

## KOMPLEKS SAYILARIN ALTERNATİF AKIM DEVRELERİNE UYGULANMASI

- 5.1 R-L (DİRENÇ – BOBİN) SERİ DEVRESİ
- 5.2 R-C (DİRENÇ – KONDANSATÖR) SERİ DEVRESİ
- 5.3 R-L-C (DİRENÇ – BOBİN – KONDANSATÖR) SERİ DEVRESİ
- 5.4 R-L (DİRENÇ – BOBİN) PARALEL DEVRESİ
- 5.5 R-C (DİRENÇ – KONDANSATÖR) PARALEL DEVRESİ
- 5.6 R-L-C (DİRENÇ – BOBİN – KONDANSATÖR) PARALEL DEVRESİ

## GİRİŞ

Sinüzoidal emk'leri ve sinüzoidal akımları dönen vektörlerle gösterilmişti. Kompleks sayılarla vektörlerin toplanması, çıkarılması, çarpılması ve bölünmesi işlemlerini çabuk ve doğru olarak kolayca yapılabildiği matematik de incelendiğinde görülür. Burada kompleks sayıların nasıl olduğu anlatılmayacaktır. Bu herhangi bir matematik kitabından incelendiğinde anlaşılacağına umarım. Kompleks sayılar bize vektörlerin herhangi bir dereceden kuvvetlerini ve köklerini kolayca bulunabilme olanağı da sağlamaktadır. Alternatif akım devrelerinin çözümlerinde büyük kolaylıklar sağlayan bu sayıları devrelerin çözümlerinde sıkça kullanacağız. Vektörlerin toplanmasında ve çıkarılmaları için dik bileşen vektörleri halinde bulunmaları gerekir. Dik bileşen vektörlerini çarpmak, bölmek ve bir kuvvete yükseltmek mümkündür. Fakat uzun ve zordur bu işlemleri kutupsal veya üslü vektörlerle yapmak daha kolay ve kısadır. Yalnız kutupsal ve üslü vektörlerle kök alma işlemi yapılabilir. Herhangi bir vektörün üç şekilde gösterilir.

Dik bileşenli vektör gösterilişi  $A = Ax + jAy$

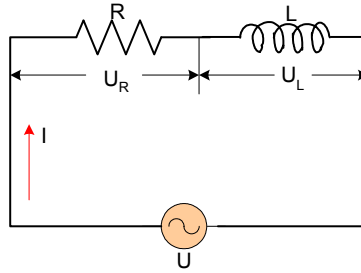
Trigonometrik gösterilişi  $A = A(\cos \alpha + j \sin \alpha)$

Kutupsal gösterilişi  $A = A \angle \alpha$

Bu hatırlatmalardan sonra önceki konularda incelenen devre bağlantı çeşitlerinin analizlerini kompleks sayılarla analizi yapılacaktır.

### 5.1 R-L (DİRENÇ – BOBİN) SERİ DEVRESİ

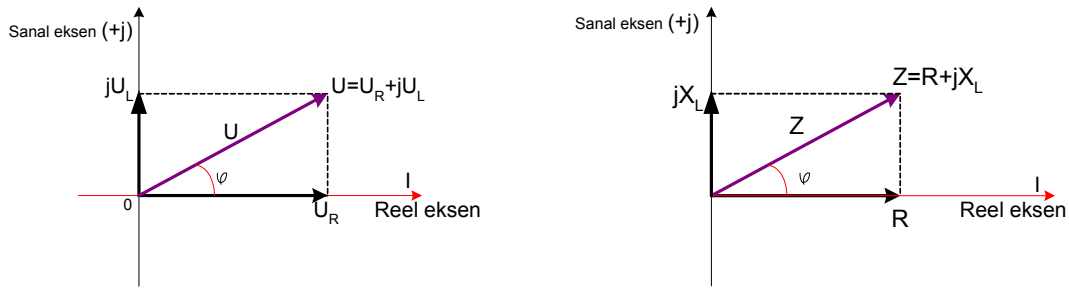
Şekil5.1 de seri bağlanmış olan RL devresi kirşofun gerilimler kanunundan, kaynağın gerilimi elemanlar üzerinde düşen gerilimlerin toplamına eşittir. Bu kompleks sayılarla ilk incelediğimiz alternatif akım devresi olduğundan açıklamalı olarak işlemleri ve formülleri çıkartalım.



