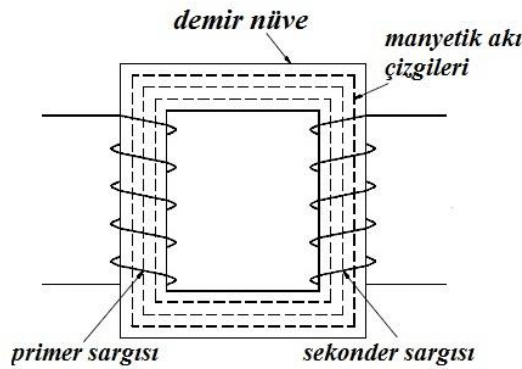
Transformatörlerin primer ve sekonder sargıları birbirlerinden elektriksel olarak yalıtıldıkları gibi nüveden de yalıtılır. Yalıtkan olarak pres bant, kâğıt, mika, bazı plastik maddeler, çeşitli yağlar, pamuk reçine, ağaç takozlar ve pertinaks gibi bazı maddeler kullanılır.



Şekil 3.1: Transformator yapısı

3.2. Transformatorün Çalışma Prensibi

Transformator, enerjinin değişken manyetik akı yoluyla bir iletken diğerine aktarılması prensibine göre çalışır. Manyetik akı bir AC gerilim kaynağı tarafından oluşturulur. Primer sargısı uçlarına AC 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 AC gerilim indüklenmesine neden olur. Böylece primer uçlarındaki AC gerilim sekonder uçlarında bir gerilim indüklenmesi sağlar. Şekil 3.2’de demir nüveli transformatorde manyetik akı çizgileri görülmektedir.

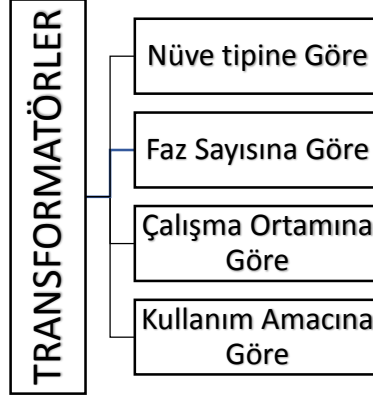


Şekil 3.2: Demir nüveli transformator ve manyetik akı çizgileri

Transformatorler 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.

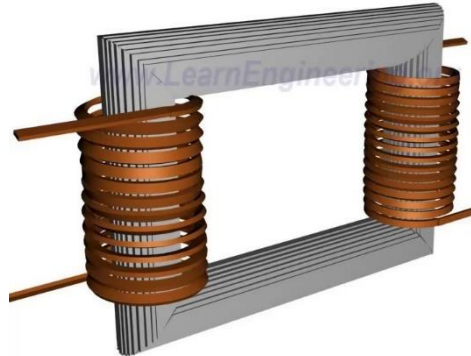
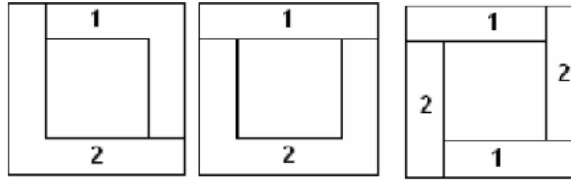


3.3.1. Nüve Tipine Göre

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

Çekirdek tipi

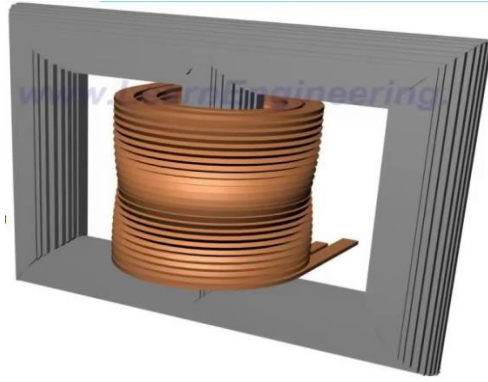
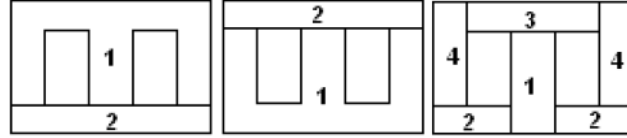
Çekirdek tip nüveli transformatörlerde yalıtım için daha fazla yer ayrılmıştır. Bu tip transformatörler büyük güçlerde ve yüksek gerilimlerde kullanılır. Sargı kontrolü kolaydır. Şekil 3.3'te çekirdek tip nüve görülmektedir.



