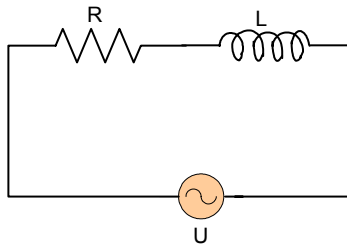


ALTERNATİF AKIMDA SERİ DEVRELER

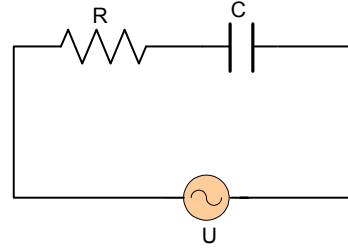
- 3.1 R-L (DİRENÇ - BOBİN) SERİ BAĞLANMASI
- 3.2 R-C (DİRENÇ - KONDANSATÖRÜN) SERİ BAĞLANMASI
- 3.3 R-L-C (DİRENÇ-BOBİN - KONDANSATÖR) SERİ BAĞLANMASI
- 3.4 R-L-C SERİ DEVRESİNDE GÜÇ

ALTERNATİF AKIMDA SERİ DEVRELER

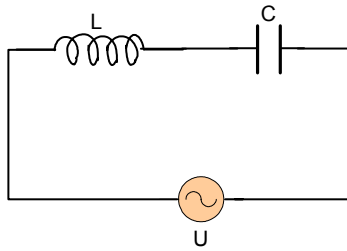
Direnç, bobin ve kondansatör elemanları tek olarak devrede kullanıldığı gibi bu elemanlar kendi aralarında çeşitli bağlantılı olarak aynı devrede kullanılabilirler. Bağlama çeşitlerinden bu elemanların aynı devre üzerinde seri bağlantı şekilleri oluşturularak alternatif akımda davranışları incelenecektir.



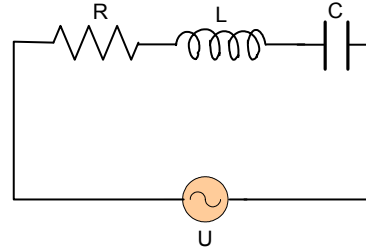
R-L seri devresi



R-C Seri devresi



L-C seri devresi



R-L-C seri devresi

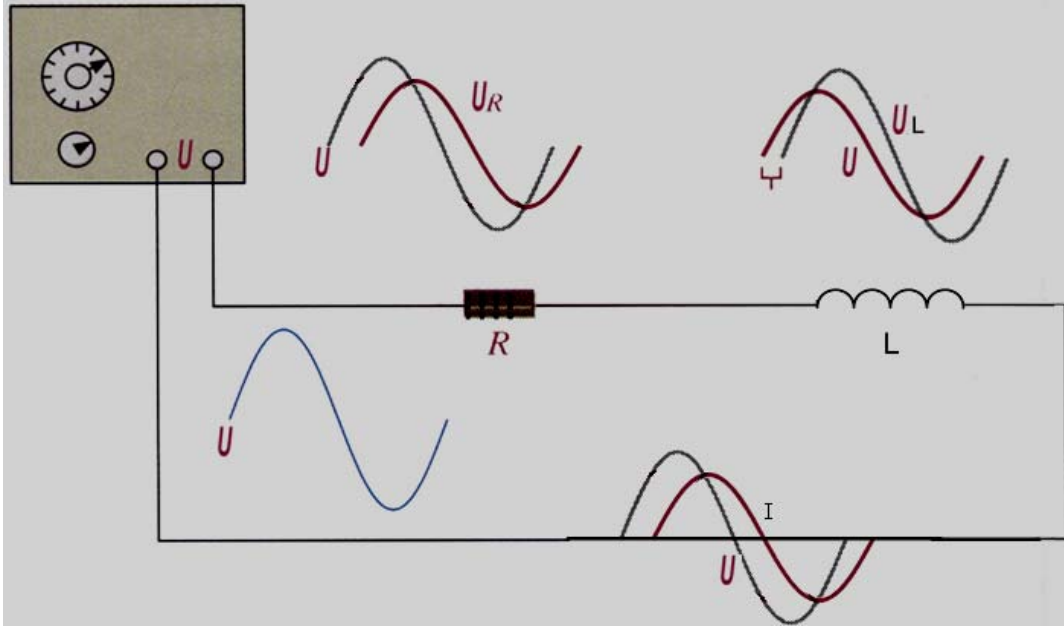
Şekil3.1 Alternatif Akım seri bağlantı devre şekilleri