Şekil5.1 RL Seri devresi

RL elemanı uçlarına bir alternatif bir U gerilimi uygulandığında bu kaynaktan bir akım çekilecektir. Devre seri olduğundan bu akım değeri devre elemanları

üzerinden aynen geçecektir. Fakat uçlarındaki gerilimle bu akım arasında elemanına göre bir faz farklılığı oluşturacaktır. Bunu önceki konularda elemanları devrede tek olarak bağladığımızdaki akımla gerilim arasındaki faz farklıklarını açıklamıştık. Direnç elemanı üzerinden geçen akım ve uçlarındaki gerilimle herhangi bir faz farkı oluşturmamakta fakat bobin üzerinden geçen akımla uçlarındaki gerilim düşümü ile  $90^\circ$  faz farkı oluşturmakta, akım gerilimden  $90^\circ$  geri fazda kalmakta olduğu önceki konulardan biliniyor. Seri devrede akım değişmediği için baz olarak veya başlangıç eksenini olarak akım alınır. Bu açıklamalarla gerilim ve empedans üçgenlerini oluşturalım.



Şekil 5.2 RL seri devresinin gerilim ve empedans üçgeni

Akım seri elemanlardan aynı aktığı için başlangıç ekseninde alınmış,  $U_R$  direnç akımla gerilim arasında faz farkı oluşturmadığı için  $U_R$  gerilimi de genliği kadar akımla aynı ekseninde çizilmiştir. Bobin elemanı üzerinden bir akım geçtiğinde uçlarındaki gerilim, akımdan  $90^\circ$  ilerde olduğundan sanal ekseninde  $jU_L$  olarak Şekil 5.2 de gösterilmiştir. Devre geriliminin dik bileşenler ve kutupsal gösterilişi aşağıdaki gibi olur.

$$U = U_R + jU_L = \sqrt{U_R^2 + U_L^2} \angle \tan^{-1}\left(\frac{U_L}{U_R}\right)$$

RL seri devresinin eşdeğer empedansı ise Şekil 5.2 deki empedans üçgeninden dik bileşen ve kutupsal şeklinde gösterimi aşağıdaki şekildedir.

$$Z = R + jX_L = \sqrt{R^2 + X_L^2} \angle \tan^{-1}\left(\frac{X_L}{R}\right)$$

Empedans üçgenine biraz matematiksel işlemler yapıldığında devrenin akımı ile gerilimi arasındaki faz farkı açısını, devrenin empedansı ve faz açısı bilindiğinde devre eleman değerlerinin bulunması gibi formüller ortaya çıkarılabilir.

$$\varphi = \sin^{-1} \frac{X_L}{Z} \quad \varphi = \cos^{-1} \frac{R}{Z} \quad \varphi = \tan^{-1} \frac{X_L}{R}$$

$$X_L = Z \cdot \sin \varphi$$

$$R = Z \cdot \cos \varphi$$

$$X = R \cdot \tan \varphi$$

### Örnek5.1

Alternatif akım devresinde  $R=2$  ohm direnç ile  $L=0,01$  H değerlerindeki iki eleman seri bağlanarak uçlarına 200 V, 50 Hz lik bir gerilim uygulandığında kaynaktan çekilen akımı bulunuz.

### Çözüm5.1

Devrenin empedansının bulunabilmesi için endüktif reaktansın aşağıdaki şekilde bulunur, bulunan bu değer devrenin empedansında kullanılır.

$$X_L = 2\pi fL = 2\pi \cdot (50 \text{ Hz}) \cdot (0,01 \text{ H}) = 3,14 \Omega \quad Z = R + jX_L = 2 + j3,14 = 3,723 \angle 57,5^\circ \Omega$$

$$I = \frac{200 \text{ V}}{(3,723 \angle 57,5^\circ \Omega)} = 53,72 \angle -57,5^\circ \text{ A}$$

### Örnek5.2

250 V ,50 Hz lik bir gerilimle beslenen endüktif devreden 10 A geçmekte ve 750 W harcanmaktadır.R ve L değerleri ile sistemde görünen, harcanan ve reaktif güçleri bulunuz.

### Çözüm5.2:

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{250 \text{ V}}{10 \text{ A}} = 25 \Omega \quad R = \frac{P}{I^2} = \frac{750 \text{ W}}{10^2} = 7,5 \Omega \quad \text{aktif güç direnç elemanı}$$

üzerinde harcadığı için buradan direnç değeri bulunur.