Şekil 3.3: Çekirdek tip nüveli transformatör ve sac şekiller

Mantel tipi

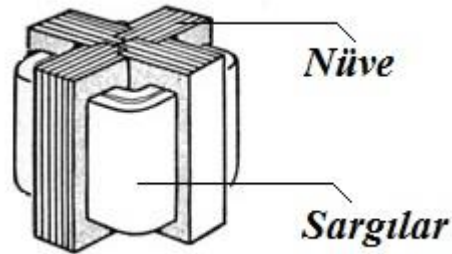
Mantel tip trafolar alçak gerilimlerde kullanılır. Sargılar manyetik nüve tarafından sarılmış durumdadır. Demir yolu kısa ve mıknatıslanma akımı küçüktür. Bu nedenle mantel nüveye sahip olan transformatörler zayıf akım uygulamalarında kullanılır. Sargılar dış etkilere karşı iyi korunur. Şekil 3.4'te 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 + (artı) işaretine benzer (şekil 3.5). Bu nüveye sahip transformatörlerde kaçak alanlar küçük olduğu için boşta 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, oniki fazlı transformatörler),
- Primer ve sekonderi farklı sayıda faza sahip olanlar (üç fazlı sistemi, iki, altı veya oniki 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
- Yeraltı tipi transformatörler
- Su altı tipi transformatörler
- İç mekân tipi transformatörler şeklinde sınıflandırılır.

3.3.4. Kullanma Amacına Göre

Düşürücü tip transformatör

Kullanım alanı 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 yalıtımdır. 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

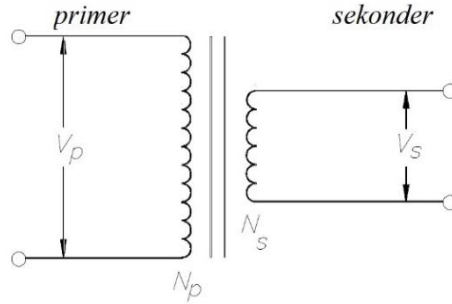
V_p : Primer gerilimi, volt (V)

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 120V'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 60V ise primer gerilimi ve primer sargısının tur sayısı ne olur?

$$K = \frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} \Rightarrow \frac{1}{4} = \frac{N_p}{5000} = \frac{V_p}{60}$$

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

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

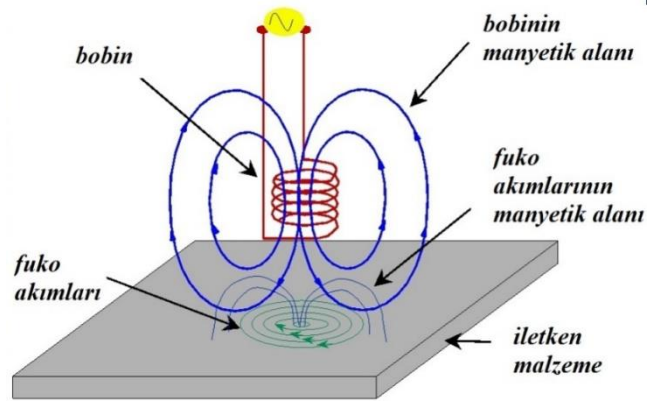
3.5. Transformatör Kayıpları

3.5.1. Fuko Kaybı

Bir nüve üzerine sarılmış bir bobinden değişken akım geçirildiğinde nüve üzerinde gerilim indüklenir. Bu gerilim nüvede kapalı çevrimler hâlinde 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. Fuko akımlarını önleyebilmek için transformatörlerde nüve için ince saclar kullanılır. Bu saclar birbirlerinden yalıtılır ve öz direnci yüksek iletkenler kullanılır.

