

T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI



MEGEP

(MESLEKÎ EĞİTİM VE ÖĞRETİM SİSTEMİNİN
GÜÇLENDİRİLMESİ PROJESİ)

ENDÜSTRİYEL OTOMASYON
TEKNOLOJİLERİ

DEVRE ANALİZİ-1

ANKARA 2007

Milli Eğitim Bakanlığı tarafından geliştirilen modüller;

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

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	iii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1. ALTERNATİF AKIM VE OMİK DİRENÇLİ DEVRELER	3
1.1. Alternatif Akım	3
1.1.1. Alternatif Akımın Doğru Akımla Karşılaştırılması	3
1.1.2. Alternatif Akım Nedir?	4
1.1.3. Alternatif Akımın Elde Edilmesi	5
1.1.4. Açısal Hız	14
1.1.5. Alternatif Akımın Denklemi, Ani, Maksimum ve Etkin Değerleri	14
1.1.6. Alternatif Akımın Vektörlerle Gösterilmesi	18
1.1.7. Faz ve Faz Farkı	19
1.1.8. Sinüsel Büyüklüklerin Toplanması	22
1.2. Omik Dirençli Devreler	26
1.2.1. Alternatif Akımda Direnç	26
UYGULAMA FAALİYETİ	30
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	36
ÖĞRENME FAALİYETİ-2	38
2. BOBİNLİ DEVRELER	38
2.1. Endüktif Reaktans (X_L)	40
2.2. Endüktif Reaktans İle İlgili Ohm Kanunu Uygulamaları	42
2.3. Endüktif Reaktansların Seri ve Paralel Bağlanması	43
2.3.1. Seri Bağlama	43
2.3.2. Paralel Bağlama	44
2.4. Gerçek Bobinli Devreler	48
2.4.1. RL-R Seri Devre	51
2.4.2. RL-R Paralel Devreler	54
UYGULAMA FAALİYETİ	59
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	62
ÖĞRENME FAALİYETİ-3	64
3. KONDANSATÖRLÜ DEVRELER	64
3.1. Alternatif Akımda Kondansatör	65
3.2. Kondansatör Bağlantıları	68
3.2.1. Seri Bağlama	68
3.2.2. Paralel Bağlama	70
3.3. R-C Seri Devre	75
3.4. R-C Paralel Devre	81
UYGULAMA FAALİYETİ	86
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	89
ÖĞRENME FAALİYETİ-4	91
4. RL-C DEVRELER VE REZONANS	91
4.1. Seri RL-C Devre	91
4.1.1. Endüktif Reaktansın Kapasitif Reaktanstan Büyük Olması ($X_L > X_C$)	92
4.1.2. Kapasitif Reaktansın Endüktif Reaktanstan Büyük Olması ($X_C > X_L$)	94
4.1.3. Endüktif Reaktansın Kapasitif Reaktansa Eşit Olması ($X_L = X_C$)	95

4.2. Paralel RL-C Devre.....	98
4.2.1. Endüktif Reaktansın Kapasitif Reaktanstan Büyük Olması ($X_L > X_C$)	99
4.2.2. Kapasitif Reaktansın Endüktif Reaktanstan Büyük Olması ($X_C > X_L$)	100
4.2.3. Endüktif Reaktansın Kapasitif Reaktansa Eşit Olması ($X_L = X_C$).....	101
4.3. Rezonans	104
4.3.1. Seri Rezonans	105
4.3.2. Paralel Rezonans.....	108
UYGULAMA FAALİYETİ	115
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	120
MODÜL DEĞERLENDİRME	123
CEVAP ANAHTARLARI.....	124
KAYNAKÇA	126

AÇIKLAMALAR

KOD	523EO0353
ALAN	Endüstriyel Otomasyon Teknolojileri
DAL/MESLEK	Alan Ortak
MODÜLÜN ADI	Devre Analizi-1
MODÜLÜN TANIMI	Bir fazlı devre analizini yapabilme becerisinin kazanıldığı öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	Alan Ortak
YETERLİK	Devre analizi yapmak.
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç: AA devre devre analizini doğru olarak yapabileceksiniz. Amaçlar 1. Omik dirençli devrelerde hatasız olarak akım ve gerilim ölçebileceksiniz. 2. Bobinli devrelerde hatasız olarak akım ve gerilim ölçebileceksiniz. 3. Kondansatörlü devrelerde hatasız olarak akım ve gerilim ölçebileceksiniz. 4. Rezonanslı devrelerde hatasız olarak akım ve gerilim ölçebileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Ortam: Elektrik - Elektronik Laboratuvarı Donanım: Multimetre, osilaskop, deneybordu, güç kaynağı
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Her faaliyetin sonunda ölçme soruları ile öğrenme düzeyinizi ölçeceksiniz. Araştırmalarla, grup çalışmaları ve bireysel çalışmalarla öğretmen rehberliğinde ölçme ve değerlendirmeyi gerçekleştirebileceksiniz.

GİRİŞ

Sevgili öğrenci,

Alternatif Akım Devreleri Modülü ile endüstriyel otomasyon teknolojileri alanında gerekli olan doğru devre analizi ve devre elemanlarının özelliklerine yönelik bilgi ve teknolojiye ait temel yeterlilikleri kazanacaksınız.

Günlük hayatta sıkça kullandığımız alternatif akımı doğru ve güvenli bir şekilde kullanabileceksiniz.

Bu modülü başarılı bir şekilde tamamladığınızda endüstriyel otomasyon teknolojisi alanında alternatif akımla ilgili problemleri çok rahat çözebileceksiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Omik dirençli devrelerde hatasız olarak akım ve gerilim ölçebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Alternatif akım elektrik enerjisinin nasıl elde edildiğini araştırarak gerekli bilgi ve beceri kazanmalısınız.
- Omik dirençli devrelerin özelliklerini öğreniniz.

1. ALTERNATİF AKIM VE OMİK DİRENÇLİ DEVRELER

1.1. Alternatif Akım

Bu modül “Doğru Akım Devreleri” modülünün devamı niteliğindedir. İlerleyen bölümlerde alternatif akım ve özellikleri hakkında bilgiler verilerek, alternatif akım devre elemanları tanıtılacaktır. Bu devre elemanlarının alternatif akıma karşı olan davranışı incelenerek örnekler ve uygulamalar yapılacaktır.

1.1.1. Alternatif Akımın Doğru Akımla Karşılaştırılması

Günümüzde elektrik enerjisinin geniş bir kullanma alanı vardır. Elektrik enerjisi iki şekilde üretilebilir. Üretim yöntemi alternatif akım veya doğru akımdan biri kullanılarak gerçekleştirilir. Bu nedenle iki tür yöntemden birisini tercih etmek zorundayız. Hangi tür elektrik enerjisi bizim için avantajlı görünüyorsa onu tercih etmek yerinde bir hareket olacaktır.

Alternatif ve doğru akım elektrik enerjilerini birbiri ile kıyaslırsak; alternatif akım elektrik enerjisini üretmek doğru akım üretmekten daha kolay ve ekonomiktir. Alternatif akım jeneratörlerinin verimleri doğru akım jeneratörlerine göre daha yüksektir.

Elektrik enerjisinin üretildiği santraller ile enerjinin tüketildiği merkezler arasında enerjinin taşınması ve dağıtılması gerekmektedir. Elektrik enerjisini uzak mesafelere yükselterek iletmek ve dağıtmak çok daha ekonomiktir. Bu nedenle elektrik enerjisinin yükseltilebilir ve düşürülebilir özelliğinin olması gerekir. Alternatif akım transformatörler ile yükseltip düşürülebilir. Fakat doğru akımın transformatörler ile yükseltip düşürülmesi çok daha zordur, özel olarak tasarlanmış devrelerle belirli sınırlar dahilinde gerçekleştirilebilir.

Enerjinin tüketildiği merkezlerde en fazla kullanılan motorlar alternatif akım motorlarıdır. Özellikle sanayide asenkron motorlar kullanılmaktadır. Asenkron motorlar doğru akım motorlarına göre yapısı daha basit ve arıza yapma olasılığı azdır. Dolayısı ile ekonomiktir. Ayrıca asenkron motorların devir sayıları da hız kontrol üniteleri ile geniş sınırlar içersinde yapılabilmektedir.

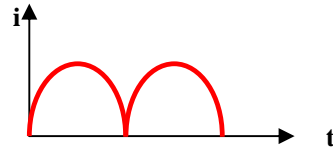
Yukarıda belirtilen ve birçok avantajından ötürü alternatif akım, doğru akıma göre tercih edilir. Ancak bazı özel yerlerde (Haberleşme, sinyalizasyon sistemlerinde, akü şarjında, galvonoteknikte, vb) doğru akıma ihtiyaç olduğunda, alternatif akım, doğrultmaçlar yardımı ile doğru akıma kolay bir şekilde çevrilebilir. Fakat alternatif akımın doğru akıma çevrilmesi ekstra maliyet gerektirir.

1.1.2. Alternatif Akım Nedir?

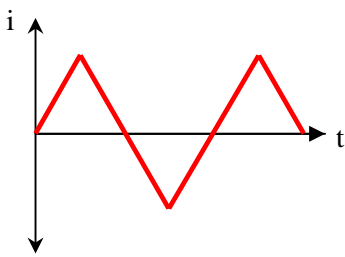
Bu module kadar doğru akımla ilgilendik. Doğru akım yönü ve değeri zamanla sabit kalan akım olarak tarif edilebilir. Bir başka deyişle kaynağın bir kutbundan çıkan akım değerini değiştirmeden kaynağın diğer kutbuna gider. Bu işlem devre açılıncaya kadar devam eder. Şekil 1.1.'de yönü ve değeri değişmeyen, Şekil 1.2.'de ise yönü değişmeyen fakat değeri değişen doğru akım sinyalleri görülmektedir.



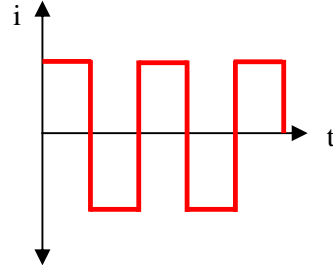
Şekil 1.1: Doğru akım



Şekil 1.2: Değişken doğru akım



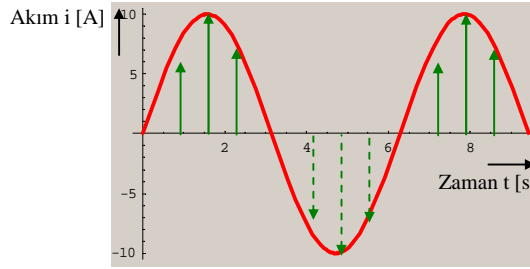
Şekil 1.3: Testere dişi alternatif akım sinyali



Şekil 1.4: Kare dalga alternatif akım sinyali

Alternatifin kelime anlamı "Değişken" dir. Şekil 1.3. ve Şekil 1.4.'de değişik alternatif akım sinyallerine örnekler verilmiştir. Fakat bu modülde daha çok sinüsoidal alternatif akım üzerinde durulacaktır.

Alternatif akımın kısa tanımı "Zamana bağlı olarak yönü ve şiddeti değişen akıma alternatif akım denir." şeklindedir. Diğer bir deyişle alternatif akım belirli bir süre kaynağın bir kutbundan çıkıp diğer kutbuna giderken diğer aynı sürede kaynağın diğer kutbundan çıkıp öbür kutba gelen ve bu işlem sırasında değeri de değişen bir akımdır. Alternatif akım büyük elektrik devrelerinde ve yüksek güçlü elektrik motorlarında kullanılır. Evlerimizdeki elektrik alternatif akım sınıfına girer. Buzdolabı, çamaşır makinesi, bulaşık makinesi, aspiratör ve vantilatörler doğrudan alternatif akımla çalışırlar. Televizyon, müzik seti ve video gibi cihazlar ise bu alternatif akımı doğru akıma çevirerek kullanırlar.



Şekil 1.5: Sinüsoidal Alternatif Akım

1.1.3. Alternatif Akımın Elde Edilmesi

Alternatif akım elektrik enerjisi alternatör (jenaratör) adı verilen makinelerde üretilir. Bu makinelerin çalışma prensibi, manyetik alan içerisinde bulunan ve hareket eden iletkenlerde indüksiyon yolu ile gerilim oluşturma prensibine dayanır.

1.1.3.1. İndüksiyon

➤ Manyetik Alanın Etkileri

Manyetik alan içerisine içinden akım geçen bir iletken konulursa, manyetik alan ile iletken arasında bir kuvvet meydana gelir. Meydana gelen bu kuvvete "elektromotor kuvvet" denir.

İçinden akım geçmeyen bir iletken, manyetik alan içinde hareket ettirilirse, bu iletkenin iki ucu arasında bir potansiyel fark meydana gelir. Meydana gelen bu potansiyel farka "indüksiyon elektromotor kuvveti" denir. Bu iletkenin iki ucu bir alıcı üzerinden birleştirilecek olursa, iletkenin bir akım geçer. Şu halde manyetik alan içinden akım geçen iletkeni etkiledikçe iletkenin bir mekanik kuvvet, hareket halindeki bir iletkeni etkiledikçe, iletkenin de bir indüksiyon elektromotor kuvveti meydana getirir.

➤ İndüksiyon Elektromotor Kuvvetin Elde Edilmesi

Bir iletken grubu manyetik alan içinde hareket ettirilirse, iletken grubu üzerinde elektrik akımı meydana gelir. Bobin şeklinde sarılmış bir iletken grubunun uçlarına galvanometre bağlayıp çubuk şeklinde bir mıknatıs bu iletken grubunun içine daldırırsak galvanometrenin bir yönde saptığını görürüz. Çubuk mıknatıs bobin içerisinden aynı hızla

çıkarılırsa, galvometre yine sapa. Fakat bu sapma yönü birinci sapma yönüne göre ters yöndedir. Eğer çubuk mıknatıs sabit tutulup bobin çubuk mıknatıs yönünde hareket ettirilirse, hareket yönüne bağlı olarak galvometre iki yönlü bir sapma gösterir. Çubuk mıknatıs veya bobin hareketi durursa galvometrede herhangi bir sapma olmaz. Bobin ya da ileken içerisinde geçirilen çubuk mıknatıs dik olarak değilde eğik veya belirli bir açıda aynı hızla hareket ettirilirse, hareket yönüne bağlı olarak galvometre bir değer gösterir. Fakat bu değer ilk ölçümlere göre daha düşük bir değerdir. Bu yapılan deneyde kullanılan bobindeki siper(tur) sayısı ya da çubuk mıknatısın gücü arttırılırsa, aynı işlemler yine tekrarlandığı zaman galvometrenin ilk ölçümlere göre daha fazla değer gösterdiği görülecektir.



Şekil 1.6: Bir bobinde indüklenen gerilimin galvometre ile ölçülmesi

Bu çalışmadan şu sonuçlar çıkarılabilir:

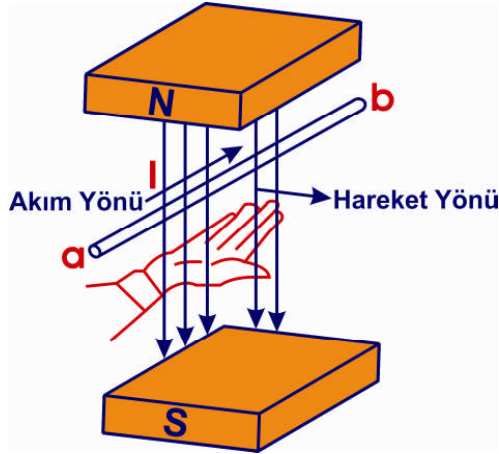
- Galvometreden geçen akım, yalnız çubuk mıknatıs veya bobin hareket ettiği zaman meydana gelmektedir. Bobin veya çubuk mıknatıs hareketsiz durursa indüksiyon elektromotor kuvveti meydana gelmez.
- Meydana gelen indüksiyon elektromotor kuvvetin yönü bobinin veya çubuk mıknatısın hareket yönüne bağlıdır.
- Galvometrenin sapması içinden bir akımın geçtiğini gösterir. Bu akım ise indüksiyon yolu ile bobinde meydana gelen elektromotor kuvvetin etkisiyle meydana gelir.
- Meydana gelen elektromotor kuvvetin değeri, manyetik alan kuvvetine, manyetik alan içindeki iletkenin ya da bobinin uzunluğuna ve çubuk mıknatısın veya bobinin kuvvet çizgileri ile yaptığı açıya bağlıdır.

1.1.3.2. İndüksiyon Emk'nın Yönü ve Sağ El Kuralı

Manyetik alan içinde bulunan ve hareket ettirilen bir bobin ya da iletken üzerinde bir indüksiyon elektromotor kuvvetin meydana geldiğini açıklamıştık. Meydana gelen bu indüksiyon elektromotor kuvvetinin yönünü bulmak için sağ el kuralı adı verilen bir kural kullanılır. Şimdi bu kuralı açıklamaya çalışalım.

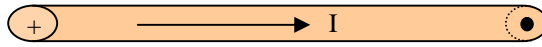
➤ Sağ el kuralı

Sağ elimizin avuç içi ve paş parmak açık ve gergin, dört parmak bitişik şekilde olmalıdır. Sağ elimiz bu halde iken elimizi kutuplar arasına yerleştiririz. Avuç içimiz N kutbunu ve baş parmağımız kutuplar arasında hareket ettirilen iletken ya da bobinin hareket yönünü göstermelidir. Bu durumda dört parmağımız iletkende meydana gelen indüksiyon elektromotor kuvvetinin ve akımın yönünü gösterir.

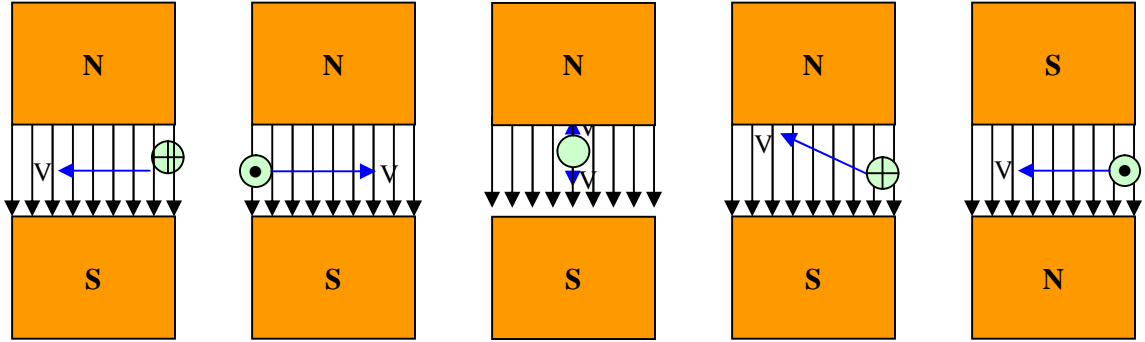


Şekil 1.7: Sağ el kuralı

Şekil 1.8'de bir iletkenen geçen akım yönü ok işareti ile gösterilmiştir. Bu iletkene akımın giriş yönünde bakıldığında giriş yönü ("⊕") artı ile ifade edilir. Eğer iletkene akımın çıkış yönünde bakılırsa gösterim şekli ("•") nokta ile ifade edilir.



Şekil 1.8: İçinden akım geçen iletken



Şekil 1.9: Manyetik alan içinde hareket eden iletkenlerde meydana gelen indüksiyon elektromotor kuvvetin yönleri

1.1.3.3. İndüksiyon Emk'nın Değeri

Üzerinden akım geçen iletken bir telin çevresinde manyetik bir alanın ortaya çıktığı 1819 yılında H.C.Oersted tarafından bulunmuştur. 1831 yılında Henry ve Faraday bir devrede manyetik alanın değiştirilmesiyle de elektrik akımının meydana gelebileceğini gösterdiler. Faraday yasasına göre bir devrede indüklenen elektromotor kuvvetinin büyüklüğü, devreden geçen manyetik akımın zamana göre değişim hızına eşittir. Bu yasa;

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_s}{dt}$$

şeklinde olup Faraday'ın indüksiyon yasası olarak bilinir. İndüksiyon akımının yönü Lenz kanunu ile belirlenir. Lenz kanununa göre indüksiyon akımının yönü kendisini meydana getiren sebebe zıttır. Faraday yasasındaki eksi işareti bunu anlatmaktadır. Sabit manyetik alan içerisinde hareket ettirilen bir tel halkaya etkileyen kuvvet;

$$F = ixLxB,$$

indüksiyon emk'sı ise;

$$e = -B.L.V.Sin\theta$$

formülü ile bulunur. Burada;

- L: telin(halka) hareket doğrultusuna dik uzunluğu,
- V: hız,
- θ : B ile V arasındaki açıdır.

➤ **MKS birim sisteminde**

$$e = B.L.V.\sin\theta \text{ [Volt]}$$

- e: Bir iletkende meydana gelen gerilimin değeri[Volt]
B: Manyetik akı yoğunluğu[weber/m²]
L: Manyetik alan içindeki iletkenin boyu[m]
V: İletkenin hareket hızı[m/s]
θ: Kuvvet çizgileri ile iletkenin hareket açısı

➤ **CGS birim sisteminde**

$$e = B.L.V.\sin\theta.10^{-8} \text{ [Volt]}$$

- e: Bir iletkende meydana gelen gerilimin değeri[Volt]
B: Manyetik akı yoğunluğu[Gauss]
L: Manyetik alan içindeki iletkenin boyu[cm]
V: İletkenin hareket hızı[cm/s]
θ: Kuvvet çizgileri ile iletkenin hareket açısı

☺ **İleri Çalışma**

Manyetik akı yoğunluğu: Birim yüzeydeki manyetik alan miktarıdır. Buna göre manyetik alan birimi Weber ise manyetik alan yoğunluğunun birimi Weber/m² olmalıdır. B harfi ile gösterilir. MKS birim sisteminde birimi Weber/m² (Tesla)'dir.

$$1\text{Tesla}=10.000[\text{Gauss}]$$

Soru 1.1:

Manyetik alan yoğunluğu 0,12[Weber/m²] olan bir manyetik alan içerisinde kuvvet çizgilerine 2[m/s] hızla dik hareket eden 25 cm uzunluğundaki iletkende indüklenen gerilimin değerini bulunuz.

Cevap1.1:

$$L=20[\text{cm}] = 0,2[\text{m}] \text{ ve } \theta = 90^\circ \text{ dolayısı ile } \sin 90^\circ = 1 \text{ dir.}$$

$$e = B.L.V.\sin\theta = 0,12.0,2.2.1 = 0,048 \text{ [V]}$$

Soru 1.2:

Bir iletken üzerinde 1[V] gerilim indüklenebilmesi için 12000[Gauss/cm²] olan manyetik alan yoğunluğu içerisinde hızı 500[cm/s] ve boyu 40[cm] olan iletkenin hareket açısı kaç derecedir.

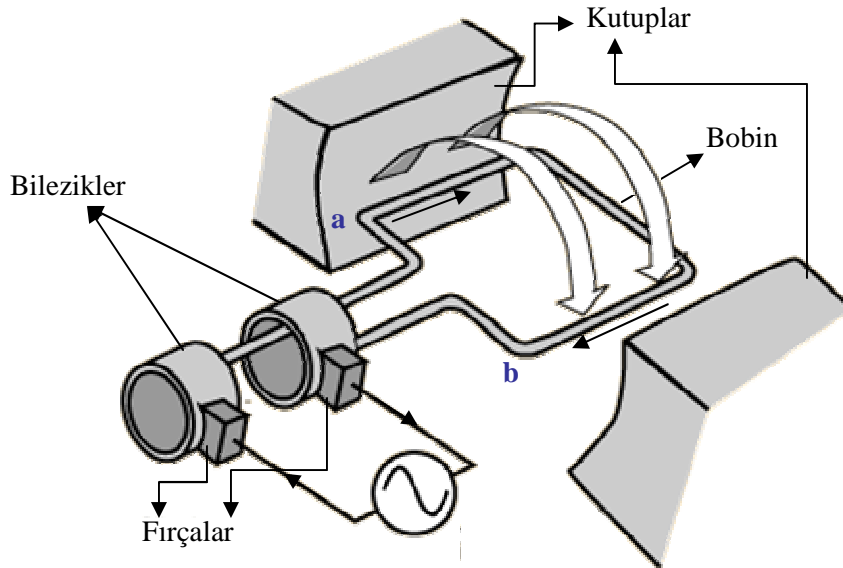
Cevap 1.2:

$e = B.L.V .\text{Sin}\theta.10^{-8}$ bir iletkende meydana gelen gerilimin değerinden verilenler yerine konursa,

$$1 = 12000.40.500.\text{Sin}\theta.10^{-8}$$

$$\text{Sin}\theta = \frac{1}{12000.40.500.10^{-8}} = \frac{10^8}{24.10^7} = 0,416 \Rightarrow \theta = 24,62^\circ \text{ elde edilir.}$$

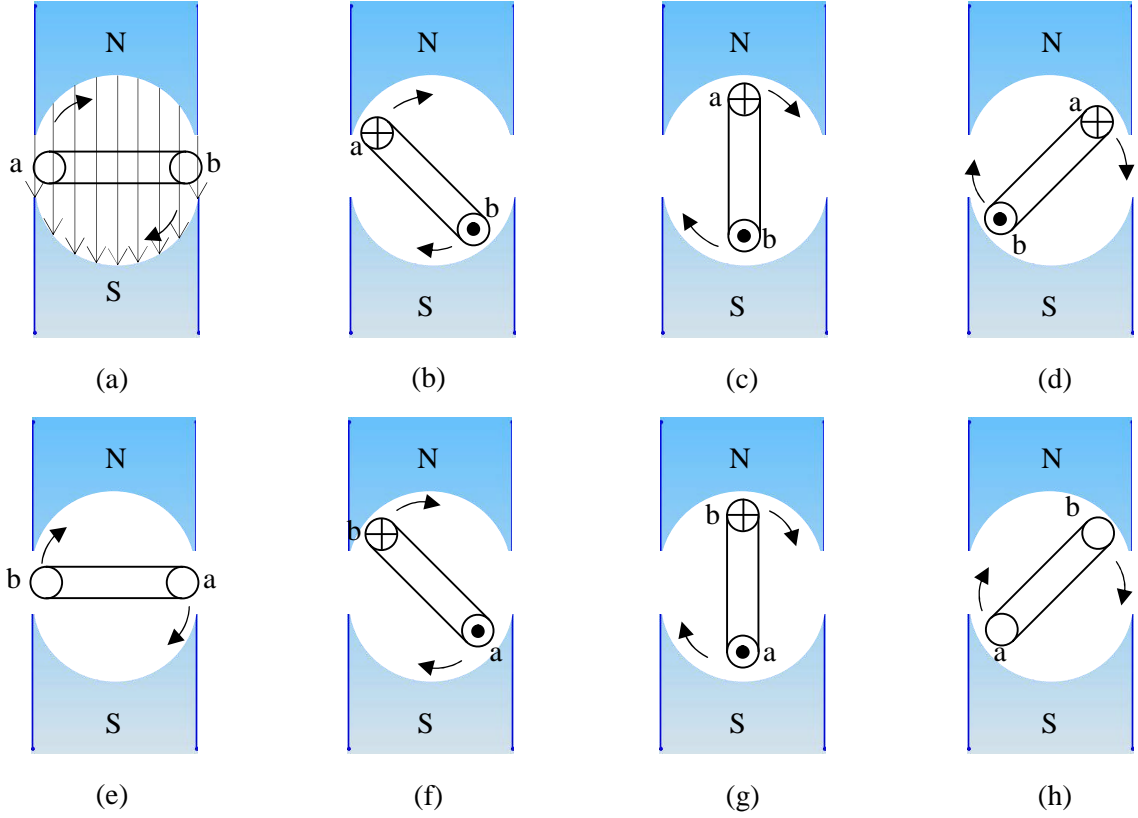
1.1.3.4. Alternatif Akımın Oluşumu



Şekil 1.10: Bir alternatörün basit yapısı

Elektrik enerjisi genellikle dönen makinelerden elde edilir. Şekil 1.10'da alternatif akım üreten bir makinenin yapısı basit olarak verilmiştir. Şekilde sabit bir manyetik alan içinde hareket ettirilen bir bobin bulunmaktadır. Bu bobinin iki ucu bilezik adı verilen metal parçalara bağlanmıştır. Ayrıca bu bileziklere iki adet de fırça adı verilen parçalar temas ettirilmiştir. Böylece dönen bobinden elde edilen güç dışarıya kolay bir şekilde alınmıştır.

Şekil 1.10'da sabit bir manyetik alan içinde döndürülen bobin üzerinde indükleme elektromotor kuvvetinin oluştuğundan daha önce bahsetmiştik. Ayrıca manyetik alan değerine, bobinin uzunluğuna, dönme hızına ve açısına bağlı olarak bobin üzerinde meydana gelen emk'in değerinin de değiştiğini söylemiştik. Şimdi oluşan bu gerilimin nasıl bir gerilim olduğunu anlayabilmek için belirli açılarda bobin kenarlarında meydana gelen emk'in değerini ve yönünü bulmaya çalışalım.



Şekil 1.11: Bir bobinde indüklenen EMK'in belirli açılardaki durumu

Şekil 1.11'de bobin kutuplar arasında dairesel bir dönme hareketi yapmaktadır. Şekilde gösterilen açılarda bobin kenarlarının hareket yönü her zaman dairesel dönme hareketine teğet olacaktır.

Şekil 1.11(a)'da bobin kenarlarının hareket açısı kuvvet çizgilerine göre 0° dir. Bu durumda $e = B.L.V.\sin\theta$ formülünde " θ " yerine 0° konulduğunda $\sin 0^\circ = 0$ olduğu için $e=0$ [Volt] bulunur.

Şekil 1.11(b)'de bobin kenarlarının hareket yönü ile kuvvet çizgilerinin arasındaki açı 45° olduğu kabul edilirse $\sin 45^\circ = 0,707$ 'dir ve $e=0,707.B.L.V$ olur.

Şekil 1.11(c)'de bobin kenarlarını hareket yönü ile kuvvet çizgilerinin arasındaki açı 90° olduğu görülmektedir. Bu durumda $\sin 90^\circ = 1$ dir. Bobin kenarlarında meydana gelen emk'in değeri $e=B.L.V$ olur ve en yüksek değere ulaşmış olur.

Şekil 1.11(d)'de bobin kenarlarının hareket yönü ile kuvvet çizgilerinin arasındaki açı 135° olduğu kabul edilirse $\sin 135^\circ = 0,707$ 'dir. Şekil 1.11(b)'deki gerilimin aynısı elde edilir ve $e=0,707.B.L.V$ olur.

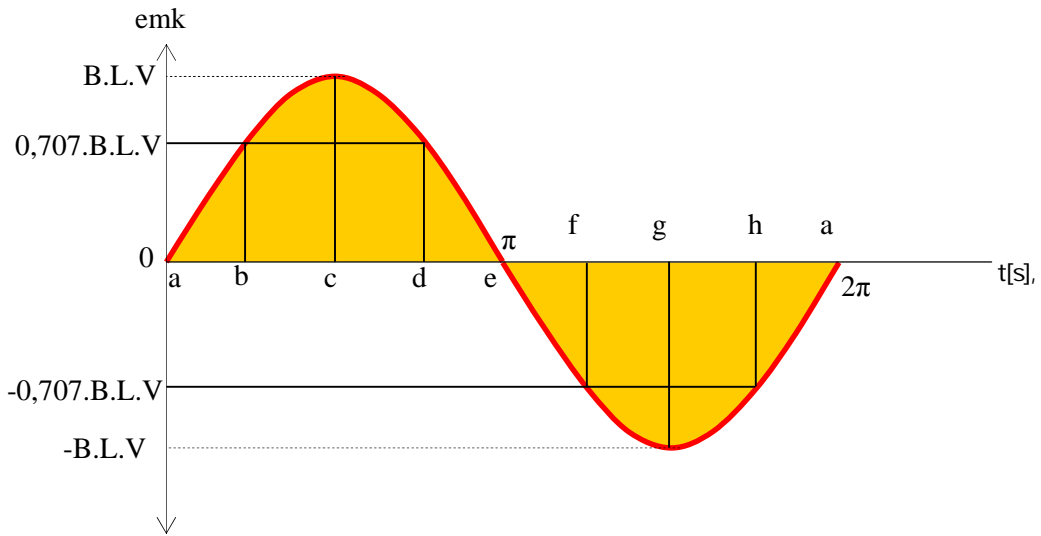
Şekil 1.11(e)'de bobin kenarlarının hareket yönü dairesel hareket yönüne teğet olduğu için kuvvet çizgileri ile yaptığı açı şekil 1.11(a)'daki ile aynı olacaktır. Dolayısı ile bobin kenarları kuvvet çizgilerini kesmeyecektir. Böylece bobin kenarlarında bir emk meydana gelmez.

