

## 3. ÜNİTE

# ALTERNATİF AKIM DEVRELERİ

### KONULAR

1. Direnç-Bobin Seri Devresi (R-L Seri Devresi)
2. Direnç-Kondansatör Seri Devresi (R-C Seri Devresi)
3. Direnç-Bobin-Kondansatör Seri Devresi (R-L- C Seri Devresi)
4. Direnç-Bobin Paralel Devresi (R-L Paralel Devresi)
5. Direnç-Kondansatör Paralel Devresi (R-C Paralel Devresi)
6. Direnç-Bobin-Kondansatör Paralel Devresi (R-L-C Paralel Devresi)
7. Seri Paralel Devreler

## GİRİŞ

Alternatif akım devrelerinde; direnç, bobin veya kondansatörler saf ve tek olarak bulunmayabilirler. Çoğu kez biri veya birkaçı birlikte bulunurlar. Ayrıca direnç, bobin veya kondansatörlerin ikisi veya daha fazlası birbiriyle seri, paralel olarak da bağlanırlar.

Birden fazla cinsteki elemanın (direnç, bobin, kondansatör) seri, paralel veya seri- paralel bağlanması ile oluşturulan alternatif akım devresinin yerine geçebilecek aynı özellikleri verebilen tek bir eşdeğer dirence " empedans " denir. Empedans Z harfi ile gösterilir ve birimi ohm' dur. Buna göre alternatif akım devrelerinde Ohm kanunu;

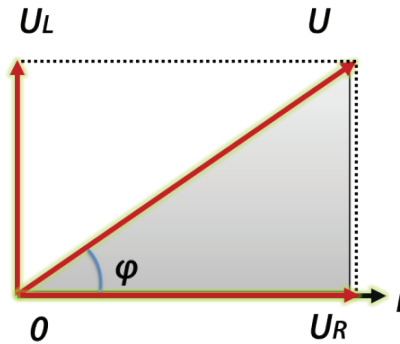
$$I = \frac{U}{Z}$$

Bu ünite de seri, paralel veya seri-paralel bağlı, direnç bobin ve kondansatörlerin oluşturdukları empedanslar ile bunların hesaplanmaları incelenecektir.

### 3.1 DİRENÇ-BOBİN SERİ DEVRESİ (R-L SERİ DEVRESİ)

Şekil 3.1'deki devrede direnç ve bobin saf elemanlar olarak alınmıştır. Bu seri devrede devre akımı, bütün devre elemanlardan geçmektedir.

Devre gerilimi ise direnç ve bobin uçlarında düşen gerilimlerin vektörel toplamına eşittir. Bu vektörel değerler, bir vektör sistemiyle de gösterilebilir. Vektörün çizimine ortak değer olan akımla başlanır. Direnç uçlarında düşen gerilim ( $U_R$ ) akımla aynı fazda ve bobinde düşen gerilim ( $U_L$ ) akımdan  $90^\circ$  ileri fazdadır. Şekil 3.1'de görüldüğü gibi  $U_R$  ile  $U_L$  vektöryel olarak toplanırsa devre gerilimi ( $U$ ) bulunur.



Şekil 3.1: R - L seri devresi vektör diyagramı

U gerilimi ile I devre akımı arasında  $\varphi$  faz farkı vardır ve gerilim bu açı kadar akımdan, ileri fazdadır. Bu açığa devrenin " faz açısı " denir.

Şekil 3.2 deki vektörden Pisagor teoremine göre gerilim için,

$$U^2 = U_R^2 + U_L^2$$

$$U = \sqrt{U_R^2 + U_L^2}$$

Bu formülde  $U_L$  bobin uçlarına düşen gerilim olup,

$$U_R = R \cdot I \quad \text{ile} \quad U_L = X_L \cdot I$$

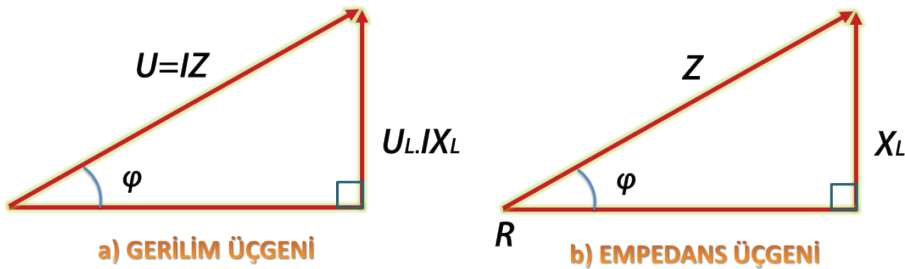
ile ve U devrenin toplam gerilimi olup,  $U_R$  ile  $U_L$ 'nin vektörel toplamı olduğundan Formül :  $U = I \cdot Z$

$$I_Z = \sqrt{(I \cdot R)^2 + (I \cdot X_L)^2} \quad \text{Olur.}$$

Sonuç olarak empedans;

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} \quad \text{formül ile bulunur.}$$

Şekil 3.2'deki taralı üçgene " gerilim üçgeni" denir. Bu üçgen Şekil 3.2 a' da yeniden çizilmiştir. Şekil 3.2 a'daki gerilim üçgeninde; yatay kenar direnç uçlarında düşen gerilim ( $U_R$ ), dikey kenar bobin uçlarında düşen gerilim ( $U_L$ ) ve hipotenüs devre gerilimi (U) dir. Gerilim üçgenini oluşturan değerler I akımına bölünürse Şekil 3.2 b'deki empedans üçgeni elde edilir.



Şekil 3.2:

# 1. SINIF ELEKTRİK TESİSATÇILIĞI

## ELEKTROTEKNİK

Şekil 3.2' deki gerilim ve empedans üçgenlerine dikkat edilirse benzer oldukları ve  $\varphi$  açısının değişmediği görülür. Buradan  $\varphi$  açısını bulmak için;

$$\tan \varphi = \frac{U_L}{U_R} = \frac{I \cdot X_L}{I \cdot R} = \frac{X_L}{R}$$

Veya

$$\cos \varphi = \frac{U_R}{U} = \frac{I \cdot R}{I \cdot Z} = \frac{R}{Z}$$

Formülleri yazılır bu formülde;

$U_R$	Direnç uçlarındaki gerilim (Volt)
$U_L$	Bobin uçlarındaki gerilim (volt)
$U$	Devre gerilimi (volt)
$R$	Direnç (ohm)
$L$	Endüktans (Henri)
$X$	Endüktifreaktans(Ohm)
$Z$	Empendas (Ohm)
$I$	Devre akımı (Amper)
$\varphi$	Devre akımı ile gerilimi arasındaki açı (derece) dir.