Seri bağlı alternatif akım devrelerinin önemli üç kuralı vardır. 1) Seri bağlı bütün elemanlardan aynı akım geçer. Bunun için devrenin vektör diyagramının çiziminde, akım referans vektörü olarak alınır. 2) Devreye uygulanan U gerilimi, elemanların uçlarında düşen gerilimlerin vektörel toplamına eşittir. 3) Devrenin akıma karşı gösterdiği toplam zorluk (direnç), devre elemanlarının ayrı ayrı gösterdiği zorlukların vektörel toplamına eşittir.

3.1 R-L (DİRENÇ - BOBİN) SERİ DEVRESİ

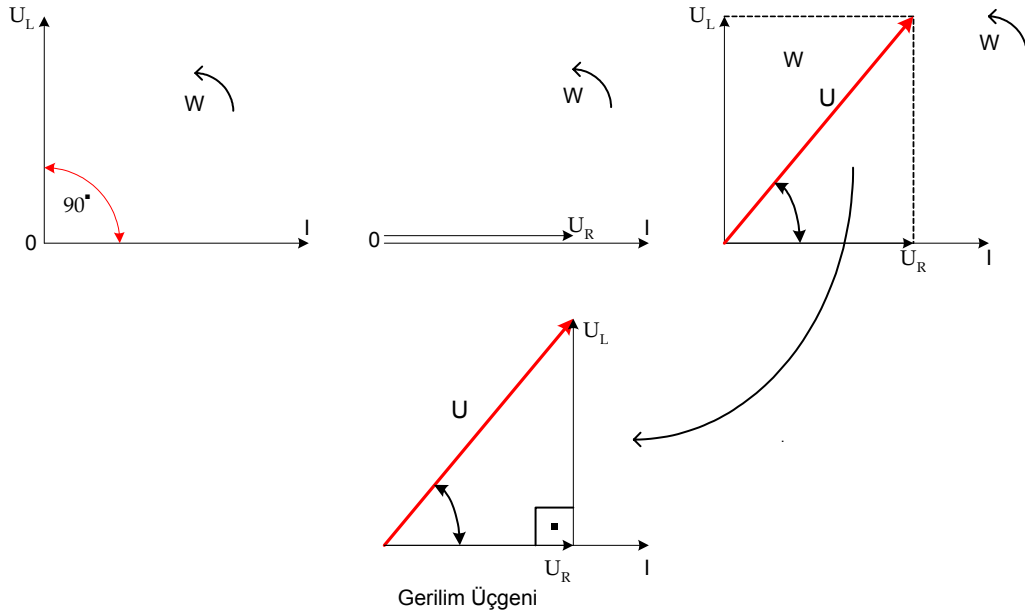
Çeşitli üretimlerde R-L seri devresine rastlamak mümkündür. Bunlar elektrik makineleri, flüoresan lamba tesisatları, trafolar gibi seri R-L özellikleri gösterir. Bu elemanları laboratuvar ortamında seri bağlanıp uçlarına sinyal jeneratöründen bir alternatif akım verildiğinde devre elemanlarındaki akım ve

gerilim değişimleri ve oluşturdıkları faz farklılıkları görülebilir. Bu faz farkları osiloskop da görülebileceği gibi teorik olarak da ilerleyen konularda hesaplanması yapılacaktır. Şekil3.2 de direnç ve bobinin seri bağlandıklarında uçlarındaki gerilim eğrisi ve üzerinden geçen akım eğrileri eleman üzerlerinde gösterilmiştir.