Şekil 1.11(a)'dan, şekil 1.11(e)'ye gelene kadar bobinin "a" kenarı sürekli olarak N kutbu altında hareket etmiştir ve hareket yönü sağ tarafa doğrudur. Fakat şekil 1.11(f)'de ise bobinin "a" kenarı S kutbu altına girmiş ve hareket yönü ise sol tarafa doğru olmuştur. Burada sağ el kuralını uygulayarak bobin kenarlarında meydana gelen emk'in yönü bulunabilir. Şekil 1.11(f)'de "a" kenarının hareket yönü ile kuvvet çizgileri arasındaki açı 225° dir ve $\sin 225^\circ = -0,707$ değerine sahiptir. Dolayısı ile $e = -0,707 \cdot B.L.V$ gerilim değerine sahiptir.

Şekil 1.11(g)'de bobin kenarlarının hareket yönü ile kuvvet çizgilerinin arasındaki açı 270° dir. $\sin 270^\circ = -1$ değerine sahiptir ve $e = -B.L.V$ dir. Bu durumda, bobin kenarlarında oluşan emk, negatif en büyük değere ulaşır.

Şekil 1.11(h)'de bobin kenarlarının hareket yönü ile kuvvet çizgileri arasındaki açı 315° dir. $\sin 315^\circ = -0,707$ değerindedir. Bu durumda yine 225° olduğu gibi aynı değerde bobin kenarlarında emk oluşur ve değeri $e = -0,707 \cdot B.L.V$ dir. Bobin kenarları 360° lik açı tamamladığında tekrar şekil 1.11(a)'daki pozisyonuna dönecektir. Bu konumda bobin kenarlarında gerilim oluşmadığını yukarıda açıklamıştık.

Sonuç olarak yukarıda belirtilen açılarda bobinin bir kenarlarında oluşan emk değerlerini bir grafik üzerinde incelersek elde edeceğimiz eğri şekil 1.12'deki gibi olacaktır. Bu eğri alternatif sinüsoidal bir eğridir.

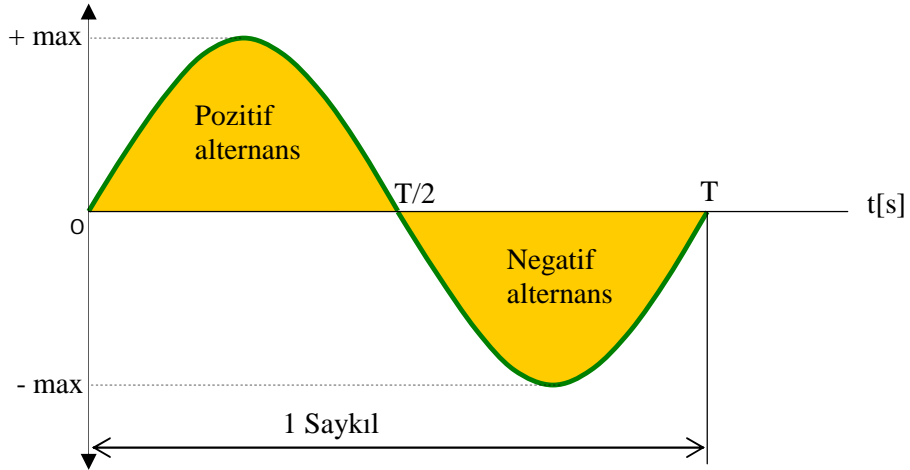


Şekil 1.12: Sinüsoidal alternatif akımın elde edilmesi

Şekil 1.10'daki alternatörün kenarlarının bir tam dönüşünü tamamlaması, diğer bir ifade ile 360° lik bir dönüş yapması sonunda emk'in bir saykılı oluşmaktadır. EMK'nin sıfırdan başlayarak pozitif maksimum değere, tekrar düşerek sıfıra ve negatif maksimum değere, buradan da tekrar sıfıra ulaşmasına "saykıl" denir. Bir saykıl pozitif ve negatif alternanslardan oluşur. Bir saykılın tamamlanması için geçen zamana "periyot" denir ve "T" harfi ile gösterilir. Birimi saniyedir.

Bir saniyede oluşan saykıl sayısına "frekans" adı verilir. Frekans "f" harfi ile gösterilir ve birimi saykıl/saniye(say/s), periyot/saniye(p/s) veya Hertz(Hz) dir. Eğer alternatif akımın bir periyodu T saniye ise, 1 saniyelik zaman f.T olur. Buradan frekans ile periyot arasındaki ilişki;

$$f = \frac{1}{T} \text{ olarak bulunur. Burada; f: frekans[Hz] T: periyot[s]}$$



Şekil 1.13: Sinüsoidal alternatif akımın incelenmesi

Soru 1.3:

Bir alternatif akım 1 [s] de 50 saykıl tamamlıyor ise, bu alternatif akımın frekansı nedir?

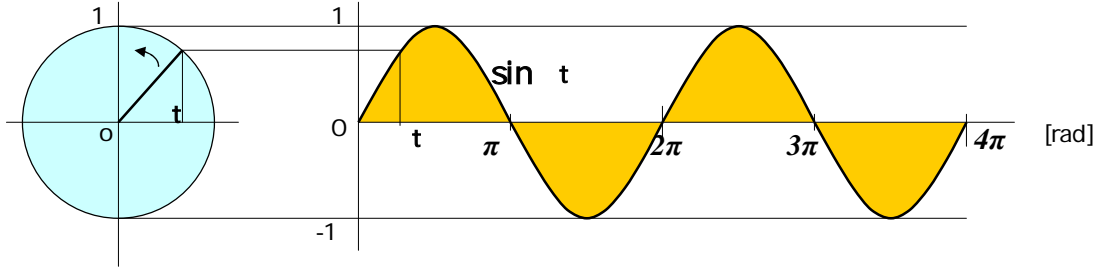
Cevap 1.3:

Bir saniyedeki saykıl sayısı frekansa eşit olduğundan dolayı frekans 50 [Hz] dir.

$$T = \frac{1}{50}, \quad f = 50 \text{ [Hz] dir.}$$

1.1.4. Açısal Hız

Manyetik alan içinde iletken veya bobinin bir saniyede katettiği açığa açısal hız denir. “ ω ” harfi ile gösterilir. Birimi “radyan/saniye” ya da “derece/saniye” dir.



Şekil 1.14: Dönen vektör ile açısal hızın gösterilmesi

Açısal hız ile frekansın ilişkisi; $\omega = 2\pi \cdot f$ formülü ile bulunur.

ω : açısal hız [radyan/saniye]

f: frekans [Hz]

© İleri Çalışma

2π radyan = 360° (veya 1 radyan = $57,3^\circ$),

$\omega = 360 \cdot f$ [Derece/saniye] dir.

Soru 1.4:

Frekans 50 [Hz] olduğu zaman açısal hız ve periyot ne olur, bulunuz?

Cevap 1.4:

$$\omega = 2\pi \cdot f = 2\pi \cdot 50 = 314 \text{ [rad/s]}$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0,02 \text{ [s]}$$

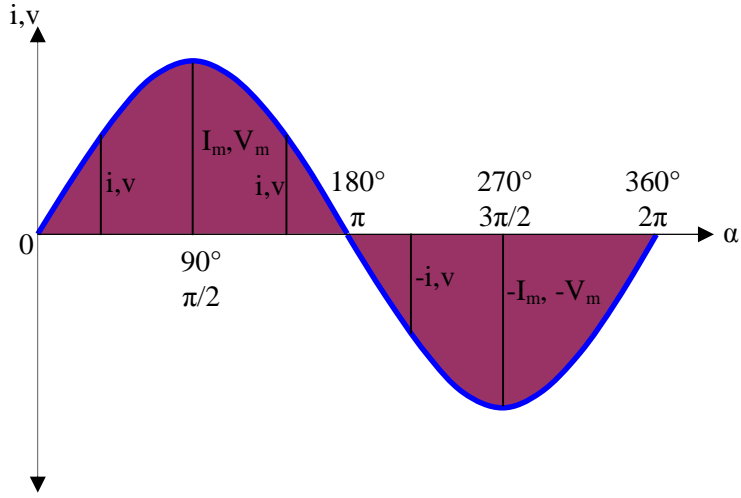
1.1.5. Alternatif Akımın Denklemi, Ani, Maksimum ve Etkin Değerleri

1.1.5.1. Maksimum Değer

Alternatif akımın elde edilmesini incelerken Şekil 1.12’de görüldüğü gibi iletken ya da bobin kenarı “c” konumundaki açığa ulaştığında en büyük emk indüklenmekte idi. İletkenin başlangıç konumundan bu konuma gelebilmesi için 90° lik bir dönme yapması gerekir. “g” ile gösterilen konumda, yani 270° lik dönmesi sonunda yine en büyük emk indüklenmekte, fakat bu kez yönü ters olmakta idi. İşte alternatif akımın bu en büyük değerlerine, tepe ya da maksimum değer adı verilir. Maksimum değer emk için E_m , gerilim için V_m ve akım için de I_m olarak gösterilir.

1.1.5.2. Alternatif Akımın Denklemi ve Ani Değer

Alternatif akımın zamanla değerini değiştirdiğini biliyoruz. Alternatif akımın her hangi bir andaki değerine “ani değer” denir. Ani değer küçük harflerle gösterilir. Emk için “e”, gerilim için “v” ve akım için de “i” harfleri kullanılır. Maksimum değer en büyük ani değerdir ve bir saykılta sonsuz sayıda ani değer vardır.



Şekil 1.15: Alternatif akımın maksimum ve ani değerleri

Alternatif akım ve gerilimin denklemleri ve aynı zamanda ani değerleri aşağıda verilen denklemler ile bulunur.

$$e = E_m \cdot \sin \omega t = E_m \cdot \sin 2\pi f t \quad , \quad e = E_m \cdot \sin \alpha$$

$$i = I_m \cdot \sin \omega t = I_m \cdot \sin 2\pi f t \quad , \quad i = I_m \cdot \sin \alpha \quad \text{dir.}$$

Soru 1.5:

Frekansı 50 [Hz] olan bir jeneratör maksimum değeri 100 [V] olan alternatif bir emk üretmektedir. Üretilen emk'nin denklemini yazınız.

Cevap 1.5:

Açısal hız;

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 314 \text{ [rad/s]} \quad \text{dir.}$$

$$e = E_m \cdot \sin \omega t = 100 \cdot \sin 314 t \quad \text{elde edilir.}$$

Soru 1.6:

Soru 1.5 deki emk'in $\alpha=30^\circ$ deki ani değerini bulunuz.

Cevap 1.6:

$$e = E_m \cdot \sin \alpha = 100 \cdot \sin 30^\circ = 100 \cdot 0,5 = 50 \text{ [V]}$$

Soru 1.7:

Soru 1.5'deki denklemleri kullanarak, $t = 0,004$ [s] deki emk'in hangi değerde olduğunu bulunuz.

Cevap 1.7:

$$\begin{aligned} e &= E_m \cdot \sin \omega t = 100 \cdot \sin 314t = 100 \cdot \sin 314 \cdot 0,004 = 100 \cdot \sin 1,256 \\ &= 100 \cdot 0,9508 = 95,08 \text{ [V]} \end{aligned}$$

1.1.5.3. Alternatif Akımın Etkin Değeri

Alternatif akımda en çok kullanılan değer etkin değerdir. Etkin değer doğru akımın yaptığı işe eşit işe yapan alternatif akımın doğru akıma eş olan değeridir. Herhangi bir alıcının doğru akımda yaptığı işe eşit işe yapan alternatif akım değerlerine etkin değer denir. Etkin değer RMS(Root Mean Square) ya da efektif değer olarak da adlandırılır. Etkin değerler bu modülde I,V,E harfleri ile gosterilecektir.

Evlerimizde kullandığımız 220 [V] olan ve alternatif akım ölçü aletleri ile ölçtüğümüz akım ve gerilim değerleri etkin değerlerdir. Doğru akımın yaptığı işe,

$$W = I^2 \cdot R \cdot t$$

Yukarıdaki formülden anlaşılacağı gibi alternatif akımın yaptığı işe de ani değerlerinin karesi ile ilgili olacaktır. Buna göre etkin değer, ani değerlerin karelerinin ortalamasının kare kökü olarak tanımlanır. şu halde alternatif akımın etkin değeri;

$$I = \sqrt{\frac{i_1^2 + i_2^2 + i_3^2 + \dots + i_n^2}{n}}$$

ve gerilimin etkin değeri,

$$V = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + \dots + v_n^2}{n}}$$

formüllerini ile bulunur.Burada;

I : Akımın etkin değeri [A]
V: Gerilimin etkin değeri [V]
 i_n : Akımın ani değerleri [A]
 v_n : Gerilimin ani değerleri [V]
n : Ani değer sayısı

Yukarıdaki alternatif akım ve gerilimin etkin değerlerini bulmak istediğimizde ani değerlerinin karelerinin aritmetik ortalamasının kare kökü bize aşağıdaki etkin değer formüllerini verecektir.

$$I = \frac{1}{\sqrt{2}} . I_m = 0,707 . I_m$$

$$V = \frac{1}{\sqrt{2}} . V_m = 0,707 . V_m$$

☉ **İleri Çalışma**

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T i^2 . dt} \quad \text{akımın etkin değerinin integral yöntemi ile bulunması.}$$

$$V = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T v^2 . dt} \quad \text{gerilimin etkin değerinin integral yöntemi ile bulunması.}$$

Soru 1.8:

Şehir şebekesinin gerilimi 220 [V] olduğuna göre maksimum değerini bulunuz.

Cevap 1.8:

$$V = \frac{1}{\sqrt{2}} . V_m \Rightarrow V_m = V . \sqrt{2} = 220 . 1,41 = 311[V]$$

Soru 1.9:

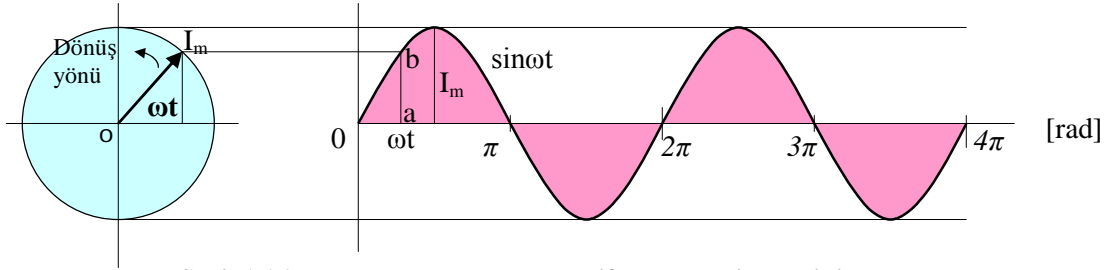
Maksimum gerilim değeri 100 [V] olan alternatif süsoidal eğrinin etkin değeri nedir?

Cevap 1.9:

$$V = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot V_m = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 100 = 70,71 \text{ [V]}$$

1.1.6. Alternatif Akımın Vektörlerle Gösterilmesi

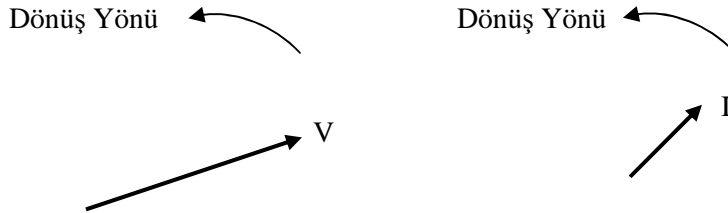
Sinüsoidal şekilde değişen akım veya gerilimin herhangi bir andaki değeri yarıçapı uzunluğundaki dönen bir vektörün düşey eksen üzerindeki izdüşümü ile bulunabilir. Akımın maksimum değeri I_m olup, bu değer dönen yarıçapın uzunluğuna eşittir.



Şekil 1.16: Dönen vektörden alternatif akımın ani değerinin bulunması

Yarıçap büyüklüğündeki dönen vektörün dönüş yönü, saat ibresi dönüş yönünün tersidir. Vektörün düşey eksen üzerindeki izdüşümü sinüs eğrisinin ani değerini verdiğinden Şekil 1.16 daki 0 konumuna göre ωt [rad] dönmüş olan vektörün sinüs eğrisindeki ani değeri ab kadardır. Vektörün yatayla yaptığı açı 90° ye ulaştığında, düşey eksen üzerindeki izdüşümü de kendisine yani I_m ye eşit olur. 180° lik dönüşten sonra vektörün düşey eksen üzerindeki izdüşümü negatiftir ve sinüs eğrisi de bir saykılı tamamlamış olur.

Alternatif akımın sinüs şeklindeki eğri ile gösterilmesi yerine, böyle dönen bir vektörle gösterilmesi büyük kolaylık sağlar. Ayrıca farklı fazlardaki sinüs eğrilerinin toplanması ve çıkarılması sinüsel grafik üzerinde çok zorlaştırıcı olurken vektörlerle bu işlemlerin yapılması daha kolay ve pratik olmaktadır. Yanlış vektörün büyüklüğü maksimum değere eşit alınmayıp en çok kullanılan etkin değere eşit alınır. Şekil 1.17 de alternatif gerilim ve akımın vektörlerle gösterilişi görülmektedir. Bu vektörlerin pozitif dönüş yönü olarak saat ibresi dönüş yönünün tersi alınır. Vektör dönüş yönünü belirten oklar her zaman gösterilmez.



Şekil 1.17: Alternatif gerilim ve akımın vektörlerle gösterilmesi

Zamanla değişen gerilim ve akımı gösterdiğimiz bu vektörler kuvvet, elektrik alanı ve manyetik alanı gösterdiğimiz vektörlerden farklı anlamdadır. Bundan dolayı zamanla değişen büyüklükleri gösteren bu vektörlere “fazör” denilir.

Vektörel büyüklükler, sembolün altına veya üstüne konan vektör işaretleriyle gösterilir. Akım için \vec{I} veya \vec{I} sembolleri gibi.

1.1.7. Faz ve Faz Farkı

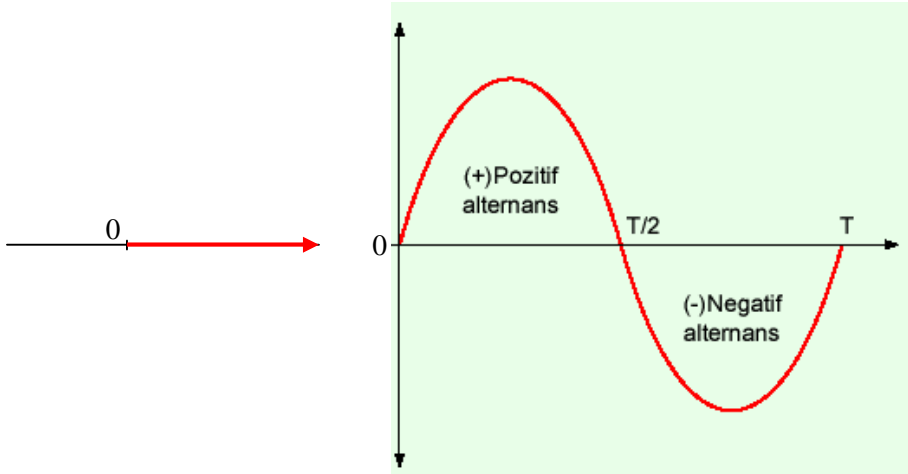
Bir sinüs eğrisinin artarak pozitif değerler alacak olan sıfır noktasının başlangıç noktasına göre olan zaman ve açı farkına “faz” denir. Faz alternatif akımın başladığı noktayı belirtir.

1.1.7.1. Sıfır Faz

Şekil 1.18’de bir sinüs eğrisi görölmektedir. Bu sinüs eğrisinin başlangıcı temel çizgi olarak adlandırılan çizginin sıfır noktasından itibaren pozitif değerler almaya başlıyorsa, bu sinüs eğrisi “sıfır fazlıdır” denir ve yine aynı şekil üzerinde gösterilen vektör ile ifade edilir. Bu eğrinin denkleminde faz açısı da belirtilir. Fakat sıfır fazlı ise belirtmeye gerek yoktur.

Eğrinin denkleminde aşağıda gibidir,

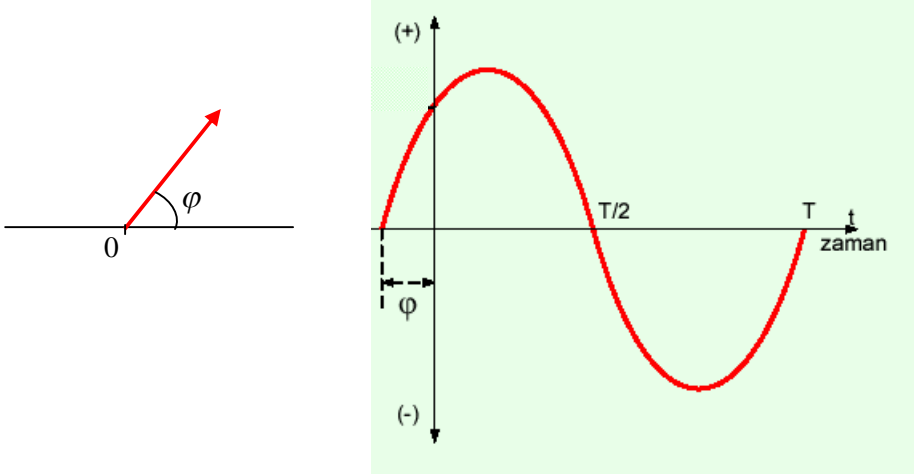
$$I = I_m \cdot \sin(\omega t + 0^\circ) = I_m \cdot \sin \omega t$$



Şekil 1.18: Sıfır fazlı alternatif akım eğrisi ve vektör ile ifadesi

1.1.7.2. İleri Faz

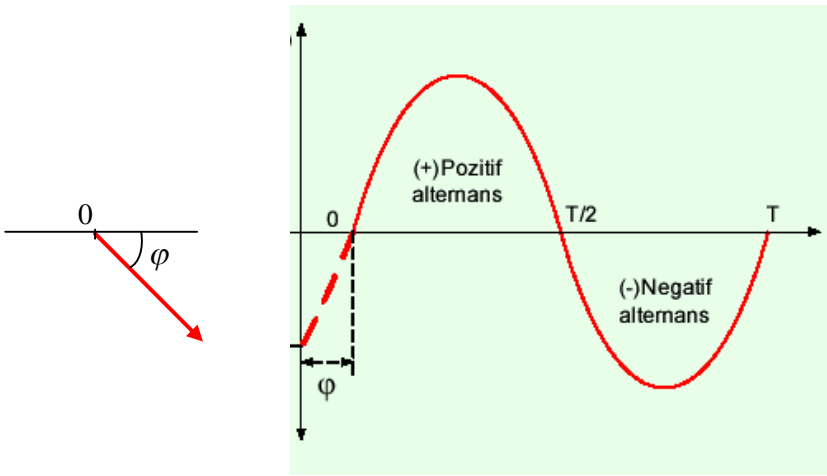
Şekil 1.19’da bir sinüs eğrisi görülmektedir. Bu sinüs eğrisi başlangıç noktasından önce başlamışsa ya da sıfır noktasında bu sinüs eğrisi pozitif değere sahip ise, “bu sinüs eğrisi ileri fazlıdır” denir ve yine aynı şekil üzerinde gösterilen vektör ile ifade edilir.



Şekil 1.19: İleri fazlı alternatif akım eğrisi ve vektör ile ifadesi

1.1.7.3. Geri Faz

Şekil 1.20’de bir sinüs eğrisi görülmektedir. Bu sinüs eğrisi başlangıç noktasının sonrasında başlamışsa ya da bu sinüs eğrisi sıfır noktasında negatif bir değere sahip ise, “bu sinüs eğrisi geri fazlıdır” denir ve yine aynı şekil üzerinde gösterilen vektör ile ifade edilir.

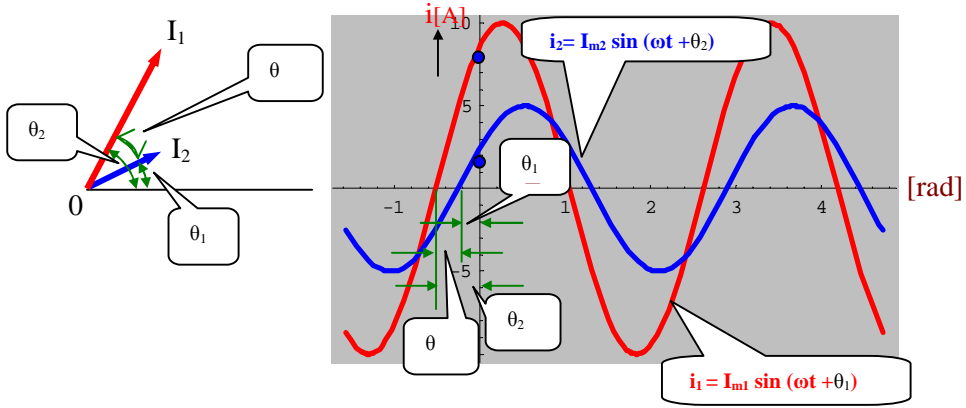


Şekil 1.20: Geri fazlı alternatif akım eğrisi ve vektör ile ifadesi

1.1.7.4. Faz Farkı

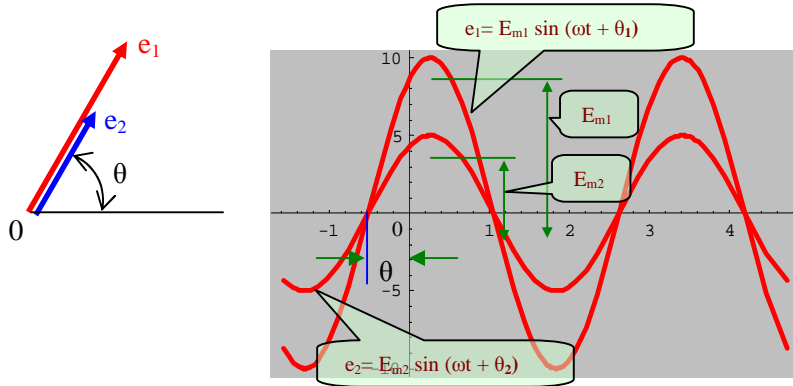
Birden fazla alternatif akım ya da gerilim eğrisinin aralarındaki açı ve zaman farkına faz farkı denir. Şekil 1.21'de i_1 ve i_2 akımları verilmiştir. Bu iki akım başlangıç noktasına göre ileri fazlıdır. i_1 akımının başlangıç noktasına göre θ_1 ileri fazlıdır. i_2 akımının da başlangıç noktasına göre θ_2 ileri fazlıdır. Bu iki akım arasındaki faz farkı θ ,

$\theta = \theta_1 - \theta_2$ formülü ile bulunur.



Şekil 1.21: Sinüs eğrileri üzerinde faz farkının gösterilmesi

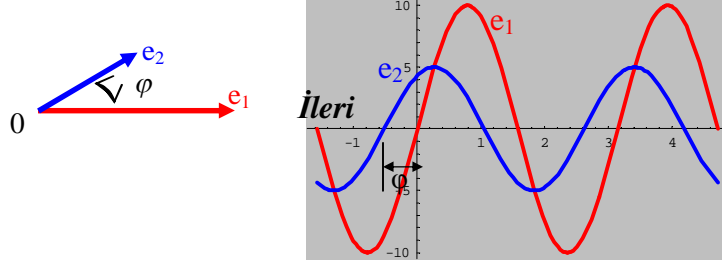
Eğer akımlardan birisi ileri fazlı diğeri geri fazlı ise $\theta = \theta_1 - (-\theta_2) = \theta_1 + \theta_2$ olur. Geri fazlı olan eğrinin faz açısı negatif olarak alınır.



Şekil 1.22: Aynı fazdaki iki eğri

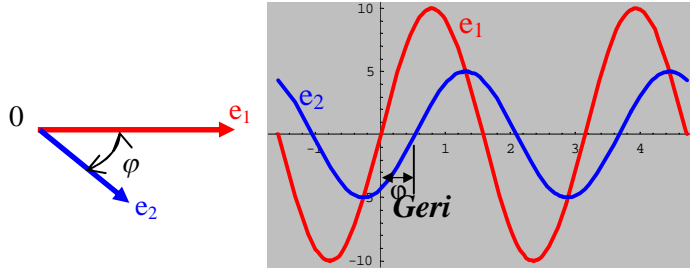
Şekil 1.22'deki eğrilerde $e_1 = E_{m1} \cdot \sin(\omega t + \theta_1)$ ve $e_2 = E_{m2} \cdot \sin(\omega t + \theta_2)$ dir. Burada $\theta_1 = \theta_2$ olduğunu görmekteyiz. Dolayısı ile $\theta = 0$ olur ve aynı fazdadır denir. Fakat dikkat edilmelidir ki bu eğrilerin tepe(max) değerleri farklıdır.

Şekil 1.23 deki eğriler $e_1 = E_{m1} \cdot \sin \omega t$ ve $e_2 = E_{m2} \cdot \sin(\omega t + \varphi)$ denklemlerine sahip eğrilerdir. Burada e_1 gerilimi sıfır fazlıdır $\theta_1=0^\circ$ dir. e_2 gerilimi ise φ açısı kadar ileri fazlıdır. Faz farkı ise $\theta = \varphi - 0 = \varphi$ dir.



Şekil 1.23: İleri dalga

Şekil 1.24 de ise yine $e_1 = E_{m1} \cdot \sin \omega t$ dir. e_2 ise $e_2 = E_{m2} \cdot \sin(\omega t - \varphi)$

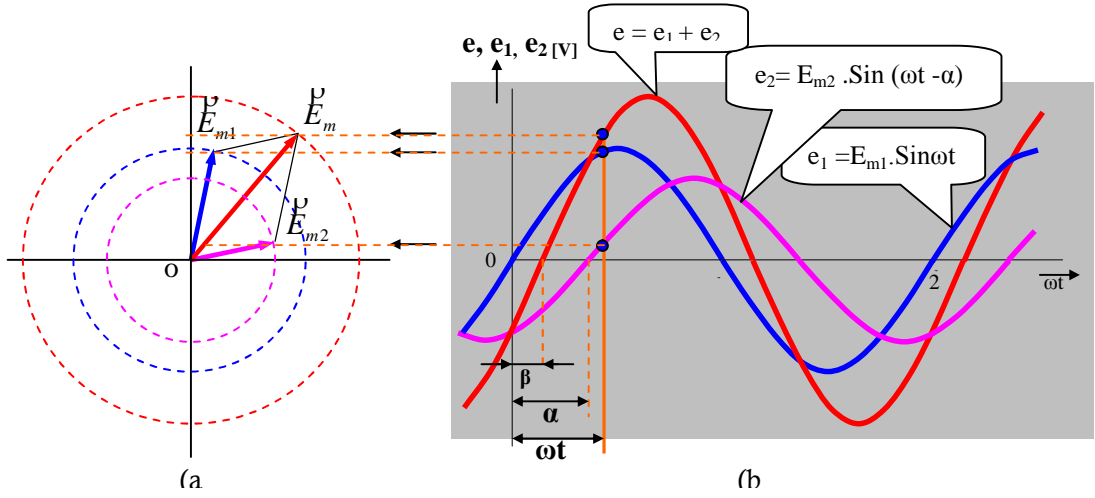


Şekil 1.24 Geri dalga

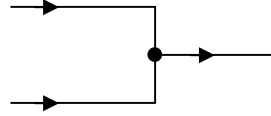
1.1.8. Sinüsel Büyüklüklerin Toplanması

Aternatif akım veya gerilim eğrilerinin toplanması iki şekilde yapılabilir. Birincisi bir sinüs grafik düzleminde, iki ayrı eğrinin aynı andaki ani değerlerinin cebirsel toplamı, aynı düzlem üzerinde nokta koyarak işaretlenir. Bulunan bu noktalar birleştirilerek toplam eğrisi elde edilir. Aynı işlem sinüs eğrilerinin farkını bulmak için de kullanılabilir (Şekil 1.25).

İkinci yöntem ise sinüs eğrilerini vektörel büyüklük olarak ifade edebildiğimizi öğrenmiştik. Bu vektörel büyüklükler aynı fazda ise cebirsel toplayarak bileşke ya da toplam vektörü bulabiliriz. Farklı fazda ise vektörel işlemler uygulanmalıdır.