### ÖRNEK:

Direnci 40 ohm ve endüktansı 95,5 mili henri olan bir bobinin uçlarında etkin değeri 220 V. ve frekansı 50 Hz. olan bir gerilim uygulanıyor.

- Bobinin empedansını,
- Bobinden geçen akımı,
- $U_R$  ve  $U_L$  gerilimlerini,
- Akımla gerilim arasındaki  $\varphi$  açısını bulunuz.
- Devrenin vektör diyagramını ölçekli olarak çiziniz.

### ÇÖZÜM:

- Endüktansı 95,5 mH. olan bobinin endüktifreaktansı.

$$X_L = 2\pi f L = 2.3,14.50.95,5.10^{-3} \\ = 30\Omega \text{ olur.}$$

Empedans ise;

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{40^2 + 30^2}$$

=50  $\Omega$  dur

$$b) I = \frac{U}{Z} = \frac{220}{50} = 4,4 \text{ A. dir}$$

$$c) U_R = I \cdot R = 4,4 \cdot 40$$

=176V.

$$U_L = I \cdot X_L = 4,4 \cdot 30$$

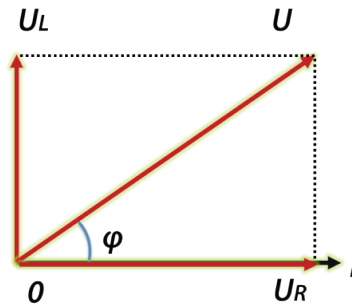
d) Devrenin faz açısı da,

$$\tan \varphi = \frac{X_L}{R} = \frac{30}{40}$$

=0,75 Cetvelinden  $\varphi = 37^\circ$  bulunur.

e) 1A = 1Cm ve 50V. = 1Cm ölçekleriyle 4,4 A = 4,4 Cm, 176V. = 3,52 Cm, 132 = 2,64 Cm bulunur ve devrenin vektör diyagramı şekil 3.3'deki gibi çizilir. Cetvelle yapılan ölçümle

$\varphi = 37^\circ$  olduğu görülür.



Şekil 3.3:

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

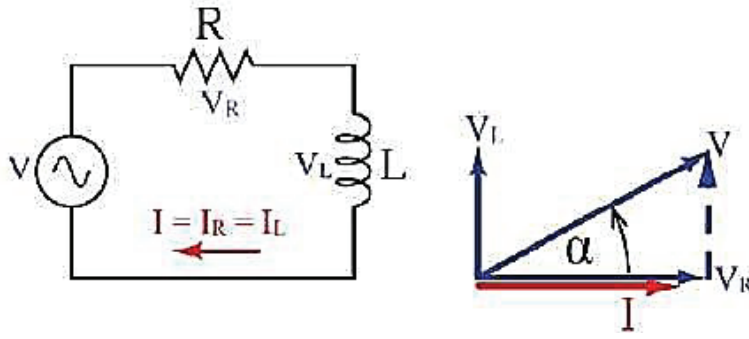
- Toplam gerilim direnç ve bobin gerilimleri toplamına eşittir, toplam akım ise hem direnç hem de bobin üzerinden geçer.
- Direnç akımı ve gerilimi arasında faz farkı yoktur.
- Bobin akımı bobin gerilimini 90° geriden takip eder. Bu durumda Şekil

# 1. SINIF ELEKTRİK TESİSATÇILIĞI

## ELEKTROTEKNİK

- 3.4'deki vektör diyagram ortaya çıkar.
- Devrenin toplam gerilimi  $V$  , toplam akım'dan  $\alpha$  açısı kadar ilerdedir.

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



Şekil 3.4: R-L devresi ve akım-gerilim faz ilişkisi

$$\text{Vektör diyagramından} \quad V^2 = V_R^2 + V_L^2 \Rightarrow V = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$$

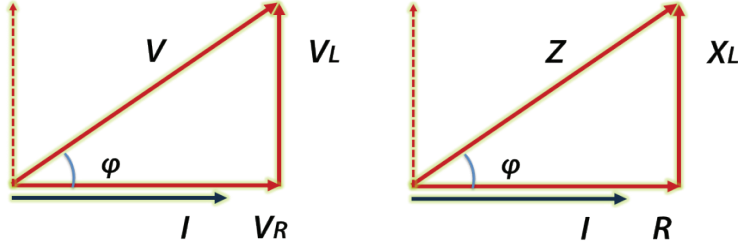
$$\text{Vektör diyagramından} \quad V^2 = V_R^2 + V_L^2 \Rightarrow V = \sqrt{V_R^2 + V_L^2} \quad (\text{Pisagor Teoremi})$$

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

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

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

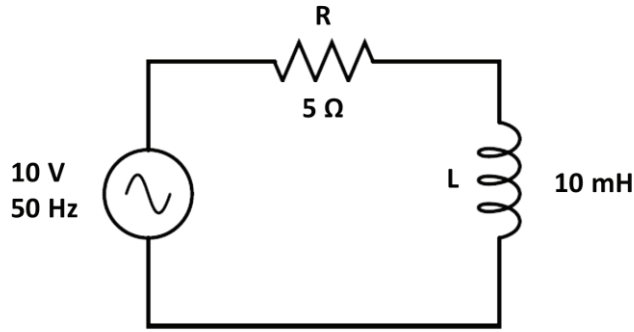
Şeklinde ifade edilir. Bu formüller elde edildikten sonra gerilim ve empedans üçgenleri çizilebilir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5: Seri R-L devresinde gerilim ve empedans üçgenleri

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

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



Şekil 3.6: Seri R-L devresi

**ÖRNEK:**

Şekil 3.6'daki seri R-L devresinde verilen değerlere göre;