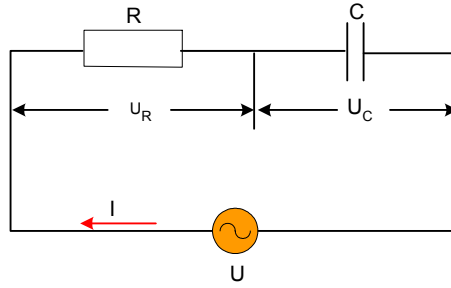
$$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{(25 \Omega)^2 - (7,5 \Omega)^2} = 23,85 \angle 72,54^\circ \Omega \quad \text{bulunur. Akımla gerilim arasındaki faz farkı açısı}$$
$$\varphi = 72,54^\circ \quad \cos \varphi = 0,3 \text{ (geri)} \quad \omega = 314 \text{ rad/s}$$

$$L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{23,85}{314} = 0,076 \text{ H} = 76 \text{ mH}$$

$S = U.I = 250V.10\angle -72,54^\circ A = 2500\angle -72,54^\circ = 750 + j2385VA$  buradan reel değer aktif gücü, sanal değer de reaktif gücü vereceğinden  $P=750 W$ ,  $Q=2385 VAR$

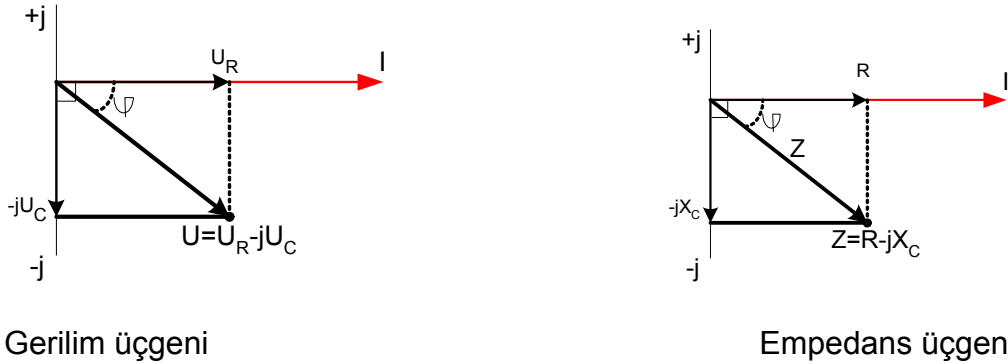
## 5.2 R-C (DİRENÇ – KONDANSATÖR) SERİ DEVRESİ

Şekil5.3 de görülen devrede direnç elemanı ile kondansatör elemanı seri bağlanıp uçlarına bir alternatif gerilim uygulandığında bu gerilimin devre elemanları üzerinde iki bileşeni vardır. Direnç elemanı üzerindeki gerilim düşümü akımla aynı fazda, kondansatör uçlarındaki gerilim düşümü ise akımdan  $90^\circ$  geri fazdadır.



Şekil5.3

Bu açıklamalar doğrultusunda seri devre olduğundan akım referans ekseninde alınarak devre vektörü aşağıda şekil5.4 deki gibi çizilir.



Şekil5.4

Şekil5.4 deki gerilim üçgeninden devrenin gerilim reel ekseninde olan  $U_R$  gerilimi ile sanal ekseninde olan  $U_C$  geriliminin toplamına eşit olacaktır.

$$U = U_R - jU_C = \sqrt{U_R^2 + U_C^2} \angle -\tan^{-1}\left(\frac{U_C}{U_R}\right)$$

gerilim değeri ve faz açısı buradan bulunur ve devrenin empedansı da şekil5.4 deki empedans üçgeninden dik bileşenler ve kutupsal gösterim şeklindeki formülü bulunur.

$$Z = R - jX_L = \sqrt{R^2 + X_C^2} \angle -\tan^{-1}\left(\frac{X_C}{R}\right)$$

Empedans formülü dikkat edilirse vektörel olarak bulduğumuz formülün aynısıdır. Burada reel değer direnç elemanını, sanal kısmını da kapasitif reaktans oluşturmaktadır. Kapasitif reaktansın  $X_C$ 'nin önüne  $-j$  getirilmiştir. Bu da  $(-90^\circ)$  ifade eder. Empedans üçgeninden devre ile ilgili aşağıdaki formüller çıkartılabilir.