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



Şekil 3.7:Fuko 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. Feko, 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 η (eta) ile gösterilir ve birimi yoktur. Yüzde olarak verimlilik aşağıdaki eşitlikle bulunabilir.

$$\% \eta = \frac{P_S}{P_P} \cdot 100$$

Örneğin 100 w'lık bir transformatörde 2 w kayıplara harcanıyorsa bu transformatörün yüzde verimliliği

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

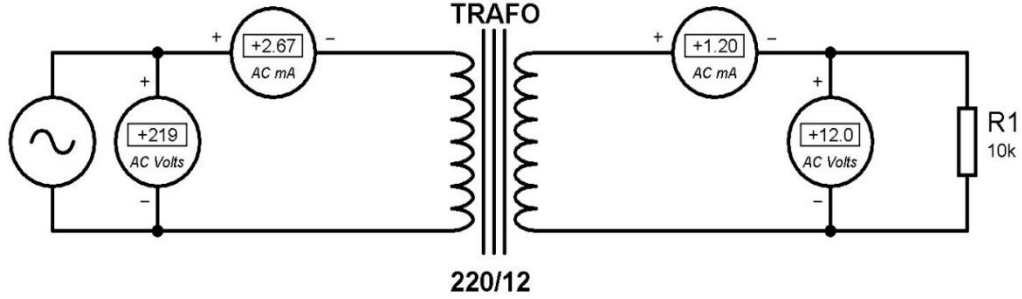
UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıdaki uygulamaları yaparak transformatör seçimini yapabilecek ve devreye bağlayabileceksiniz.

Uygulama Faaliyeti-1	Transformatör Dönüştürme Oranları ve Verim Hesaplamaları
Uygulama Faaliyeti-2	Transformatörün devreye bağlanması

UYGULAMA ADI	Transformatör Dönüştürme Oranları ve Verim Hesaplamaları	UYGULAMA NO.	1
--------------	--	--------------	---

Aşağıdaki devredeki transformatörün dönüştürme oranını ve verimini hesaplayınız.

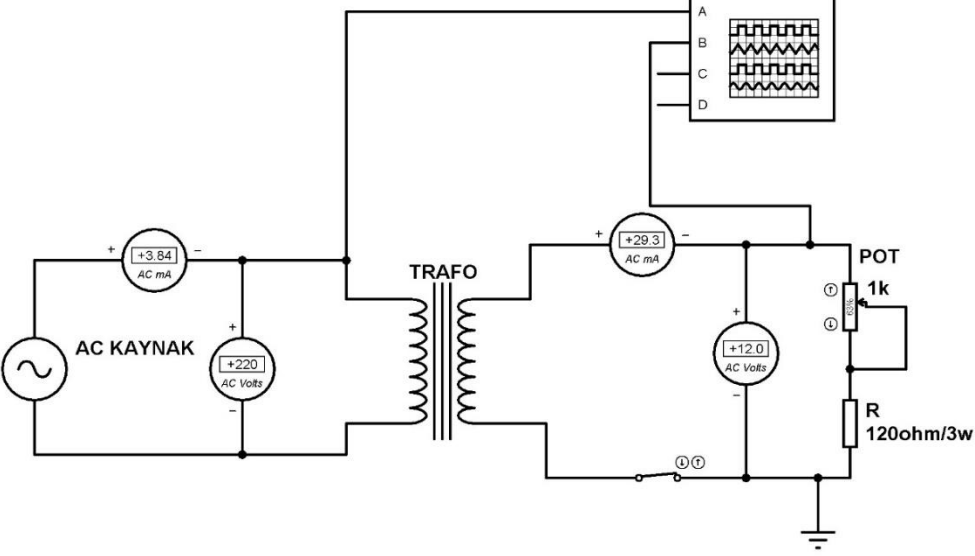


Soru 1: Yukarıdaki transformatörün dönüştürme oranını hesaplayınız. (Primer sargı sayısı: 400)

Soru 2: Yukarıdaki transformatörün verimini hesaplayınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ İş önlüğünü giyiniz.	➤ Gerekli iş güvenliği önlemlerini almayı unutmayınız.
➤ Öğretmenden malzemeleri teslim alınız.	➤ Malzemeleri eksiksiz olarak öğretmenden teslim alabilirsiniz.
➤ Gerekli devreyi istenilen duruma uygun kurunuz.	
➤ Şekildeki devre için gerekli olan malzemeleri ve cihazları hazırlayınız ve devreyi kurunuz.	➤ Devreyi öğretmen kontrolünde çalıştırınız ve çalışmayı değerlendiriniz.
➤ Deney şemasında verilen devreye ait frekans ve periyot değerlerini kaydedin ve hesaplayınız.	➤ Devre çalışmasını rapor ederek kontrol edebilirsiniz.
➤ Devrenin çalışmasını durdurunuz.	➤ Öğretmen kontrolünde yapınız.
➤ Öğretmene gösterip kontrol ettiriniz.	➤ İmza attırmayı unutmayınız.
➤ Teslim ediniz.	➤ Öğretmene verebilirsiniz.