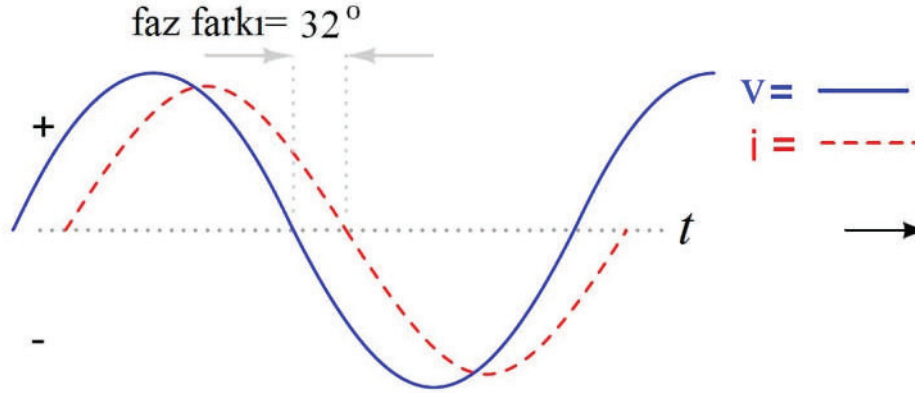
$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L = 2,3,14 \cdot 50 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 6,28 \cdot 500 \cdot 10^{-3} = 3,14 \Omega$$

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

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

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

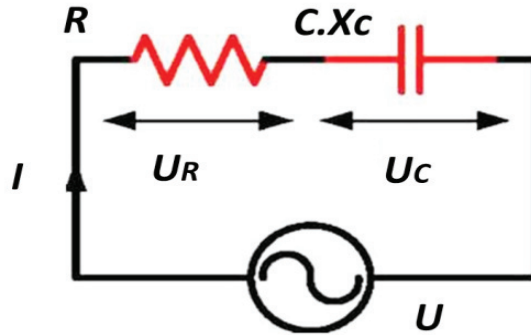
olarak bulunur. Akım gerilimden  $32^\circ$  geridedir (Şekil3.7)



Şekil 3.7: Seri R-L devresinde ani akım ve ani gerilim arasındaki faz farkı

### 3.2 DİRENÇ-KONDANSATÖR SERİ DEVRESİ (R-C SERİ DEVRESİ)

Şekil 3.8'da bir direnç ile kondansatörün seri bağlanarak oluşturdukları devre görülmektedir. Kondansatörün di- elektriginden dolayı olan direncin etkisi yok denecek kadar küçük olduğundan, kondansatörler saf olarak kabul edilir.



Şekil 3.8: R - C Seri devresi



Vektör diyagramını çizil- mine bütün seri alternatif akım devrelerinde olduğu gibi akım yatayda alınarak başlanır.  $U_R$ , akımla aynı fazda ve kondansatör uçlarında düşen gerilim ( $U_C$ ) de akımdan  $90^\circ$  geri fazdadır.  $U_R$  ile  $U_C$  nin vektörel toplamı yapılarak  $U$  devre gerilimi bulunur.  $U$  gerilimi akıma göre kadar geri fazlı olup, akım sıfır fazlı alındığında, açısı negatif değerler alır.

Şekil 3.7 deki vektör diyagramından faydalanılarak, Pisagora göre,

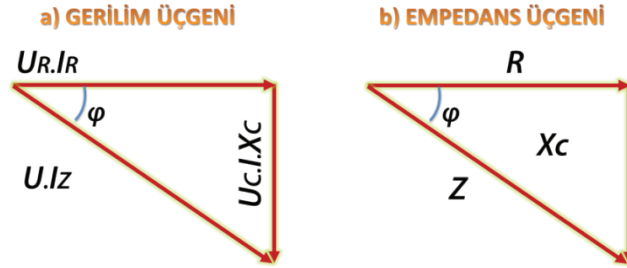
$$U = \sqrt{U_R^2 + U_C^2}$$

Bu formülde  $U_R = I.R$ ,  $U_C = I.X_C$ ,  $U = I.Z$  yazılarak

$$I.Z = \sqrt{(I.R)^2 + (I.X_C)^2}$$

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

Gerilim ve Empedans üçgenleri şekil 3.9'daki gibi çizilir.



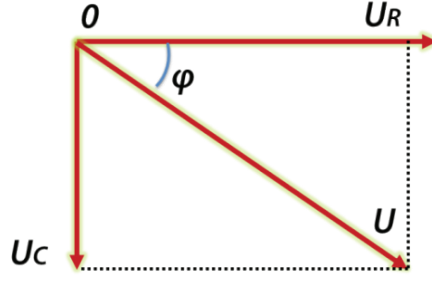
Şekil 3.9: a) Gerilim üçgeni b)Empedans üçgeni

Şekil 3.9'daki vektörlerin faz açısı için

$$\tan\varphi = \frac{U}{U_R} = \frac{U_C}{R}$$

Veya

$$\cos\varphi = \frac{U_R}{U} = \frac{R}{Z}$$



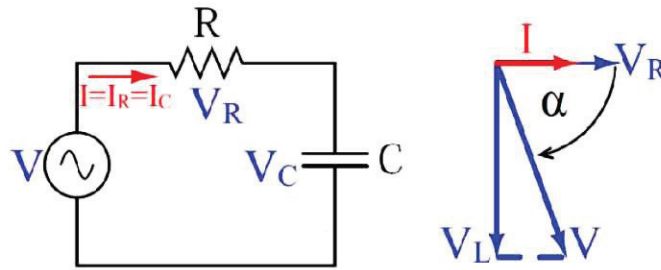
Şekil 3.10: Devrenin vektör diyagramı

tg veya Cos  $\phi$  hesaplanırsa  $\phi$  açısının değeri trigonometrik cetvelden bulunur. Seri R-C devresinde direnç ve kapasitör elemanları A.C gerilim kaynağı ile seri bağlanılır.

- Toplam gerilim direnç ve kapasitör gerilimleri toplamına eşittir, toplam
- Akım ise hem direnç hem de kapasitör üzerinden geçer.
- Direnç akımı ve gerilimi arasında faz farkı yoktur.
- Kapasitör gerilimi kapasitör akımını 90geriden takip eder. Bu durumda

Şekil 3.10'deki vektör diyagram ortaya çıkar.