Empedans değeri ve faz açısı bilindiği durumda devre elemanlarının değerleri bulunabilir.

$$X_C = Z \cdot \sin \varphi$$

$$R = Z \cdot \cos \varphi$$

$$X_C = R \cdot \tan \varphi$$

$$\varphi = \sin^{-1} \frac{X_C}{Z} = \cos^{-1} \frac{R}{Z} = \tan^{-1} \frac{X_C}{R}$$

### Örnek5.3

Saf bir R direnci ile bir kondansatör seri bağlanmıştır. Sisteme 120 volt, 100 Hz uygulandığı zaman devredeki akım 2,5 amper ve sistemde harcanan güç 240 W tır. R direnci ile C kapasitesinin değerini hesaplayınız.

### Çözüm5.3

Direnç elemanının değerini devrede harcanan aktif güç bu eleman üzerinde harcandığı için güç formülünden direnç değeri bulunabilir.

$$P = I_2 \cdot R \rightarrow R = \frac{P}{I^2} = \frac{240W}{2,5^2 A} = 38,4 \Omega$$

Devre akım ve devre gerilimi bilindiğine göre devrenin empedansı ohm kanunundan faydalanılarak bulunur.

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{120V}{2,5A} = 48 \Omega$$

Empedans formülü kullanılarak, bu formülden kapasitif reaktans çekilirse kondansatörün kapasitif reaktansının değeri hesaplanabilir.

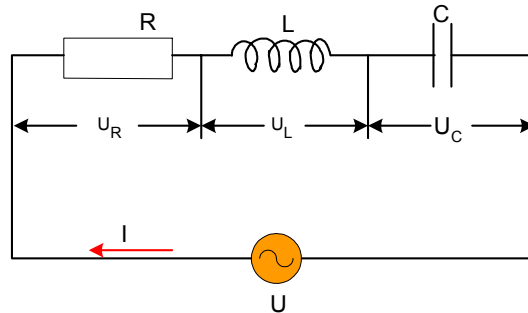
$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} \rightarrow X_C = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{48^2 - 38,4^2} = 28,8 \Omega$$

kapasitif reaktans formülünden kapasite çekilirse, buradan devreye bağlı olan kondansatörün değeri bulunur.

$$X_C = \frac{1}{2\pi f \cdot C} \rightarrow C = \frac{1}{2\pi \cdot 100 \cdot X_C} = \frac{1}{2\pi \cdot 100 \cdot 28,8} = 55,29 \mu F \text{ bulunur.}$$

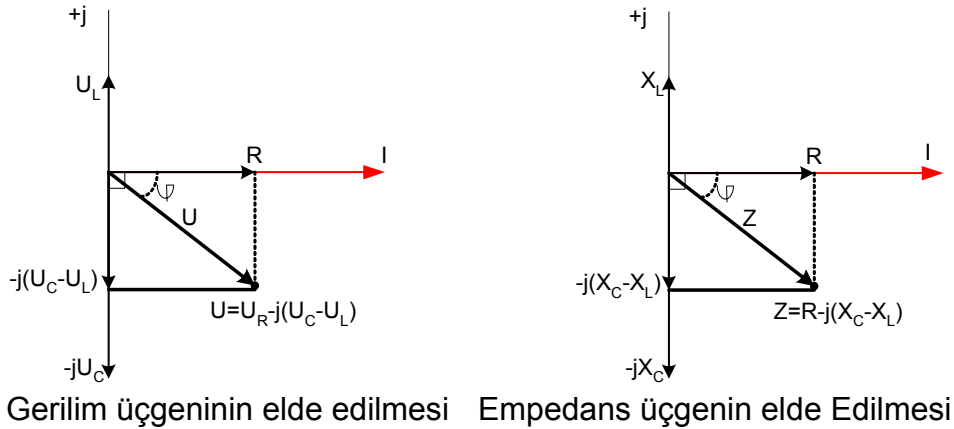
### 5.3 R-L-C (DİRENÇ – BOBİN – KONDANSATÖR) SERİ DEVRESİ

Alternatif akım devrelerinin çözümünde devrede direnç, bobin ve kondansatör seri veya paralel şekil5.4 de bağlandıklarında devre elemanları üzerlerinden geçirdikleri akımlarla bir faz farkı meydana getirdikleri bu ana kadar defalarca ifade edilmişti. Bunun açık olarak elemanların özelliklerine göre; direnç akımla gerilim arasında faz farkı sıfır, bobin elemanı uçlarındaki gerilim akımdan  $90^\circ$  ileri fazda ve kondansatör uçlarındaki gerilim akımdan  $90^\circ$  geri fazdadır. Buda kompleks sayılarla ifadesi biliniyor ki  $+j$ ,  $90^\circ$  yi ve  $-j$  de ( $-90^\circ$ ) ile gösterilmektedir. Bu durumda kapasitif reaktans değerinin önüne ( $-jX_C$ ), endüktif reaktansın önüne ise ( $+j$ ) konulacaktır. Bu gösterimde  $jX_L$  olur. Şekil5.5 de bu durum gösterimi yapılarak bu devrenin kompleks çözüm formülleri çıkartılmıştır.