Şekil 1.25: Elektromotor kuvvet sinüs dalgasının toplam değeri

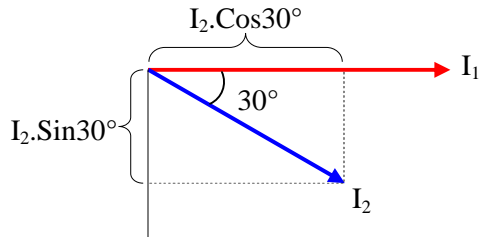


Şekil 1.26: Bir düğüm noktası

Şekil 1.26'da bir düğüm noktasına 4[A] ve 3[A] lik akımlar gelmektedir. Toplam akım olan I akımının değerini bulalım. Eğer bu akım doğru akım olsaydı Kirşof'un akımlar kanununa göre,

$$I = 4 + 3 = 7 \text{ [A]} \text{ olurdu.}$$

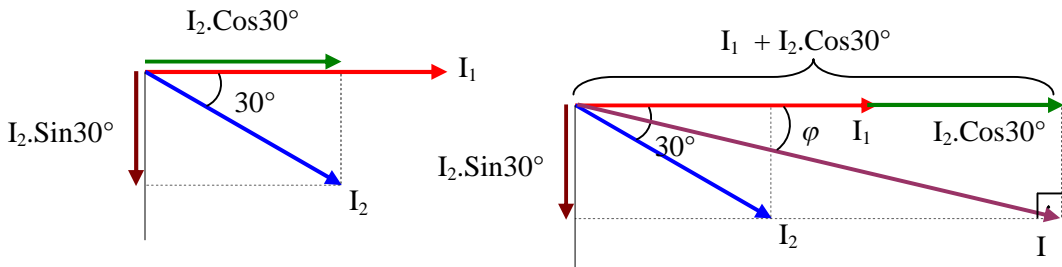
Bu akımlar alternatif akım ise ve aralarında faz farkı yoksa yine doğru akımda olduğu gibi bulunur. Fakat bu akımlar arasında aşağıdaki gibi bir faz farkı olduğu kabul edilirse, şu iki şekilde toplam akım bulunabilir,



Şekil 1.27: Toplam akımın bulunması

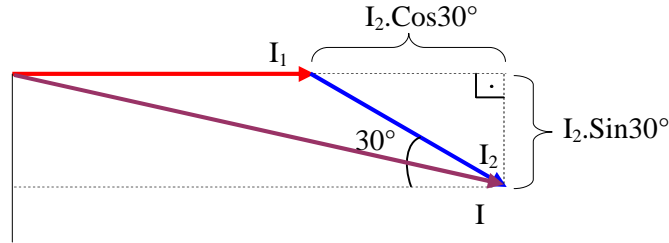
Birincisi I_2 akımının iki bileşeni vardır. Birincisi I_1 akımıyla aynı fazda olan bileşeni $I_2.\cos 30^\circ$, diğeri de I_1 akımından 90° geri fazda bulunan $I_2.\sin 30^\circ$ olan dik bileşenidir. Aynı fazda olan bileşenleri cebirsel olarak toplayabiliriz. Şu halde elimizde iki vektör bulunmaktadır. Birincisi x ekseninde olan $I_1 + I_2.\cos 30^\circ$ vektörü ve ikincisi de y ekseninde bulunan $I_2.\sin 30^\circ$ vektörüdür. Bu iki vektör arasında 90° lik bir açı bulunmaktadır. Bu nedenle pisagor teoreminden yola çıkarak bileşke vektörü bulabiliriz. Bileşke vektörün değeri,

$$I = \sqrt{(I_1 + I_2.\cos 30^\circ)^2 + (I_2.\sin 30^\circ)^2} \text{ dir.}$$



Şekil 1.28: Vektörlerin bileşenlerine ayrılması

İkincisi ise vektörleri uç uca ekleyerek toplayabiliriz. Bileşke vektörün değerini bulmak istersek yine aynı şekilde vektörleri bileşenlerine ayırmak sonucu bulmak açısından kolay bir yöntem olacaktır.



Şekil 1.29: Vektörlerin uç uca ekleme

Soru 1.10:

Şekil 1.25 deki sinüs eğrilerinin toplamını bulmaya çalışalım. $e_1 = 80.\sin \omega t$, $e_2 = 60.\sin(\omega t - 60^\circ)$ dir.

Cevap 1.10:

$E_{m1} = 80$ [V], $E_{m2} = 60$ [V] olduğu denklemlerden görülebilmektedir.

Gerilimlerin etkin değeri,

$$E_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot E_{m1} = 0,707 \cdot E_{m1} = 0,707 \cdot 80 = 56,56 \text{ [V]}$$

$$E_2 = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot E_{m2} = 0,707 \cdot E_{m2} = 0,707 \cdot 60 = 42,42 \text{ [V]}$$

$$E = \sqrt{(E_1 + E_2 \cdot \cos 60^\circ)^2 + (E_2 \cdot \sin 60^\circ)^2} = \sqrt{(56,56 + 42,42 \cdot 0,5)^2 + \left(42,42 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2}$$

$$= \sqrt{77,77^2 + 36,73^2} = 86 \text{ [V]} \quad \text{toplam vektörünün etkin değeri olarak bulunur.}$$

Toplam vektörünün maksimum değeri,

$$E_m = \sqrt{2} \cdot E = 1,41 \cdot 86 = 121,62 \text{ [V]} \text{ olarak bulunur. Faz farkını bulmak istersek,}$$

$$\tan \alpha = \frac{E_2 \cdot \sin 60^\circ}{E_1 + E_2 \cdot \cos 60^\circ} = \frac{42,42 \cdot 0,866}{56,56 + 42,42 \cdot 0,5} = 0,47 \Rightarrow \alpha = 25,28^\circ \text{ olarak}$$

bulunur. Denklemini de aşağıdaki gibi yazabiliriz,

$$e = E_m \cdot \sin(\omega t - \alpha) = 121,62 \cdot \sin(\omega t - 25,28^\circ)$$

Soru 1.11:

Aşağıdaki akımların toplamı olan i akımını bulunuz.

$$i_1 = 10 \cdot \sin \omega t \text{ [A]}$$

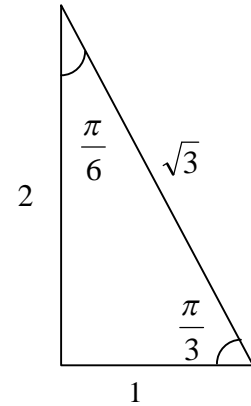
$$i_2 = 10 \cdot \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right) \text{ [A]}$$

Cevap 1.11:

Maksimum değer,

$$I_m = \sqrt{(I_{m1} + I_{m2} \cdot \cos \alpha)^2 + (I_{m2} \sin \alpha)^2}$$

$$= \sqrt{\left(10 + 10 \cdot \cos\left(-\frac{\pi}{3}\right)\right)^2 + \left(10 \cdot \sin\left(-\frac{\pi}{3}\right)\right)^2}$$



Şekil 1.30: Dik üçgende açı-kenar bağıntıları

$$= \sqrt{\left(10 + 10 \cdot \frac{1}{2}\right)^2 + \left(10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2} = 10 \cdot \sqrt{3} \text{ [A]}$$

Faz farkı ise,

$$\tan \varphi = \frac{E_{m2} \cdot \sin \alpha}{E_{m1} + E_{m2} \cdot \cos \alpha} = \frac{10 \sin\left(-\frac{\pi}{3}\right)}{10 + 10 \cdot \cos\left(-\frac{\pi}{3}\right)} = \frac{-\frac{\sqrt{3}}{2}}{1 + \frac{1}{2}} = -\frac{\sqrt{3}}{3} = -\frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$\varphi = \tan^{-1}\left(-\frac{1}{\sqrt{3}}\right) = -\frac{\pi}{6}$$

i akımının denklemini,

$$i = 10 \cdot \sqrt{3} \cdot \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{6}\right) \text{ [A]} \quad \text{dir.}$$

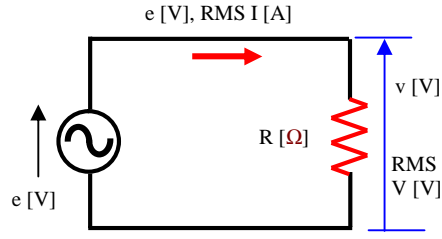
1.2. Omik Dirençli Devreler

Alternatif akım devrelerinde üç çeşit devre elemanı vardır. Bunlar direnç, bobin ve kondansatördür. Bu elemanları tanımış ve doğru akımdaki çalışmalarını görmüştünüz. Bu üç devre elemanının farklı özelliklerde dirençleri vardır. Direnç olarak adlandırılan devre elemanı akkor flemanlı lambalar, elektrikli ısıtıcılar, elektrikli termisifonlar vb. sınıfına girer.

Bu tür alıcıların dirençleri omik direnç ya da etkin direnç olarak adlandırılır. Bir alıcının doğru akımdaki direncine omik direnç denir. Omik direncin alternatif akımdaki değeri etkin direnç olarak adlandırılır. Elektrikli bir ısıtıcının doğru akımdaki direnci ile alternatif akımdaki direnci yaklaşık olarak birbirine eşittir. Frekans artarsa bu eşitlik bozulur.

1.2.1. Alternatif Akımda Direnç

Şekil 1.28'de görüldüğü gibi bir R direncinin uçlarına alternatif gerilim kaynağı uygulayalım. Eğer bu devrede herhangi bir anlık durumalınırsa, doğru akım devresinden bir farkı yoktur. Alternatif akım devresindeki tek fark, bundan sonraki zamanlarda gerilimin değeri değişeceği için, akımında değer değiştirmesidir. Şu halde herhangi bir anlık durum için ohm ve kişof kanunları, doğru akımda olduğu gibi uygulanabilir.



Şekil 1.28: Alternatif akım direnç devresi

Şekil 1.28'deki dirençten geçen akımın ani değeri ohm kanunundan,

$$i = \frac{v}{R}$$

formülü ile bulunur.

Burada;

i: Akımın ani değeri [A]

v : Gerilimin ani değeri [V]

R: Devrenin direnci [Ω]

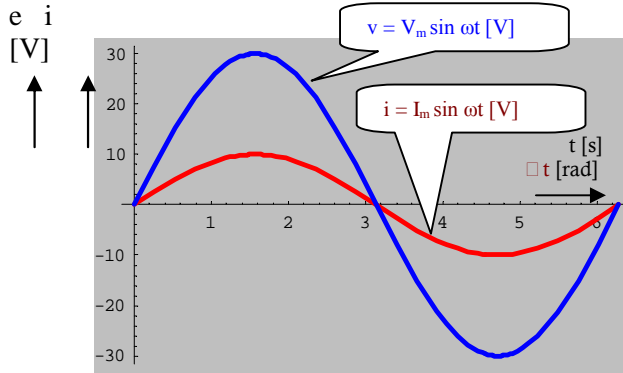
Direnç, kullanılan malzemenin fiziksel boyutlarına bağlı olduğundan, devredeki direnci sabit kabul etmeliyiz. Direncin sabit olması, gerilimle akımın değişimlerinin birbirlerinin aynı olmasını gerektirir. Eğer gerilim sinüsoidal olarak değişiyorsa akımda aynı fazlı sinüsoidal olarak değişmektedir. Bu değişim Şekil 1.29'da gösterilmiştir. Şu halde dirençli alternatif akım devrelerinde gerilim ile akım aynı fazlı eğrilerdir.

Verilen gerilimin denklemi, $v = V_m \cdot \sin \omega t$ olduğundan, akımın denklemi,

$$i = \frac{v}{R} = \frac{V_m}{R} \cdot \sin \omega t \quad \text{olur. Bu formülde akımın maksimum değeri,}$$

$$I_m = \frac{V_m}{R} \quad \text{olduğundan akımın denklemi,}$$

$$i = I_m \cdot \sin \omega t \quad \text{ifadesi yazılır.}$$



Şekil 1.29: Dirençli alternatif akım devresinde akım ve gerilim eğrileri

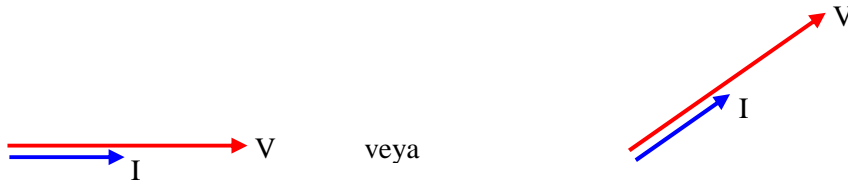
Alternatif akım ölçü aletleri etkin değerleri gösterdiğinden hesaplamalarda etkin değerler üzerinden yapılır. Buna göre ohm kanunu,

$$I = \frac{V}{R} \text{ dir.}$$

Burada,

- I : akımın etkin değeri [A]
- V: gerilimin etkin değeri [V]
- R: devrenin direnci [Ω]

Dirençlerin alternatif akım devrelerindeki çeşitli bağlantılarında eşdeğer direncin bulunması, doğru akım devrelerinde olduğu gibidir.



Şekil 1.30: Dirençli bir devrede gerilim ve akım vektörleri

Soru 1.12:

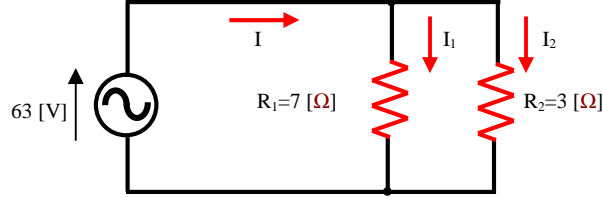
Bir elektrik ocağı 220 [V] luk gerilimde 5 [A] lik akım çekmektedir. Ocağın direncini bulunuz.

Cevap 1.12:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{220}{5} = 44[A] \text{ bulunur.}$$

Soru 1.13:

Şekil 1.31'deki devrenin ana kol akımını (I) ve kol akımlarını bulunuz. Devrenin vektör diyagramını çiziniz.



Şekil 1.31: Soru 1.13 devresi

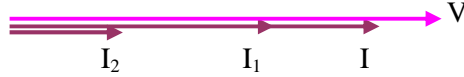
Cevap 1.13:

Devrenin kol akımları,

$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{63}{7} = 9[A] \quad \text{ve} \quad I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{63}{3} = 21[A] \quad \text{dir.}$$

Devrenin akımı ise,

$I = I_1 + I_2 = 9 + 21 = 30[A]$ olarak bulunur. Devrenin vektör diyagramı ise Şekil 1.32'deki gibidir.



Şekil 1.32: Soru 1.13 vektör diyagramı

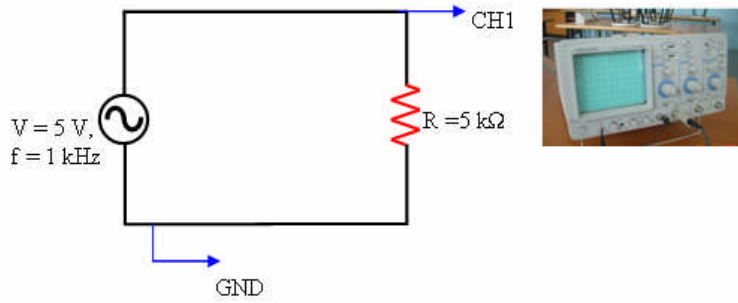
UYGULAMA FAALİYETİ

Deneyin Adı: Alternatif gerilim eğrisinin incelenmesi

Deneyin Amacı: Alternatif gerilim eğrisini, osilaskop ile gözlemleyerek maksimum, etkin değerlerinin ve frekansının hesaplanması

Kullanılan Malzeme ve Araç-Gereç

1. Osilatör
2. Osilaskop
3. Voltmetre
4. Ayarlı direnç

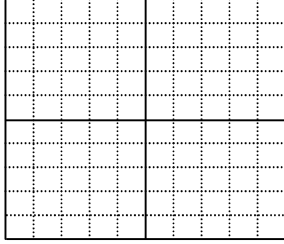


Şekil 1.31: Öğreneme faaliyeti-1 uygulama devresi-1

Aşağıdaki işlem basamaklarına göre uygulama faaliyetini yapınız.

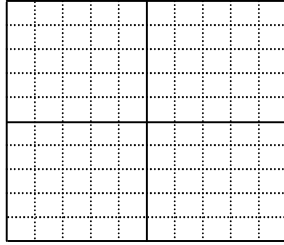
İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Direnç $R = 5 \text{ k}\Omega$ olacak şekilde devreyi kurunuz	➤ Öğretmeninize devrenizi kontrol ettiriniz.
➤ Osilatör frekansı $f = 100[\text{Hz}]$ ve çıkış gerilimi $V = 5 [\text{V}]$ olacak şekilde devreye enerji veriniz.	
➤ Osilaskop'a enerji vererek ayarlarını yapınız. Osilaskop'un prob uçlarını şekildeki gibi direnç uçlarına bağlayınız ve gerilim dalga şeklini gözleyiniz. Ekranda görülen eğrinin şeklini çizin.	➤ Aşağıda verilen milimetrik çizimleri kullanınız.
➤ Ekranda görülen eğrinin maksimum, etkin değerlerini ve frekansını hesaplayınız.	
➤ Osilatör frekansını değiştirin; 200, 400, 600, 800, 1000 Hz, 3. ve 4. basamakta verilen işlemleri her frekans değeri için uygulayınız. Her frekans değeri için gerilimin dalga şeklini çizin.	➤ Aşağıda verilen milimetrik çizimleri kullanınız.

100[Hz] de R direnci üzerine düşen gerilimin dalga şeklinin gözlenmesi



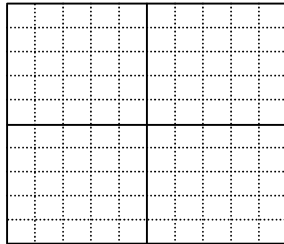
Frekans $f = (\quad) [\quad]$
Direnç $R = (\quad) [\quad]$
Prob = $(\quad) : (\quad)$
CH1 = $(\quad) [\quad /DIV]$
CH2 = $(\quad) [\quad /DIV]$

200[Hz] de R direnci üzerine düşen gerilimin dalga şeklinin gözlenmesi



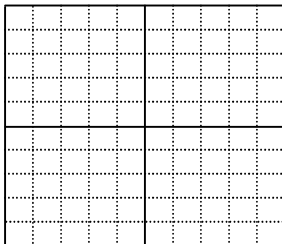
Frekans $f = (\quad) [\quad]$
Direnç $R = (\quad) [\quad]$
Prob = $(\quad) : (\quad)$
CH1 = $(\quad) [\quad /DIV]$
CH2 = $(\quad) [\quad /DIV]$

400[Hz] de R direnci üzerine düşen gerilimin dalga şeklinin gözlenmesi



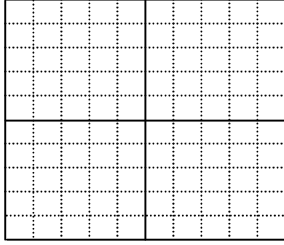
Frekans $f = (\quad) [\quad]$
Direnç $R = (\quad) [\quad]$
Prob = $(\quad) : (\quad)$
CH1 = $(\quad) [\quad /DIV]$
CH2 = $(\quad) [\quad /DIV]$

600[Hz] de R direnci üzerine düşen gerilimin dalga şeklinin gözlenmesi



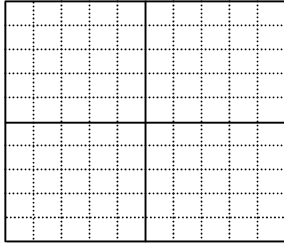
Frekans $f = (\quad) [\quad]$
Direnç $R = (\quad) [\quad]$
Prob = $(\quad) : (\quad)$
CH1 = $(\quad) [\quad /DIV]$
CH2 = $(\quad) [\quad /DIV]$

800[Hz] de R direnci üzerine düşen gerilimin dalga şeklinin gözlenmesi



Frekans $f = (\quad) [\quad]$
Direnç $R = (\quad) [\quad]$
Prob = (\quad) : (\quad)
CH1 = (\quad) [\quad /DIV]
CH2 = (\quad) [\quad /DIV]

1000[Hz] de R direnci üzerine düşen gerilimin dalga şeklinin gözlenmesi



Frekans $f = (\quad) [\quad]$
Direnç $R = (\quad) [\quad]$
Prob = (\quad) : (\quad)
CH1 = (\quad) [\quad /DIV]
CH2 = (\quad) [\quad /DIV]

Düşünceleriniz

Değerlendirme



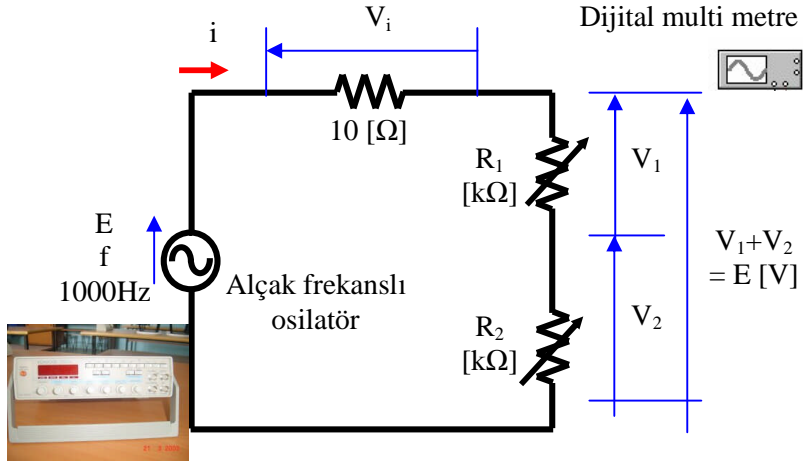
UYGULAMA FAALİYETİ

Deneyin Adı: R-R seri devresinin gerilim ve akımı

Deneyin Amacı: R-R seri devresinin gerilim ve akımını ölçmek, direnç değişiminin gerilim ve akıma olan etkisini gözlemlemek.

Kullanılan Malzeme ve Araç-Gereç

1. Alçak frekanslı osilatör
2. Dijital multi metre
3. Ayarlanabilir direnç
4. Akım ölçmek için 10 Ω luk direnç



Şekil 1.32: Öğrenme faaliyeti-1 uygulama devresi-2

Aşağıdaki işlem basamaklarına göre uygulama faaliyetini yapınız.

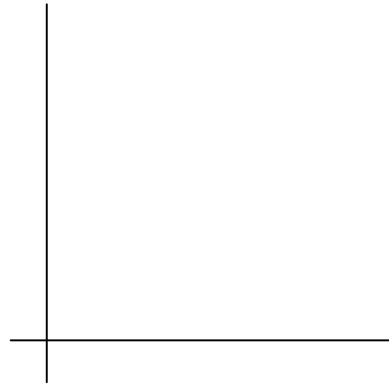
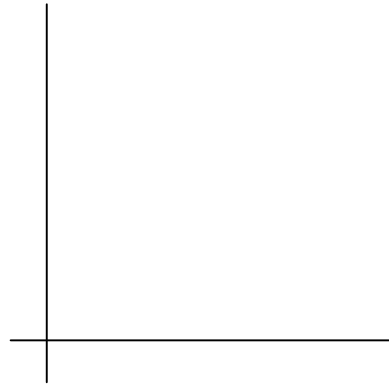
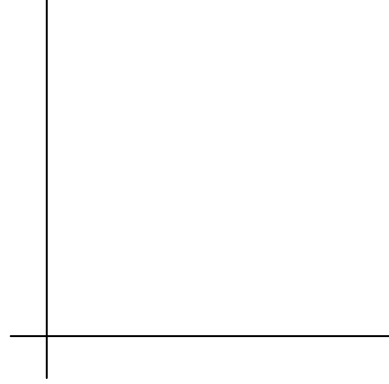
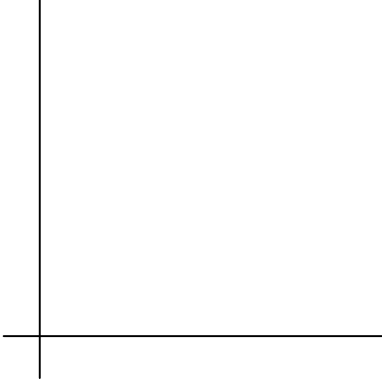
İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Devreyi şekle göre kurunuz.	➤ Öğretmeninize devrenizi kontrol ettiriniz.
➤ Ayarlı direnci $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$ olacak şekilde ayarlayınız.	
➤ Düşük frekanslı osilatörü sinüs dalga modu ve frekans = 1000 Hz olacak şekilde ayarlayınız.	
➤ Düşük frekanslı osilatörün çıkış gerilimini $E = 5 \text{ V}$ olacak şekilde ayarlayınız.	
➤ V_i , V_1 , V_2 direnç gerilimlerini ölçünüz.	
➤ Devre akımını hesaplayınız	
➤ $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$ ve $R_2 = 3 \text{ k}\Omega$ olarak değiştiriniz, 5-6 basamakları yeniden yapınız.	
➤ $R_1 = 4 \text{ k}\Omega$ ve $R_2 = 6 \text{ k}\Omega$, olarak değiştiriniz.5 – 6. basamakları yeniden yapınız.	➤ Deney sonuçlarını tabloya kaydediniz.
➤ Sonuçları vektör diyagramına çiziniz.	➤ Aşağıda hazır verilen çizimleri kullanınız.

Deneyin sonucu

Seri devrenin dirençleri		Düşük frekanslı osilatör		V_1 [V]	V_2 [V]	$V_1 + V_2$ [V]	V_i [V]	Devrenin akımı $i=V_i/10[\text{mA}]$
R_1 [k Ω]	R_2 [k Ω]	E [V]	f [Hz]					

Şekil 1.33: öğrenme faaliyeti-1 uygulama-2 sonuç tablosu

Vektör Diyagramları



Düşünceleriniz

Değerlendirme



ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

ÖLÇME SORULARI

1. Zamana bağlı olarak yönü ve değeri değişen akım ne tür bir akımdır?

- A) Doğru akım
B) Alternatif akım
C) Değişken doğru akım
D) Ses sinyali

2. Tepe değeri 14,14[A] olan akımın etkin değeri nedir?

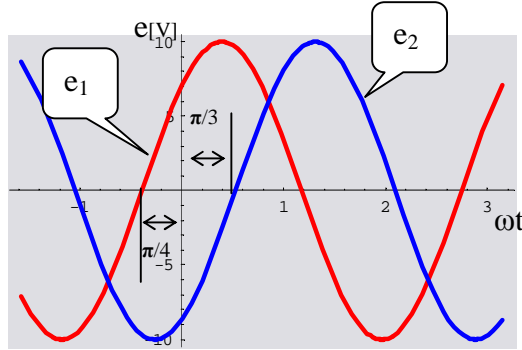
- A) 20[A]
B) 7,07[A]
C) 5[A]
D) 10[A]

3. Bir AC gerilim sinüs dalgasının rms değeri 220[V] tur. Bu dalganın 60° deki ani değerini bulunuz.

- A) 311,12[V]
B) 155,54[V]
C) 269,44[V]
D) 100[V]

4. Gerilimlerin ani değerleri $e_1 = 200\sqrt{2} \sin(\omega t - \frac{\pi}{3})$ [V] ve $e_2 = 100\sqrt{2} \sin(\omega t + \frac{\pi}{6})$ [V] olan iki sinüs eğrisinin faz açılarını ve faz farkını sırası ile bulunuz.

- A) $-60^\circ, 30^\circ, 90^\circ$
B) $60^\circ, -30^\circ, 30^\circ$
C) $-60^\circ, 30^\circ, -30^\circ$
D) $60^\circ, -30^\circ, 90^\circ$



Şekil 1.34: 5. ve 6. Ölçme Sorusu Şekli

5. Şekil 1.34'deki sinüs eğrilerinde e_1 fazını bulunuz.

- A) 30°
B) 45°
C) 60°
D) 90°

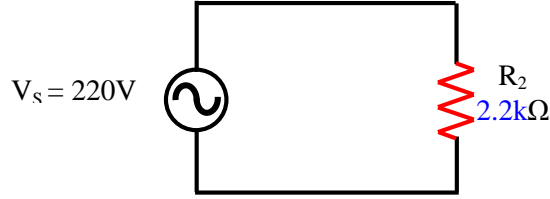
6. Şekil 1.34'deki sinüs eğrilerinde e_2 fazını bulunuz.

A) 1[A]

B) 0,1[A]

C) 0,01[A]

D) 0,001[A]



Şekil 1.35: 1. Öğrenme Faaliyeti 7.-10. Ölçme Soruları Devresi

7. Şekil 1.35'deki devre şemasında akımın etkin değerini bulunuz.

A) 0,0141[A]

B) 0,141[A]

C) 1,14[A]

D) 0,282[A]

8. Şekil 1.35'deki devrede akımın tepe değerini bulunuz.

A) 0,282[A]

B) 0,141[A]

C) 0,0707[A]

D) 0,57[A]

9. Şekil 1.35'deki devrede akımın tepeden tepeye değerini bulunuz.

A) $i=0,282.\sin\omega t$

B) $i=0,141.\sin(\omega t-30^\circ)$

C) $i=0,141.\sin\omega t$

D) $i=0,141.\sin(\omega t+30^\circ)$

10. Şekil 1.35'deki devrede akımın denklemini yazınız.

A) 90°

B) 45°

C) 60°

D) 30°

DEĞERLENDİRME

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

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Bobinli devrelerde hatasız olarak akım ve gerilim ölçebileceksiniz.

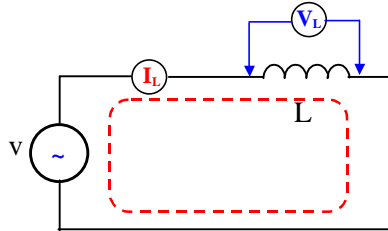
ARAŞTIRMA

- Faraday ve Lenz kanunları hakkında araştırma yapınız.

2. BOBİNLİ DEVRELER

Bobin bir yalıtkan makara (mandren veya karkas) üzerine belirli sayıdaki sarılmış tel grubudur. Kullanım yerine göre, makara içerisi boş kalırsa havalı bobin, demir bir göbek (nüve) geçirilirse nüveli bobin adı verilir. Bobinin her bir sarımına spir denir.

Bobini meydana getiren tellerin uzunluğuna, kesitine ve cinsine bağlı olarak bir direnci vardır. Bu dirence bobinin omik ya da etkin direnci adı verilir. Her bobin bir omik dirence sahiptir. Şimdi direnci ihmal edilebilecek kadar küçük olan bir bobini alternatif gerilim kaynağına bağlayalım.



Şekil 2.1: Alternatif akım devresinde bobin

Bu bobine alternatif bir gerilim uygulandığı zaman, bobin içinden bir akım geçer. Bu akım da alternatif bir akımdır. Bu alternatif akım bobin üzerinde akıma bağlı olarak değişken bir manyetik alan oluşturur. Oluşan bu değişken manyetik alan bobin üzerinde bir e.m.k indükler. İndüklenen bu emk'in yönü kendisini meydana getiren gerilimin değişimine zıttır. Zıt emk'in de bobinin endüktansı ile akımın değişim hızına bağlı olduğunu biliyoruz.

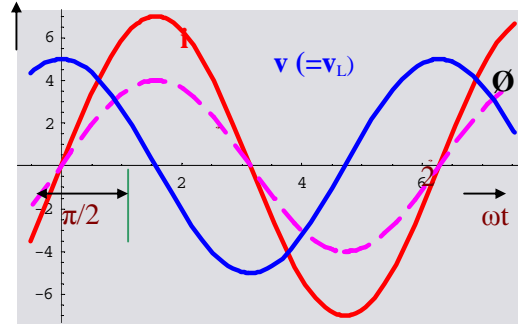
$$e = L \cdot \frac{\Delta i}{\Delta t} \quad \text{dir.}$$

Bu formülde;

e : bobinin uçlarındaki gerilim [V]

L : bobinin endüktansı [Henri]

$\frac{\Delta i}{\Delta t}$: Akımın değişim hızı [A/s]



Şekil 2.2: Manyetik akım, gerilim ve akımın dalga şekli

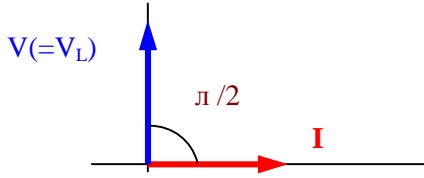
Şekil 2.1 deki bobinin uçlarındaki gerilim her an kaynak gerilimine eşittir. Bu gerilim Şekil 2.2'de mavi çizgi ile gösterilmiştir. Zıt emk'nin formülünden de anlaşılacağı gibi, bu gerilim akımın değişme miktarı ile ilgilidir. 0° lik konumda gerilim pozitif maksimum değerde ve akım değeri de sıfırdır.

Çeyrek saykıl sonra (90° lik konumda) bobin uçlarındaki gerilim küçülerek sıfır olur. Bu bölgede akımdaki değişim hızı azalarak sıfır ya da sıfıra yakın değere ulaşır. Bu noktada akım değeri maksimumdur. 0° ile 90° lik açılar arasında gerilim sinüs şeklinde bir değişim gösterdiğinden, akımın değişim şekli de sinüs eğrisi şeklinde olacaktır.

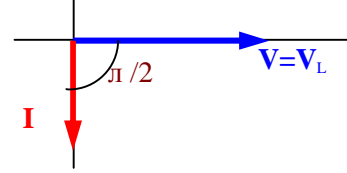
90° ile 180° arasında gerilim negatif değerler alarak 180° de negatif maksimuma ulaşır. Buna göre 180° lik konumda akımdaki değişme hızı en büyük, fakat negatif yöndedir. Akım eğrisi dikliği en büyük ve yönü de pozitiften negatife doğru gider.

Böylece devam ederek akım eğrisinin bir saykılı tamamlandığında Şekil 2.2 deki kırmızı çizgi ile gösterilen eğri elde edilir. Akım eğrisi de gerilim eğrisi gibi sinüs şeklinde bir eğridir. Diğer bir deyişle bobine uygulanan alternatif bir gerilim, bobinden yine alternatif bir akım geçirmektedir. Yalnız bu akım gerilimden 90° geridedir. Bu durum Şekil 2.3.1'de görülmektedir.