*Devrenin toplam gerilimi V, toplam akım I'dan  $\alpha$  açısı kadar geridedir.*



Şekil 3.11: Seri R-C devresi ve akım-gerilim faz ilişkisi

Şekil 3.11'de görülen seri R-C devresinde;

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

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

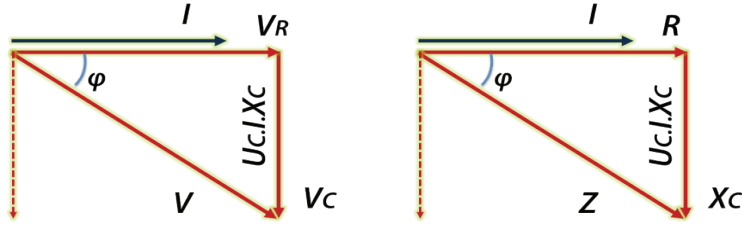
$$\text{Ohm kanunundan } V_R = I \cdot R \text{ ve } V_C = I \cdot X_C \Rightarrow V = \sqrt{(I \cdot R)^2 + (I \cdot X_C)^2}$$

$$V_R = I \cdot R \text{ ve } V_C = I \cdot X_C \Rightarrow V = \sqrt{(I \cdot R)^2 + (I \cdot X_C)^2}$$

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

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

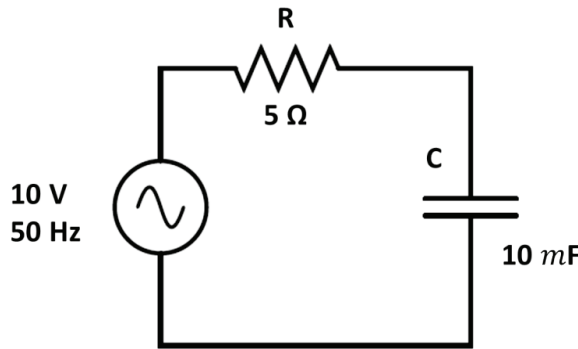
Şeklinde ifade edilir. Bu formüller elde edildikten sonra gerilim ve empedans üçgenleri şekil 3.11'de görüldüğü gibi çizilebilir.



Şekil 3.12: Seri R-C devresinde gerilim ve empedans üçgenleri

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

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



Şekil 3.13: Seri R-C devresi

$$X_c = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2,3,14 \cdot 60 \cdot 100 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^3}{6,28,6} = \frac{1000}{37,68} = 26,53\Omega$$

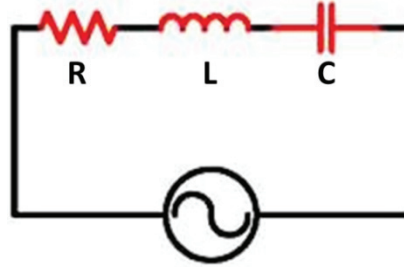
$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{5^2 + (26,53)^2} = \sqrt{25 + 704,08} = \sqrt{729,08} = 27\Omega$$

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

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

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

Seri bağlı direnç - bobin ve kondansatörden oluşan Şekil 3.8' deki devrenin akımı I olsun. R direncinde  $U_R$ , L bobininde  $U_L$  ve C kondansatöründe  $U_C$  gerilimleri düşer.



Şekil 3.14: R-L-C Seri devresi

Akım başlangıç fazı olarak alındığında,  $U_R$  akım ile aynı fazda,  $U_L$  akıma göre  $90^\circ$  ileri fazda ve  $U_C$  akıma göre  $90^\circ$  geri fazda olarak devrenin vektör diyagramı Şekil 3.15 a' daki gibi çizilir.  $U_R, U_L$  ve  $U_C$  nin vektörel toplamı ise devre gerilimi  $U$  'yu verir. Buna göre Şekil 3.14' a dan

$$U^2 = U_R^2 + (U_L - U_C)^2$$

$$\text{veya } U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$$

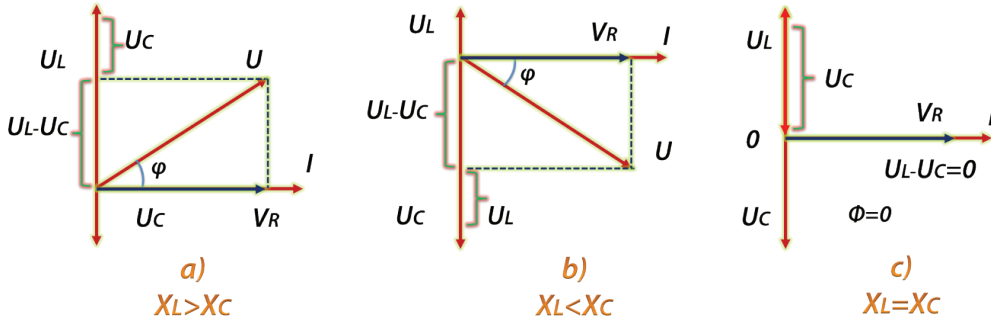
$$U_R = I \cdot R, \quad U_L = I \cdot X_L, \quad U_C = I \cdot X_C, \quad U = I \cdot Z$$

olduğundan formüldeki yerlerine yazılırsa,

$$I \cdot Z = \sqrt{(I \cdot R)^2 + [(I \cdot X_L) - (I \cdot X_C)]^2}$$

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

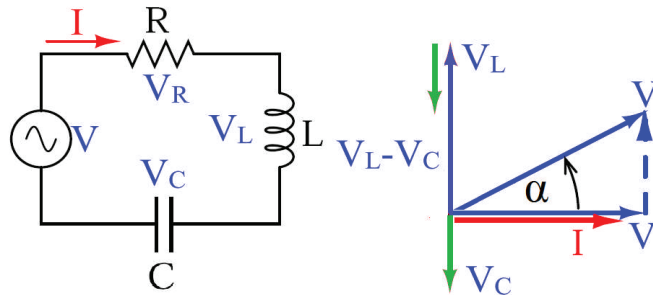
$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$



Şekil 3.15: Vektör diyagramları

Yukarıdaki formülün incelenmesi sonucu, R - L - C seri devrelerinde  $U_C$  durumuyla karşılaşılır. Seri R-L-C devresinde direnç, bobin ve kapasitör elemanlar A.C gerilim kaynağı ile seri bağlanır.

- Direnç üzerindeki  $V_R$  gerilimi akımla aynı fazdadır.
- Bobin gerilimi  $V_L$  ile akım arasındaki faz farkı  $90^\circ$ 'dir Gerilim akımdan  $90^\circ$  ileri fazdadır.
- Kapasitör üzerindeki  $V_C$  gerilimi ise akımdan  $90^\circ$  geridedir.
- Bu duruma göre çizilen Şekil 3.15 deki vektör diyagramında görüldüğü gibi  $V_L$  ve  $V_C$  gerilimlerinin vektörleri aynı doğrultuda fakat aralarında  $180^\circ$  faz farkı vardır. Bu vektör diyagram  $V_L > V_C$  kabul edilerek çizilmiştir.