Şekil5.5 RLC seri devresi

Yukarıdaki açıklamalar doğrultusunda devrenin gerilim üçgeni ve empedans üçgenini çizerek RLC devresinin formülleri çıkartılır. RLC seri devresinde kapasitif reaktansın endüktif reaktansa eşit, büyük ve küçük olduğu durumlar mevcuttur. Bu önceki konularda açık bir şekilde incelemesi yapılmıştı. Bu hatırlatmalar ışığında  $X_L < X_C$  durumunun empedans ve gerilim üçgeni şekil5.6daki gibi olur.



Şekil5.6 RLC seri devresinde  $X_L < X_C$  durumu

Devre gerilimi, gerilim üçgeninden;

$$U = U_R - j(U_C - U_L) = \sqrt{U_R^2 + (U_C - U_L)^2} \angle -\tan^{-1}(U_C - U_L / U_R)$$

bulunur. devrenin empedansı, empedans üçgeninden bulunur.

$$Z = R - j(X_C - X_L) = \sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2} \angle -\tan^{-1}((X_C - X_L) / R)$$

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

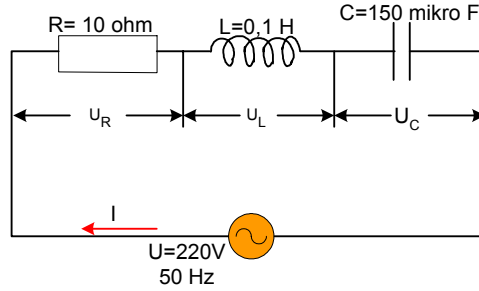
bu dik üçgenden matematik kurallar doğrultusunda güç katsayısı ve akımla gerilim arasındaki faz farkı açıları da bulunabilir. Bu vektörel çözümde ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştı. Ayrıca devre elemanları uçlarındaki gerilim düşümlerinin değerleri de aşağıdaki gibi bulunur.

$$U_R = I.R \quad U_L = I.(jX_L) \quad U_C = I.(-jX_C)$$

dikkat edilirse  $X_L < X_C$  durumu devrenin RC seri devre özelliği taşıdığını ve  $X_L > X_C$  durumu ise devre  $R_L$  seri devre özelliği taşır.

**Örnek5.4:**

Şekil5.7 deki alternatif akım devresinde değerleri verilen RLC elemanları seri bağlanarak bu devreye alternatif bir gerilim uygulanmıştır. Bu devrede kaynaktan çekilen akımı, devrenin güç katsayısını, eleman üzerlerindeki gerilim düşümlerini bulunuz.

**Şekil5.7****Çözüm5.4:**

$$X_L = 2\pi fL = 2\pi \cdot 50 \cdot 0,1 = j31,4 \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 150 \cdot 10^{-6}} = -j21,23 \Omega$$

$$Z = R + j(X_L - X_C) = 10 + j10,17 = 14,26 \angle 45,48^\circ$$

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{220}{14,26 \angle 45,48^\circ} = 14 \angle -45,48^\circ \text{ A}$$

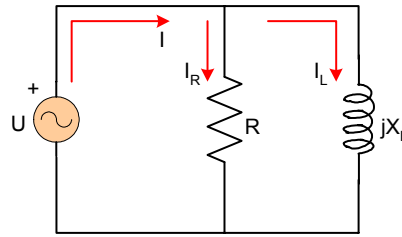
$$U_R = R \cdot I = 10 \cdot 14 \angle -45,48^\circ = 140 \angle -45,48^\circ \text{ V}$$

$$U_L = jX_L \cdot I = 31,4 \angle 90^\circ \cdot 14 \angle -45,48^\circ = 440 \angle 44,52^\circ \text{ V}$$

$$U_C = -jX_C \cdot I = 21,23 \angle -90^\circ \cdot 14 \angle -45,48^\circ = 297,22 \angle -135,48^\circ \text{ V}$$