Şekil3.2 R-L seri devresinde akım ve gerilim eğrileri

Şekil3.2 deki devre incelendiğinde sinyal jeneratöründen bir akım çekilmektedir. Önceki konularda elemanların tek olarak alternatif akımdaki davranışları incelenirken direnç elemanının üzerinden geçen akımla uçlarında düşen gerilim arasında faz farkı meydana getirmediği sadece akımın genliğinin değiştiği açıklanmıştı. Bobin elemanı ise üzerinden geçen akımla uçlarındaki gerilim arasındaki gerilim arasında 90° faz farkı meydana geldiği de önceki konularda açıklanmıştı. Bu hatırlatmalardan sonra bu elemanlar seri bağlandığında, seri devre özelliklerinden, kaynaktan çekilen akım aynen bu elemanlardan geçeceğinden referans alınacak olan akımdır. Bu referans doğrultusunda eleman uçlarındaki gerilimi ve kaynak geriliminin vektörünün çizimi ve gerilim üçgenin elde edilmesi şekil3.3 de gösterilmiştir.



Şekil3.3 R-L seri devresinde gerilim üçgeninin elde edilmesi

Şekil3.2 deki R-L seri devresinde sinyal jeneratöründen çekilen I akımdır. Bu akım elemanlar üzerinden geçerken direnç uçlarında $U_R = I.R$ ve endüktif reaktansın uçlarında $U_L = I.X_L$ gerilim düşümlerine sebep olur. Yukarıda da açıklandığı gibi dirençte düşen U_R gerilimi içinden geçen akımla aynı fazda ve özindükleme bobinin reaktif direncinde düşen U_L gerilimi ise içinden geçen akımdan 90° ileri fazdadır. Kırşofun gerilim kanunu uygulandığında kaynak gerilimi eleman uçlarındaki gerilim düşümlerinin toplamına eşit olacaktır. Fakat alternatif akım vektörsek olduğundan cebirsel toplanmaz vektörsel toplanması gerekir.

$$U = U_R + U_L$$

Şekil3.3 deki devrede dikkat edilirse kaynak gerilimi akımdan ϕ açısı kadar ileri fazdadır. Vektör diyagramında gösterilen akım ve gerilim vektörleri, sinüzoidal akımın ve gerilimin etkin değerini gösterirler. Gerilim üçgeninden gerilim değerleri ve akımla gerilim arasındaki R-L devresindeki faz açısı aşağıdaki şekilde olur.

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

$$\sin \phi = \frac{U_L}{U}, \quad \cos \phi = \frac{U_R}{U}, \quad \tan \phi = \frac{U_L}{U_R}, \quad \phi = \tan^{-1} \left(\frac{U_L}{U_R} \right)$$

$U = \sqrt{U_R^2 + U_L^2}$ formülünde U_R ve U_L değerlerini akım ve direnç değerleri cinsinden eşitliği yazılarak formülde yerlerine koyalım.

$$U_R = I.R \quad U_L = I.X_L \quad U = \sqrt{(I.R)^2 + (I.X_L)^2} = I\sqrt{R^2 + X_L^2}$$

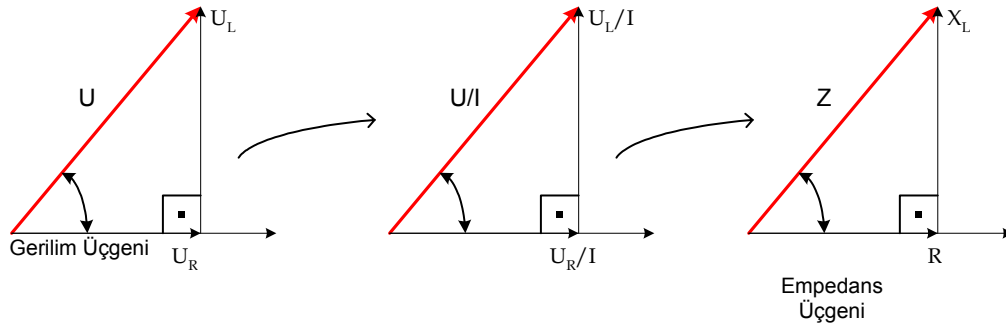
$$\frac{U}{I} = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

Ohm kanunu hatırlanırsa gerilimin akıma oranı bize, ohm olarak devrenin geçen akıma karşı gösterdiği zorluğu verir. Omik direnç ve endüktif reaktansın akımın akışına gösterdiği zorluğa empedans denir. Empedans Z harfi ile ifade edilir ve birimi ohmdur.