Şekil 3.16: R-L-C Seri devresi ve akım-gerilim faz ilişkileri

Devrenin toplam gerilimi ile akımı arasında  $\alpha$  açısı kadar faz farkı vardır. Şekil 3.16'de görülen seri R-L-C devresi vektör diyagramından;

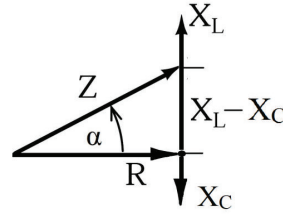
$$V^2 = V_R^2 + (V_L - V_C)^2 \Rightarrow V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2} \text{ (Pisagor teoreminden)}$$

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

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

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

Bu formüller elde edildikten sonra empedans üçgeni çizilebilir.



Şekil 3.17: Seri R-L-C devresinde empedans üçgeni

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

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

$$\sin \alpha = \frac{X_L - X_C}{Z}$$

Örneğin Şekil 3.18'deki seri R-L-C devresinde verilen değerlere göre;

$$X_L = 2\pi.f.L = 2.3,14.60.650.10^{-3} = 6,28.39 = 244,92\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2,3,14 \cdot 60 \cdot 1,5 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^6}{6,28 \cdot 910} = \frac{10^6}{565,2} = 1,769 K\Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{250^2 + (244,92 - 1769)^2} =$$

$$\sqrt{62500 + 2322819} = 1,54 K\Omega$$

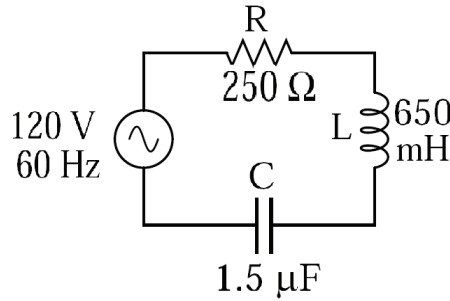
$$I = \frac{V}{Z} = \frac{120}{1,54 \cdot 10^3} = 77 mA$$

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

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

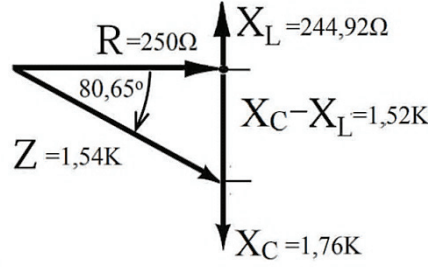
$$V_C = I \cdot X_C = 0,077 \cdot 1540 = 118,58 V$$

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



Şekil 3.18: Seri R-L-C devresi

Kapasitör gerilimi  $V_C$ , bobin gerilimi  $V_L$ 'den den büyük olduğu için  $a$  faz açısı negatif çıkmıştır. Bu durum devrenin kapasitif özellik gösterdiği anlamına gelir. Eğer bobin gerilimi kapasitör geriliminden büyük olsaydı devre endüktif özellik gösterirdi. Bulunan sonuçlar ile empedans üçgeni Şekil 3.19'daki gibi çizilebilir.



Şekil 3.19: Örnek seri R-L-C devresinde empedans üçgeni

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

## 3.4 DİRENÇ-BOBİN PARALEL DEVRESİ (R-L PARALEL DEVRESİ)

### 3.4.1 PARALEL R-L DEVRESİ

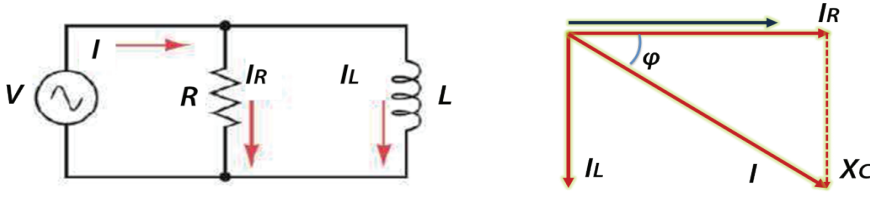
Şekil 3.20 (a)'da bir dirençle bobinin paralel bağlandığı devre görülmektedir. Bobin yine saf olarak düşünülmüştür.

Bu devrede devre gerilimi, her iki elemana da uygulanmaktadır. Devre akımı ise direnç ve bobinden geçen akımların vektörel toplamına eşittir. Bu vektörel değerler bir vektör diyagramı ile gösterilir. Vektörlerin çizimine ortak değer gerilimle başlanır. Dirençten geçen akım ( $I_R$ ), gerilimle aynı fazda ve bobinden geçen akım ( $I_L$ ) gerilimden 90° geri fazlıdır. Şekil 3.19 (b)'de görüldüğü gibi  $I_R$  ile  $I_L$  vektörel olarak toplanırsa, devre akımı ( $I$ ) bulunur.

Paralel R-L devresinde direnç ve bobin elemanları A.C gerilim kaynağı ile paralel bağlanır. Şekil 3.20 (b)'deki vektör diyagram incelenecek olursa;

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



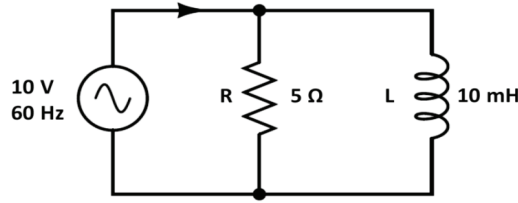


Şekil 3.20: Paralel devresinde akım-gerilim faz ilişkisi

Şekil 3.20 b)'deki paralel R-L devresinin vektör diyagramından;

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

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



Şekil 3.21: Paralel R-L devresi

### ÖRNEK:

Şekil 3.20'deki paralel R-L devresinde verilen değerlere göre  $X_L$ ,  $I_R$ ,  $I_L$ ,  $I$ ,  $Z$  ve devrenin faz açısı aşağıdaki gibi hesaplanır.

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

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

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

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

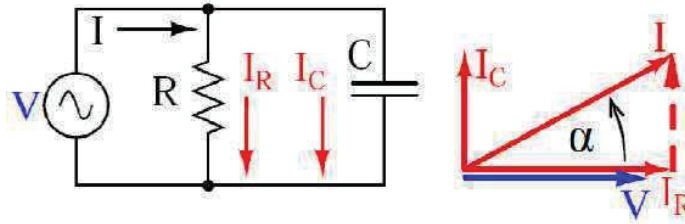
$$Z = \frac{V}{I} = \frac{10}{3,31} = 3,02\Omega$$

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

Devrenin toplam akımı, devre gerilimi ve direnç akımından 52,98° geridedir.