## 5.4 R-L (DİRENÇ – BOBİN) PARALEL DEVRESİ

Seri devrelerde karmaşık sayıların alternatif akıma nasıl uygulandığı vektörel gösterimlerle açıklanmıştı. Paralel devrede de aynı kurallarla kompleks sayılar paralel devrede de uygulanarak devre çözümü yapılabilir. Paralel devre özellikleri kullanılarak paralel devrenin çözümü, elemanların bağlantılarına göre çözümü kompleks sayılarla yapalım. Şekil5.8 deki RL paralel devresinin devre empedansı, kaynaktan çekilen akım, eleman üzerlerinden geçen akımların formüllerini çıkartalım.



Şekil5.8 RL paralel devresi

Devre elemanlarının toplam empedansının bulunması için, eleman değerlerinin tersi alınıp toplandığı da bulunur. Karışık devrelerde işlemlerin basit olması için devre elemanlarının isimlerini  $Z_1(Z_1=R)$ ,  $Z_2(Z_2=jX_L)$  gibi isim verilerek eşdeğer empedans formülü aşağıdaki gibi olur.

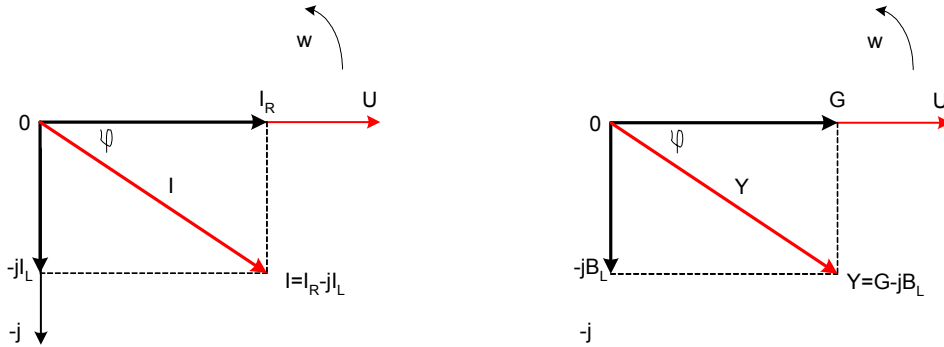
$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} \dots \dots \dots \frac{1}{Z_n}$$

RL devresi için devre empedansı bu genel formülde yerine konularak aşağıdaki gibi olur.

$$\frac{1}{Z_T} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} = \frac{1}{R} + \frac{1}{jX_L} \Rightarrow Z_T = \frac{R \cdot (jX_L)}{R + jX_L}$$

Kaynaktan çekilen akım ve kol akımları ohm kanunundan faydalanılarak bulunur.

$$I = \frac{U}{Z_T} \quad I_R = \frac{U}{R} \quad I_L = \frac{U}{jX_L} = \frac{U}{X_L \angle 90^\circ}$$



Şekil 5.9 RL paralel devresinin akım ve admidans üçgeni

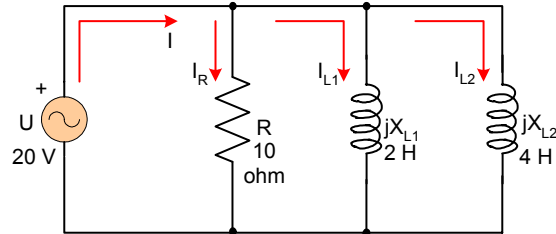
Paralel devrede Şekil 5.9daki RL paralel devresi akımının dik bileşenler ve kutupsal gösterim olarak aşağıdaki gibi olur.

$$I = I_R - jI_L = \sqrt{I_R^2 + I_L^2} \angle \tan^{-1} \left( -\frac{I_L}{I_R} \right)$$

**Örnek 5.5:**

Şekil 5.10 da verilen RL paralel devresinin;

- 1- Devrenin admidansını
- 2- Devrenin empedansını
- 3- Kaynaktan çekilen akımı ve kol akımlarını hesaplayınız.