Bobin bulunan devrelere endüktif devreler de denir. Direnci sıfır olan devreler ise saf endüktif devrelerdir. Yukarıda açıklandığı gibi saf endüktif devrelerde akımla gerilim arasında 90° lik bir faz farkı vardır ve akım gerilimden geridedir. Böylece bu devrenin vektör diyagramı Şekil 2.3.1 ve Şekil 2.3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 2.3.1: I referanslı vektör diyagramı



Şekil 2.3.2: V referanslı vektör diyagramı

Devre gerilimi,

$$v_L = V_m \cdot \sin \omega t \quad \text{ve devre akımı,}$$

$$i_L = I_m \cdot \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \quad \text{dir.}$$

☺ İleri Çalışma

$$v = L \frac{di}{dt} = \int di = \int \frac{1}{L} v dt$$

$$i = \frac{1}{L} \int (\sqrt{2}V \sin \omega t) dt = -\sqrt{2} \frac{V}{\omega L} \cos \omega t$$

$$= \sqrt{2} \frac{V}{\omega L} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = \sqrt{2} I \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \text{ [A]}$$

Bobine alternatif bir gerilim uygulanınca alternatif bir akımın geçeceğini gördük. Bir bobin için gerilimin ve akımın etkin değerlerinin oranı (V/I) sabittir. Ohm kanunundan bilindiği gibi bu oran akıma karşı devrenin göstereceği zorluğu gösterir ve buna direnç denir. Şekil 2.1'deki devrede de V/I oranı alternatif akıma karşı bobinin gösterdiği zorluğu temsil eder. Yalnız bu zorluğa direnç yerine "endüktif reaktans" denir. Çünkü dirençten geçen akım uçlarındaki gerilimle aynı fazdadır. Burada ise akım gerilimden 90° geri fazdadır.

2.1. Endüktif Reaktans (XL)

Bobinin, içinden geçen AC akıma karşı gösterdiği zorluğa "endüktif reaktans" denir. Endüktif reaktans XL ile gösterilir. Birimi "Ohm" dur. Aşağıdaki formülle bulunur.

$$X_L = \frac{V_L}{I_L}$$

Bu formülde;

X_L : Bobinin endüktif reaktansı[Ω]

V_L : Bobin uçlarındaki gerilim[V]

I_L : Bobinden geçen akım[A]

X_L 'yi bulabileceğimiz diğer formül aşağıda verilmiştir.

$$X_L = \omega.L$$

$\omega = 2.\pi.f$ olup yerine konulursa,

$$X_L = 2.\pi.f.L$$

Formülü elde edilir. Burada;

ω : Açısal hız (Omega)

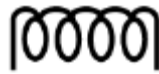
f : Uygulanan AC gerilimin frekansı birimi, Hertz [Hz] 'dir.

L : Bobinin endüktansı olup birimi, Henry [H] 'dir.

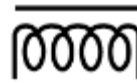
"L" nin değeri bobinin yapısına bağlıdır. Bobinin sarım sayısı ve kesit alanı ne kadar büyük olursa "L" o kadar büyük olur. Dolayısıyla AC akıma gösterdiği direnç de o oranda büyür.

"L" nin birimi yukarıda da belirtildiği gibi Henry (H) 'dir. Ancak genellikle miliHenry (mH) ve mikrohenry (μ H) değerleri kullanılır. Henry, miliHenry ve mikroHenry arasında şu bağlantı vardır.

$$\begin{aligned} 1mH &= 10^{-3} H & 1H &= 10^3 mH \\ 1\mu H &= 10^{-6} H & 1H &= 10^6 \mu H \end{aligned}$$



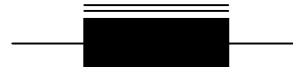
Şekil 2.4.1: Nüvesiz bobin



Şekil 2.4.2: Nüveli bobin



Şekil 2.4.3: Nüvesiz bobin



Şekil 2.4.4: Nüveli bobin

Şekil 2.4: Endüktif elemanların sembolleri

Soru 2.1:

Şekil 2.1' e göre;

- 1[kHz] lik frekansta 1[mH] lik bobin için endüktif reaktansı değerini hesaplayınız.
- 2[kHz] lik bir devrede ve 100[Ω] endüktif reaktansı olan bobinin endüktansını hesaplayınız.
- Hangi frekansta bobinin endüktansı 25[mH] ve endüktif reaktansı 50[Ω] olur?

Cevap 2.1:

- Bobinin endüktif reaktansı:

$$X_L = 2\pi fL = 2.3,14.10^3 \cdot 10^{-3} = 6.28[\Omega] \text{ bulunur.}$$

- Yine endüktif reaktanstan: $X_L = 2\pi fL$,

$$L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{100}{2.3,14.2.10^3} = 0.00796 [\text{H}] \text{ bulunur.}$$

- Yine temel eşitlikten: $X_L = 2\pi fL$,

$$f = X_L / (2\pi L) = \frac{50}{2\pi \times 25 \times 10^{-3}} \cong 318[\text{Hz}] \text{ bulunur.}$$

2.2. Endüktif Reaktans İle İlgili Ohm Kanunu Uygulamaları

Bir $X_L[\Omega]$ endüktif reaktansına $V[V]$ gerilim uygulandığında $I_L[A]$ akım geçer ve ohm kanunu ile ifadesi,

$$I = \frac{V}{X_L} = \frac{V}{\omega L} = \frac{V}{2\pi \cdot f \cdot L} [A] \text{ olarak gösterilir.}$$

Soru 2.2:

Şekil 2.1 e göre;

- $I_L=300[\text{mA}]$ ve $X_L=25[\Omega]$ ise bobinin gerilimini bulunuz.
- Devre gerilimi 36[V] iken endüktif reaktansın 3,3[kΩ] değeri için bobinden geçen akım kaç amperdir.
- Devre gerilimi 24[V] iken bobinden geçen akım 100[mA] dir. X_L nin değeri nedir?

Cevap 2.2:

- Ohm kanunundan ,

$$V_L = I_L \cdot X_L = 300 \cdot 10^{-3} \cdot 25 = 7,5[V]$$

- Bobin akımı,

$$I_L = \frac{V_L}{X_L} = \frac{36}{3,3 \cdot 10^3} = 10,9 \cdot 10^{-3} = 10,9[mA]$$

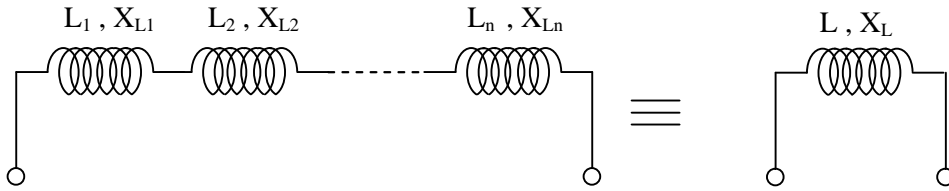
- Bobinin endüktif reaktansı,

$$X_L = \frac{V_L}{I_L} = \frac{24}{100 \cdot 10^{-3}} = 240[\Omega] \quad \text{bulunur.}$$

2.3. Endüktif Reaktansların Seri ve Paralel Bağlanması

Endüktif reaktansları kendi aralarında seri, paralel ve karışık bağlayabiliriz. Bu reaktanslar aynı türden oldukları için aralarında faz farkı yoktur. Dirençlerin seri, paralel ve karışık bağlanmaları gibi işlem yapılır.

2.3.1. Seri Bağlama



Şekil 2.5: Seri bağlı bobinler ve eşdeğeri

Bobinlerin seri bağlantısı Şekil 2.4 de gösterilmiştir. Bobinlerin herbirinin endüktif reaktansı X_{L1} , X_{L2} ,, X_{Ln} olarak isimlendirilirse, eşdeğer endüktif reaktans,

$$X_L = X_{L1} + X_{L2} + \dots + X_{Ln} \quad \text{fomülü ile bulunur.}$$

Buna göre eşdeğer endüktif reaktans seri bağlı bobinlerin endüktif reaktanslarının toplamına eşittir. Eşdeğer endüktans ise,

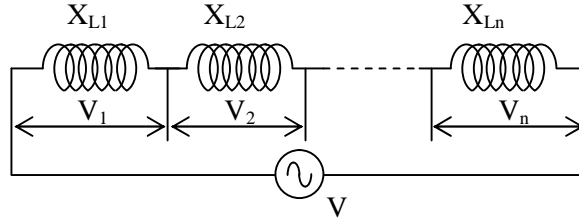
$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L \quad \text{olduğuna göre,}$$

$$2\pi \cdot f \cdot L = 2\pi \cdot f \cdot L_1 + 2\pi \cdot f \cdot L_2 + \dots + 2\pi \cdot f \cdot L_n$$

$$2\pi \cdot f \cdot L = 2\pi \cdot f \cdot (L_1 + L_2 + \dots + L_n)$$

$$L = L_1 + L_2 + \dots + L_n \text{ olarak bulunur.}$$

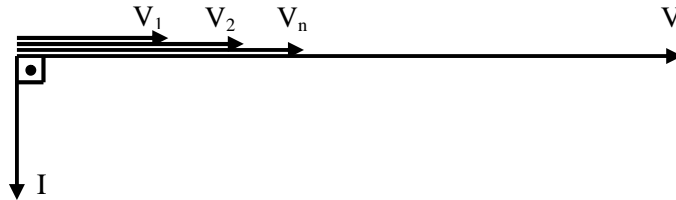
Seri bağı bobinlerin olduğu devreye Kirşof gerilimler kanununu uygularsak Şekil 2.6'daki gibi bir devre oluşur ve uygulanan gerilim seri bağı bobinler üzerinde düşen gerilimlerin toplamına eşittir.



Şekil 2.6: Seri bağı bobinlerde gerilim dağılımı

$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n \text{ dir.}$$

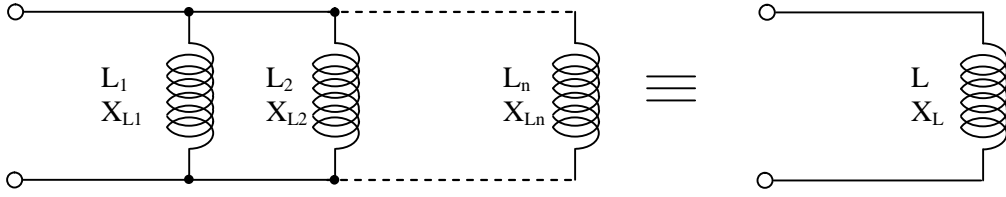
Bu formüldeki gerilimler birer vektördür. Bu vektörlerin toplanmaları vektörel olarak yapılmalıdır. Fakat bütün gerilim düşümleri aynı fazlı olduğu için toplanmaları cebirsel yapılabilir.



Şekil 2.7: Vektör diyagramı

2.3.2. Paralel Bağlama

Bobinlerin paralel bağlanması Şekil 2.8 de gösterilmiştir. Bobinlerin herbirinin endüktif reaktansları X_{L1} , X_{L2} , ..., X_{Ln} olduğuna göre, toplam endüktif reaktans;



Şekil 2.8: Paralel bağlı bobinler ve eşdeğeri

$$\frac{1}{X_L} = \frac{1}{X_{L1}} + \frac{1}{X_{L2}} + \dots + \frac{1}{X_{Ln}}$$

formülü ile bulunur.

O halde paralel bağlantıda eş değer endüktif reaktansın tersi, paralel bağlı bobinlerin endüktif reaktanslarının terslerinin toplamına eşittir. Paralel bağlantıda toplam endüktans,

$$\frac{1}{2\pi \cdot f \cdot L} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot L_1} + \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot L_2} + \dots + \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot L_n}$$

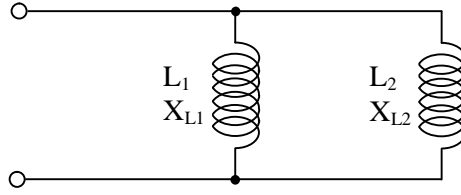
$$\frac{1}{2\pi \cdot f \cdot L} = \frac{1}{2\pi \cdot f} \cdot \left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots + \frac{1}{L_n} \right)$$

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots + \frac{1}{L_n} \quad \text{formülü ile bulunur.}$$

Eğer devrede paralel bağlı sadece iki adet bobin var ise, toplam endüktif reaktans,

$$X_L = \frac{X_{L1} \cdot X_{L2}}{X_{L1} + X_{L2}} \quad \text{ve toplam endüktansı da,}$$

$$L = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2} \quad \text{olarak bulunur.}$$

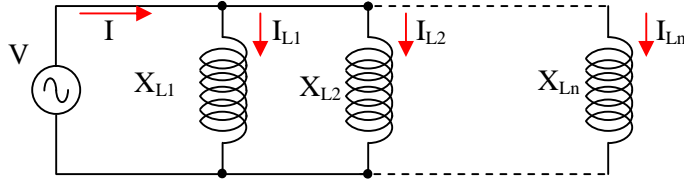


Şekil 2.9: Paralel bağlı iki bobin

Paralel bağlı bobinlerin olduğu devreye Kirşof akımlar kanununu uygularsak,

$$I_L = I_{L1} + I_{L2} + \dots + I_{Ln}$$

Burada yine her akım birer vektördür. Fakat şekil 2.10 daki kol akımları aynı fazlı oldukları için aritmatiksel olarak toplayabiliriz. Devrenin gerilimi her bir kol akımından 90° ileridedir. Bu durumda şekil 2.11 deki vektör diyagramı elde edilir.



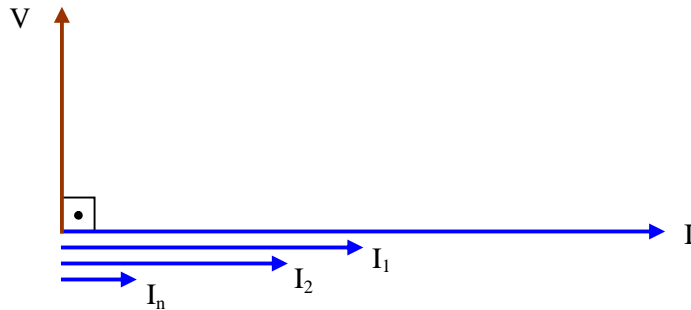
Şekil 2.10: Paralel bağlı bobinlerde akım ve gerilim durumu

Her bir kol akımı ,

$$I_{L1} = \frac{V}{X_{L1}} , \quad I_{L2} = \frac{V}{X_{L2}} , \dots , \quad I_{Ln} = \frac{V}{X_{Ln}}$$

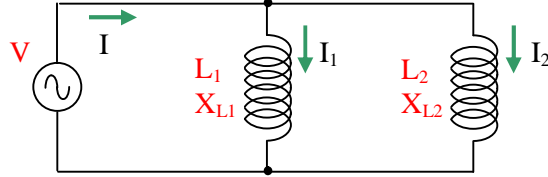
olduğu için devre akımı;

$$I = \frac{V}{X_{L1}} + \frac{V}{X_{L2}} + \dots + \frac{V}{X_{Ln}} \text{ olarak bulunur.}$$



Şekil 2.11: Paralel bağlı bobinlerde vektör diyagramı

Şekil 2.12 deki gibi iki paralel kollu bir bobin devresinde kol akımlarının bulunuşu dirençli devrelerde olduğu gibidir.



Şekil 2.12: İki bobinin paralel bağlanması

Kol akımları,

$$I_{L1} = I \cdot \frac{X_{L2}}{X_{L1} + X_{L2}} \quad \text{ve} \quad I_{L2} = I \cdot \frac{X_{L1}}{X_{L1} + X_{L2}} \quad \text{dir.}$$

Endüktans kullanılarak hesaplanan kol akımları da,

$$I_{L1} = I \cdot \frac{L_2}{L_1 + L_2} \quad \text{ve} \quad I_{L2} = I \cdot \frac{L_1}{L_1 + L_2} \quad \text{olarak bulunur.}$$

Soru 2.3:

Şekil 2.6 daki devrede üç adet bobin seri olarak bağlanmıştır. Bobinlerin sırasıyla endüktif reaktansları $X_{L1} = 4 \text{ } [\Omega]$, $X_{L2} = 5 \text{ } [\Omega]$ ve $X_{L3} = 2 \text{ } [\Omega]$ dir.Toplam reaktansı bulunuz.

Cevap 2.3:

$$X_L = X_{L1} + X_{L2} + X_{L3} = 4 + 5 + 2 = 11 \text{ } [\Omega]$$

bulunur.

Soru 2.4:

Endüktif reaktansları $4 \text{ } [\Omega]$, $6 \text{ } [\Omega]$, $3 \text{ } [\Omega]$ olan bobinler paralel bağlıdır. Bu bağlantının toplam reaktansını bulunuz.

Cevap 2.4:

$$\frac{1}{X_L} = \frac{1}{X_{L1}} + \frac{1}{X_{L2}} + \frac{1}{X_{L3}} = \frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \frac{1}{3} \quad \text{payda 12 sayısında eşitlenirse,}$$

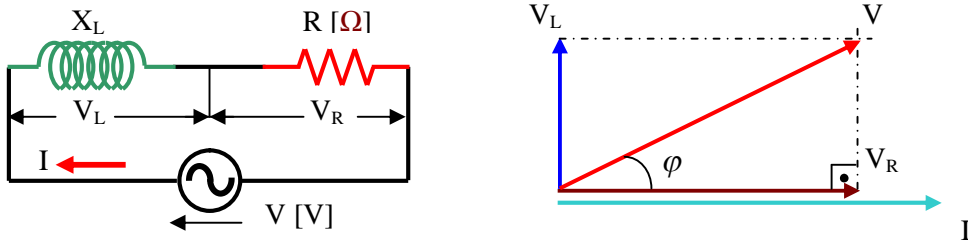
$$\frac{1}{X_L} = \frac{3}{12} + \frac{2}{12} + \frac{4}{12} = \frac{9}{12} \quad \text{olur.}$$

$$\frac{1}{X_L} = \frac{9}{12} \quad \text{her iki tarafın tersi alınırsa eşitlik aşağıdaki gibi olur.}$$

$$X_L = \frac{12}{9} = 1,33[\Omega] \quad \text{olarak bulunur.}$$

2.4. Gerçek Bobinli Devreler

Bu bölümde bobini incelerken bobinin omik direncini göz ardı etmiştik. Böylece endüktif reaktansın akıma etkisini ve vektör diyagramını net bir şekilde inceleyebildik. Fakat gerçekte bobinin uzunluğuna, kesitine ve cinsine bağlı olarak değişen bir omik direncinin olduğunu biliyoruz. Bu nedenle bundan sonraki çalışmalarımızda bobinin omik direncini de hesaplamalara dahil ederek, bobinli devrelerin analizleri yapılacaktır.



Şekil 2.13: Gerçek bobin ve gerilim vektör diyagramı

Şekil 2.13 deki devrede kirşof gerilimler kanununu uygularsak, dirençler üzerinde düşen gerilimlerin vektörel toplamı kaynak gerilimine eşittir.

$$\vec{V} = \vec{V}_R + \vec{V}_L \quad [\text{V}]$$

V_R ve V_L gerilimlerinin ifadeside,

$$\vec{V}_R = I.R$$

$$\vec{V}_L = I.X_L \quad \text{olur.}$$

Gerilimler kanunundan toplam gerilim vektörel olarak bulunduğunu belirtmiştik. Şekil 2.13 deki vektör diyagramına baktığımızda V_R gerilim düşümü akımla aynı fazda iken V_L gerilim düşümü akımdan 90° ileri fazdadır. Kaynak gerilimi(V), bu iki gerilimin vektörel toplamına eşittir. Kaynak gerilimin değerini, V_R gerilimi ile V_L gerilimi arasında 90° faz farkı bulunduğu için pisagor teoreminden bulabiliriz. Kaynak gerilimi,

$$\vec{V} = \vec{V}_R + \vec{V}_L$$

$$V^2 = V_R^2 + V_L^2$$

$$V = \sqrt{V_R^2 + V_L^2} \text{ olarak bulunabilir.}$$

Burada V_R ve V_L gerilimlerinin formüllerini, toplam gerilim formülünde yerine koyarsak,

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

$$I = \frac{V}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} = \frac{V}{Z} [A] \text{ dir.}$$

Burada Z ile ifade edilen sembol bobinin empedansı olarak ifade edilir. Empedansın değeri de;

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} [\Omega] \text{ dir.}$$

Akımla gerilim arasındaki açının tanjant değeri,

$$\tan \varphi = \frac{V_L}{V_R} = \frac{X_L}{R} \text{ eşittir. } \varphi \text{ açısının değeri de,}$$

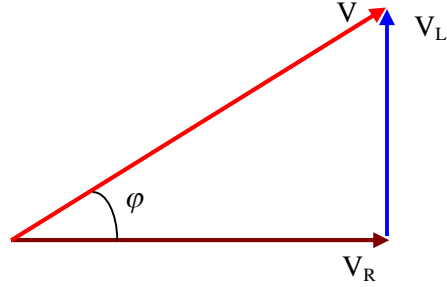
$$\varphi = \tan^{-1} \frac{V_L}{V_R} \text{ veya } \varphi = \tan^{-1} \frac{X_L}{R}$$

Devrenin güç katsayısı,

$$\cos \varphi = \frac{V_R}{V} = \frac{R}{X_L} \text{ ve } \varphi \text{ açısının değeri de}$$

$$\varphi = \cos^{-1} \frac{V_R}{V} = \cos^{-1} \frac{R}{X_L} \text{ olarak bulunur.}$$

Empedansın vektör diyagramı aşağıdaki gibi gösterilir.



Şekil 2.14: Empedans vektör diyagramı (empedans üçgeni)

$$v_R = R i = \sqrt{2} R I \sin \omega t \text{ [V]}$$

$$v_L = L \frac{di}{dt} = L \frac{d(\sqrt{2} I \sin \omega t)}{dt} = \sqrt{2} \omega L I \cos \omega t \text{ [V]}$$

$$v = v_R + v_L = \sqrt{2} R I \sin \omega t + \sqrt{2} \omega L I \cos \omega t$$

$$= \sqrt{2} I \sqrt{R^2 + (\omega t)^2} \left(\sin \omega t \frac{R}{\sqrt{R^2 + (\omega t)^2}} + \cos \omega t \frac{\omega L}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \right)$$

$$= \sqrt{2} I \sqrt{R^2 + (\omega t)^2} (\sin \omega t \cos \theta + \cos \omega t \sin \theta)$$

$$= \sqrt{2} I \sqrt{R^2 + (\omega t)^2} \sin(\omega t + \theta)$$

$$= \sqrt{2} V \sin(\omega t + \theta) \text{ [V]}$$

buradan

$$V = I \sqrt{R^2 + (\omega t)^2} \text{ [V]}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{\omega L}{R} \text{ [rad]}$$

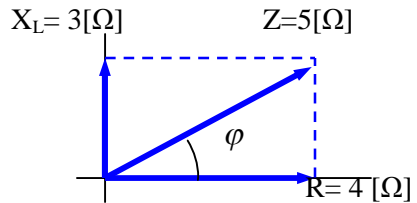
Soru 2.5:

Şekil 2.13'deki seri R-L devrede, $R = 4 \text{ } [\Omega]$ ve $X_L = 3 \text{ } [\Omega]$ dur. Devrenin toplam empedansını hesaplayarak empedans üçgenini çiziniz.

Cevap 3.5:

Toplam empedans,

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = \sqrt{25} = 5 \text{ } [\Omega]$$

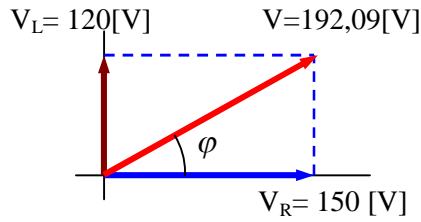


Soru 2.6:

Şekil 2.13 deki seri R-L devresinde R üzerinde düşen gerilim 150 [V] ve L bobini üzerinde düşen gerilim 120 [V] olduğu zaman seri devreye uygulanan gerilim kaç voltur bulunuz ve vektör diyagramını çiziniz.

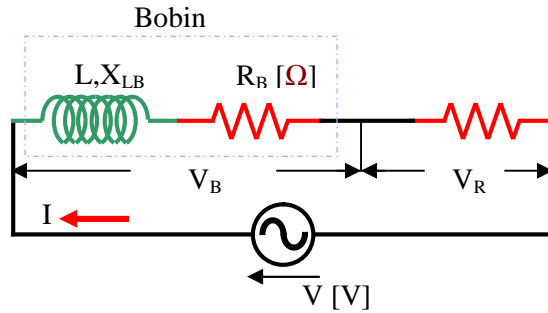
Cevap 2.6:

Toplam gerilim $V = \sqrt{V_R^2 + V_L^2} = \sqrt{150^2 + 120^2} = 192,09[V]$ olarak bulunur.

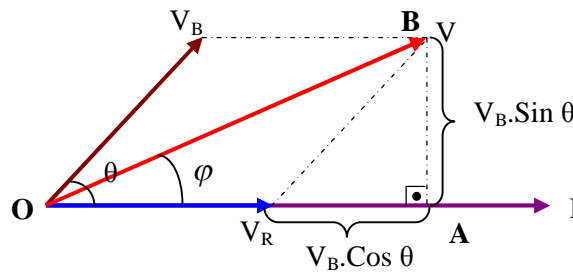


2.4.1. RL-R Seri Devre

Bir bobin ile bir direncin seri bağlı olduğu devrelerdir. Şekil 2.15 de devre akımı bütün dirençler üzerinden geçer ve her bir direnç ya da empedans üzerinde gerilim düşümleri yaratır. Bu gerilim düşümlerinin vektörel toplamı kaynak gerilimine eşittir.



Şekil 2.15: Seri RL-R devresi



Şekil 2.16: Seri RL-R devresi vektör diyagramı

Şekil 2.15 deki devrede bobinin yapısında hem endüktif reaktans hem de omik direnç vardır. Bu dirençlerin değerine bağlı olarak V_B gerilim düşümü akımdan bir θ açısı kadar ileri fazdadır. V kaynak gerilimi V_R ve V_B gerilimlerinin vektörel toplamına eşittir.

$$V = \vec{V}_R + \vec{V}_B$$

OAB dik üçgeninde pisagor teoremini uygularsak, kaynak gerilimi,

$$V^2 = (V_R + V_B \cdot \cos\theta)^2 + (V_B \cdot \sin\theta)^2$$

$$V = \sqrt{(V_R + V_B \cdot \cos\theta)^2 + (V_B \cdot \sin\theta)^2} \text{ olarak bulunur.}$$

Devrenin güç katsayısı,

$$\cos\varphi = \frac{V_R + V_B \cdot \cos\theta}{V_B \cdot \sin\theta} \text{ dir.}$$

Soru 2.7:

Bir floresan lamba devresinde balastın güç katsayısı 0,5 ve gerilimi 101[V] tur. Lamba gerilimi 152[V] ve devre akımı 0,48[A] olduğuna göre devrenin toplam güç katsayısını ve dirençlerin değerini bulunuz.

Cevap 2.7:

$$V = \sqrt{(V_R + V_B \cdot \cos\theta)^2 + (V_B \cdot \sin\theta)^2} \quad \cos\theta = 0,5 \Rightarrow \theta = 60^\circ \text{ dir.}$$

$$\sin 60^\circ = 0,866 \text{ dir.}$$

$$V = \sqrt{(100 + 152 \cdot 0,5)^2 + (152 \cdot 0,866)^2} = \sqrt{176^2 + 131,632^2} \cong 220[V]$$

$$\cos\varphi = \frac{V_R + V_B \cdot \cos\theta}{V} = \frac{100 + 152 \cdot 0,5}{220} = 0,8$$

$$R = \frac{V_R}{I} = \frac{100}{0,48} = 208,33[\Omega]$$

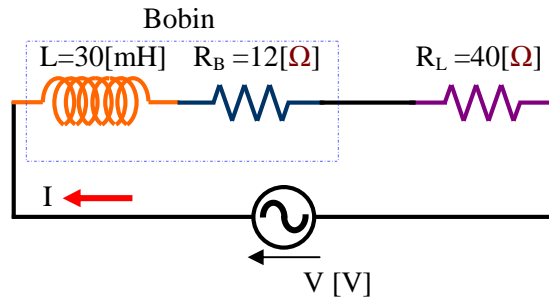
$$X_L = \frac{V_B \cdot \sin\theta}{I} = \frac{152 \cdot \sin 60^\circ}{0,48} = \frac{152 \cdot 0,866}{0,48} = 274,23[\Omega]$$

$$R_B = \frac{V_B \cdot \cos\theta}{I} = \frac{152,05}{0,48} = 158,33[\Omega]$$

Soru 2.8:

Şekildeki devrede devre akımı 1,25[A] ve kaynak geriliminin frekansı 50[Hz] olduğunda,

- Bobin ve direnç gerilimlerini,
- Bobin ve devrenin güç katsayısını bulunuz.



Cevap 2.8:

$$\begin{aligned} \text{a)} \quad X_L &= 2\pi \cdot f \cdot L = 2,314 \cdot 50 \cdot 30 \cdot 10^{-3} \\ X_L &= 9,42[\Omega] \end{aligned}$$

$$Z_B = \sqrt{R_B^2 + X_{LB}^2} = \sqrt{12^2 + 9,42^2}$$

$$Z_B = \sqrt{144 + 88,7364}$$

$$Z_B = \sqrt{232,7364} = 15,25[\Omega]$$

$$V_B = I \cdot Z_B = 1,25 \cdot 15,25$$

$$V_B = 19,06[V]$$

$$V_L = I \cdot R_L = 1,25 \cdot 40$$

$$V_L = 50[V]$$

$$\text{b)} \quad \cos\theta = \frac{R_B}{Z_B} = \frac{12}{15,25} = 0,78 \Rightarrow \theta = 38,10^\circ$$

$$\sin\theta = \sin 38,10^\circ = 0,617$$

$$V = \sqrt{(V_L + V_B \cdot \cos\theta)^2 + (V_B \cdot \sin\theta)^2}$$

$$V = \sqrt{(50 + 19,06 \cdot \cos 38,10^\circ)^2 + (19,06 \cdot \sin 38,10^\circ)^2}$$

$$V = \sqrt{(50 + 14,86)^2 + (11,76)^2}$$

$$V = \sqrt{64,86^2 + 11,76^2} = 65,91[V]$$

$$\cos\varphi = \frac{V_L + V_B \cdot \cos\theta}{V}$$

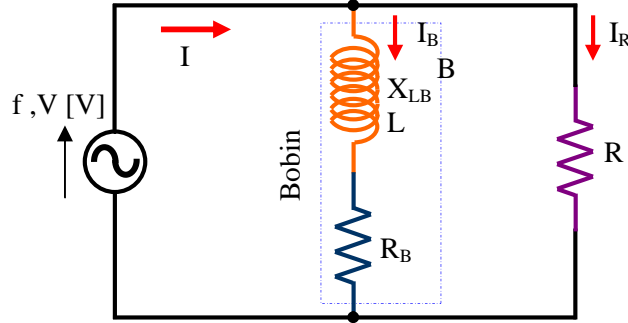
$$\cos\varphi = \frac{50 + 19,06 \cdot 0,78}{65,91}$$

$$\cos\varphi = 0,98 \Rightarrow \varphi = 10,20^\circ$$

2.4.2. RL-R Paralel Devreler

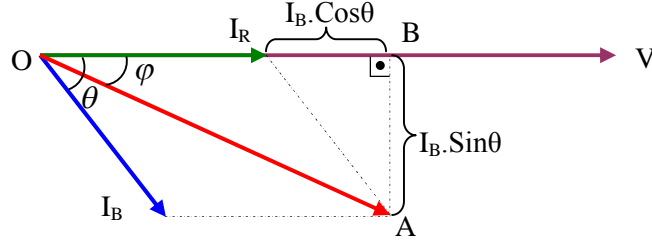
Şekil 2.17 deki devrede bir bobin ile bir direncin paralel bağlandığı bir devre görülmektedir. Bu devrede bobinden geçen akım I_B , dirençten geçen akım I_R olarak isimlendirilmiştir.

RL-R paralel devresine ait vektör diyagramı Şekil 2.18’de çizilmiştir. Burada, seri devrede olduğu gibi aynı işlemleri paralel devrede de yapacağız. Sadece değişen gerilimler yerine akımlar konacaktır.



Şekil 2.17: Paralel RL-R devresi

Şekil 2.17 deki devrede bobin akımı, kaynak gerilimden bir θ açısı kadar geri fazda olduğunu biliyoruz. Direnç akımı ise kaynak gerilimi ile aynı fazdadır. Vektör diyagramını çizerken bu noktaya dikkat edilmelidir. Bobin akımı ile direnç akımlarının vektörel bileşkesi bize devre akımını verecektir. Fakat bu vektörel toplamı bulmak için pisagor teoremini kullanamayız. Ancak vektörleri bileşenlerine ayırıp aynı düzlem üzerinde bulunanları toplayarak bileşke vektöre ulaşabiliriz.