### 3.5 DİRENÇ-KONDANSATÖR PARALEL DEVRESİ (R-C PARALEL DEVRESİ)

Paralel R-C devresinde direnç ve kapasitör elemanları A.C gerilim kaynağı ile paralel bağlanır. Şekil 3.22'deki vektör diyagram incelenecek olursa;



Şekil 3.23:

Şekil 3.22'deki paralel R-C devresinin vektör diyagramından;

- Direnç ve kapasitör elemanları üzerinde aynı genlikte ve fazda kaynak gerilimi olduğu görülür.
- Kapasitör akımı ( $I_C$ ), devre akımından ( $I$ ) 90°leri fazdadır.
- Devre akımı ( $I$ ), direnç akımından ( $I_R$ )  $\alpha$  açısı kadar ileridedir.

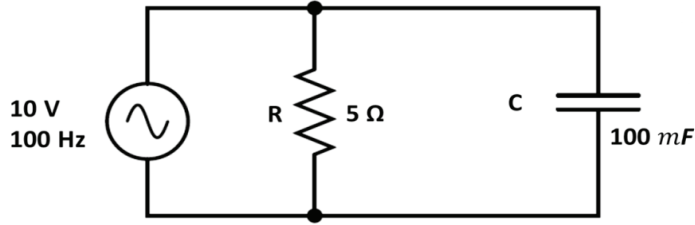
$$I^2 = I_R^2 + I_C^2 \Rightarrow I = \sqrt{I_R^2 + I_C^2} \text{ (Pisagor Teoremi)}$$

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

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

formülünden elde edilir. Faz açısı  $\alpha$  farklı trigonometrik fonksiyonlar;

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



Şekil 3.23: Paralel R-C devresi

Örneğin Şekil 3.23'deki paralel R-C devresinde verilen değerlere göre;

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

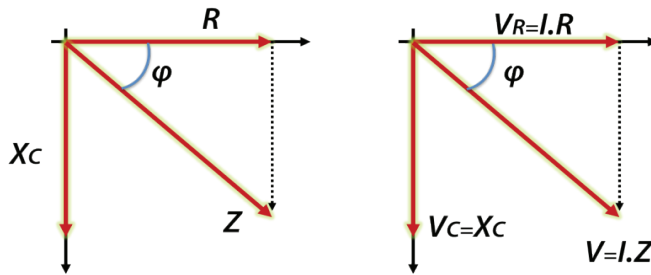
$$I_R = \frac{E}{R} = \frac{10}{5} = 2A$$

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

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

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

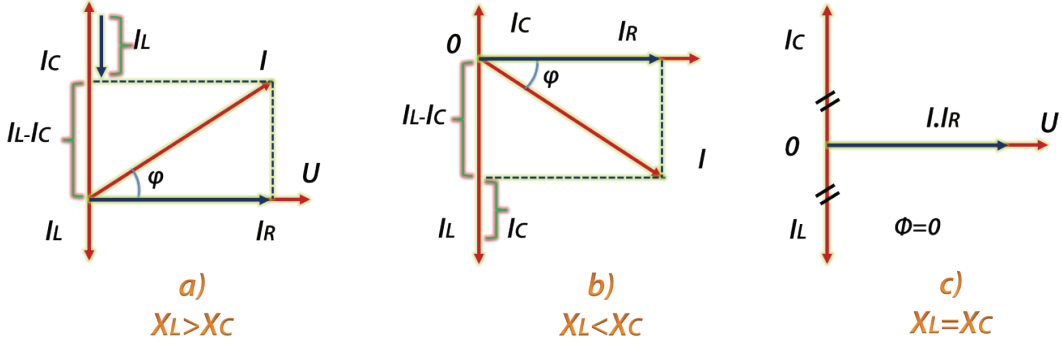
Devrenin toplam akımı, devre gerilimi ve direnç akımından 11,470 ileridedir.



Şekil 3.24: RC devrede direnç, endüktifreaktans empedans ve gerilim bağlantısı

### 3.6 DİRENÇ-BOBİN-KONDANSATÖR PARALEL DEVRESİ (R-L-C PARALEL DEVRESİ)

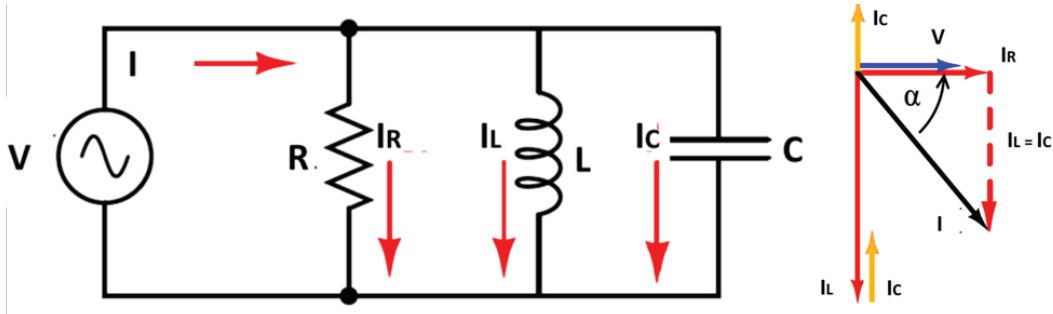
$X_L > X_C$  durumu: Bu durumda endüktif reaktansın değeri kapasitif reaktansın değerinden büyüktür. Bu nedenle kondansatörden geçen  $I_C$  akımı da bobinden geçen  $I_L$  akımından daha büyük olacaktır. Bu durum için vektör diyagramı Şekil 3.25 a)'da gösterilmiştir. Bu vektör diyagramından devre akımı,



Şekil 3.25: Vektör diyagramı

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

Bu formülün her iki tarafı U ile bölünerek empedans için,



Şekil 3.26: Paralel R-L-C devresinde akım-gerilim faz ilişkisi

Şekil 3.26'da görülen paralel R-L-C devresinin vektör diyagramından;

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

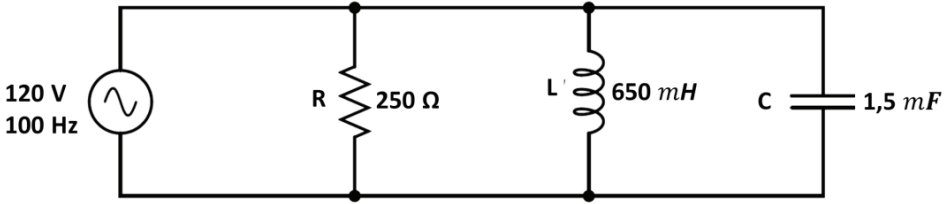
$$I_R = \frac{V}{R} \quad I_C = \frac{V}{X_C} \quad I_L = \frac{V}{X_L}$$

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

$$\tan \alpha = \frac{I_L - I_C}{I_R}, \sin \alpha = \frac{I_L - I_C}{I}, \cos \alpha = \frac{I_R}{I}$$

eşitlikleri ile bulunabilir.