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

$\tan \varphi = \frac{X_L}{R}$ den akımla gerilim arasındaki faz açısı $\varphi = \tan^{-1}(\frac{X_L}{R})$ dir.

Şekil3.4 de empedans üçgeninin çıkarılması görülmektedir.



Şekil3.4 Empedans üçgeni elde edilmesi

R-L seri devresinin empedansı, empedans dik üçgeninden Z çekilirse direnç ve endüktif reaktansdan faydalanılarak bulunur.

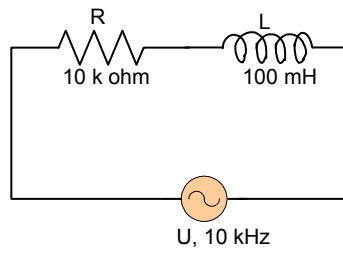
$$Z^2 = R^2 + X_L^2, \quad Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

Aynı zamanda Ohm kanununa göre $Z = U/I$ dir. Buradan devre akımı aşağıdaki gibi bulunur.

$$I = \frac{U}{Z} \quad \text{veya} \quad I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$$

Örnek3.1

Şekil3.5 deki seri bağlı elemanlar üzerinden $200 \mu\text{A}$ geçmektedir. Bu akımı veren devre gerilimini ve akımla gerilim arasındaki faz farkı açısını bulunuz.



Şekil3.5

Çözüm3.1:

$$X_L = 2\pi f \cdot L = 2\pi(10\text{kHz}) \cdot (100\text{mH}) = 6,28\text{k}\Omega$$

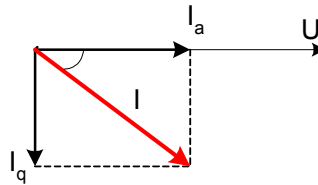
$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{(10\text{k}\Omega)^2 + (6,28\text{k}\Omega)^2} = 11,8\text{k}\Omega$$

$$U = I \cdot Z = (200\mu\text{A}) \cdot (11,8\text{k}\Omega) = 2,36\text{V}$$

$$\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{X_L}{R}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{6,28\text{k}\Omega}{10\text{k}\Omega}\right) = \tan^{-1}(0,628) = 31,1^\circ$$

R-L Seri Devresinde Güç

U gerilimi ve φ kadar geride I akımının gerilimle aynı fazlı ve gerilimle dik fazlı bileşenleri vardır. Gerilimle aynı fazlı olan bileşeni direnç elemanı üzerinde harcanan güçü dik fazlı bileşeni ise bobin üzerinde harcanan güçü ifade eder. Şekil3.6 da görülmektedir.



Şekil3.6

Akımın aktif bileşeni I_a ve reaktif bileşeni ise I_q dir. R-L seri devresinde akımın aktif bileşeni $I_a = I \cdot \cos \varphi$ ve reaktif bileşeni ise $I_q = I \cdot \sin \varphi$ dir. Güç akımla gerilimin çarpımına eşit olduğu önceki konularda anlatılmıştı. Bu duruma göre direnç elemanı üzerinde harcanan güç aktif güç ve bobin üzerinde harcanan güç ise reaktif güç olacaktır. Bu güçlerin formülleri aşağıdaki gibidir.

Aktif güç $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$ Reaktif güç $Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$ formülleri ile bulunur. Burada $\cos \varphi$ 'ye güç katsayısı denir. Aktif güç devrenin iş yapan gücüdür. Isıtıcıların ve motorların aktif güçleri belirtilir. Reaktif güç, devrede kaynaktan çekilip sonra kaynağa geri verilen güçtür. Bunun için reaktif güç iş yapmaz. Bobin ve kondansatör reaktif güç çeken elemanlardır. Bunların dışında birde görünür güç vardır. Bu güçte alternatif akım kaynaklarının güçlerinin belirtilmesinde kullanılır.