Şekil 5.10

**Çözüm 5.5**

Devreye bağlı olan elemanları  $Z_1=R=10$  ohm,  $Z_2=jX_{L1}=2$  H ve  $Z_3=jX_{L2}$  olarak tanımlayalım.

a)

$$Y_1 = \frac{1}{Z_1} = \frac{1}{R} = \frac{1}{10\Omega} = 0,1S \quad Y_2 = \frac{1}{Z_2} = \frac{1}{jX_{L1}} = \frac{1}{j2} = \frac{1}{2\angle 90^\circ} = 0,5\angle -90^\circ S = -j0,5S$$

$$Y_3 = \frac{1}{Z_3} = \frac{1}{jX_{L2}} = \frac{1}{j4} = \frac{1}{4\angle 90^\circ} = 0,25\angle -90^\circ = -j0,25S$$

$$Y_T = Y_1 + Y_2 + Y_3 = 0,1S + (-j0,5) + (-j0,25) = 0,1 - j0,75S = \sqrt{(0,1)^2 + (0,75)^2} \angle \tan^{-1}\left(\frac{-0,75}{0,1}\right) \\ = 0,756\angle -82,4^\circ S$$

b)

$$Y_T = \frac{1}{Z_T} \Rightarrow Z_T = \frac{1}{Y_T} = \frac{1}{0,756\angle -82,4^\circ S} = 1,32\angle 82,4^\circ$$

$$I_T = \frac{U}{Z_T} = U \cdot Y_T = 20V \cdot (0,756\angle -82,4^\circ S) = 15,12\angle -82,4^\circ A$$

$$I_R = \frac{U}{Z_1} = \frac{U}{R} = U \cdot Y_1 = 20V \cdot (0,1S) = 2A$$

c)

$$I_{L1} = \frac{U}{Z_2} = \frac{U}{jX_{L1}} = U \cdot Y_2 = 20V \cdot (0,5\angle -90^\circ S) = 10\angle -90^\circ A$$

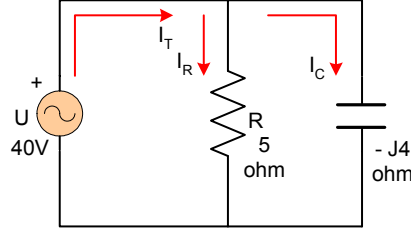
$$I_{L2} = \frac{U}{Z_3} = \frac{U}{jX_{L2}} = U \cdot Y_3 = 20V \cdot (-j0,25S) = -j5A = 5\angle -90^\circ A$$

## 5.5 R-C (DİRENÇ – KONDANSATÖR) PARALEL DEVRESİ

Şimdiye kadar direnç elemanının devre gerilimi ile bir faz farkı oluşturmadığı sadece alternatif akımın genliğini değiştirdiğini gördük. Fakat devrede bobin veya kondansatör seri veya paralel bağlansınlar bu akımla gerilim arasında bir faz farkı getirdiği bu faz farkından dolayı da kompleks sayıların sanal ekseninde yer aldığı görülmüş oldu. Artık şu açıklamayı yapmakta hiçbir sakınca yoktur. Eğer devrenin çözümü kompleks sayılarla çözülecekse endüktif reaktans değerinin önüne +j (+90° yi ifade eder), kapasitif reaktan önüne ise -j (-90° yi ifade eder) koyarak devrenin istenen değerleri kompleks çözümlerle bulunabilir. Şekil5.11deki RC paralel devresinin bu açıklamalarla çözümünü yapalım.

**Örnek5.6**

Şekil5.11 deki devrenin kaynaktan çekilen akımı, elemanlar üzerinden geçen akımları ve devrenin empedansını hesaplayınız.

**Şekil5.11****Çözüm5.6**

Paralel bağlı olduğundan, paralel devre özellikleri hatırlanırsa devre gerilimi eleman üzerlerinde aynen görülür. Bu duruma göre ohm kanunundan devreden çekilen akım ve kol akımları bulunur.

$$I_R = \frac{U}{R} = \frac{40V}{5\Omega} = 4A \quad I_C = \frac{U}{-jX_C} = \frac{20V}{-j4\Omega} = \frac{20V}{4\angle -90^\circ \Omega} = 5\angle 90^\circ A = j5A$$

paralel devrede kirşofun akımlar kanunu uygulanırsa devrenin kaynaktan çektiği  $I_T$  akımı bulunur.

$$I_T = I_R + I_C = 4A + j5A = \sqrt{4^2 + 5^2} \angle \tan^{-1} \frac{5}{4} = 6,4\angle 51,3^\circ A$$