Örneğin Şekil 3.27'deki paralel R-L-C devresinde verilen değerlere göre;



Şekil 3.27: Paralel R-L-C devresi

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

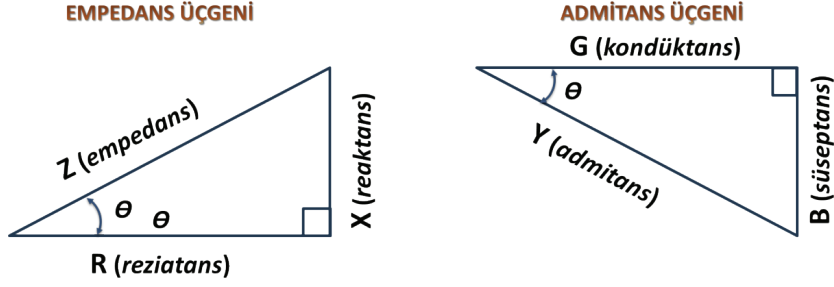
Admitans kavramıyla birlikte A.C devre analizlerinde kullanılan iki kavram daha vardır. Bunlardan biri kondüktans değeri de süseptanstır. Kondüktans direncin tersidir. G ile gösterilir ve birimi siemens (S) dir. Süseptans ise reaktansın tersidir. B ile gösterilir ve birimi siemens (S) dir.

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

Paralel R-L-C devresinde empedans ve admitans üçgenleri şekil 3.28'de gösterilmiştir.

# 1. SINIF ELEKTRİK TESİSATÇILIĞI

## ELEKTROTEKNİK



Şekil 3.28: Paralel R-L-C devresinde empedans ve admitans üçgenleri

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L = 2.3,14.100.650.10^{-3} = 6,28.65 = 408,2\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2.3,14.100.1,5 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^6}{6,28.150} = \frac{10^6}{942} = 1,06K\Omega$$

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

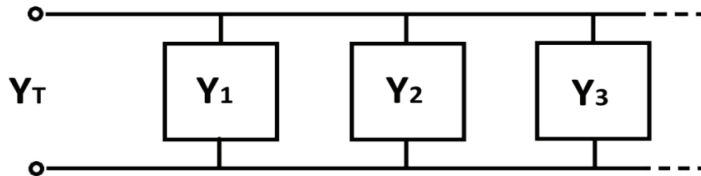
$$I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{120}{1061} = 0,113A$$

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

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

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

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

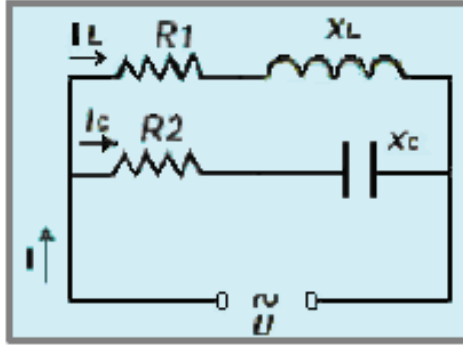


Şekil 3.29: Paralel R-L-C devresinde admitans

Paralel R-L-C devresinde eş değer empedans, eş değer admitans yardımıyla da bulunabilir (Şekil 3.27). Paralel R-L-C devresinde eş değer admitans bütün admitansların toplamıdır. Eş değer admitans bulunduktan sonra tersi alınarak empedans bulunabilir.

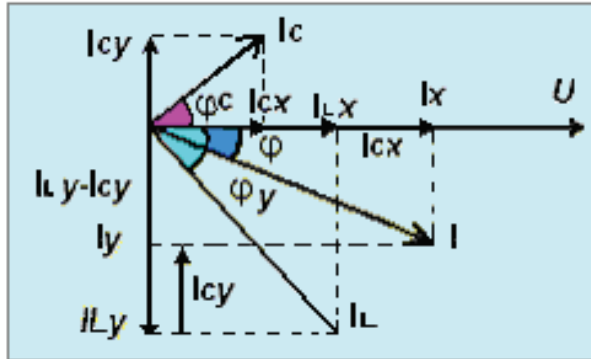
### 3.7 SERİ VE PARALEL (KARIŞIK) DEVRELER

Birbirleriyle hem seri hem de paralel olarak (karışık) bağlanmış olan R-L-C devre elemanlarından oluşan devrelere, seri-paralel (karışık) devreler denir. Bir fazlı kondansatörlü motorlar, birçok elektronik devreler ve cihazlar, karışık devrelere örnek olarak verilebilir. Bu devrelerin çözümünde, her bağımsız seri veya paralel devrenin çözümü yapılarak akımı, gerilimi ve faz açısı bulunur.



Şekil 3.30: Seri-paralel devreler

Bulunan değerler, bir vektör diyagramında vektörel olarak toplanarak devrenin; akımı, gerilimi, güç katsayıları, empedansları ve güçleri hesaplanır. Ayrıca devrede elemanların uçlarına voltmetre, ampermetre ve osiloskop bağlayarak devrenin çeşitli değerleri ölçülebilir.



Şekil 3.31: Seri-paralel devrenin vektör diyagramı

#### ÖRNEK:

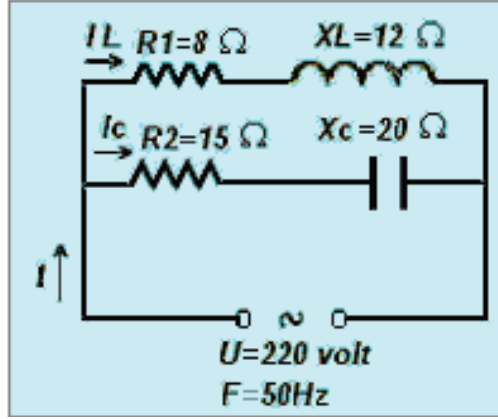
Şekil 3.30'daki gibi bağlanmış karışık devrede istenenleri bulunuz.