Örnek3.2

Bir alternatif akım motoru 220 V'luk şebekede çalışken 3 A'lik akım çekmekte ve güç katsayısı $\cos \varphi = 0,8$ dir. Buna göre bu motorun aktif ve reaktif gücünü bulunuz.

Çözüm3.2:

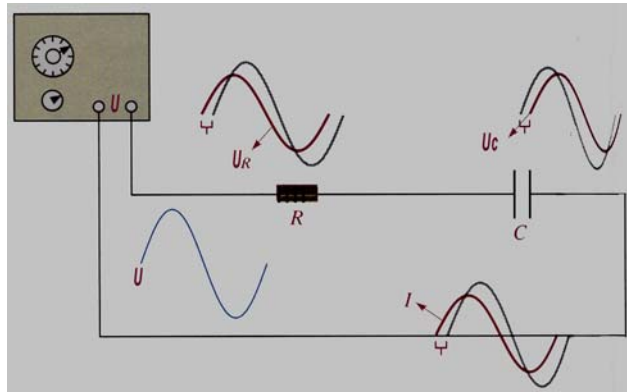
$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = 220 \cdot 3 \cdot (0,8) = 528 \text{ Watt} \quad \cos \varphi = 0,8 \Rightarrow \varphi = 36,86^\circ \Rightarrow \sin 36,86 = 0,6$$
$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi = 220 \cdot 3 \cdot (0,6) = 396 \text{ Var}$$

R-L Seri Devre Özellikleri

- a) Devre akımı, devre geriliminden φ açısı kadar geri fazdadır. Bu sebepten R-L devrelerine geri güç katsayılı devreler de denir.
- b) Omik direnç uçlarındaki omik gerilim düşümü akımla aynı fazdadır.
- c) Endüktif reaktansın uçlarındaki gerilim düşümü, akımdan 90° ileri fazdadır.
- d) U devre gerilimi, U_R ve U_L gerilim düşümlerinin vektörel toplamına eşittir.
- e) Devrenin Z empedansı, R ve X_L dirençlerinin vektörel toplamına eşittir.

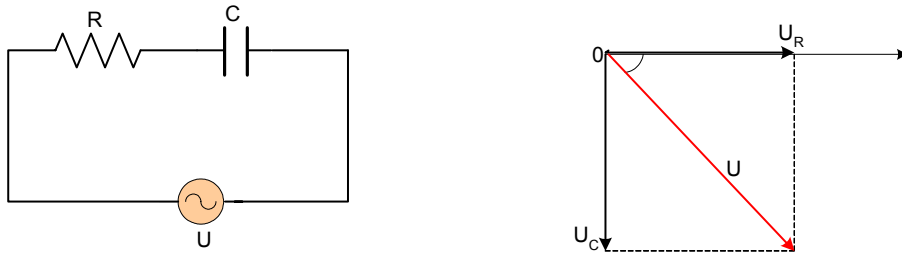
3.2 R-C (DİRENÇ - KONDANSATÖRÜN) SERİ BAĞLANMASI

Seri bağlı direnç ve kondansatör elektronik devrelerde sıkça karşımıza çıkan bir durumdur. Genellikle bütün kondansatörlerin bir direnç etkisi gösterdiği için, Alternatif akım kaynağına bağlanan her kondansatörden bir R-C seri devresine sahiptir. Yani her kondansatörün kapasitif bir de direnci vardır. Şekil3.7de sinyal jeneratörüne seri bağlanmış R-C elemanları ve dalga şekilleri görülmektedir.