ÖĞRENCİNİN	DEĞERLENDİRME				TOPLAM	
	Teknoloji	İş Alışk.	İşlem Bas.	Süre		
Adı:	30	30	30	10	Rakam	Yazı
Soyadı:						
Sınıf / No.:						
Okul:	Öğretmen			Tarih: .../.../20...	İmza	

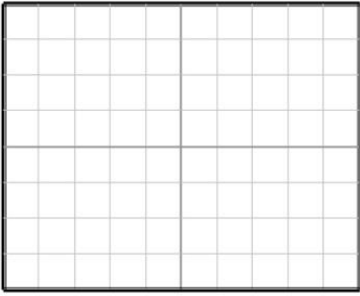
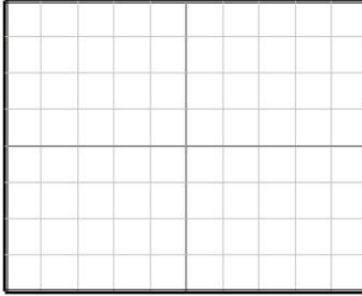
UYGULAMA ADI	Transformatörün devreye bağlanması.	UYGULAMA NO.	2
<p>Aşağıdaki devreyi iş güvenliği ve sağlığı önlemlerini alarak kurunuz.</p>			
			
<p>İşlem Basamakları</p>		<p>Öneriler</p>	
<p>➤ İş sağlığı ve güvenliği önlemlerini alarak şekildeki devreyi şemada gösterilen malzemeleri kullanarak kurunuz.</p>		<p>➤ Gerekli iş güvenliği önlemlerini almayı unutmayınız.</p>	
<p>➤ Transformatöre enerji verilmemiş ve S anahtarı açık durumda iken primer ve sekonder sargılarının direncini avometre ile ölçünüz.</p>		<p>➤ Malzemeleri eksiksiz olarak öğretmenden teslim alabilirsiniz.</p>	
<p>➤ S anahtarı açık durumda iken devreye AC 220V uygulayarak yüksüz primer ve sekonder gerilimlerini osilaskopla gözlemleyiniz.</p>		<p>➤ Devreyi öğretmen kontrolünde çalıştırınız ve çalışmayı değerlendiriniz.</p>	
<p>➤ S anahtarını kapatarak sekonder yükünü devreye alınız. Yüklü primer ve sekonder gerilimlerini osilaskopla gözlemleyiniz. Potansiyometreyi ayarlayarak yük değişiminin sekonder gerilimine etkisini inceleyiniz.</p>		<p>➤ Devre çalışmasını rapor ederek kontrol edebilirsiniz.</p>	
<p>➤ Ölçüm sonuçlarını kaydediniz.</p>		<p>➤ Öğretmen kontrolünde yapınız.</p>	
		<p>➤ İmza attırmayı unutmayınız.</p>	
		<p>➤ Öğretmene verebilirsiniz.</p>	

ÖĞRENCİNİN		DEĞERLENDİRME			TOPLAM	
Adı:	Teknoloji	İş Alışk.	İşlem Bas.	Süre		
Soyadı:	30	30	30	10	Rakam	Yazı
Sınıf / No.:						
Okul:	Öğretmen			Tarih: .../.../20....	İmza	

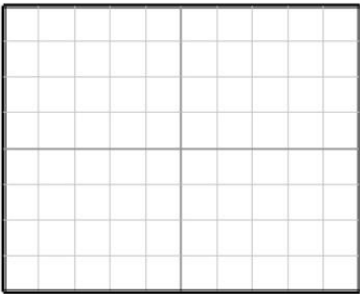
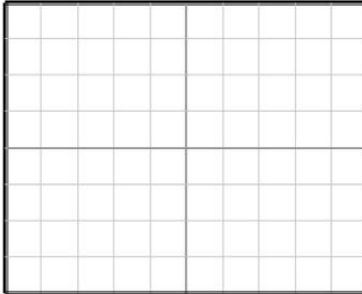
UYGULAMA ADI	Transformatörün devreye bağlanması.	UYGULAMA NO.	2
--------------	-------------------------------------	--------------	---

Primer sargı direnci	
Sekonder sargı direnci	

➤ Yüksüz ölçümler

V_p		V_s	
-------	---	-------	--

➤ Yüklü ölçümler

V_p		V_s	
-------	--	-------	---

ÖĞRENCİNİN		DEĞERLENDİRME				TOPLAM	
Adı:		Teknoloji	İş Alışk.	İşlem Bas.	Süre	Rakam	Yazı
Soyadı:		30	30	30	10		
Sınıf / No.:							
Okul:	Öğretmen				Tarih: .../.../20....	İmza	