- Kol akımlarını
- Kol akımları ile devre gerilimi arasındaki faz açılarını

# 1. SINIF ELEKTRİK TESİSATÇILIĞI

## ELEKTROTEKNİK

- C) Devre akımını  
D) Devrenin faz açısını

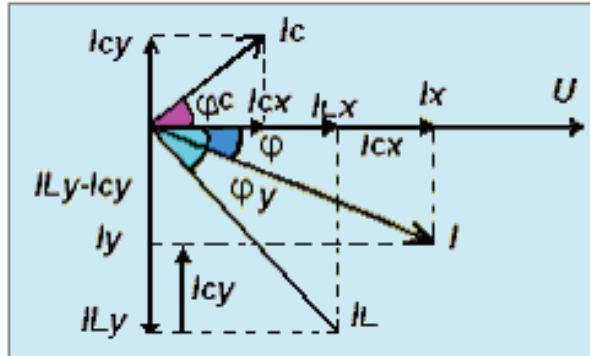


Şekil 3.32: Karışık R-L-C devresi

**Çözüm:**

$$A) I_L = \frac{U}{\sqrt{R_1^2 + X_L^2}} = \frac{220}{\sqrt{8^2 + 12^2}} = \frac{220}{\sqrt{208}} = 15,25 \text{ A}$$

$$I_C = \frac{U}{\sqrt{R_2^2 + X_C^2}} = \frac{220}{\sqrt{15^2 + 20^2}} = 8,8 \text{ A}$$



Şekil 3.33: Problemin vektör diyagramı



B) Endüktif kolun faz açısı:  $\tan \varphi_L = \frac{X_L}{R_1} = \frac{12}{8} = 1,5 \rightarrow \varphi_L = 56,3^\circ$  (endüktif)

$\cos \varphi = 0,55$   $\sin \varphi = 0,83$

Kapasitif kolun faz açısı:  $\tan \varphi_C = \frac{X_C}{R_2} = \frac{20}{15} = 1,33 \rightarrow \varphi_C = 53,13^\circ$  (kapasitif)

$\cos \varphi = 0,6$   $\sin \varphi = 0,8$

C) Devre akımlarını bulmak için kol akımlarının yatay ve dikey bileşenleri bulunur.

$I_{LX} = I_L \cdot \cos \varphi_L = 15,25 \cdot \cos 56,3 = 15,25 \cdot 0,55 = 8,38$  A

$I_{LY} = I_L \cdot \sin \varphi_L = 15,25 \cdot \sin 56,3 = 15,25 \cdot 0,83 = 12,65$  A

$I_{CX} = I_C \cdot \cos \varphi = 8,8 \cdot \cos 53,13 = 8,8 \cdot 0,6 = 5,28$  A

$I_{CY} = I_C \cdot \sin \varphi = 8,8 \cdot \sin 53,13 = 8,8 \cdot 0,8 = 7,04$  A bulunur.

Bulunan bu kol akımının bileşenlerinden devre akımının yatay bileşeni (x) ve dikey bileşeni (y) bulunur.

$I_X = I_{LX} + I_{CX} = 8,38 + 5,28 = 13,66$  A  $I_Y = I_{LY} - I_{CY} = 12,65 - 7,04 = 5,61$  A

Buradan da devre akımı:

$I = \sqrt{I_X^2 + I_Y^2} = \sqrt{13,66^2 + 5,61^2} = 14,76$  A bulunur.

D) Devrenin faz açısı:

$\tan \varphi = \frac{I_Y}{I_X} = \frac{5,61}{13,66} = 0,38$  den  $\varphi = 20,8^\circ$  bulunur.

$\cos 20,8^\circ \rightarrow \cos \varphi = 0,93$   $\sin 20,8^\circ \rightarrow \sin \varphi = 0,35$

**Not:** Karışık R-L-C devrelerinde hesaplamalar karmaşık ve zor olduğundan

Uygulama Faaliyeti 5'teki bağlantı kurularak istenen değerler ölçü aletlerinden okunarak daha kolay bulunabilir.

## DEĞERLENDİRME SORULARI

*Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.*

1. Seri R-L devresi için aşağıdakilerden hangisi söylenemez?
  - A) Omik dirençteki gerilim düşümü akımla aynı fazdadır.
  - B) Endüktifreaktansta düşen gerilim akımdan  $90^\circ$  geri fazdadır.
  - C) Devre akımı  $I = V/Z$  fomülüyle bulunur.
  - D) Devreden geçen akım, gerilimden  $\varphi$  kadar geri kalır.
2. Seri R-C devresi için aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?
  - A) Devre akımı, devre geriliminden  $\varphi$  faz açısı kadar ileri fazdadır.
  - B) Devrenin empedansı Z, R, ve XC dirençlerinin toplamına eşittir.
  - C) Devre akımı  $I = Z/V$  fomülüyle bulunur.
  - D) Kondansatörün uçlarındaki kapasitif reaktans gerilim düşümü akım  $180^\circ$  geri fazdadır.
3. Seri R-L-C devresinde  $R = 15\Omega$ ,  $X_L = 24\Omega$ ,  $X_C = 4\Omega$  ve alternatif gerilim kaynağının etkin değeri 100V ise devreden geçen akımın etkin değeri kaç amperdir?
  - A) 2
  - B) 3
  - C) 4
  - D) 8
4. Seri R-L devresinde direnç üzerindeki gerilimin bobin üzerindeki gerilime oranı  $V_R/V_{XC} = 3/4$  ise bu devrede faz açısının kosinüsü ( $\cos \varphi$ ) aşağıdakilerden hangisidir?
  - A)  $3/5$
  - B)  $3/4$
  - C) 1
  - D)  $4/3$
5. Seri R-C devresinde  $R = 4\Omega$ ,  $X_C = 3\Omega$ , A.C kaynak geriliminin etkin değeri 100V ve akımın etkin değeri I1, seri bir R-L-C devresinde  $R = 3\Omega$ ,  $X_L = 7\Omega$ ,  $X_C = 3\Omega$ , A.C kaynak geriliminin etkin değeri I2 ise I1/I2 oranı aşağıdakilerden hangisidir?
  - A) 4
  - B) 3
  - C) 2
  - D) 1