Şekil3.7 R-C seri devresi ve dalga şekilleri

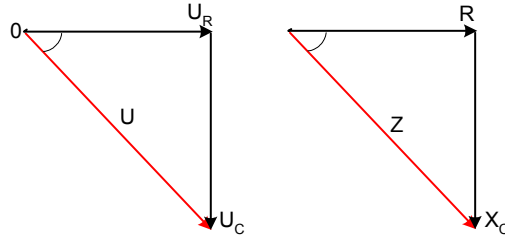
Şekil3.8 de devre şekli ve vektör gösterimi çizilen R-C seri devresinde alternatif bir gerilim uygulandığında; devreden alternatif bir akım geçer. Bu akım R direnci uçlarında U_R , kapasitif reaktansa U_C gerilim düşümleri meydana getirir. Direnç elemanı akımla gerilim arasında faz farkı meydana getirmeyenken kapasitif reaktans ise akımdan 90° geri fazlı bir gerilim düşümüne sebebiyet verir. Bu durum vektör diyagramında görülmektedir.



Şekil3.8 R-C seri devresi ve vektör diyagramı

Vektör diyagramından kaynağın gerilimi U_R ve U_C gerilimlerinin vektörel toplamına eşit olacaktır.

$$U^2 = U_R^2 + U_C^2 \text{ den} \quad U = \sqrt{U_R^2 + U_C^2} \quad \varphi = \tan^{-1}\left(\frac{U_C}{U_R}\right)$$



Şekil3.9 Gerilim ve empedans üçgeni

Empedans dik üçgeninde pisagor bağıntısından R-C devresinin akıma karşı göstermiş olduğu zorluğu verir. Bu zorluğa R-L devresi incelenirken empedans olarak ifade edilmişti burada da aynı ifade kullanılacaktır. Bu ifadenin formülü aşağıdaki gibidir.

$$Z = \frac{U}{I} \quad Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} \quad \tan\varphi = \frac{X_C}{R} \quad \varphi = \tan^{-1} \frac{X_C}{R}$$

Kaynaktan çekilen akım Ohm kanununa göre gerilimin empedansa bölümü olarak anlatılmıştı R-C devresinde kaynaktan çekilen akım aşağıdaki şekilde bulunur.

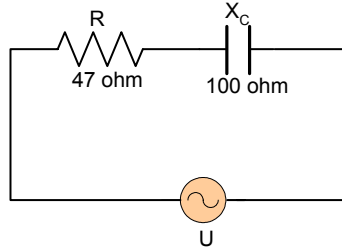
$$I = \frac{U}{Z} \quad I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$

R-C Seri Devre Özellikleri

- a) Devre akımı, devre geriliminden φ faz açısı kadar ileri fazdadır. Bu sebepten R-C devrelerine ileri güç katsayılı devreler de denir.
- b) Omik direncin uçlarındaki U_R gerilim düşümü, akımla aynı fazdadır.
- c) Kondansatörün uçlarındaki U_C kapasitif reaktans gerilim düşümü, akımdan 90° geri fazdadır.
- d) U gerilimi U_R ve U_C gerilim düşümlerinin vektörel toplamına eşittir.
- e) Devrenin empedansı, R ve X_C dirençlerinin vektörel toplamına eşittir.

Örnek3.3:

Şekil3.10 da verilen alternatif akım devresinde devrenin empedansını ve faz açısını bulunuz.

**Şekil3.10****Çözüm3.3:**

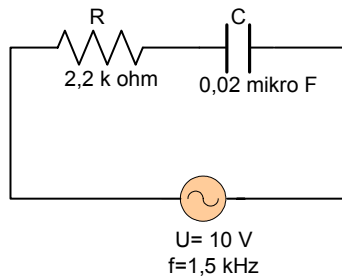
Empedans;

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2} = \sqrt{(47\Omega)^2 + (100\Omega)^2} = 110\Omega$$

$$\text{Faz açısı } \varphi = \tan^{-1}\left(\frac{X_c}{R}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{100\Omega}{47\Omega}\right) = \tan^{-1}(2) = 67,8^\circ$$

Örnek3.4

Şekil3.11 deki alternatif akım devresinde kaynaktan çekilen akımı ve güç katsayısını bulunuz.