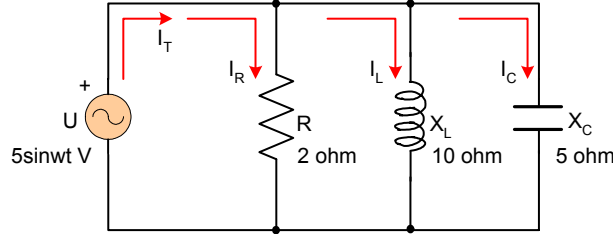
$$I = \frac{U}{Z} \Rightarrow Z = \frac{U}{I} = \frac{40}{6,4\angle 51,3^\circ} = 6,25\angle -51,3^\circ \Omega$$

**5.6 R-L-C (DİRENÇ – BOBİN – KONDANSATÖR) PARALEL DEVRESİ**

RL, RC paralel devresindeki yapmış olduğumuz açıklamalar RLC devresinde de geçerlidir. RLC devresinde sanal değer olarak her iki eleman bağlı olduğu için bu elemanlar arasında 180 faz farkı oluşturmaktadır. Kompleks eksenin bobin ve kondansatör sanal değerinin birisi pozitif diğeri ise aynı eksen üzerinde negatif de olmaktadır. Örnek5.7de RLC paralel devresini açıklamalı çözümünü yapalım.

**Örnek5.7**

Şekil5.12deki RLC paralel devresine  $5\sin\omega t$  gerilimi uygulanmaktadır. Kol akımlarını, devrede harcanan gücü ve direnç üzerinden geçen akımı ampermetre ile ölçüldüğünde göstereceği değeri bulunuz.

**Şekil5.12** RLC paralel devresi**Çözüm5.7**

Kompleks sayılarla çözüm yapılacak olmasından dolayı kaynağın gerilimi dikkat edilirse  $u=5\sin\omega t$  olarak verilmiştir. Bu kompleks gösterimde eşiti tepe değeri ve açı değeri olarak yazılır.

$$U = 5\angle 0^\circ V$$

Burada eğer gerilim değeri  $u=10\sin(\omega t+45^\circ)$  verilmiş olsaydı bu durumda aşağıdaki şekilde yazılırdı.

$$U = 10\angle 45^\circ V$$

bu açıklamalardan sonra örnekte çözümü istenen kol akımları ohm kanunundan çözülür.

$$I_R = \frac{U}{R} = \frac{5V}{2\Omega} = 2,5A \quad I_L = \frac{U}{jX_L} = \frac{5V}{j10\Omega} = -j0,5A = 0,5\angle -90^\circ A$$

$$I_C = \frac{U}{-jX_C} = \frac{5V}{-j5\Omega} = jA = 1\angle 90^\circ A$$

Güç, kaynaktan çekilen akım ile gerilimin çarpımı o devrede harcanan gücü verdiği güç konusunda açıklanmıştır. Buna göre bu devrenin harcadığı gücü bulmak için kaynaktan çekilen akımı bulmak gerekir. Bu akımı da Kirşofun akımlar kanunundan faydalanılarak bulabiliriz.

$$I = I_R + I_L + I_C = 2,5A + (-j0,5) + (j1A) = 2,5A + j0,5A = \sqrt{(2,5A)^2 + (0,5A)^2} \tan^{-1} \frac{0,5}{2,5}$$

$$I = 2,55\angle 11,3^\circ A$$

Devrenin görünür güç bulunarak, devre harcanan aktif ve reaktif güç bulunur.

$$S = U \cdot I = 5V \cdot 2,55 \angle 11,3^\circ A = 12,75 \angle 11,3^\circ VA = 12,75(\cos 11,3^\circ + j \sin 11,3^\circ) \\ = 12,75(0,98 + j0,196) = 12,5 + j2,5VA$$

Görünür gücün kompleks sayıların dik bileşen şeklideki gösteriminde reel değer aktif (P, wattlı gücü), sanal değer ise reaktif (Q, VAR) gücü verir. Bu açıklamalardan sonra P=12,5W ve Q=2,5 VAR bulunur. Aktif güç direnç elemanı üzerinde harcanan güçtür.

Direnç üzerindeki akımın ölçü aleti ile ölçüldüğünde, ampermetre efektif akımı ölçeceğinden bulunan  $I_R$  akımı maksimum akımdır. Onun için bulunan akımın efektif değeri 0,707 ile çarpılması gerekir.

Ölçü aletinin göstermesi gereken  $I_R$  akımı aşağıdaki bulunan değer olması gerekir.

$I_R = 2,5A$  bu değer maksimum değer  $I_R = 0,707 \cdot (2,5A) = 1,76A$  ölçü aletinin göstermesi gereken değer 1,76 A dir.