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatle 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.
E) Sadece gerilim düşürmek için kullanılır.
2. Transformatörün elektrik devrelerinde görevi aşağıdakilerden hangisidir?
A) Frekansı değerini arttırmak
B) AC'yi DC'ye dönüştürmek
C) AC'nin seviyesini değiştirmek
D) AC faz değiştirmek
E) Frekans değerini azaltmak
3. Transformatörde nüvenin ne işe yaradığı aşağıdakilerden hangisidir?
A) Gerilimi doğrultur.
B) Kısa devrelerden korumak için empedans sağlar.
C) Sargılardaki harmonikleri yok eder.
D) Manyetik akının geçişi için yol sağlar.
E) Akımı doğrultur.
4. Transformatörlerde dönüştürme oranı aşağıdakilerden hangisidir?
A) Güçteki değişim oranıdır.
B) Nüve ile sargılar arasındaki güç oranıdır.
C) Primer ve sekonder sargılarının tur sayılarının oranıdır.
D) Bakır kayıplarının fuko kayıplarına oranıdır.
E) Akımdaki değer kaybıdır.
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
E) Sekonder geriliminin primer gerilimine oranı
6. Aşağıdakilerden hangisi nüve tipine göre transformatörlerden değildir?
A) Mantel tip
B) Dağıtılmış tip
C) Çekirdek tip
D) Tek fazlı tip
E) Çok fazlı tip

7. Sekonder sargısı 500 ve sekonder gerilimi 20V olan bir transformatörün primer gerilimi 150V ise primer sargısı aşağıdakilerden hangisidir?
A) 3750
B) 37500
C) 375
D) 37,5
E) 3,75
8. Transformatörde verim aşağıdaki simgelerden hangisi ile gösterilir?
A) μ
B) η
C) π
D) λ
E) Ω
9. 200 w güce sahip bir transformatörde 5 w bakır, fuko ve histerisiz kayıplarına harcanıyorsa bu transformatörün verimi yüzde kaç olur?
A) 95,5
B) 97,5
C) 92
D) 90
E) 80
10. Aşağıdakilerden hangisi kullanım amacına göre transformatörlerden değildir?
A) Sabit gerilim transformatörleri
B) Ayarlı gerilim transformatörleri
C) Sabit akım transformatörleri
D) Değişken yük transformatörleri
E) İzolasyon transformatörü
11. Transformatör, girişine uygulanan sinyalin aşağıdaki hangi özelliği kesinlikle değişmez?
A) Gerilim
B) Frekans
C) Akım
D) Güç
E) Kayıplar

12. Transformatörün çalışması alternatif akımın etkilerinden aşağıdakilerden hangisine bağlıdır?
A) Işık
B) Manyetik alan
C) Isı
D) Kimyasal
E) Fiziksel
13. Bir transformatörün nüvesi, manyetik geçirgenliği kötü olan bir nüve ile değiştirilirse aşağıdakilerden hangisinde artma görülür?
Sekonder gerilimi
Sekonder gücü
Dönüştürme oranı
Kayıplar
Verim

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru **modül değerlendirmeye** geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatle okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi açısal hızın sembolüdür?
A) α
B) f
C) ω
D) T
E) τ
2. Aşağıdaki frekanslardan dalga boyu en küçük olanı hangisidir?
A) 50 Hz
B) 60 Hz
C) 6 KHz
D) 5 MHz
E) 10 Khz
3. 4 Ω 'luk bir direnç ve 3 Ω 'luk bir bobin 110V 50 Hz'lik bir kaynağa seri bağlanınca devrenin empedansı aşağıdakilerden hangisidir?
A) 3 Ω
B) 4 Ω
C) 5 Ω
D) 7 Ω
E) 8 Ω
4. 4 Ω 'luk bir direnç ve 3 Ω 'luk bir bobin 110 V 50 Hz'lik bir kaynağa seri bağlanınca devrenin faz açısı aşağıdakilerden hangisidir?
A) 37°
B) 47°
C) 53°
D) 63°
E) 90°
5. 4 Ω 'luk bir direnç ve 3 Ω 'luk bir bobin 110 V 50 Hz'lik bir kaynağa seri bağlanınca devrenin aktif gücü aşağıdakilerden hangisidir?
A) 1936 w
B) 88 w
C) 4 w
D) 1550 w
E) 100 w