**Şekil3.11****Çözüm3.4**

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi(1,5\text{kHz})(0,02\mu\text{F})} = 5,3\text{k}\Omega$$

$$\text{Devrenin empedansı } Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{(2,2k\Omega)^2 + (5,3k\Omega)^2} = 5,74k\Omega$$

$$\text{Kaynaktan çekilen akım } I = \frac{U}{Z} = \frac{10V}{5,74k\Omega} = 1,74mA$$

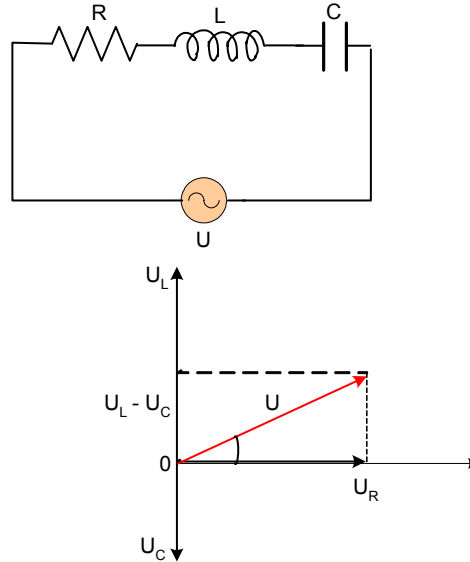
Güç katsayısı $\cos\varphi$

$$\tan\varphi = \frac{X_C}{R} \rightarrow \varphi = \tan^{-1}\left(\frac{X_C}{R}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{5,3k\Omega}{2,2k\Omega}\right) = \tan^{-1}(2,4) = 67,45^\circ$$

$$\cos\varphi = \cos(67,45^\circ) = 0,38$$

3.3 R-L-C (DİRENÇ-BOBİN - KONDANSATÖR) SERİ BAĞLANMASI

Seri bağlı R-L-C den meydana gelen şekil3.12 deki devreye alternatif bir gerilim uygulandığında devreden sinüzoidal bir akım elemanlar üzerinden akmaya başlar. Bu akım eleman uçlarındaki gerilim ve kaynak gerilimi ile şekil3.12de vektör diyagramında gösterildiği gibi bir faz farkı meydana getirir. Devredeki bobinin endüktif reaktansına veya kondansatörün kapasitif reaktansına göre devre R-L veya R-C seri devre özelliği gösterir.



Şekil3.1 2R-L-C seri devresi ve vektör diyagramı

Devredeki R, L, C elemanlarından geçen bu R direnci uçlarında $U_R = I.R$ gerilim düşümüne, L özindükleme bobinin uçlarında $U_L = I.X_L$ gerilim

düşümüne, C kondansatörünün uçlarında $U_C = I.X_C$ gerilim düşümüne sebep olur.

Dirençte düşen U_R gerilimi akımla aynı fazdadır. Akımla gerilim arasındaki faz farkı sıfırdır. Özindükleme bobininde düşen gerilimle akım arasındaki faz farkı açısı 90° dir. Gerilim akımdan 90° ileri fazdadır. Kondansatörde düşen gerilim ise akımdan 90° geridedir. Bu duruma göre çizilen vektör diyagramında görüldüğü gibi U_L ve U_C gerilimleri aynı doğru üzerinde fakat vektör yönleri farklı durumdadır. Bu vektör diyagramında $U_L > U_C$ olarak kabul edilerek çizilmiştir. Vektör diyagramından U gerilim formülü ortaya aşağıdaki gibi çıkacaktır.

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

$$\sin \varphi = \frac{(U_L - U_C)}{U} \quad \cos \varphi = \frac{U_R}{U} \quad \tan \varphi = \frac{(U_L - U_C)}{U_R}$$

vektör diyagramından;

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{(U_L - U_C)}{U_R} \right)$$

$U_R = I.R$, $U_L = I.X_L$ ve $U_C = I.X_C$ gerilim denkleminde yerlerine yazılması ile kaynağın gerilimi $U = I.\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ direnç kapasitif, endüktif reaktanslar ile gerilim formülü elde edilir.