Şekil 2.18: Paralel RL-R devresi vektör diyagramı

Bu durumda bobin akımının gerilimle aynı fazda olan bileşeni $I_B \cdot \cos \theta$ dir. Gerilimden 90° geri fazda olan bileşeni de $I_B \cdot \sin \theta$ dir. Bu durumda yatay eksen üzerindeki toplam vektörün değeri,

$I_R + I_B \cdot \cos \theta$ dir. Gerilimden 90° geride olan bileşen sadece bir tane olduğu için $I_B \cdot \cos \theta$ değerine eşittir. Dolayısı ile OAB dik üçgeninde pisagor teoremini uygulayarak devre akımını bulabiliriz.

$$\begin{aligned} \vec{I} &= \vec{I}_R + \vec{I}_B \\ I^2 &= (I_R + I_B \cdot \cos \theta)^2 + (I_B \cdot \sin \theta)^2 \\ I &= \sqrt{(I_R + I_B \cdot \cos \theta)^2 + (I_B \cdot \sin \theta)^2} \end{aligned}$$

Bobin empedansı,

$$Z_B = \sqrt{R^2 + X_L^2} \quad \text{dir.}$$

Devrenin eşdeğer empedansı,

$$Z = \frac{V}{I} \quad \text{olarak bulunabilir.}$$

Bobinin güç katsayısı,

$$\cos \theta = \frac{I_B \cdot \cos \theta}{I_B} \quad \text{olarak bulunur.}$$

Devrenin güç katsayısı,

$$\cos\varphi = \frac{I_R + I_B \cdot \cos\theta}{I} \text{ dir.}$$

Soru 2.9:

Şekil 3.17 deki paralel RL-R devresinde kaynak gerilimi 240[V], bobinin endüktif reaktansı 40[Ω] ve direnci 30[Ω] dur. Bobine paralel bağlı olan direncin değeri de 20[Ω] olduğuna göre,

- Devre akımını,
- Devrenin güç katsayısını bulunuz.

Cevap 2.9:

$$Z_B = \sqrt{R_B^2 + X_L^2}$$

a) $Z_B = \sqrt{30^2 + 40^2}$
 $Z_B = 50[\Omega]$

Bobin akımı,

$$I_B = \frac{V}{Z_B}$$
$$I_B = \frac{240}{50} = 4,8[A]$$

Bobinin güç katsayısı,

$$\cos\theta = \frac{R_B}{Z_B} = \frac{30}{50} = 0,6 \Rightarrow \theta = 53,13^\circ \text{ dir.}$$

$$\sin\theta = \sin 53,13^\circ = 0,8 \quad \text{dir.}$$

Dirençten geçen akım,

$$I_R = \frac{V}{R} = \frac{240}{20} = 12[A]$$

Devrenin toplam akımı,

$$I = \sqrt{(I_R + I_B \cdot \cos\theta)^2 + (I_B \cdot \sin\theta)^2}$$

$$I = \sqrt{(12 + 4,8 \cdot \cos 53,13^\circ)^2 + (4,8 \cdot \sin 53,13^\circ)^2}$$

$$I = \sqrt{14,88^2 + 3,84^2} = 15,36[A]$$

dir.

b)

Devrenin güç katsayısı,

$$\cos\varphi = \frac{I_R + I_B \cdot \cos\theta}{I}$$

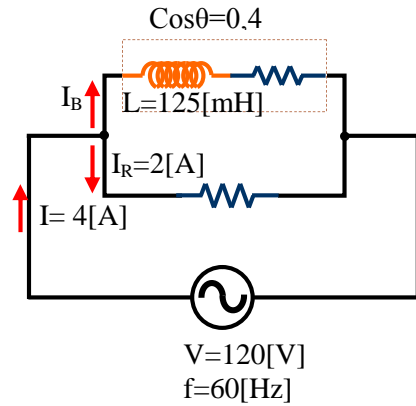
$$\cos\varphi = \frac{12 + 4,8 \cdot 0,6}{15,36}$$

$$\cos\varphi = 0,968 \Rightarrow \varphi = 14,36^\circ \text{ olarak bulunur.}$$

Soru 2.10:

Şekildeki devrede istenenleri bulunuz.

- Direncin değerini,
- Bobin akımını,
- Devrenin güç katsayısını bulunuz.



Cevap 2.10:

$$a) \quad R = \frac{V}{I_R} = \frac{120}{2} = 60[\Omega]$$

$$b) \quad \cos\theta = 0,4 \Rightarrow \theta = 66,42^\circ \text{ dir.}$$

$$\sin\theta = \sin 66,42^\circ = 0,916 \text{ dir.}$$

$$X_{LB} = 2\pi \cdot f \cdot L$$

$$X_{LB} = 2 \cdot 3,14 \cdot 60 \cdot 125 \cdot 10^{-3}$$

$$X_{LB} = 47,1[\Omega]$$

$$\sin\theta = \frac{X_{LB}}{Z_B}$$

$$Z_B = \sin\theta \cdot X_{LB}$$

$$Z_B = 0,916 \cdot 47,1$$

$$Z_B = 43,14[\Omega]$$

Bobin akımı,

$$I_B = \frac{V}{Z_B} = \frac{120}{43,14} = 2,78[A]$$

c) Devre akımı,

$$I = \sqrt{(I_R + I_B \cdot \cos\theta)^2 + (I_B \cdot \sin\theta)^2}$$

$$I = \sqrt{(2 + 2,78 \cdot 0,4)^2 + (2,78 \cdot 0,916)^2}$$

$$I = \sqrt{(3,112)^2 + (2,546)^2}$$

$$I \cong 4[A]$$

Devrenin güç katsayısı,

$$\cos\varphi = \frac{I_R + I_B \cdot \cos\theta}{I}$$

$$\cos\varphi = \frac{2 + 2,78 \cdot 0,4}{4}$$

$\cos\varphi = 0,778$ olarak bulunur.

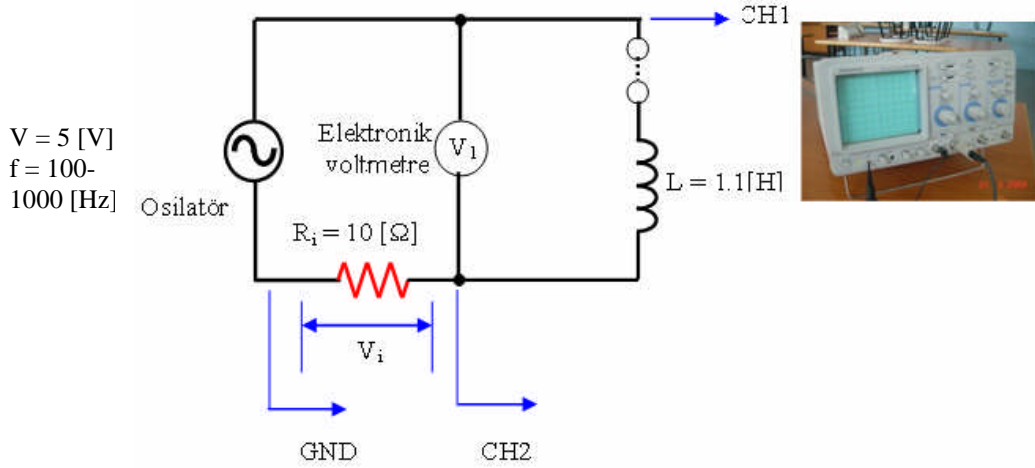
UYGULAMA FAALİYETİ

Deneyin Adı: Bobin üzerinde düşen gerilimin dalga şeklinin gözlenmesi ve bobin geriliminin frekans karakteristiğinin ölçülmesi

Deneyin Amacı: Bobin geriliminin fazını gözleyebilecek ve frekans karakteristiğini kavrayabileceksiniz.

Kullanılan Malzeme ve Araç-Gereç

1. Osilatör
2. Dijital Voltmetre
3. Ayarlanabilir Bobin
4. Osilaskop



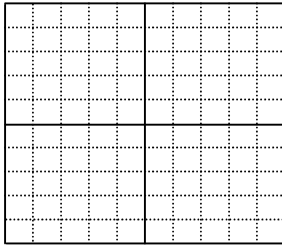
Şekil 2.18: Öğrenme faaliyeti-2 uygulama devresi

Aşağıdaki işlem basamaklarına göre uygulama faaliyetini yapınız.

İşlem basamakları	Öneriler
➤ Bobin $L = 1,1$ [H] olacak şekilde devreyi kurunuz.	➤ Öğretmeninize devrenizi kontrol ettiriniz.
➤ Osilatör frekansını $f = 1$ [kHz] ve çıkış gerilimi $v = 5$ [V] ayarlayınız.	
➤ Devreye R direncini ve L bobinini bağlayınız ve gerilim dalga şeklini gözlemleyiniz.	
➤ Osilatör frekansı $f = 100$ [Hz] ve çıkış gerilimi $v = 5$ [V] a tekrar ayarlayınız.	
➤ V_i gerilimi ölçün ve sonuç tablosuna yazınız.	
➤ Akımı hesaplayın $i = V_i / 10$	
➤ Osilatör frekansını değiştirin; 200, 400, 600, 800, 1000 Hz, 4. ve 5. basamakta verilen işlemleri her frekans değeri için uygulayınız.	
➤ Grafiği çiziniz.	➤ Aşağıda verilen çizimleri kullanınız.

Deneyin Sonucu

L bobini üzerine düşen gerilimin dalga şeklinin gözlenmesi



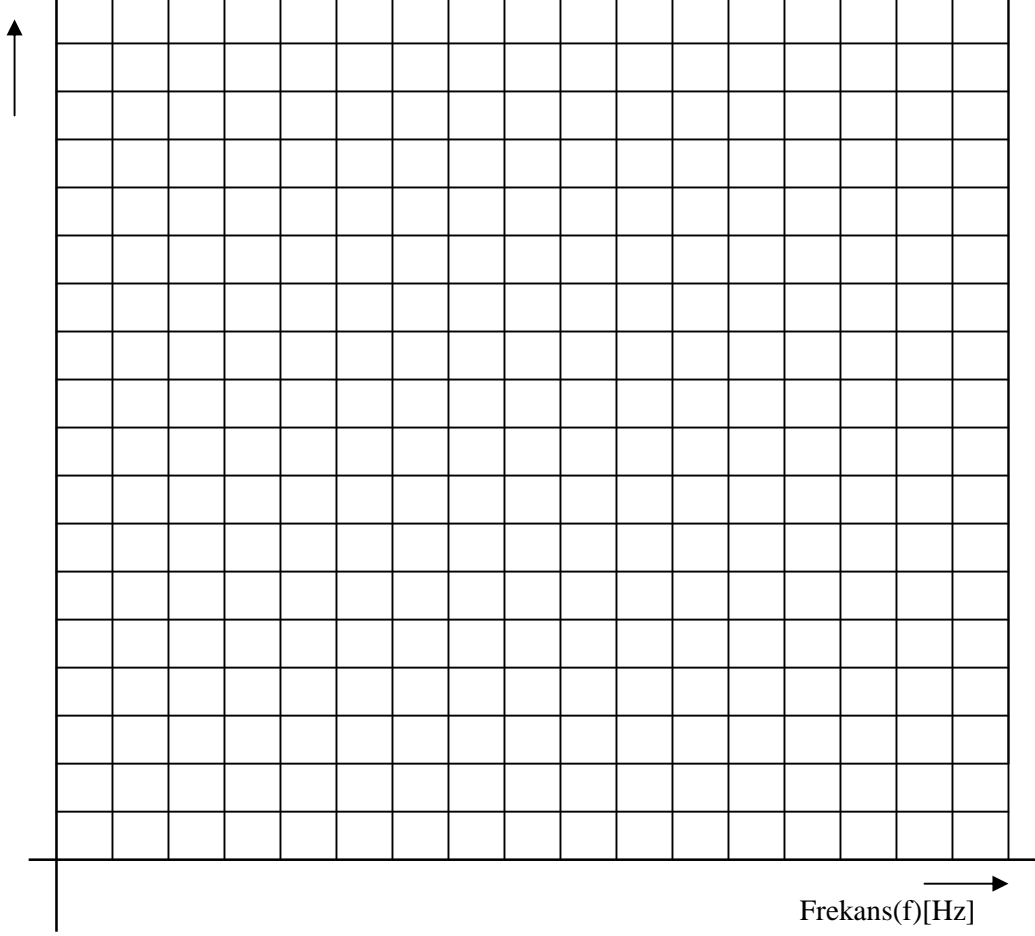
Frekans $f = (\quad) [\quad]$
İndüktans $L = (\quad) [\quad]$
Prob = (\quad) : (\quad)
CH1 = (\quad) [\quad /DIV]
CH2 = (\quad) [\quad /DIV]

İndüktif reaktansın X_L Karakteristik frekansı

f[Hz]	V_1 [V]	V_i [V]	$i = \frac{V_i}{10}$ [mA]	$X_L = \frac{V_1}{i}$ [k Ω]

Sonucun Grafiği

İndüktif reaktans X_L [k Ω]

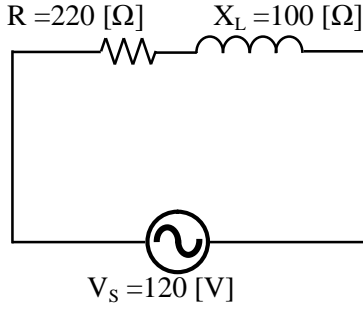


Düşünceleriniz

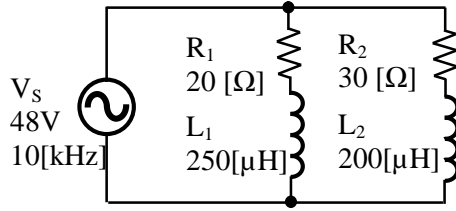
Değerlendirme

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

ÖLÇME SORULARI



Şekil 2.19



Şekil 2.20

- Şekil 2.19 daki devrede empedans aşağıdakilerden hangisidir?
A) 195,95[Ω] B) 241,66[Ω]
C) 391,91[Ω] D) 120,83[Ω]
- Şekil 2.19 daki devrede devre akımı aşağıdakilerden hangisidir?
A) 0,496[A] B) 0,248[A]
C) 0,612[A] D) 0,993[A]
- Şekil 2.19 daki devrede devrenin güç katsayısı aşağıdakilerden hangisidir?
A) 0,561 B) 0,455
C) 0,6 D) 0,91
- Şekil 2.20 deki devrede Z_1 empedansını bulunuz.
A) 25[Ω] B) 15,25[Ω]
C) 25,42[Ω] D) 30,41[Ω]
- Şekil 2.20 deki devrede Z_2 empedansını bulunuz
A) 13,26[Ω] B) 32,52[Ω]
C) 16,25[Ω] D) 25,12[Ω]
- Şekil 2.20 deki devrede I_1 akımını bulunuz.
A) 1,88[A] B) 0,94[A]
C) 1,5[A] D) 2[A]

7. Şekil 2.20 deki devrede I_2 akımını bulunuz.

A) 2,95[A]

B) 0,73[A]

C) 5[A]

D) 1,47[A]

8. Şekil 2.20 deki devrede V_{R1} gerilimini bulunuz.

A) 30,45[V]

B) 37,6[V]

C) 25,24[V]

D) 32,53[V]

9. Şekil 2.20 deki devrede V_{R2} gerilimini bulunuz.

A) 40,1[V]

B) 45[V]

C) 34,1[V]

D) 44,1[V]

10. Şekil 2.20 deki devrede I akımını bulunuz.

A) 2[A]

B) 3,14[A]

C) 6,28[A]

D) 1,57[A]

DEĞERLENDİRME

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

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

AMAÇ

Kondansatörlü devrelerde hatasız olarak akım ve gerilim ölçebileceksiniz.

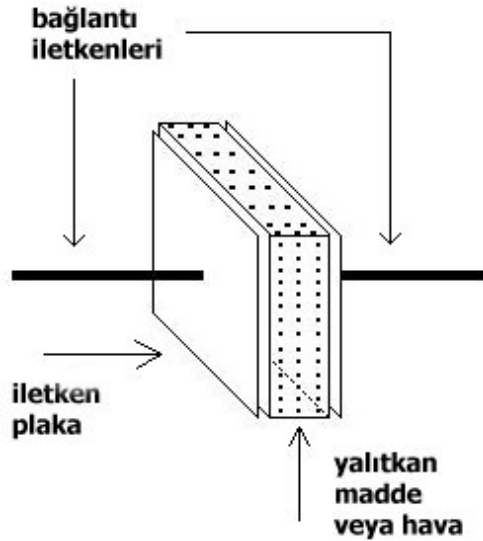
ARAŞTIRMA

- Kondansatörlerin yapısını ve alternatif akımda davranışını inceleyiniz.

3. KONDANSATÖRLÜ DEVRELER

Kondansatör Şekil 3.1’de görüldüğü gibi iki iletken plaka arasına yalıtkan bir maddenin yerleştirilmesi veya hiç bir yalıtkan kullanılmaksızın hava aralığı bırakılması ile oluşturulur. Kondansatörler yalıtkan maddenin cinsine göre adlandırılır.

Bir kondansatörün elektrik yükü taşıyabilme yeteneği diğer bir deyişle kapasitesi C ile gösterilir ve levhalarda birikmiş elektrik yükünün ($Q=Coulomb$) levhalar arasındaki potansiyel farkına ($V = Volt$) oranına eşittir.



Şekil 3.1: Kondansatörün yapısı

$$C = \frac{Q}{V}$$

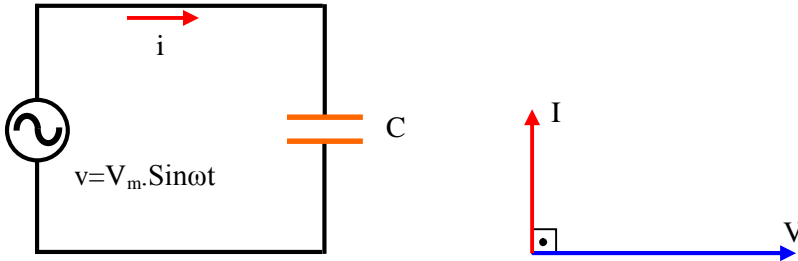
C nin birimi Farad'dır. Fakat, Farad birim olarak büyük bir birimdir. Biz genelde mikrofarad(μF), nanofrad(nF) ya da pikofarad(pF) birimlerini kullanacağız.

3.1. Alternatif Akımda Kondansatör

Şekil 3.1'de görüldüğü gibi bir kondansatörü alternatif akım kaynağına bağlayalım. Kirşof gerilimler kanununa göre, kondansatör uçlarındaki gerilim düşümü her an uygulanan kaynağın gerilimine eşit olmalıdır. Kondansatör uçlarındaki gerilim, kondansatörün şarjı(yükü) ile değişir. İşte Şekil 3.1 deki devrede kondansatörün uygun bir şekilde şarj ve deşarj olması, kondansatör uçlarındaki gerilimi her an kaynak gerilimine eşit yapar. Kondansatörün akımının formülü;

$$i = c. \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

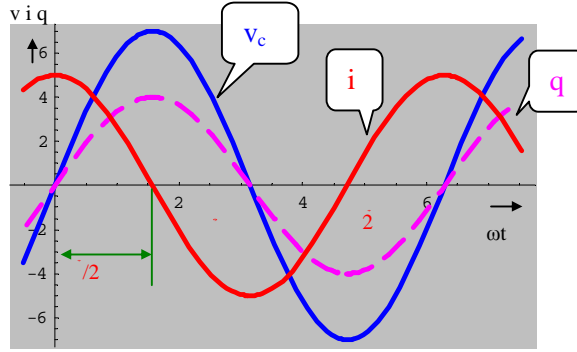
Bu formülde C kapasitesi, kondansatörün fiziksel boyutlarına bağlı olduğundan sabit değildir. Böylece Şekil 3.1'deki devrenin akımı, kondansatör uçlarındaki gerilimin değişim hızı olan $\Delta V/\Delta t$ 'ye bağlı olmaktadır.



Şekil 3.2: Alternatif akım devresinde kondansatör ve vektör diyagramı

Şekil 3.3'de kondansatör uçlarındaki gerilimin eğrisi mavi çizgi ile akım eğrisi de kırmızı çizgi ile gösterilmiştir. 0° de devre gerilimi uygulandığı anda kondansatör boş ve bu andaki akım da maksimumdur. Kondansatör şarj olmaya başlar. 90° 'de gerilimdeki değişme hızı sıfır olduğundan bu noktada akım sıfırdır.

90° den 180° ye doğru gittikçe gerilimdeki değişme hızı artmaya başlar ve akım da negatif yönde maksimum değerine ulaşır. Akım eğrisi bundan sonra da devam ettirilecek olursa, gerilim gibi akımında sinüs değişiminde olduğu görülür. Fakat gerilim maksimum iken akım sıfır ve gerilim sıfır iken akım maksimumdur.



Şekil 3.3: Kondansatörlü alternatif akım devresinde akım ve gerilim eğrileri

Sonuç olarak kondansatöre uygulanan alternatif gerilim, kondansatörden alternatif bir akım geçirmektedir. Kondansatörden geçen bu akım, kondansatör geriliminden 90° ileri fazdadır veya kondansatör gerilimi, kondansatör akımından 90° geridedir. Şekil 3.4'de kondansatörün akım ve gerilim vektörleri görülmektedir.

Kondansatör alternatif gerilime bağlandığında akımın geçişi kondansatörün dielektrik özelliğinden olmamaktadır. Yarım saykılıda akım bir yönde geçerken, diğer yarım saykılıda ters yönde geçmektedir. Böylece kondansatör şarj,deşarj ve ters yönde yeniden şarj olmak suretiyle bir akım geçirmektedir. Şu halde kondansatörden geçen akım, şarj vedeşarj akımlarından başka bir şey değildir.

Kondansatöre uygulanan gerilim etkin değeri V ve geçen akımın etkin değeri de I olsun. Belirli bir kondansatör için V/I oranı sabittir. Direnç ve bobinde olduğu gibi, bu oran kondansatörün alternatif akımın geçişine karşı gösterdiği zorluğu temsil eder. Kondansatörlü devrelere, kapasitif devreler de denildiğinden, bu zorluğa “kapasitif reaktans” adı verilir.

Bu durumda kapasitif reaktans, kondansatörün alternatif akımın geçişine karşı gösterdiği zorluktur. Kapasitif reaktans X_C sembolü ile gösterilir ve birimi ohm'dur.

$$X_C = \frac{V_C}{I_C}$$

Bu formülde,

X_C : Kapasitif reaktans[Ω]

V_C : Kondansatör uçlarındaki gerilim[V]

I_C : Kondansatör akımı[A]

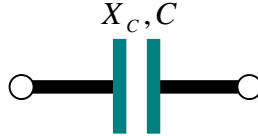
dir. Kapasitif reaktansa etki eden iki faktör vardır. Bunlar kondansatörün kapasitesi(C) ve kaynağın frekansdır(f). Frekans ne kadar büyük olursa, kondansatör aynı yükü daha kısa zamanda depo eder. Böylece $I = \Delta Q/\Delta t$ formülüne göre akım büyür ve kapasitif reaktans küçülür. Böylece kapasitif reaktans frekans ile ters orantılıdır. Kondansatör kapasitesinin büyümesi, kondansatörde depolanan yükü artırır($C = Q/V$). Aynı zaman aralığında daha fazla yük depo lanacağından, yine $I = \Delta Q/\Delta t$ ye göre akım büyür ve kapasitif reaktans küçülür. Buna göre kapasitif reaktans, kondansatörün kapasitesi ile de ters orantılıdır. Bu bilgilerden kapasitif reaktans, kapasite ve frekans ile ilişkisi,

$$X_c = \frac{1}{\omega.C} = \frac{1}{2\pi.f.C}$$

dir. Burada,

- XC: Kondansatörün kapasitif reaktansı[Ω]
- ω : Kaynak geriliminin açısal hızı[radyan/saniye]
- C : Kondansatörün kapasitesi[Farad]
- f : Kaynak geriliminin frekansı[Hz]

Bir kondansatörün kapasitesi sabit idi. Kaynak frekansı da sabit ise, kondansatörün kapasitif reaktansı da belirli bir değerde sabit demektir. Kapasitif devrelere örnek olarak kondansatörler gösterilir. Kondansatörün sembolü şekil 4.4 de gösterilmiştir.



Şekil 3.4: Kondansatörün sembolü

Soru 3.1:

Kapasitesi 5[μF] olan kondansatöre 50[p/s] frekanslı 220[V] gerilim verilmiştir. Devreden geçen akımı bulunuz.

Cevap 3.1:

5[μF] = 5×10⁻⁶ [F] dir.Kondansatörün kapasitif reaktansı,

$$X_c = \frac{1}{2\pi.f.C}$$

$$X_C = \frac{1}{2,3,14.50.5 \times 10^{-6}} = \frac{10^6}{314.5}$$

$$X_C = 636,94[\Omega]$$

dur. Kondansatörden geçen akım ise,

$$I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{220}{636,94}$$

$$I_C = 0,34[A]$$

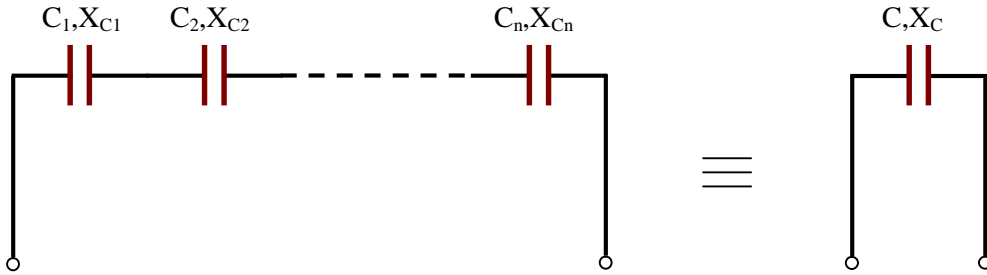
olarak bulunur. Bu akım gerilimden 90° ileridedir.

3.2. Kondansatör Bağlantıları

Kondansatörlerin çeşitli şekillerde bağlantılarında eşdeğer kapasitif reaktans, dirençlerin bağlantılarında olduğu gibi bulunur. Çünkü kapasitif reaktans da bir tür dirençtir.

3.2.1. Seri Bağlama

Şekil 3.5'de seri bağlı kondansatörler ve bu kondansatörlerin eşdeğeri olan kondansatör görülmektedir.



Şekil 3.5: Seri bağlı kondansatörler ve eşdeğeri

Direnç bağlantılarında olduğu gibi eşdeğer kapasitif reaktans,

$$X_C = X_{C1} + X_{C2} + \dots + X_{Cn}$$

formülü ile bulunur. Kondansatörlerin kapasiteleri ile kapasitif reaktansları ters orantılı olduğundan, seri bağlantıda eşdeğer kapasitenin tersi, kondansatör kapasitelerinin terslerinin toplamına eşittir.

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

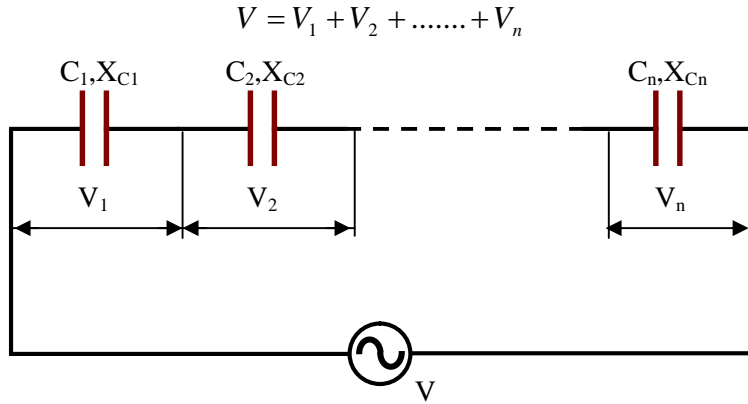
Eğer sadece iki adet kondansatör birbirlerine seri olarak bağlanmış ise toplam kapasite,

$$C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

formülü ile bulunur.

Yukarıdaki formülden anlaşılacağı gibi kondansatörlerin seri bağlantısında eşdeğer kapasitif reaktans büyür, eşdeğer kapasite ise küçülür.

Seri bağlantıda bütün kondansatörlerden aynı I akımı geçer. Herbir kondansatör üzerindeki gerilim düşümlerinin toplamı da devrenin gerilimini verir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6: Kapasitif devrede gerilimler kanunu

Ohm kanunundan herbr kapasitif reaktans üzerinde düşen gerilimler,

$$V_1 = I \cdot X_{C1}, \quad V_2 = I \cdot X_{C2}, \dots, \quad V_n = I \cdot X_{Cn}$$

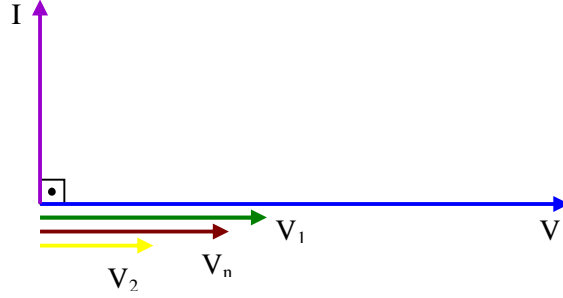
Yazılıp gerilimler kanunu formülünde yerine konulursa,

$$I \cdot X_c = I \cdot X_{C1} + I \cdot X_{C2} + \dots + I \cdot X_{Cn}$$

$$I \cdot X_c = I \cdot (X_{C1} + X_{C2} + \dots + X_{Cn})$$

$$X_c = X_{C1} + X_{C2} + \dots + X_{Cn}$$

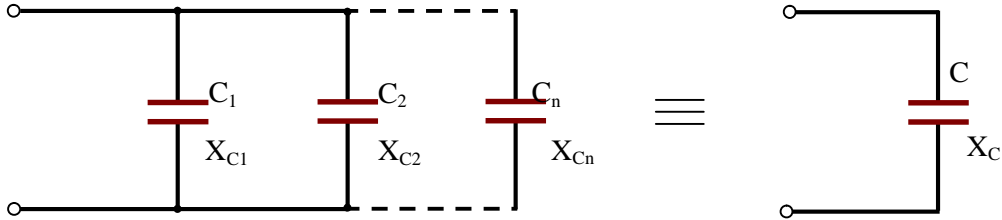
Bu formüldeki gerilim düşümlerinin herbiri devre akımından 90° geri fazdadır. Böylece hepsi aynı fazlı olan bu gerilim düşümlerinin toplamı cebirsel olarak yapılır. Şekil 3.6 daki devrenin vektör diyagramı Şekil 3.7 de verilmiştir.



Şekil 3.7: Şekil 3.6'daki devrenin vektör diyagramı

3.2.2. Paralel Bağlama

Şekil 3.8'de kondansatörlerin uç uca eklemek suretiyle paralel kondansatör devresi ve bu kondansatörlerin eşdeğeri gösterilmiştir.



Şekil 3.8: Paralel bağlı kondansatörler ve eşdeğeri

Dirençlerin paralel bağlantılarında olduğu gibi, paralel bağlı kondansatörlerin de eşdeğer kapasitif reaktanslarının tersi, paralel bağlı kapasitif reaktanslarının terslerinin cebirsel toplamına eşittir.

$$\frac{1}{X_c} = \frac{1}{X_{C1}} + \frac{1}{X_{C2}} + \dots + \frac{1}{X_{Cn}}$$

Paralel bağlantının eşdeğer kapasitesi,

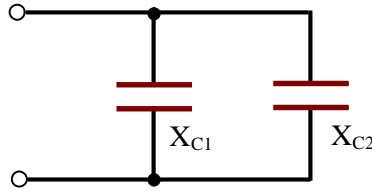
$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

Bu formüllerden de görüldüğü gibi kondansatörlerin paralel bağlantısında, eşdeğer kapasitif reaktans küçülürken, eşdeğer kapasite ise artar.

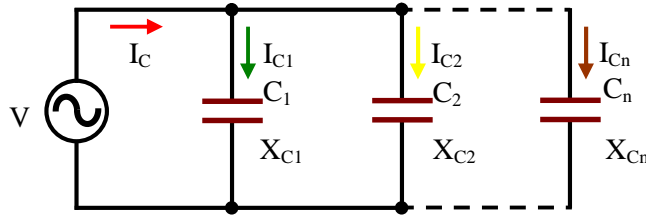
Şekil 3.9 daki paralel bağlı iki adet kondansatörün toplam kapasitif reaktansı da,

$$X_C = \frac{X_{C1} \cdot X_{C2}}{X_{C1} + X_{C2}}$$

formülü ile bulunur.