6. 4 Ω 'luk bir direnç ve 3 Ω 'luk bir bobin 110 V 50 Hz'lik bir kaynağa seri bağlanınca devrenin reaktif gücü aşağıdakilerden hangisidir?
A) 3 VAR
B) 1452 VAR
C) 871 VAR
D) 66 VAR
E) 70 VAR
7. 4 Ω 'luk bir direnç ve 3 Ω 'luk bir bobin 110 V 50 Hz'lik bir kaynağa seri bağlanınca devrenin görünür gücü aşağıdakilerden hangisidir?
A) 5 VA
B) 1778 VA
C) 2420 VA
D) 110 VA
E) 100 VA
8. Üç fazlı yıldız bağlı bir motorun hat akımı 173 A'i göstermektedir. Motorun faz akımı aşağıdakilerden hangisidir?
A) 122 A
B) 110 A
C) 100 A
D) 173 A
E) 190 A
9. 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) $\cos\phi = 0.9$
E) $\cos\phi = 0.5$
10. 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
E) Verim

11. 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
E) 100000 V
12. Giriş gerilimi 120 V ve çıkış gerilimi 6 V olan bir transformatörün dönüştürme oranı aşağıdakilerden hangisidir?
A) 6
B) 20
C) 40
D) 120
E) 130
13. Giriş gücü 10 w ve çıkış gücü 9,5 w olan bir transformatörün verimi aşağıdakilerden hangisidir?
A) % 5
B) % 95
C) % 100
D) % 10
E) % 70

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

14. () Bir akımın sinüzoidal olabilmesi için akımın elde edildiği bobinler manyetik alan içinde doğrusal hareket ettirilmelidir.
15. () Bir sinüs eğrisinin başlangıç noktası x ekseninin pozitif bölgesinde ise bu eğri ileri faz eğrisidir.
16. () Bir bobinin nüvesi büyüdükçe bobin endüktansı artar.
17. () Bir kapasitörün plakaları uzaklaştırılınca kapasitesi artar.
18. () Üç fazlı dengeli yıldız bağlı devrelerde hat gerilimi faz gerilimine eşit ve hat akımı da faz akımının $\sqrt{3}$ katıdır.
19. () Bir transformatörün manyetik kaçaklarını azaltarak transformatörün verimini artırılabilir.
20. () 10/100 V'luk bir transformatörün dönüştürme oranı 10'dur.
21. () 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.

22. Alternatif akım santrallerde ile yükseltilerek iletilir.
23. Alternatif akımın maksimum değeri, etkin değerinin katıdır.
24. Bir alternatör rotorunun birim zamandaki dönüş sayısı arttıkça frekansı
25. Frekansı 50 Hz olan bir akımın periyodu milisaniyedir.
26. Başlangıç noktası x ekseninin pozitif bölgesinde olan sinüs eğrisinefaz eğrisi denir.
27. Bir bobin içindeki hareket ettirilerek bobin endüktansı ayarlanabilir.
28. Seri R-L-C devresinde devre geriliminin ileri fazlı olması için devredeki endüktif reaktansın kapasitif reaktanstan olması gerekir.
29. Bir rezonans devresinde kalite kat sayısı ile bant genişliği arasında orantı söz konusudur.

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 bireysel öğrenme materyaline geçiniz.

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	D

MODÜL DEĞERLENDİRMENİN CEVAP ANAHTARI

1	C
2	D
3	C
4	C
5	A
6	B
7	C
8	D
9	A
10	D
11	A
12	C
13	B
14	Yanlış
15	Yanlış
16	Doğru
17	Yanlış
18	Yanlış
19	Doğru
20	Yanlış
21	Doğru
22	Transformatör
23	$1,41(\sqrt{2})$
24	Artar
25	20
26	Geri
27	Nüve
28	Büyük
29	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.
- ŞAÇKAN Ahmet Hamdi, **Doğru ve Alternatif Akım Devreleri**, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2000.
- GÜVEN M. Emin, MARTI İ. Baha, **Eletroteknik Cilt II**, MEB Yayınları, İstanbul, 1984.
- GÜVEN M. Emin, ÇOŞKUN İ., **Elektroteknik ve Laboratuvarı II**, MEB Yayınları, Ankara, 2003.
- 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.