Şekil 3.9: Paralel bağlı kondansatörlerde kapasitif reaktans



Şekil 3.10: Paralel kondansatörlerde akımlar

Paralel bağlı kondansatörlerin uçlarındaki gerilim aynı olduğu halde, her kondansatörden geçen akımlar farklıdır. Şekil 3.10'a kirşof akımlar kanunu uygularsak,

$$I_C = I_{C1} + I_{C2} + \dots + I_{Cn}$$

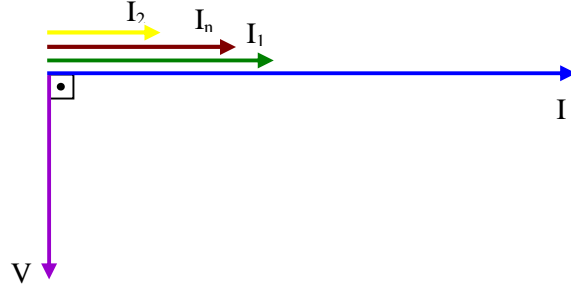
Şeklinde yazılabilir. Bu akımlar yine vektör ile ifade edilir. Fakat hepsi aynı fazda oldukları için toplam akım, kol akımlarının cebirsel toplamına eşittir. Kol akımlarını da,

$$I_{C1} = \frac{V}{X_{C1}}, \quad I_{C2} = \frac{V}{X_{C2}}, \dots, I_{Cn} = \frac{V}{X_{Cn}}$$

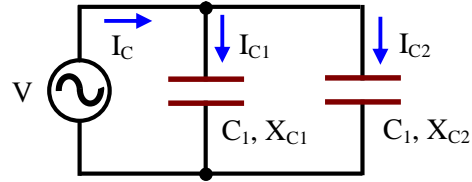
formülleri ile bulabiliriz. Ana koldan geçen akım,

$$I_C = \frac{V}{X_{C1}} + \frac{V}{X_{C2}} + \dots + \frac{V}{X_{Cn}}$$

formülü ile bulunabilir. Devrenin vektör diyagramı aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.11: Şekil 4.8 deki devrenin vektör diyagramı



Şekil 3.12: İki kondansatörlü devrede akımlar

Şekil 3.12 de iki kondansatörün paralel bağlı olduğu devrede kol akımları,

$$I_{C1} = I_C \cdot \frac{X_{C2}}{X_{C1} + X_{C2}}$$

$$I_{C2} = I_C \cdot \frac{X_{C1}}{X_{C1} + X_{C2}}$$

veya,

$$I_{C1} = I_C \cdot \frac{C_1}{C_1 + C_2}$$

$$I_{C2} = I_C \cdot \frac{C_2}{C_1 + C_2}$$

formülleri ile bulunur.

Soru 3.2:

Kapatif reaktansları 12[Ω], 4[Ω] ve 6[Ω] olan kondansatörler;

- Seri bağlandıklarında,
- Paralel bağlandıklarında toplam kapasitif reaktans ne olur?

Cevap 3.2:

a) $X_C = X_{C1} + X_{C2} + X_{C3}$

$$X_C = 12 + 4 + 6$$

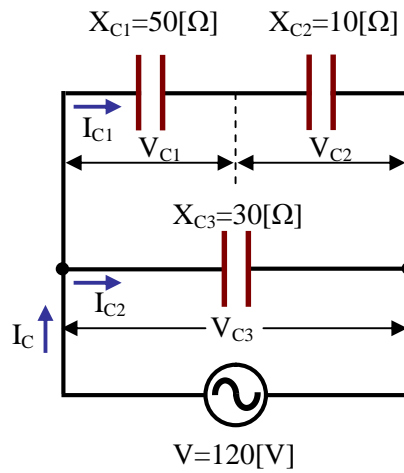
$$X_C = 22[\Omega]$$

b) Paralel bağlı eşdeğer kapasitif formülünden,

$$\frac{1}{X_C} = \frac{1}{X_{C1}} + \frac{1}{X_{C2}} + \dots + \frac{1}{X_{Cn}}$$

$$\frac{1}{X_C} = \frac{1}{12} + \frac{1}{4} + \frac{1}{6}$$

$$\frac{1}{X_C} = \frac{1+3+2}{12} = \frac{6}{12} \qquad X_C = \frac{12}{6} = 2[\Omega]$$



Şekil 3.13: Kondansatörlü karışık devre

Soru 3.3:

Şekil 3.13 deki devrede her kondansatörden geçen akımı ve uçlarındaki gerilimi bulunuz. Devrenin vektör diyagramını çiziniz.

Cevap 3.3:

$V = 120[V]$ luk gerilim paralel kollara uygulandığına göre kol akımları,

$$I_{C1} = \frac{V}{X_{C1} + X_{C2}} = \frac{120}{50 + 10}$$

$$I_{C1} = 2[A]$$

ve,

$$I_{C2} = \frac{V}{X_{C3}} = \frac{120}{30} = 4[A]$$

olarak bulunur. Ana kol akımı ise Kirşof akımlar kanunundan,

$$I_C = I_{C1} + I_{C2}$$

$$I_C = 2 + 4 = 6[A]$$

bulunur. Burada toplama işlemi cebirsel olarak yapılmıştır. Çünkü akımlar aynı fazdadır.

V_{C3} gerilimi kaynak gerilimine eşittir.

$$V_{C3} = V = 120[V]$$

V_{C1} ve V_{C2} gerilimleri ise,

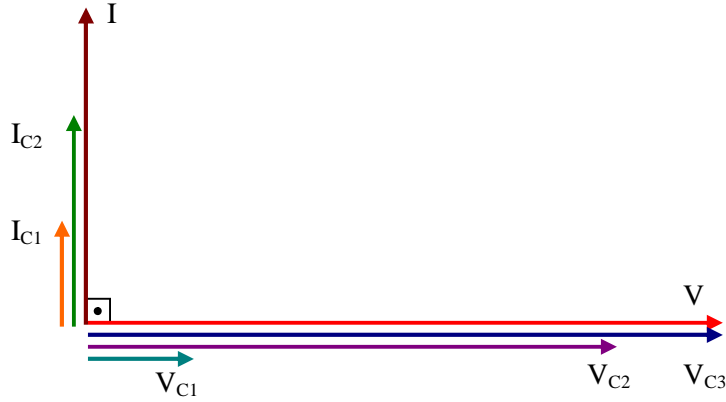
$$V_{C1} = I_{C1} \cdot X_{C1} = 2 \cdot 50$$

$$V_{C1} = 100[V]$$

$$V_{C2} = I_{C2} \cdot X_{C2} = 2 \cdot 10$$

$$V_{C2} = 20[V]$$

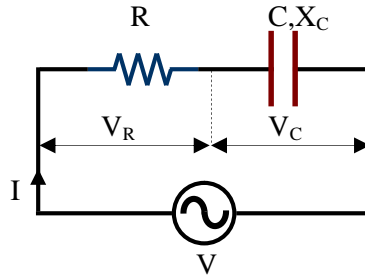
olur. Devrenin vektör diyagramı da şekil 4.14 de verilmiştir.



Şekil 3.14: Kondansatörlü karışık devrede vektör diyagramları

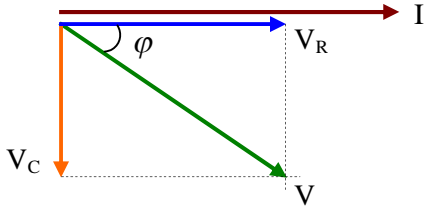
3.3. R-C Seri Devre

Şekil 3.15 de bir direnç ile bir kondansatörün seri bağlanarak oluşturdukları devre görülmektedir. Kondansatörün dielektriğinden dolayı olan direncinin etkisi yok denecek kadar küçük olduğundan, kondansatörler saf olarak kabul edilirler.

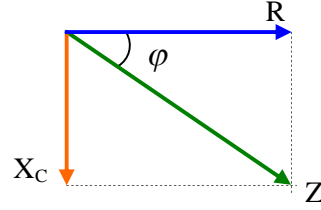


Şekil 3.15: Seri R-C devresi

Şekil 3.15 deki devre seri bir devre olduğu için vektör diyagramını çizerken akım referans alınarak gerilimler çizilmelidir. Akım yatay eksen üzerinde çizilirken dirençte meydana gelen gerilim düşümü akımla aynı fazda çizilmelidir. Kapasitif reaktansta meydana gelen gerilim düşümü ise akımdan 90° geri fazlı çizilmelidir. Dirençte meydana gelen gerilim düşümü V_R , kapasitif reaktansta meydana gelen gerilim düşümü de V_C olarak isimlendirilirse, V_R ile V_C gerilimlerinin vektörel toplamı kaynak gerilimi olan V gerilimine eşit olacaktır. Burada akımla gerilim arasındaki açı da φ (fi) açısı olarak isimlendirilir. Şekil 3.16'da, Şekil 3.15'deki devrenin vektör diyagramı verilmiştir. Şekil 3.17'de ise empedans üçgeni verilmiştir.



Şekil 3.16: Gerilim vektör diyagramı



Şekil 3.17: Empedans vektör diyagramı

Şekil 3.16'daki vektör diyagramından yararlanarak, Pisagor teoreminden kaynak gerilimini bulabiliriz,

$$V^2 = V_R^2 + V_C^2$$

$$V = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$$

Her bir gerilimin değeri,

$$V = I.Z, \quad V_R = I.R, \quad V_C = I.X_C$$

yazabiliriz. Burada gerilim formüllerini yukarıdaki formülde yerine koyarsak,

$$(I.Z)^2 = (I.R)^2 + (I.X_C)^2$$

$$I^2.Z^2 = I^2.R^2 + I^2.X_C^2$$

$$I^2.Z^2 = I^2.(R^2 + X_C^2)$$

$$Z^2 = R^2 + X_C^2$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

formülü ile empedansın değerini buluruz.

Şekil 3.16 ve şekil 3.17 deki vektörlerden faz açısı,

$$\tan \varphi = \frac{V_C}{V_R} = \frac{X_C}{R}$$

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{V_C}{V_R} = \tan^{-1} \frac{X_C}{R}$$

formülü ile bulunur.

Güç katsayısı,

$$\cos \varphi = \frac{V_R}{V} = \frac{R}{Z}$$

formülü ile hesaplanır.

© İleri çalışma

$$i = \sqrt{2} I \sin \omega t$$

$$v_R = Ri = \sqrt{2} RI \sin \omega t$$

$$v_C = \frac{1}{C} \int i dt = \frac{1}{C} \int (\sqrt{2} I \sin \omega t) dt$$
$$= -\sqrt{2} \frac{1}{\omega C} I \cos \omega t \text{ [V]}$$

$$v = v_R + v_C = \sqrt{2} RI \sin \omega t + \left(-\sqrt{2} \frac{1}{\omega C} I \cos \omega t\right)$$

$$= \sqrt{2} I \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2} \left(\sin \omega t \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}} + \cos \omega t \frac{-\frac{1}{\omega C}}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}} \right)$$

$$= \sqrt{2} I \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2} (\sin \omega t \cos \theta - \cos \omega t \sin \theta)$$

$$= \sqrt{2} I \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2} \sin(\omega t - \theta)$$

$$= \sqrt{2} V \sin(\omega t - \theta) \text{ [V] burada,}$$

$$V = I \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{\frac{1}{\omega C}}{R} = \tan^{-1} \frac{1}{\omega CR} \text{ [rad]}$$

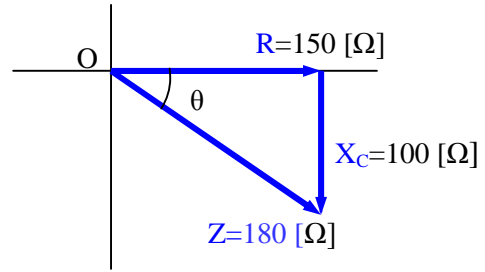
Soru 3.4:

Şekil 3.15 deki devrede $R = 150[\Omega]$ ve $X_C = 100[\Omega]$ dur. Bu devrenin toplam empedansını ve vektör diyagramını çiziniz.

Cevap 3.4:

Toplam empedans

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{150^2 + 100} = 180 [\Omega]$$



Şekil 3.18: R-C empedansının vektör diyagramı (Empedans üçgeni)

Soru 3.5:

Verilen seri R-C devrede $R = 30 [\text{k}\Omega]$, $f = 1 [\text{kHz}]$, ve $C = 10 [\text{nF}]$ tır.

- (a) Kapasitif reaktansı
- (b) Toplam empedansı bulunuz

Cevap 3.5:

- (a) Kapasitif reaktans

$$X_C = 1 / (2\pi f C) = \frac{1}{2\pi \times 1 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-9}} = \frac{1}{2\pi \times 10^{-5}} = 15915 \Omega \cong 16 [\text{k}\Omega]$$

- (b) Toplam empedans

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{30^2 + 16^2} = 34 [\text{k}\Omega]$$

Soru 3.6:

(a) Bir seri R-C devrede $R = 600 \Omega$ ve $X_C = 800 \Omega$ dir. Toplam devre, R ve C için faz açılarını hesaplayınız.

(b) Bir seri R-C devrede, direnç üzerindeki gerilim 16 V ve kondensatör üzerindeki gerilim 12 V tur. Toplam faz açısını ve toplam gerilimi bulunuz.

Cevap 3.6:

(a) Seri R-C devrede $\theta_R = 0^\circ$ ve $\theta_C = -90^\circ$ dir. R ve X_C değerleri için temel eşitlik kullanılır:

$$\theta = -\tan^{-1}(X_C / R) = -\tan^{-1} \frac{800}{600} \cong -53.1^\circ$$

(c) Toplam gerilim

$$V_T = \sqrt{V_R^2 + V_C^2} = \sqrt{16^2 + 12^2} = 20 \text{ V}$$

(d) Toplam faz açısı

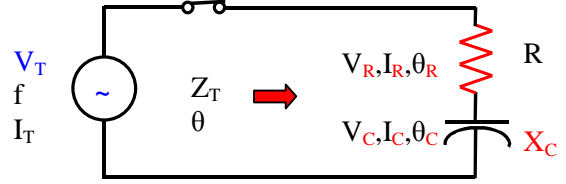
$$\theta = -\tan^{-1}(V_C / V_R) = -\tan^{-1} \frac{12}{16} \cong -36.9^\circ$$

Soru 3.7:

Şekil 3.19 da,

Aşağıda verilen değerlere göre devrenin tam analizini yapınız:

$V_T = 220 \text{ [V]}$, $f = 10 \text{ [kHz]}$, $R = 200 \text{ [\Omega]}$,
 $C = 120 \text{ nF}$



Şekil 3.19: R-C seri devre

Cevap 3.7:

Adım 1. X_C Hesaplanır: $X_C = 1 / (2\pi f C) = \frac{1}{2\pi \times 10 \times 10^3 \times 120 \times 10^{-9}} \cong 133 \text{ [\Omega]}$

Adım 2. Toplam empedans: $Z_T = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{200^2 + 133^2} \cong 240 \text{ [\Omega]}$

Adım 3. Ohm kanunu ile toplam akım: $I_T = V_T / Z = 220/240 \cong 0.92 \text{ [A]}$

Seri devre olduğu için R ve C den geçen akım:

$$I_R = I_C = 0.92 \text{ [A]}$$

Adım 4. Ohm kanunu ile R ve C deki gerilimler:

$$V_R = R I_R = 200 \times 0.92 = 184 \text{ [V]}$$

$$V_C = X_C I_R = 133 \times 0.92 \cong 122 \text{ [V]}$$

Adım 5. R ve C için faz açısı belirlenir. Bu bileşenlerin faz açısı daima: $\theta_R = 0^\circ$

$$\theta_C = -90^\circ$$

Adım 6. Devre için toplam faz açısı: $\theta = -\tan^{-1}(X_C/R) = -\tan^{-1}(133/200)$
 $\cong -33.6^\circ$

$$\text{veya } \theta = -\tan^{-1}(V_C/V_R)$$

formülü ile de bulunabilir.

Soru 3.8:

40[μ F] lık bir kondansatör ve 25[Ω] luk bir direnç seri olarak 220[V] 50[Hz] kaynak gerilimine bağlıdır.

- Devrenin empedansını,
- Devre akımını,
- Akımla gerilim arasındaki açığı hesaplayınız.
- Devrenin vektör diyagramını ölçekli olarak çiziniz(1[cm] =50[V], 1[cm] =10[Ω]).

Cevap 3.8:

$$a) X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2.3,14.50.40.10^{-6}}$$

$$X_C = \frac{10^6}{314.40} = 79,61[\Omega]$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

$$Z = \sqrt{25^2 + 79,61^2}$$

$$Z = 83,44[\Omega]$$

b)Devrenin akımı,

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{220}{83,44} = 2,63[\text{A}]$$

c) Akımla gerilim arasındaki açı,

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{X_C}{R} = \tan^{-1} \frac{79,61}{25} = \tan^{-1} 3,18 \Rightarrow \varphi = 72,56^\circ$$

d) Gerilimlere göre vektör diyagramı,

$$V_R = I \cdot R$$

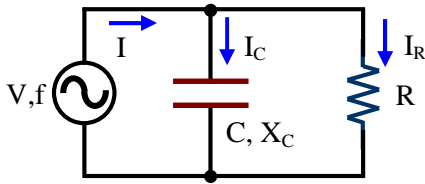
$$V_R = 2,63 \cdot 25 = 65,75[V]$$

$$V_C = I \cdot X_C$$

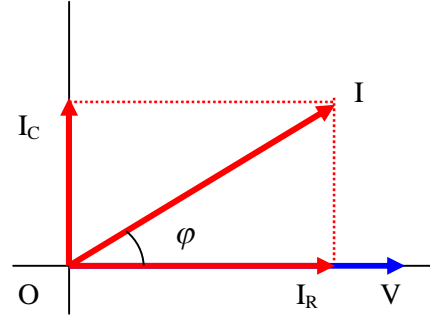
$$V_C = 2,63 \cdot 79,61$$

$$V_C = 209,37[V]$$

3.4. R-C Paralel Devre



Şekil 3.20: R-C Paralel devre



Şekil 3.21: R-C Paralel devre vektör diyagramı

Şekil 3.20'de bir direnç ile bir kondansatörün paralel bağlanarak oluşturduğu devre görülmektedir. Bu devrede herbir devre elemanına kaynak gerilimi uygulanır. Herbir koldan geçen akımların vektörel toplamı ana kol akımına eşittir. Bu devreye ait vektör diyagramı Şekil 3.21 de gösterilmiştir. Kondansatör iç direnci yok denecek kadar az olduğundan ihmal edilir. Dirençten geçen akım I_R , kondansatörden geçen akım I_C ve ana kol akımı I olarak isimlendirilmiştir.

I_C akımı ile I_R akımından 90° ileri fazlıdır. I_C ile I_R nin vektörel toplamı I akımını verir. I ile V arasında φ faz farkı vardır ve akım gerilimden φ açısı kadar ileridedir. Şekil 3.21 deki vektör diyagramından,

$$I^2 = I_R^2 + I_C^2$$

$$I = \sqrt{I_R^2 + I_C^2}$$

olarak yazılır. Bu formülde I_R direncinden geçen akım,

$$I_R = \frac{V}{R}$$

ve kondansatörden geçen akım I_C ,

$$I_C = \frac{V}{X_C}$$

ile bulunur. Ana koldan geçen akım aynı zamanda,

$$I = \frac{V}{Z}$$

formülü ile bulunabilir. Ana koldan geçen akım ile kol akımlarının formüllerini, $I^2 = I_R^2 + I_C^2$ formülündeki yerlerine koyarsak,

$$\left(\frac{V}{Z}\right)^2 = \left(\frac{V}{R}\right)^2 + \left(\frac{V}{X_C}\right)^2$$

olur ve gerilimleri ortak parantez altında toplarsak,

$$\frac{V^2}{Z^2} = V^2 \cdot \left(\frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_C^2}\right)$$

$$\frac{1}{Z^2} = \frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_C^2}$$

$$\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_C^2}}$$

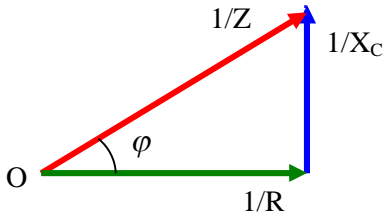
bulunur veya,

$$Z = \frac{R \cdot X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$

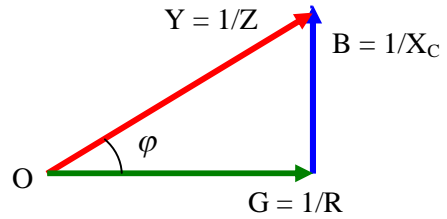
formüllerini ile bulunur. Devrenin faz açısı φ ise vektör diyagramından elde edilen,

$$\tan \varphi = \frac{I_C}{I_R} = \frac{R}{X_C} \text{ veya } \cos \varphi = \frac{I_R}{I} = \frac{Z}{R}$$

ifadelerinden yararlanarak bulunur.



Şekil 3.22: Direnç üçgeni



Şekil 3.23: Admitans üçgeni

Soru 3.9:

Şekil 3.20 ye göre paralel R-C devrenin faz açısını ve toplam akımı hesaplayınız $I_R = 3$ [A] ve $I_C = 4$ [A] dir.

Cevap 3.9:

Toplam akım,

$$I = \sqrt{I_R^2 + I_C^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = \sqrt{9 + 16} = \sqrt{25} = 5[\text{A}]$$

Faz açısı,

$$\theta = \tan^{-1} \frac{I_C}{I_R} = \tan^{-1} \frac{4}{3} = 53.1^\circ$$

Soru 3.10:

Şekil 3.20 ye göre,

(a) Basit paralel R-C devrede, $R = 30$ [Ω] ve $X_C = 40$ [Ω]dur. Bu devrenin toplam empedansını.

(b) Basit paralel R-C devrede toplam empedansı $R = 25$ [Ω], $C = 10$ [μF], ve $f = 1$ [kHz] olduğu zaman bulunuz.

Cevap 3.10:

$$(a) X_C = \frac{RX_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} = \frac{30 \times 40}{\sqrt{30^2 + 40^2}} = \frac{30 \times 40}{50} = \frac{120}{5} = 24 \text{ } [\Omega]$$

(b) Adım 1: Kondansatörün kapasitesi,

$$X_C = 1 / (2\pi fC) = \frac{1}{2\pi \times 10^3 \times 10 \times 10^{-6}} = \frac{1}{2\pi} \times 10^2 \cong 15.9 [\Omega]$$

Adım 2: Empedansı hesaplanması,

$$Z = \frac{RX_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} = \frac{25 \times 15.9}{\sqrt{25^2 + 15.9^2}} = 13,4 \text{ } [\Omega]$$

Soru 3.11:

Şekil 3.20 ye göre paralel R-C devrede $I_R = 0.6 \text{ A}$ ve $I_C = 0.8 \text{ A}$. dir. Toplam faz açısını bulunuz?

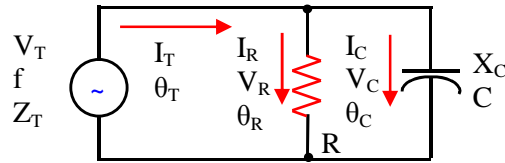
Cevap 3.11:

$$\theta = \tan^{-1}(I_C / I_R) = \tan^{-1}(0.8/0.6) = 53.1^\circ$$

Soru 3.12:

Şekile göre devre analizini tamamlayınız:

$V_T = 220 \text{ [V]}$, $f = 1 \text{ [kHz]}$, $R = 300 \text{ } [\Omega]$, $C = 0.3 \text{ } [\mu\text{F}]$.



Şekil 3.24: Soru 3.12 örnek devresi

Cevap 3.12:

Adım 1. X_C nin değeri hesaplanır:

$$X_C = 1/(2\pi fC) = \frac{1}{2\pi \times 1 \times 10^3 \times 0.3 \times 10^{-6}} = 530 \text{ } [\Omega]$$

Adım 2. Paralel devre olduğu için R ve L üzerinde düşen gerilimler:

$$V_R = V_C = V_T = 220 \text{ [V]}$$

Adım 3. R ve L den geçen akımlar ohm kanunu ile hesaplanır:

$$I_R = V_T / R = \frac{220}{300} \cong 0.73 \text{ [A]}$$

$$I_C = V_T / X_C = \frac{220}{530} \cong 0.42 \text{ [A]}$$

Adım 4. Toplam akım hesaplanır:

$$I = \sqrt{I_R^2 + I_C^2} = \sqrt{0.73^2 + 0.42^2} \cong 0.84 \text{ [A]}$$

Adım 5. Toplam empedans ohm kanunu ile bulunur:

$$Z_T = V_T / I_T = \frac{220}{0.84} \cong 262 \text{ [\Omega]}$$

Adım 6. R ve L için faz açısı faz açısı belirlenir. Paralel devrede bu bileşenlerin faz açıları daima:

$$\theta_R = 0^\circ, \theta_C = 90^\circ \text{ dir}$$

Adım 7. Devre için toplam faz açısı hesaplanır:

$$\theta = \tan^{-1}(I_C / I_R) = \tan^{-1}(0.42 / 0.73) \cong 30^\circ$$

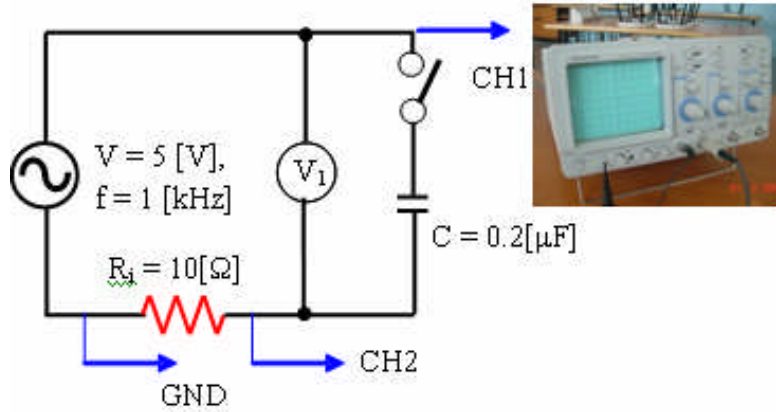
UYGULAMA FAALİYETİ

Deneyin Adı: Kondansatör üzerine düşen gerilimin dalga şeklinin gözlenmesi ve X_C 'nin frekans karakteristiğinin ölçülmesi.

Deneyin Amacı: C geriliminin fazının gözlenmesi, X_C 'nin frekans karakteristiğinin ölçülmesi ve AC devrelerin temel karakterlerinin öğrenilmesi.

Kullanılan Malzeme ve Araç-Gereç

1. Osilatör
2. Dijital Voltmetre
3. Ayarlanabilir Kondansatör
4. Osilaskop



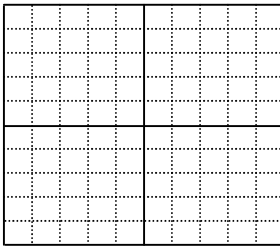
Şekil 3.25: Öğrenme faaliyeti-3 uygulama devresi

Aşağıdaki işlem basamaklarına göre uygulama faaliyetini yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Kondansatör $C=0.2 \mu\text{F}$ olacak şekilde devreyi kurunuz.	➤ Öğretmeninize devrenizi kontrol ettiriniz.
➤ Osilatör frekansı $f = 1 \text{ kHz}$ ve çıkış gerilimi $V = 5 \text{ V}$ ayarlayınız.	
➤ Devreye C Kondansatörünü bağlayınız ve kondansatör üzerindeki gerilimin dalga şeklini gözleyiniz.	
➤ Osilatör frekansı $f = 100[\text{Hz}]$ ve çıkış gerilimini $V = 5[\text{V}]$ a ayarlayınız.	
➤ (V_i) gerilimini ölçün ve sonuç tablosuna yazınız.	
➤ Akımı hesaplayın $i = V_i/10$,	
➤ Osilatör frekansını değiştirin; 200, 400, 600, 800, 1000[Hz] ve 4.-5. basamakta verilen işlemleri her frekans değeri için uygulayınız.	
➤ Grafiği çiziniz.	➤ Aşağıda verilen çizimleri kullanınız.

Deneyin Sonucu

C Kondansatörü üzerine düşen gerilimin dalga şeklinin gözlenmesi



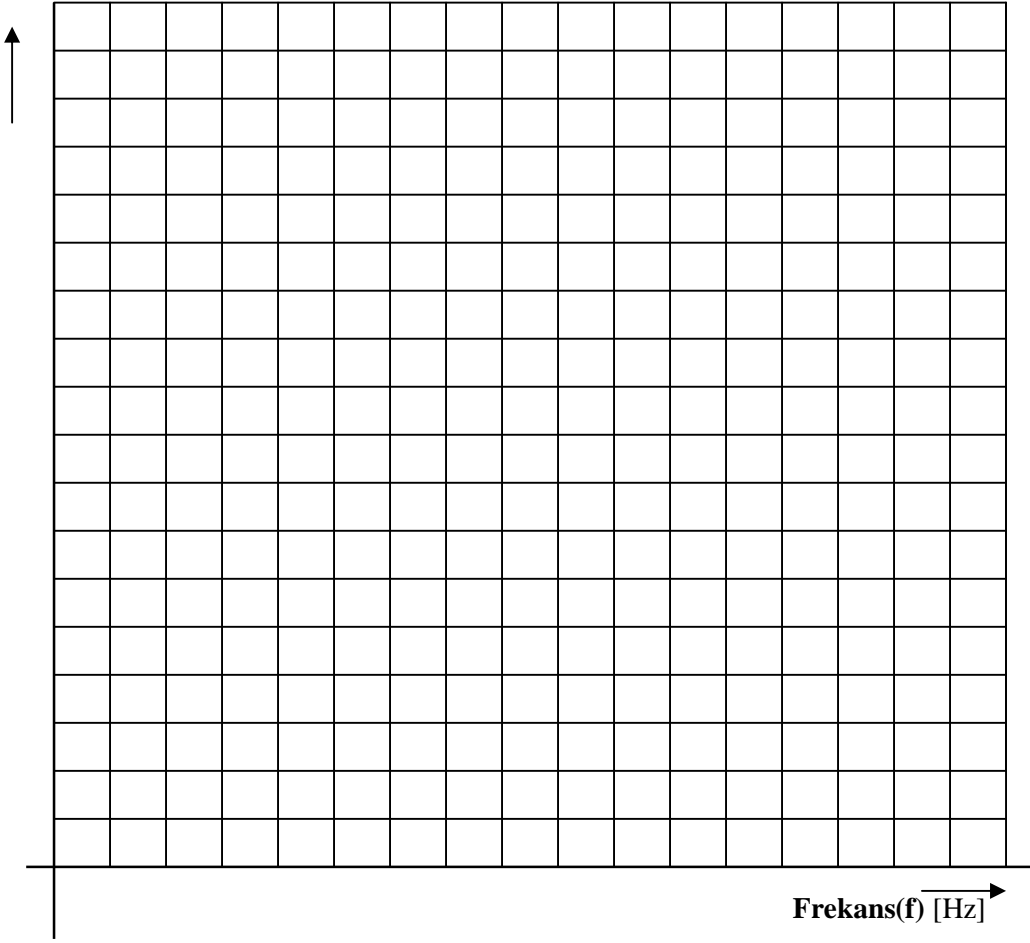
Frekans $f = (\quad) [\quad]$
 Reaktans $X_C = (\quad) [\quad]$
 Probe = (\quad) : (\quad)
 CH1 = (\quad) [\quad /DIV]
 CH2 = (\quad) [\quad /DIV]

Kapastif Reaktans X_C 'nin frekans karakteristiği

f[Hz]	V [V]	V_i [V]	$i = \frac{V_i}{10}$ [mA]	$X_C = V_i/i$ [k Ω]

Sonucun Grafiği

Kapasitif Reaktans X_C [k Ω]



Düşünceleriniz

Değerlendirme

ÖĞRENME FAALİYETİ-4

AMAÇ

Rezonanslı devrelerde hatasız olarak akım ve gerilim ölçebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

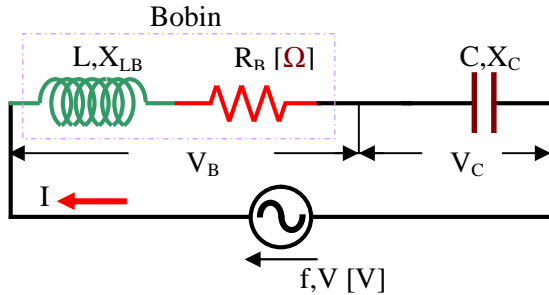
➤ Rezonans ve rezonansın oluşma koşulları ile ilgili araştırma yapınız.

4. RL-C DEVRELER VE REZONANS

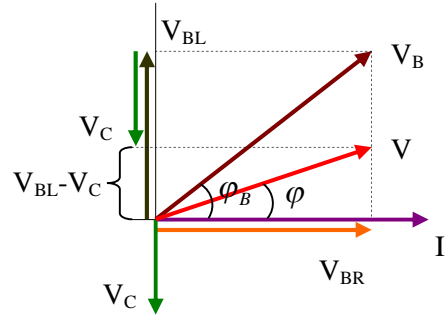
Bir bobin ile bir kondansatörün birbirlerine seri ya da paralel bağlandığı devrelerdir. Bu devreleri seri ve paralel olarak ayrı ayrı açıklayacağız.

4.1. Seri RL-C Devre

Şekil 4.1 de bir bobin ve bir kondansatörün seri olarak bağlandığı bir devre görülmektedir.



Şekil 4.1: RL-C seri devre



Şekil 4.2: RL-C seri devre vektör diyagramı

Şekil 4.1 deki devrede bobin ve kondansatörden geçen akım aynı akımdır. Bu nedenle Şekil 4.2 deki vektör diyagramı çizilirken akım referans olarak alınmalıdır. V_B gerilimi bobinde düşen gerilim olup akımdan bir φ_B açısı kadar ileri fazlıdır. Kondansatörün kapasitif reaktansında düşen gerilim V_C , akımdan 90° geri fazlıdır.

Bobin uzunluğuna, kesitine ve cinsine bağlı olarak değişen bir dirence sahip olduğunu biliyoruz. Aynı zamanda indüktansına bağlı olarak değişen indüktif reaktansa da sahiptir. V_B bobin geriliminin iki bileşeni vardır. Birincisi V_{BR} olarak isimlendirilen bobinin direncinde düşen gerilim, diğeri de V_{BL} olarak isimlendirilen bobinin indüktif reaktansında düşen gerilimdir.

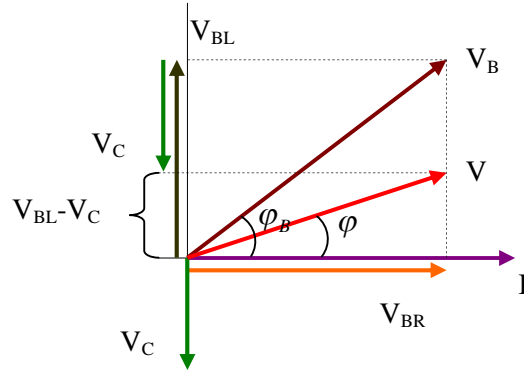
V_B bobin gerilimi ile V_C kondansatör gerilimlerinin vektörel toplamı V kaynak gerilimini verir. Burada V_B gerilimini bileşenlerine ayırıp aktif ve reaktif bileşenleri kendi aralarında toplayıp bileşke vektör bulunmalıdır. Ancak seri RL-C devrelerinde iki durum söz konusudur. Bunlar

- $X_L > X_C$
- $X_L < X_C$

Bu iki durumu ayrı ayrı incelemek yerinde olacaktır. X_L ile X_C reaktansları birbirine göre 180° faz farklıdır. X_L ya da X_C nin büyük olması elde edilecek formülleri değiştirecektir.

4.1.1. Endüktif Reaktansın Kapasitif Reaktanstan Büyük Olması ($X_L > X_C$)

Endüktif reaktansın değeri, kapasitif reaktanstan büyük olunca devre endüktif özellik gösterir. Yani akım gerilimden geridedir. Bu durumda devrenin vektör diyagramı şekil 4.3 deki gibi olacaktır.



Şekil 4.3: $X_L > X_C$ için gerilim vektör diyagramı

Şekil 4.3 deki vektör diyagramında kaynak gerilimi V ,

$$\vec{V} = \vec{V}_B + \vec{V}_C$$

yazılır. Bu vektörel toplamın açılımı,

$$V^2 = V_{BR}^2 + (V_{BL} - V_C)^2$$

$$V = \sqrt{V_{BR}^2 + (V_{BL} - V_C)^2}$$

bulunur. Bobinin güç katsayısı formülünden V_{BR} gerilimi,

$$\cos\varphi_B = \frac{V_{BR}}{V_B} \Rightarrow V_{BR} = V_B \cdot \cos\varphi_B$$

bulunur. $\sin\varphi_B$ nin değerinden V_{BL} gerilimi,

$$\sin\varphi_B = \frac{V_{BL}}{V_B} \Rightarrow V_{BL} = V_B \cdot \sin\varphi_B$$

bulunur. Bobin empedası,

$$Z_B = \sqrt{R_B^2 + X_{LB}^2}$$

dir. Kaynak gerilimi,

$$V = \sqrt{(V_B \cdot \cos\varphi_B)^2 + (V_B \cdot \sin\varphi_B - V_C)^2}$$

yazılır. Reaktans ve direnç gerilimleri,

$$\begin{aligned} V_{BR} &= I \cdot R_B, & V_{BL} &= I \cdot X_{LB}, \\ V_C &= I \cdot X_C \end{aligned} \quad \text{formülleri}$$

yazılabilir. Aynı zaman da kaynak gerilimi akımla empedansın çarpımına eşittir.

$V = I \cdot Z$ gerilim düşümlerini Aşağıdaki kaynak gerilimi formülünde yerine koyarsak,

$$V^2 = V_{BR}^2 + (V_{BL} - V_C)^2$$

$$(I \cdot Z)^2 = (I \cdot R_B)^2 + (I \cdot X_{LB} - I \cdot X_C)^2$$

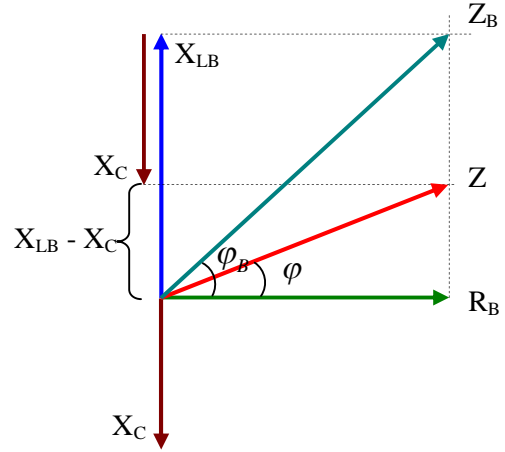
eşitliğin her iki tarafında I^2 ortka parantez içersine alınır ve birbirlerini yok eder.

$$I^2 \cdot Z^2 = I^2 \cdot (R_B^2 + (X_{LB} - X_C)^2)$$

$$Z^2 = R_B^2 + (X_{LB} - X_C)^2$$

$$Z = \sqrt{R_B^2 + (X_{LB} - X_C)^2}$$

Formülü ile empedans bulunur.



Şekil 4.4: $X_L > X_C$ direnç vektör diyagramı

Devrenin güç katsayısı,

$$\cos \varphi = \frac{R_B}{Z} = \frac{Z_B \cdot \cos \varphi_B}{Z} = \frac{V_B \cdot \cos \varphi_B}{V}$$

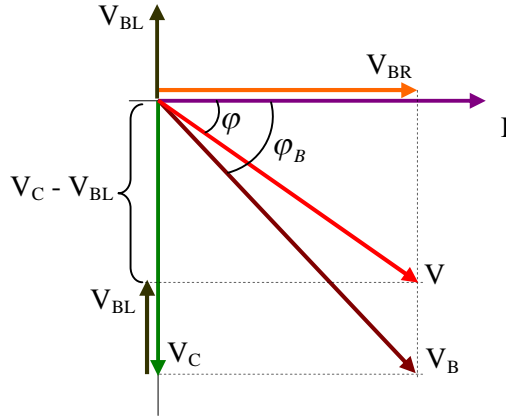
formülleri ile bulunabilir. Akımla gerilim arasındaki açının tanjantı,

$$\tan \varphi = \frac{V_{BL} - V_C}{V_{BR}} = \frac{V_B \cdot \cos \varphi_B - V_C}{V_B \cdot \sin \varphi_B} \text{ veya}$$

$$\tan \varphi = \frac{X_{LB} - X_C}{R_B} \quad \varphi = \tan^{-1} \frac{V_B \cdot \cos \varphi_B - V_C}{V_B \cdot \sin \varphi_B} = \tan^{-1} \frac{X_{LB} - X_C}{R_B}$$

4.1.2. Kapasitif Reaktansın Endüktif Reaktanstan Büyük Olması ($X_C > X_L$)

Kapasitif reaktansın değeri endüktif reaktansın değerinden büyük olunca devre kapasitif özellik gösterir. Bu durumda akım gerilimden ileridedir. Bu durumda devrenin vektör diyagramı Şekil 4.5'deki gibi olacaktır.



Şekil 4.5: $X_C > X_L$ için gerilim vektör diyagramı

Burada kaynak gerilimi,

$$V = \sqrt{(V_B \cdot \cos \varphi_B)^2 + (V_C - V_B \cdot \sin \varphi_B)^2}$$

formülü ile bulunur. Devrenin toplam empedansı,

$$Z = \sqrt{R_B^2 + (X_C - X_{LB})^2}$$

dir. Devre akımı ile gerilimi arasındaki açı,

$$\cos\varphi = \frac{V_{BR}}{V} = \frac{V_B \cdot \cos\varphi_B}{V}$$

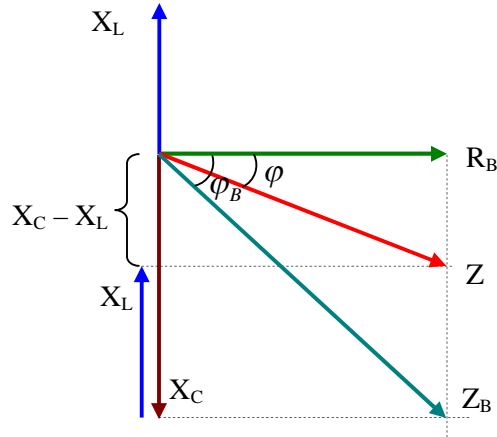
dir. Akımla gerilim arasındaki açının tanjant değeri ise,

$$\tan\varphi = \frac{V_C - V_B \cdot \sin\varphi_B}{V_B \cdot \cos\varphi_B}$$

formülü ile bulunur.

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{V_C - V_B \cdot \sin\varphi_B}{V_B \cdot \cos\varphi_B}$$

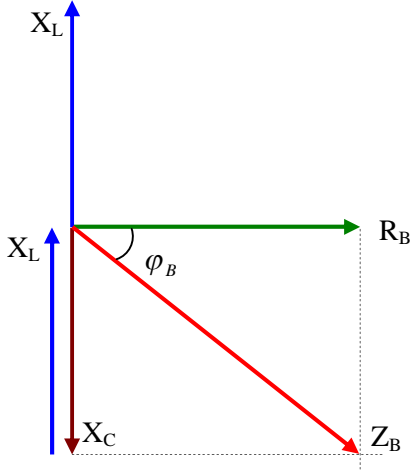
akımla gerilim arasındaki açının değeri bulunur.



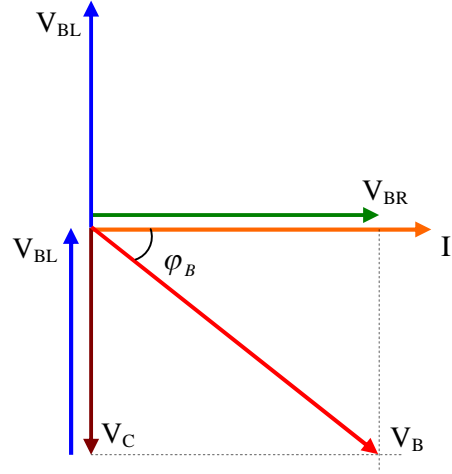
Şekil 4.6: $X_C > X_L$ direnç vektör diyagramı

4.1.3 Endüktif Reaktansın Kapasitif Reaktansa Eşit Olması ($X_L = X_C$)

Endüktif reaktansın kapasitif reaktansa eşit olması halinde, devre ne kapasitif ne de endüktif özellik gösterir. Devre sadece direnci olan bir devre özelliği gösterir. Devrenin vektör diyagramı Şekil 4.7'deki gibi çizilir.



Şekil 4.7: $X_C = X_L$ direnç vektör diyagramı



Şekil 4.8: $X_C = X_L$ gerilim vektör diyagramı

Şekil 4.7 ve Şekil 4.8' deki vektör diyagramlarında görüldüğü gibi ,

$X_L = X_C$ ve $V_L = V_C$ dir.

Böylece $V = V_R$ olur.

Dolayısı ile $Z = R$ dir.

Soru 4.1:

Direnci $15[\Omega]$ ve endüktif reaktansı $0,2[H]$ olan bir bobinle kapasitesi $300[\mu F]$ olan bir kondansatöre seri olarak bağlanmışlardır. Devrenin uçlarına $220[V]$ $50[Hz]$ lik bir gerilim uygulandığında,

- Devrenin empedansını,
- Devre akımını,
- Bobin uçlarındaki gerilimi,
- Kondansatör uçlarındaki gerilimi bulunuz.
- Devrenin vektör diyagramını çiziniz.

Cevap 4.1:

- Bobin endüktansı $L = 0,2[H]$ olan bobinin endüktif reaktansı,

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,2$$

$$X_L = 62,8[\Omega]$$

ve kapasitesi $C = 300[\mu\text{F}]$ olan kondansatörün kapasitif reaktansı,

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{10^6}{2.3,14.50.300}$$

$$X_C = 10,61[\Omega]$$

olur. Bulunan değerlerden devrenin empedansı,

$$Z = \sqrt{R_B^2 + (X_{LB} - X_C)^2}$$

$$Z = \sqrt{15^2 + (62,8 - 10,61)^2}$$

$$Z = \sqrt{15^2 + 52,19^2}$$

$$Z = 54,3[\Omega]$$

b) Devre akımı,

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{220}{54,3}$$

$$I = 4,05[\text{A}]$$

dir. Akımla gerilim arasındaki açı,

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{X_{LB} - X_C}{R_B}$$

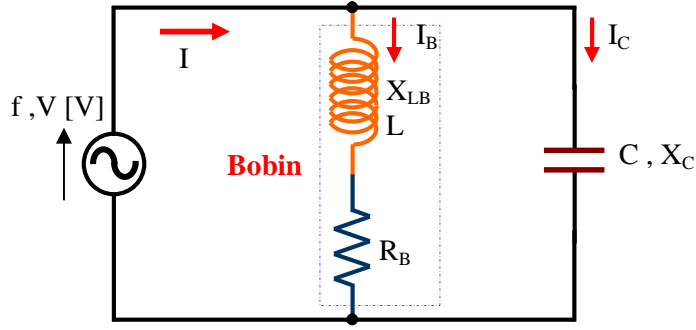
$$\varphi = \tan^{-1} \frac{62,8 - 10,61}{15}$$

$$\varphi = 73,96^\circ$$

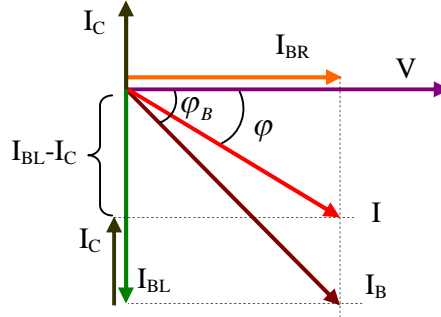
olarak bulunur.

4.2. Paralel RL-C Devre

Bir bobin ve bir kondansatörün paralel bağlanması ile oluşturulan devre Şekil 4.9'da görülmektedir. Bu devrenin vektör diyagramı da Şekil 4.10 da verilmiştir.



Şekil 4.9: Paralel RL-C devresi



Şekil 4.10: RL-C paralel devre vektör diyagramı

Bu devreye bir V gerilimi uygulandığında bobinden geçen akım (I_B), gerilimden φ_B açısı kadar geri fazlıdır. Bu φ_B açısının değeri bobinin iç direncine ve endüktansına bağlı olarak değişir. Kondansatörden geçen akım (I_C) ise gerilimden 90° ileri fazlıdır. Kondansatör akımı (I_C) ile bobin akımı (I_B) nin vektörel toplamı, ana koldan geçen (I) akımını verir. (I) akımını vektörel olarak bulurken, (I_B) akımının bileşenlerini kullanarak sonuca ulaşmak daha uygun olacaktır. Şekil 4.10'da görüldüğü gibi, (I_B) akımının iki bileşeni vardır. Birincisi x eksenini doğrultusunda ya da gerilimle aynı fazda olan bileşeni (I_{BR}) ve y eksenini doğrultusunda ya da gerilimden 90° geri fazda olan bileşeni (I_{BL}) dir. Şekil 5.10 daki vektör diyagramında, (I_{BL}) akımı ile (I_C) akımı aynı fazda fakat yönleri farklı olduğu için büyük, küçük olandan çıkarılarak y eksenini doğrultusunda tek bir vektör elde edilir. x eksenini doğrultusunda yine birden fazla vektör var ise yönlerine bakılarak çıkarma veya toplama işlemi yapılarak tek bir vektör elde edilir. İşte bu x eksenindeki vektör ile y eksenindeki vektörlerin bileşkesi bize toplam (I) akımının vektörünü verir. RL-C seri devresi gibi bu devrede de üç ayrı durumla karşılaşılır.

4.2.1. Endüktif Reaktansın Kapasitif Reaktanstan Büyük Olması ($X_L > X_C$)

Endüktif reaktansın, kapasitif reaktanstan büyük olması durumunda, devre kapasitif özellik gösterir. Dolayısı ile akım gerilimden ileri fazlıdır. Bu duruma ait vektör diyagramı şekil 4.11 da verilmiştir.

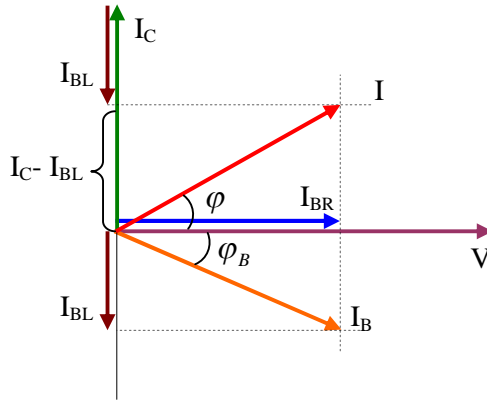
Şekil 4.11'deki vektör diyagramında I_B akımının x eksenindeki bileşeni,

$$\cos\varphi_B = \frac{I_{BR}}{I_B} \Rightarrow I_{BR} = I_B \cdot \cos\varphi_B$$

bulunur.

I_B akımının y eksenindeki bileşeni ise,

$$\sin\varphi_B = \frac{I_{BL}}{I_B} \Rightarrow I_{BL} = I_B \cdot \sin\varphi_B$$



Şekil 4.11: $X_L > X_C$ için akım vektör diyagramı

formülü ile bulunur. Ana koldan geçen I akımının değeri ise,

$$I = I_B + I_C$$

$$I^2 = I_{BR}^2 + (I_C - I_{BL})^2$$

$$I^2 = (I_B \cdot \cos\varphi_B)^2 + (I_C - (I_B \cdot \sin\varphi_B))^2$$

$$I = \sqrt{(I_B \cdot \cos\varphi_B)^2 + (I_C - (I_B \cdot \sin\varphi_B))^2}$$

olarak bulunur.Devrenin güç katsayısı,

$$\cos\varphi = \frac{I_{BR}}{I} = \frac{I_B \cdot \cos\varphi_B}{I}$$

dır. Akımla gerilim arasındaki φ açısının tanjantı da,

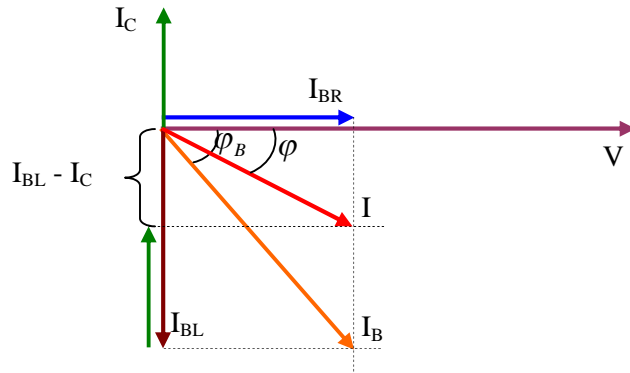
$$\tan\varphi = \frac{I_C - I_{BL}}{I_{BR}}$$

$$\tan\varphi = \frac{I_C - I_B \cdot \sin\varphi_B}{I_B \cdot \cos\varphi_B} \text{ dir. } \varphi \text{ açısının değeri,}$$

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{I_C - I_B \cdot \sin\varphi_B}{I_B \cdot \cos\varphi_B} \text{ formülü ile bulunur.}$$

4.2.2. Kapasitif Reaktansın Endüktif Reaktanstan Büyük Olması ($X_C > X_L$)

Şekil 4.12 deki vektör diyagramında $X_C > X_L$ olduğu zaman devre kapasitif özellik gösterir. Kondansatör akımı (I_C), bobin akımı (I_B) den daha küçük bir değere sahiptir. Bobin akımının iki bileşeni olduğunu söylemiştik. Bobin akımının, y eksenini üzerindeki bileşeni(reaktif bileşeni(I_{BL}), kondansatör akımı(I_C) den daha büyüktür. Dolayısı ile aynı eksen üzerinde bulunan bobin akımını reaktif bileşeni(I_{BL}) ile kondansatör akımı(I_C) den çıkarılarak y eksenini üzerinde tek vektör elde edilir. X eksenini üzerinde de birden fazla vektör var ise tek vektör haline getirilir. Böylece x ve y eksenini üzerindeki vektörlerin bileşkesi ana koldan geçen akımın vektörünü verecektir.



Şekil 4.12: $X_C > X_L$ için akım vektör diyagramı

Devre akımı bulabilmek için,

$$\vec{I} = \vec{I}_B + \vec{I}_C$$

$$I^2 = I_{BR}^2 + (I_{BL} - I_C)^2$$

$$I^2 = (I_B \cdot \cos\varphi_B)^2 + ((I_B \cdot \sin\varphi_B) - I_C)^2$$

$$I = \sqrt{(I_B \cdot \cos\varphi_B)^2 + ((I_B \cdot \sin\varphi_B) - I_C)^2}$$

formülü kullanılır.Devrenin güç katsayısı,

$$\cos\varphi = \frac{I_{BR}}{I} = \frac{I_B \cdot \cos\varphi_B}{I}$$

dır.Akım ile gerilim arasındaki φ açısının tanjantı da,

$$\tan\varphi = \frac{I_{BR}}{I_{BL} - I_C}$$

$$\tan\varphi = \frac{I_B \cdot \cos\varphi_B}{I_B \cdot \sin\varphi_B - I_C} \text{ dir. } \varphi \text{ açısının değeri,}$$

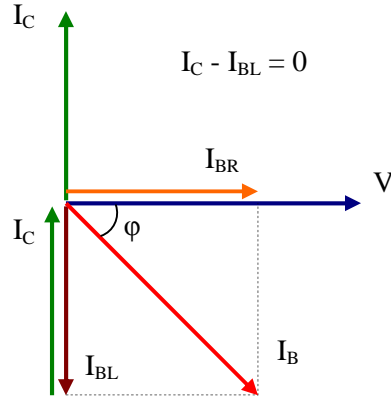
$$\varphi = \tan^{-1} \frac{I_B \cdot \cos\varphi_B}{I_B \cdot \sin\varphi_B - I_C} \text{ formülü ile bulunur.}$$

4.2.3. Endüktif Reaktansın Kapasitif Reaktansa Eşit Olması ($X_L = X_C$)

Bobinin endüktif reaktansı ile kondansatörün kapasitif reaktanslarının eşit olması durumunda devre, ne kapasitif ne de endüktif özellik gösterir. Böyle bir devre omik özellik gösterir. Böyle bir devrenin vektör diyagramı şekil 4.13 de gösterilmiştir.

Şekil 4.13 deki vektör diyagramında $X_L = X_C$ olduğu zaman $I_C = I_B$ değildir. Sadece bobin akımının reaktif bileşeni $I_{BL} = I_C$ dir.Bu durumda,

$$I = I_{BR} = I_B \cdot \cos\varphi_B \text{ dir.}$$



Şekil 4.13: $X_L = X_C$ için akım vektör diyagramı

Soru 4.2:

Soru 4.1 deki değerlere sahip bir bobin ile bir kondansatör, aynı değerlerdeki gerilim kaynağına paralel bağlandığında

- Kol akımlarını,
- Bobinin güç katsayısını,
- Devrenin empedansını,
- Devrenin güç katsayısını bulunuz.

Cevap 4.2:

Bobinin indüktif reaktansı,

$$X_{LB} = 2\pi \cdot f \cdot L = 2.3,14.50.0,2 \quad X_{LB} = 62,8[\Omega]$$

dur.Bobinin empedansı ise,

$$Z_B = \sqrt{R_B^2 + X_{LB}^2} \quad Z_B = \sqrt{15^2 + 62,8^2} \quad Z_B = 64,56[\Omega]$$

bulunur.Kondansatörün empedansı,

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} \quad X_C = \frac{1}{2.3,14.50.300.10^{-6}} \quad X_C = \frac{10^6}{314.300}$$

$$X_C = 10,61[\Omega]$$

bulunur. $X_{LB} > X_C$ olduğu görülmektedir. Kol akımları ise,

$$I_B = \frac{V}{Z_B} \quad I_B = \frac{220}{64,56} \quad I_B = 3,4[A]$$

$$I_C = \frac{V}{X_C} \quad I_C = \frac{220}{10,61} \quad I_C = 20,73[A]$$

Bobinin güç katsayısı,

$$\cos\varphi_B = \frac{R_B}{Z_B} \quad \cos\varphi_B = \frac{15}{64,56}$$

$$\cos\varphi_B = 0,23 \Rightarrow \varphi_B = 76,56^\circ \Rightarrow \sin\varphi = 0,972$$

bulunur. Ana koldan geçen akım ise,

$$I = \sqrt{(I_B \cdot \cos\varphi_B)^2 + (I_C - (I_B \cdot \sin\varphi_B))^2}$$
$$I = \sqrt{(3,4 \cdot 0,23)^2 + (20,73 - 3,4 \cdot 0,972)^2}$$

$$I = \sqrt{0,782^2 + (20,73 - 3,3048)^2} \quad I = 17,44[A]$$

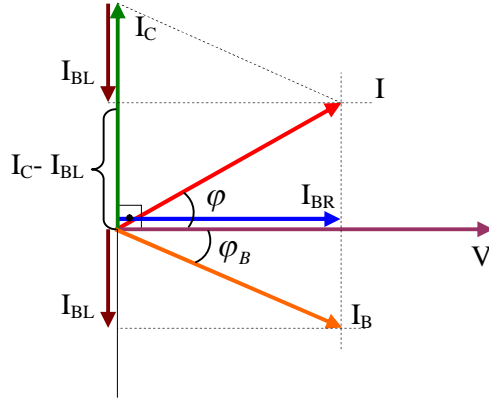
olarak buluruz. Devrenin empedansı da,

$$Z = \frac{V}{I} \quad Z = \frac{220}{17,44} \quad Z = 12,61[\Omega]$$

dur. Devrenin güç katsayısı ise,

$$\cos\varphi = \frac{I_B \cdot \cos\varphi_B}{I} \quad \cos\varphi = \frac{3,4 \cdot 0,23}{17,44} \quad \cos\varphi = 0,044 \Rightarrow \varphi = 87,43^\circ$$

dir. Ana koldan geçen akımı aynı zamanda şu şekilde de bulabiliriz.



Şekil 4.14: $X_L > X_C$ durumu

Kosinüs teoreminden I_C akımı ile I_B akımının vektörel bileşkesi olan I akımı,

$$I^2 = I_C^2 + I_B^2 + 2.I_C.I_B.Cos(90 + \varphi_B)$$

$$I^2 = I_C^2 + I_B^2 + 2.I_C.I_B.Cos(90 + \varphi_B)$$

$$I = \sqrt{20,73^2 + 3,4^2 + 2.20,73.3,4.Cos(90^\circ + 76,56^\circ)}$$

$$I = \sqrt{429,7329 + 11,56 + 140,964.(-0,972)} \quad I = 17,44[A]$$

olarak bulunur.

4.3. Rezonans

Herhangi bir sistemde rezonans olabilmesi için iki çeşit enerji depo edebilen elemanın mevcut olması gerekir. Örneğin mekanik bir sistemde kütle ile yayın, bir elektrik devresinde ise L ve C bulunması lazımdır. Eğer bir sistemde bir tane enerji depo edebilen eleman varsa, bu sistemde rezonansdan bahsedemeyiz. Örneğin, RL seri veya RL-R paralel devrelerde rezonans söz edilemez.

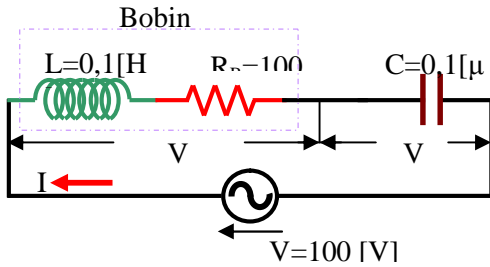
L ve C li bir elektrik devresinde uygulanan gerilim ile geçen akım aynı fazda ise, bu devre rezonans halindedir denir.

4.3.1. Seri Rezonans

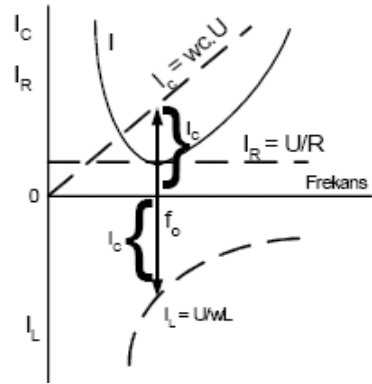
4.3.1.1. Frekans Değişiminin RLC Seri Devreye Etkisi

Şekil 4.15 deki RLC seri devreye uygulanan kaynağın geriliminin sabit kaldığı, frekansının değiştiğini kabul edelim. R direnci frekansla değişmez, sabit kalır. Endüktif reaktans $X_L = 2\pi fL$, frekansla doğru orantılı olarak değişir. $f = 0$ iken $X_L = 0$, $f = \infty$ olduğunda $X_L = \infty$ olur. Kapasitif reaktans $X_C = 1/2\pi fC$, frekansla ters orantılıdır, $f = \infty$ olduğunda $X_C = 0$ ve $f = 0$, iken $X_C = \infty$ olur.

Şekil 4.16 de RLC devresindeki R, X_L ve X_C nin frekansla değişim eğrileri gösterilmiştir. Devrenin empedansı $Z = \sqrt{R^2 + (X_{LB} - X_C)^2}$ hesaplanarak değişim eğrisi çizilmiştir.



Şekil 4.15: Seri RL-C devresi



Şekil 4.16: X_C ve X_L frekans ile nasıl değişir

4.3.1.2. RLC Seri Devresinin Rezonanstaki Özellikleri

- Endüktif reaktans, kapasitif reaktansa eşittir. $X_L = X_C$
- Empedans minimumdur ve devrenin direncine eşittir. $Z = R$
- Devreden geçen akım maksimumdur. $I = V/Z = V/R$
- Devre akımı gerilimle aynı fazdadır. $\varphi = 0$
- Kaynak gerilimi R direncinde düşen gerilime eşittir. $V_R = V$, kondansatörün uçlarındaki gerilim bobinin uçlarındaki gerilime eşittir. $V_C = V_L$, $X_L = X_C$ durumunun sağladığı f_0 rezonans frekansını hesaplayalım.

$$X_L = X_C$$

$$2\pi \cdot f_0 \cdot L = \frac{1}{2\pi \cdot f_0 \cdot C}$$

$$4\pi^2 \cdot f_0^2 \cdot L \cdot C = 1$$

$$f_0^2 = \frac{1}{4\pi^2 \cdot LC} \quad f_0 = \sqrt{\frac{1}{4\pi^2 \cdot LC}} \quad f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{LC}}$$

rezonans formülüdür. Burada,

L :Bobinin indüktansı[H],
 C :Kondansatörün kapasitesi[F]
 f₀ :Rezonans frekansıdır[Hz].

Rezonans frekansı L ve C nin çarpımına bağlıdır. L.C çarpımları aynı değerde olan farklı L ve C değerlerine sahip devrelerin rezonans frekansı aynıdır.

4.3.1.3. Direncin Etkisi

Rezonans frekansını veren formül incelendiğinde direncin frekansı etkilemediği görülür. R direncinin küçük veya büyük olması empedansın minimum değerini değiştirir. Dolayısıyla rezonansta devreden geçen maksimum akımın değerini R direnci tayin eder. Örneğin şekil 4.14'deki devreden rezonansta geçen akım $I_o = V/R_B$, $I_o = 100/100 = 1[A]$ dir. $R_B = 50[\Omega]$ iken aynı devreden rezonansta geçen akım $I_o = 100/50 = 2[A]$ olur.

4.3.1.4 Rezonans Devresinin Kalite Katsayısı (Q)

Seri rezonans devresindeki R direncini azaltmak ve L/C oranını artırmak, devreden geçen akımın frekansla bağlı olarak değişimini veren eğrinin sivrileşmesine sebep olduğunu biliyoruz.

Endüktans ve kapasitansa sahip olan AA devresinde reaktif güç alış verişi bu iki devre elemanında olur. Kaynağın verdiği güç, endüktif güç ile kapasitif güç arasındaki fark kadar olur. Bu da devrenin eşdeğer reaktansında sarf edilen güce eşittir.

Rezonans halinde endüktansın reaktif gücü, kondansatörün reaktif gücüne eşittir. Bu durumda kaynak devrenin direncinde ısı şeklinde kaybolan hakiki gücü (aktif gücü) sağlar.

Seri RLC devresi rezonansta iken, endüktanstaki veya kapasitanstaki reaktif gücün hakiki güce oranına, rezonans devresinin kalite katsayısına veya Q'su denir.

Burada kullandığımız Q harfini, reaktif güç için ve elektrik yükü veya şarjı için kullanılan Q harfleri ile karıştırmamak gerekir. Kalite katsayısından bahsederken “devrenin Q katsayısı” deyimini kullanmak suretiyle öteki Q'lerden ayırt edilmiş olur.

$$Q = \frac{\text{Reaktif Güç}}{\text{Hakiki Güç}}$$

Genellikle seri rezonans devresinde R direnci bobinin direnci olduğundan Q katsayısı için “bobinin Q'su” ifadesini kullanırız.

Reaktif güç $Q = I^2 \cdot X_L$ ve hakiki güç $P = I^2 \cdot R_B$ ifadesini Q formülde yerine koyalım.

$$Q = \frac{I^2 \cdot X_L}{I^2 \cdot R_B} \quad Q = \frac{X_L}{R_B} = \frac{\omega \cdot L}{R_B}$$

$\omega L = 2\pi fL$ ve rezonans frekansı

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{LC}}$$

yi Q de yerine koyarsak,

$$Q = \frac{1}{R_B} \cdot \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Bu formül şu şekilde de yazılabilir,

$$Q = \frac{f_0}{f_2 - f_1}$$

Bu formülde ,

Q :Kalite katsayısı,
f₀ :Rezonans frekansı[Hz],
f₂-f₁ :Band genişliği[Hz]

RLC değerleri cinsinden bulunur. Bir rezonans devresinin Q katsayısı, devrenin R direncine ve L/C oranına bağlı bir katsayı olduğu Q formülü ifadesinden anlaşılır.

R direncinin ve L/C oranının rezonans eğrisi üzerindeki etkisine göre, Q katsayısı büyüdükçe rezonans eğrisinin sivrileceği sonucu çıkarılır. Dolayısıyla, devre bazı frekansları daha iyi seçebilir.

Soru 4.3:

Endüktansı 50 μ H ve direnci 5Q olan bir bobine 200 pf lik bir kondansatör seri bağlanmıştır. Bu seri rezonans devresinin Q sünü bulunuz.

Cevap 4.3:

1. Çözüm: Q formülünden ,

$$Q = \frac{1}{R_B} \cdot \sqrt{\frac{L}{C}} \quad Q = \frac{1}{5} \cdot \sqrt{\frac{50 \cdot 10^{-6}}{200 \cdot 10^{-12}}} \quad Q = \frac{1}{5} \cdot 500 = 100$$

2. **Çözüm:** Devrenin rezonans frekansını bulduktan sonra $Q=X_L/R_B$ formülü kullanarak da bulunabilir.

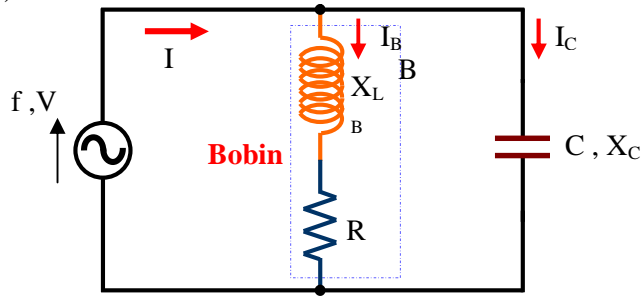
$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{50 \cdot 10^{-6} \cdot 200 \cdot 10^{-12}}} \quad f_0 = 1,59 [MHz]$$

$$X_L = 2\pi \cdot f_0 \cdot L \quad X_L = 2\pi \cdot 1,59 \cdot 10^6 \cdot 50 \cdot 10^{-6} \quad X_L = 500 [\Omega]$$

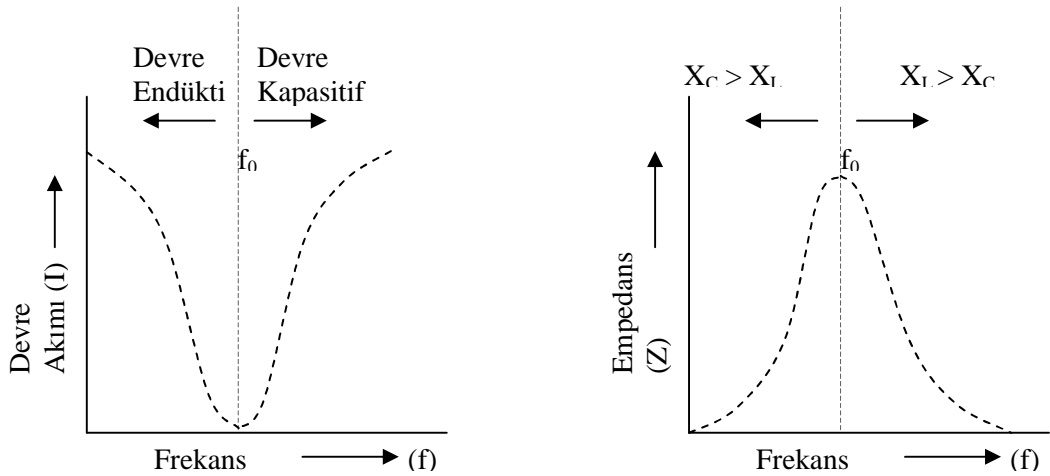
$$Q = \frac{X_L}{R_B} \quad Q = \frac{500}{5} \quad Q = 100$$

4.3.2. Paralel Rezonans

Paralel bağlı devrelerde görülen paralel rezonans durumu, seri bağlı RL-C devrelerindeki seri rezonansa benzerse de paralel rezonans devrelerinin özellikleri farklıdır(Şekil 4.17).



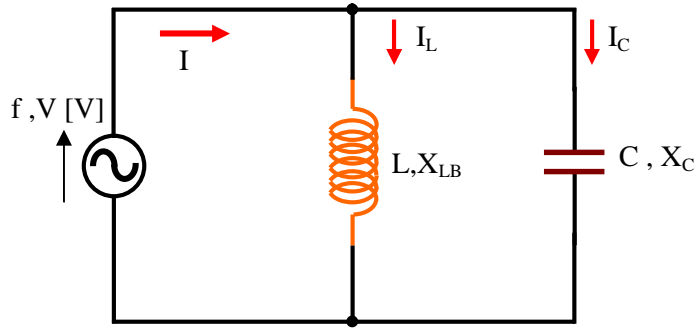
Şekil 4.17: Uygulamadaki paralel RL-C devresi



Şekil 4.18: Paralel rezonans eğrileri

Paralel rezonans devrelerinde, paralel bağlı bobin ile kondansatörden oluşan devrelere çoğu kez “tank devresi” denir. Tank devrelerinde prensip, bobin ile kondansatör arasında yük alış verişidir. Tank devresine bir gerilim uygulandığında kondansatör dolar(şarj olur). Gerilim kesildiği anda ise şarjlı kondansatör bobin üzerinden boşalır(deşarj olur). Bu boşalma akımı etrafında bir manyetik alan oluşturur. Kondansatör azalan bu akımla boşalırken, bobindeki alan da azalır. Bu azalan alan, bobin üzerinde bir indüksiyon akımının oluşmasını sağlar. Bu akım şarj akımının aynı yönündedir ve kondansatör tekrar şarj olur. Daha sonra kondansatör bobin üzerinden boşalırken, bobin etrafında tekrar bir alan oluşur. Bobin etrafındaki alan azalırken, kondansatör tekrar şarj olur.

Bobin ile kondansatör arasındaki enerji alış verişi bir sürkilasyon akımı meydana getirir. Bu akımın şekli sönümlü sinüsseldir. İdeal tank devresinde direnç yoktur. Bununla beraber gerçekte bir miktar direnç bulunduğundan, dirençte harcanan enerjiden dolayı sirkilasyon akımı yavaş yavaş azalır.



Şekil 4.19: İdeal paralel L-C devresi

İdeal rezonans devrelerinde bobinin direnci yok sayılır. Bu nedenle kol akımları birbirine eşittir ve akımlar arasında 180° faz farkı vardır. Akımlar birbirlerini yok ederler. Böylece devre akımı sıfır olur. Devreden hiç akım geçmemesi, devre empedansının sonsuz olduğu anlamına gelir. Devre empedansının sonsuz ve akımın sıfır olması ideal rezonans devreleri için geçerlidir. Uygulamada bir miktar direnç bulunacağından devre akımının sıfır ve empedansının sonsuz olması mümkün değildir. Fakat uygulamadaki paralel rezonans devreleri rezonansta iken, akımın minimum ve empedansın maksimum olmasını isterler. Seri rezonans devreleri rezonansta iken de paralel rezonans devrelerinin zıttına akım maksimum ve empedans minimumdu.

İdeal paralel rezonans devrelerinde, rezonans frekansının altındaki ve üstündeki frekans değerlerinde, reaktanslardan biri (X_L ve X_C) diğerinden daha büyüktür. Bu durumda iki kol akımı eşit olmayıp vektörel toplamları da sıfır değildir. Devre akımının geçtiği devre empedansı da sonsuz değil, belirli bir değer olacaktır.

Uygulamadaki paralel rezonans devreleri, ideal paralel rezonans devrelerinden bir özellikle ayrılırlar. O da uygulamadaki devrelerin ayrıca bir direncinin de bulunmasıdır. Bu direnç bobin, kondansatör ve bağlantı iletkenlerinin dirençleridir. Uygulamada sadece bobinin direnci dikkate alınır ve devrelerde bu direnç bobin reaktansına seri bağlı olarak gösterilir. Uygulamadaki paralel rezonans devreleri, saf bir kondansatör ile paralel bağlı bir RL devresi olarak düşünülmelidir. Genellikle, endüktif reaktans değerlerinin 1/10 unda küçük dirençler ihmal edilir. Böylece uygulamadaki devre, ideal paralel rezonans devresi gibi çözülebilir. Fakat daima X_L ile seri bağlı bir R direncinin olduğu bilinmelidir (Şekil 4.17).

Paralel rezonans devrelerinde R direncinden dolayı, R-L seri devresinde, gerilimle akım arasındaki faz açısı tam 90° değildir. Fakat uygulamada çoğu kez, ideal devrelerdeki gibi, tam 90° olarak alınır. Uygulamada iki kol arasındaki faz açısı da 180° değildir. Bu sebeple X_L , X_C ye eşit olamayacağı gibi kol akımlarının rezonans anındaki vektörel toplamı da sıfır olmayacaktır. Bu durum ise rezonans anında bir devre akımının olacağını ve bir devre akımının olması da uygulamalardaki devrelerde empedansın sonsuz olmadığını gösterir. O halde uygulamadaki paralel rezonans devreleri rezonansa iken, ideal devrelerdeki sıfır değerli devre akımı ve sonsuz değerli empedans yerine minimum devre akım ve maksimum empedans elde edilir.

Uygulamadaki paralel rezonans devresinde, uygulanan gerilim ile akım arasında bir faz farkı vardır. Bu durumda saf kondansatörden geçen akım,

$$I_C = \frac{V}{X_C}$$

ve seri RL devresinden geçen akım da,

$$I_{BL} = \frac{V}{\sqrt{R_B^2 + X_{LB}^2}}$$

formülleri ile bulunur.

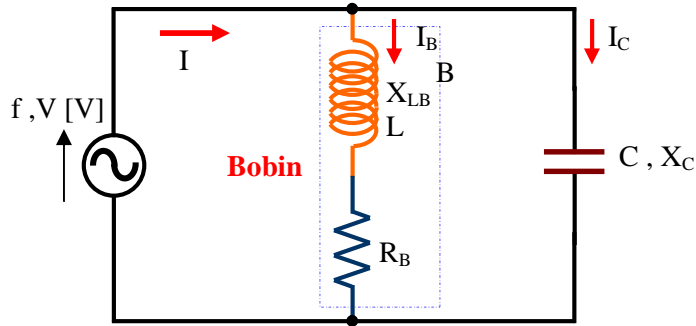
Paralel rezonans devrelerinde devre akımı, kol akımlarının vektörel toplamına eşit idi. Fakat uygulamada kol akımları arasındaki açı, 180° den küçük, 90° den büyük olduğundan Pisagor bağıntısı ile hesaplama veya aritmetik toplama yapılmaz. Ancak uygulanan gerilim başlangıç fazı alınarak çizilen vektör diyagramında, kol akımlarının, yatay ve dikey bileşenleri bulunur. Önce, bu bileşenler kendi aralarında yatay ve dikey olarak toplanır, sonra da yatay ve dikey toplamlardan Pisagor bağıntısı ile devre akımı elde edilir.

Paralel rezonans devrelerinde kalite katsayısı (Q), sirkülasyon akımının devre akımına oranına eşittir. Yani,

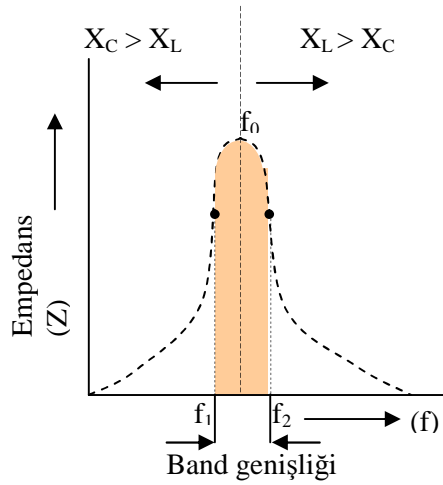
$$Q = \frac{I_S}{I} \qquad Q = \frac{X_{LB}}{R_B}$$

- $I_{LB} < I_C \Rightarrow I_S = I_B$ veya $I_C < I_{BL} \Rightarrow I_S = I_C$
 I_{BL} :Bobin akımının reaktif bileşeni[A]
 I_S :Sirkülasyon akımı[A]
 I_C :Kondansatör akımı[A]
 I_B :Bobin akımı[A]
 R_B :Bobin direnci[Ω]
 X_{LB} :Bobin reaktansı[Ω]

Q değeri, seri rezonans devrelerinde olduğu gibi, paralel rezonans devrelerinde de bazı özellikler gösterir. Gerçekten, bobin direnci, paralel rezonans devresini de seri rezonans devresinde olduğu gibi etkiler. Küçük dirençli devrelerde, devrenin Q su artar ve band genişliği azalır(şekil 4.21). Büyük dirençli devrelerde, devrenin Q su azalır ve band genişliği büyür.



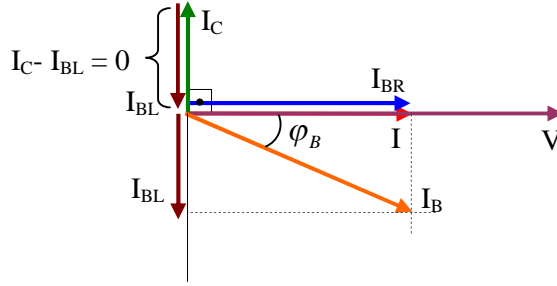
Şekil 4.20: RL-C devrede rezonans



Şekil 4.21: RL-C devresinin band genişliği

İdeal rezonans frekansını veren formül, seri rezonans frekansını veren formülün aynısıdır.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{LC}}$$



Şekil 4.22: RL-C Devresi vektör diyagramı

Fakat uygulamadaki rezonans devresindeki vektör diyagramına bakacak olursak(Şekil 4.22), devre rezonansta iken $I_C = I_{BL}$ dir. Bobin akımının yatay eksenindeki bileşeni I_{BR} ,

$$I_{BR} = I_B \cdot \cos \varphi_B$$

ve bobin akımının dikey eksenindeki bileşeni I_{BL} ,

$$I_{BL} = I_B \cdot \sin \varphi_B$$

dir. Bobin empedansı Z_B ,

$$Z_B = \sqrt{R_B^2 + X_{LB}^2} \text{ ve } \sin \varphi_B,$$

$$\sin \varphi_B = \frac{X_L}{Z_B} = \frac{X_L}{\sqrt{R_B^2 + X_{LB}^2}}$$

yazılır. Bobinden geçen akım,

$$I_B = \frac{V}{Z_B} \quad I_B = \frac{V}{\sqrt{R_B^2 + X_{LB}^2}}$$

dir. I_B akımının I_{BL} bileşeni,

$$I_{BL} = \frac{V}{\sqrt{R_B^2 + X_{LB}^2}} \cdot \frac{X_{LB}}{\sqrt{R_B^2 + X_{LB}^2}} = V \cdot \frac{X_{LB}}{R_B^2 + X_{LB}^2}$$

bulunur.Kondansatörden geçen akım,

$$I_C = \frac{V}{X_C}$$

dir.Kondansatör akımı ile bobin akımının reaktif bileşeni rezonans anında eşit olacaktır.

$$I_{BL} = I_C \cdot V \cdot \frac{X_{LB}}{R_B^2 + X_{LB}^2} = \frac{V}{X_C} \quad \frac{X_{LB}}{R_B^2 + X_{LB}^2} = \frac{1}{X_C}$$

Rezonans frekansını hesaplırsak,

$$\frac{2\pi \cdot f_0 \cdot L}{R_B^2 + (2\pi \cdot f_0 \cdot L)^2} = \frac{1}{2\pi \cdot f_0 \cdot C} \quad \frac{L}{C} = R_B^2 + 4\pi^2 \cdot f_0^2 \cdot L^2$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{LC}} \cdot \sqrt{1 - \frac{C \cdot R^2}{L}}$$

formülü elde edilir.Band genişliği yine aynı şekilde,

$$f_2 - f_1 = \frac{f_0}{Q}$$

bulunur.

Soru 4.4:

Şekil 4.20 deki devrede kaynak gerilimi 100[V],bobinin direnci $R_B = 50[\Omega]$,bobinin endüktansı $X_{LB} = 200[\Omega]$ ve kondansatörün kapasitif reaktansı $X_C = 200[\Omega]$ dur.

- Kol akımlarını,
- Devre akımını,
- Devrenin faz açısını bulunuz.

Cevap 4.4:

a)

$$I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{100}{200} = 0,5[A]$$

$$Z_B = \sqrt{R_B^2 + X_{LB}^2} = \sqrt{50^2 + 200^2} = 206,15[\Omega]$$

$$I_B = \frac{V}{Z_B} = \frac{100}{206,15} = 0,485[A]$$

b)

$$\cos \varphi_B = \frac{R_B}{Z_B} = \frac{50}{206,15} = 0,24 \Rightarrow \varphi_B = 75,96^\circ \quad \sin \varphi_B = \sin 75,96^\circ = 0,97$$

$$I_{BL} = I_B \cdot \sin \varphi_B = 0,485 \cdot 0,97 = 0,47 [A]$$

$$I_{BR} = I_B \cdot \cos \varphi_B = 0,485 \cdot 0,24 = 0,1164 [A]$$

$$I_{BL} \neq I_C \quad 0,47 \neq 0,5$$

dolayısı ile bir rezonans durumu yoktur. Devre akımı,

$$I = \sqrt{I_{BR}^2 + (I_C - I_{BL})^2} = \sqrt{0,1164^2 + (0,5 - 0,47)^2} = 0,12 [A]$$

$$\tan \varphi = \frac{I_C - I_{BL}}{I_{BR}} = \frac{0,5 - 0,47}{0,1164} = 0,257 \Rightarrow \varphi = 14,45^\circ$$

Soru 4.5:

Şekil 4.20'deki devrenin rezonansa olabilmesi için X_L bobin reaktansı $200[\Omega]$ iken kondansatör reaktansı ne olmalıdır?

Cevap 4.5:

Bobinin empedansı,

$$Z_B = \sqrt{R_B^2 + X_{LB}^2} = \sqrt{50^2 + 200^2} = 206,15 [\Omega]$$

bobin akımı,

$$I_B = \frac{V}{Z_B} = \frac{100}{206,15} = 0,485 [A]$$

dir. $\sin \varphi_B$ nin değeri,

$$\sin \varphi_B = \frac{X_{LB}}{Z_B} = \frac{200}{206,15} = 0,97$$

bulunur. Bobin akımının reaktif bileşeni,

$$I_{BL} = I_B \cdot \sin \varphi_B = 0,485 \cdot 0,97 = 0,47 [A]$$

dir. Bobin akımının reaktif bileşeni ile kondansatör akımları eşit olduğu zaman rezonans oluşacaktır. Dolayısı ile,

$$I_{BL} = I_C = 0,47 [A] \text{ dir.}$$

Kondansatörün kapasitif reaktansı,

$$X_C = \frac{V}{I_C} = \frac{100}{0,47} = 212,76 [\Omega] \text{ olarak bulunur.}$$

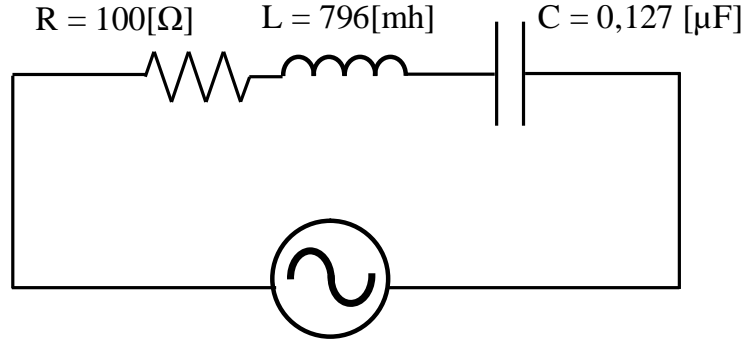
UYGULAMA FAALİYETİ

Deneyin Adı: Seri rezonans deneyi

Deneyin Amacı: RLC seri devresi kurarak rezonans durumunun incelenmesi ve frekans-empedans değişim eğrisinin çizilmesi

Kullanılan Malzeme ve Araç-Gereç

1. Osilatör
2. Dijital Voltmetre
3. Ayarlanabilir Kondansatör
4. Ayarlanabilir Bobin
5. Ayarlanabilir Direnç
6. Osilaskop



$$V = 2 \text{ [V]} \quad f = 100 - 1000 \text{ [Hz]}$$

Şekil 4.23: Öğrenme faaliyeti-4 uygulama devresi

Aşağıdaki işlem basamaklarına göre uygulama faaliyetini yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<p>➤ Devre 500 Hz’de rezonansa gelecek şekilde devre elemanlarının değerlerini belirleyiniz.</p>	<p>➤ Öğretmeninize devrenizi kontrol ettiriniz.</p>
<p>➤ Osilatör frekansını $f = 100 \text{ Hz}$ ve çıkış gerilimini $V = 2 \text{ V}$ olarak ayarlayınız.</p>	
<p>➤ V_R, V_L, V_C, V_X gerilimlerini dijital voltmetre kullanarak ölçünüz.</p>	<p>➤ Her ölçüm öncesinde dijital voltmetrenin ölçme kademesinin uygunluğunu kontrol ediniz.</p>
<p>➤ Osilatör frekansını değiştiriniz. $f = 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000 \text{ Hz}$ değerlerinin her biri için V_R, V_L, V_C, V_X değerlerini ölçerek kaydediniz.</p>	<p>➤ Aşağıda verilen çizimleri kullanınız.</p>

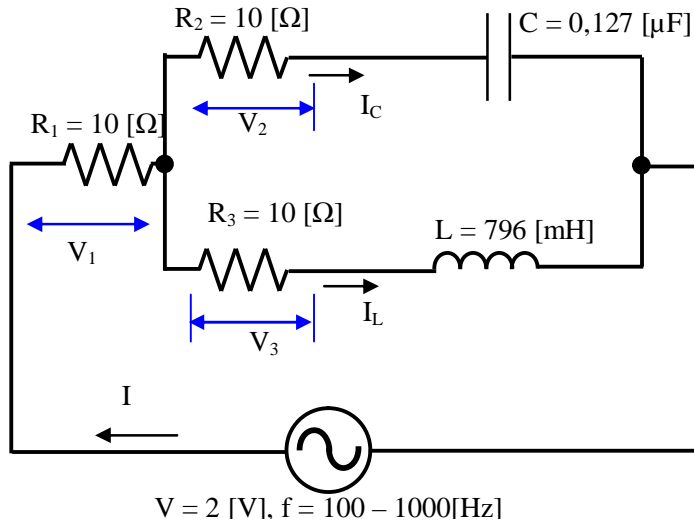
UYGULAMA FAALİYETİ

Deneyin Adı: Paralel rezonans deneyi

Deneyin Amacı: Paralel A.A. devresi kurarak rezonans durumunun incelenmesi ve frekans-empedans değişim eğrisinin çizilmesi

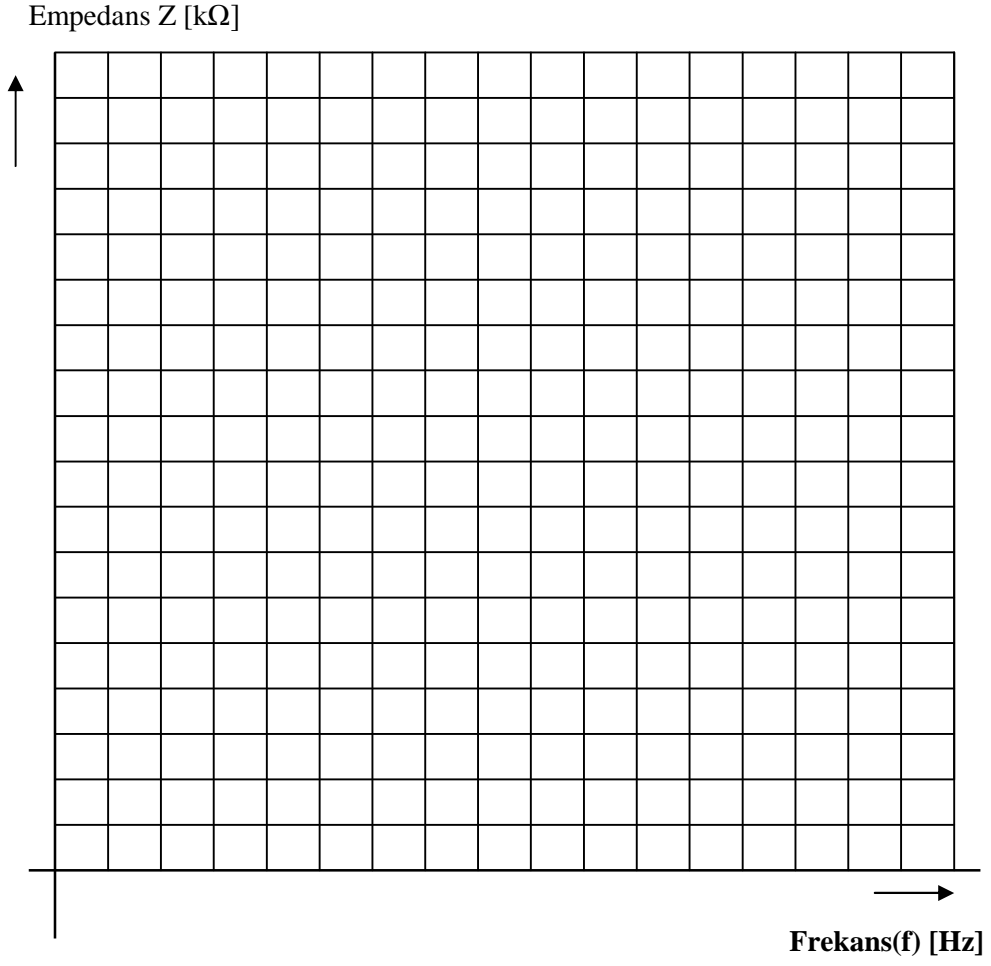
Kullanılan Malzeme ve Araç-Gereç

1. Osilatör
2. Dijital Voltmetre
3. Ayarlanabilir Kondansatör
4. Ayarlanabilir Bobin
5. Ayarlanabilir Direnç
6. Osilaskop



Şekil 4.24: Öğrenme faaliyeti-4 uygulama devresi-2

Sonucun Grafiği

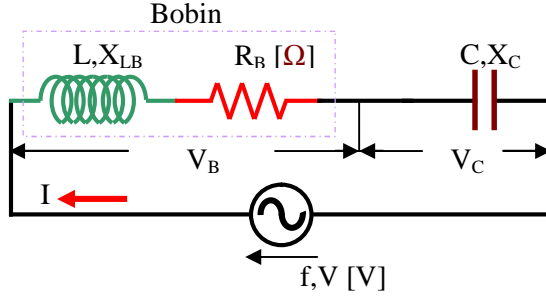


Düşünceleriniz

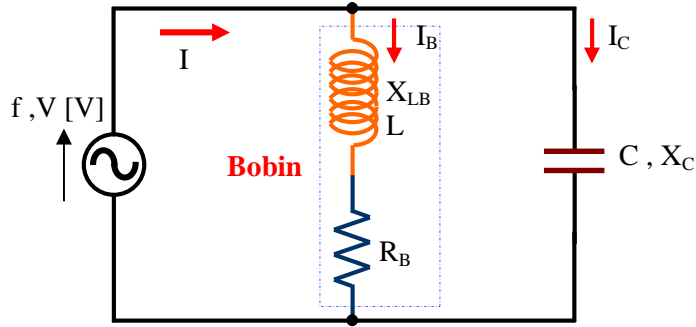
Değerlendirme

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

ÖLÇME SORULARI



Şekil 4.25: Seri RL-C devre



Şekil 4.26: Paralel RL-C devresi

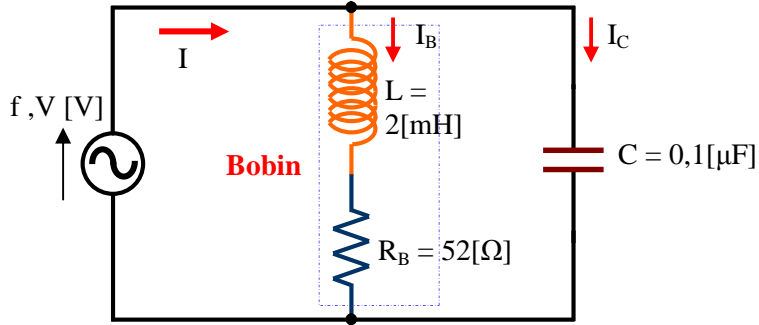
Şekil 4.25 deki devrede kaynak gerilimi 220[V] 50[Hz] frekansa sahiptir. Bobinin güç katsayısı 0,5 gerilimi 120[V] ve akımı 0,8[A] ise;

1. Güç katsayısını bulunuz.

- A) 0,272
B) 0,6
C) 0,45
D) 0,544

2. Kondansatör gerilimini bulunuz.

- A) 315,58[V]
B) 120,25[V]
C) 60[V]
D) 75[V]



Şekil 4.28: Paralel RL-C devresi

8. Şekil 4.27 deki devrede rezonans frekansını hesaplayınız.

- A) 11259,66[Hz] B) 11472,24[Hz]
 C) 12525,25[Hz] D) 11436,72[Hz]

9. Şekil 4.27 deki devrede rezonans anındaki kalite katsayısını hesaplayınız.

- A) 2,2 B) 2,72
 C) 3,75 D) 2

10. Şekil 4.28 deki devrede rezonans frekansını hesaplayınız.

- A) 11242,12[Hz] B) 12400[Hz]
 C) 11250,96[Hz] D) 11259,65[Hz]

DEĞERLENDİRME

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

MODÜL DEĞERLENDİRME

PERFORMANS TESTİ

Modülde yaptığınız uygulamaları tekrar yapınız. Yaptığınız bu uygulamaları aşağıdaki tabloya göre değerlendiriniz.

AÇIKLAMA: Aşağıda listelenen kriterleri uyguladıysanız EVET sütununa, uygulamadıysanız HAYIR sütununa X işareti yazınız.		
Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Alternatif akımın nasıl elde edildiğini anlayabildiniz mi?		
2. Alternatif akımın etkin ve maksimum değerlerini hesaplayabiliyor musunuz?		
3. Alternatif akımın frekansını ve periyodunu hesaplayabiliyor musunuz?		
4. Alternatif akım sinüs eğrilerinin fazını ve faz farkını osiloskop ile ölçebiliyor musunuz?		
5. Alternatif akımda bobinin indüktif ve kondansatörün kapasitif reaktasını hesaplayabiliyor musunuz?		
6. Alternatif akım seri ve paralel devrelerinde, devrenin bilinmeyen büyüklüklerini bulabiliyor musunuz?		
7. Alternatif akım seri ve paralel RL-C devrelerinde, rezonans nedir ve nasıl oluşur anlayabildiniz mi?		
8. Alternatif akım seri ve paralel RL-C devrelerinde, rezonans frekansını hesaplayabiliyor musunuz?		

DEĞERLENDİRME

Hayır cevaplarınız var ise ilgili uygulama faaliyetini tekrar ediniz. Cevaplarınızın tümü evet ise bir sonraki modüle geçebilirsiniz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

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

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

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

ÖĞRENME FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

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

ÖĞRENME FAALİYETİ-4'ÜN CEVAP ANAHTARI

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

KAYNAKÇA

- M.E.Güven, I.B.Martı, **Elektroteknik Cilt 2**, M.E.B. Yayınevi, ANKARA
- Tomizo Yamauchi, Yoichi Masuda, Sedat Elbir, Osman Köse, Selim Gülçen, **Devre Analizi ve Uygulamaları**, İzmir, Temmuz 2004
- Sedat Elbir ders notları, İZMİR
- Mustafa Yağımlı, Fevzi Akar, **Alternatif Akım Devreleri ve Problem Çözümleri**, İSTANBUL
- MERSİN Üniversitesi İnternet Yayınları, MERSİN