Elde edilen gerilim formülünde eşitliğin her iki tarafı I ya bölünürse U/I durumu akımın akışına zorluk gösterme durumunu ifade ettiğini biliyoruz. Bu oranda empedansdır.

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

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad \tan \varphi = \frac{X_L - X_C}{R} \quad \cos \varphi = \frac{R}{Z}$$

$$\text{Kaynaktan çekilen akım } I = \frac{U}{Z} \quad \text{veya } I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

R-L-C Seri Devre Özellikleri

- a) Endüktif reaktansın kapasitif reaktanstan büyük olması ($X_L > X_C$) R-L-C seri devresi R-L devre özelliği gösterir.
- b) Endüktif reaktansın kapasitif reaktanstan küçük olması ($X_L < X_C$) R-L-C seri devresi R-C seri devre özelliği gösterir.
- c) Endüktif reaktansın kapasitif reaktansa eşit olması ($X_L = X_C$) devre rezonans durumundadır.

$X_L > X_C$ Durumu: R-L-C seri devresinde X_L endüktif reaktansı X_C de kapasitif reaktanstan büyük olduğu durumdur. Bu değerlerin durumuna göre eleman uçlarındaki gerimi düşümleri $U_L > U_C$ dir. Şekil3.12de bu durumun vektör diyagramı çizilmiştir. Bu vektör diyagramından çıkarılan formüllerle devrenin analizi yapılabilir.

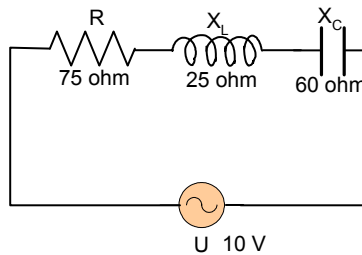
$X_L > X_C$ olduğu için devre akımı, devre geriliminden φ açısı kadar geridedir. Devrenin faz açısı ve güç katsayısı aşağıdaki formüllerle bulunur.

$$\tan \varphi = \frac{U_L - U_C}{U_R} \quad \text{veya} \quad \tan \varphi = \frac{X_L - X_C}{R}$$

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

Örnek3.5

Şekil3.13 deki alternatif gerilime seri bağlanan R, L, C elemanları uçlarındaki gerilim düşümlerini ve akımla gerilim arasındaki faz farkı açısını hesaplayınız.



Şekil3.13

Çözüm3.5

Önce devrenin empedansı bulunarak başlanması gerekir.

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{(75\Omega)^2 + (25\Omega - 60\Omega)^2} = \sqrt{(75\Omega)^2 + (35\Omega)^2} = 82,8\Omega$$

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{10V}{82,8\Omega} = 121mA$$

$$U_R = I.R = (121mA)(75\Omega) = 9,08V$$

$$U_L = I.X_L = (121mA).(25\Omega) = 3,03V$$

$$U_C = I.X_C = (121mA).(60\Omega) = 7,26V$$

$$\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{X_L - X_C}{R}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{35}{75}\right) = 25^\circ$$

$X_L < X_C$ Durumu: Devrede endüktif reaktansın, kapasitif reaktanstan küçük olduğu durumdur. Bu duruma göre L elemanı uçlarındaki gerilim C elemanı uçlarındaki gerilimden düşük olacaktır. Buda devrenin R-C seri devre özelliği göstermesi demek olacaktır. Devrenin gerilimi vektör diyagramı çizilerek çıkarılabilir.

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

Devrenin empedans ve akım gerilim arasındaki faz açısı aşağıdaki formüllerle bulunur.

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2} \quad \tan\varphi = \frac{X_C - X_L}{R} \quad \varphi = \tan^{-1} \frac{X_C - X_L}{R}$$

$X_L = X_C$ Durumu: Endüktif reaktansın ve kapasitif reaktansın eşit olduğundan U_L ve U_C gerilim değerlerinin eşit olduğu durumdur. Endüktif reaktansın ile kapasitif reaktan arasında 180 faz farkı olduğundan reaktansın toplamı sıfırdır. Dolayısı ile devre saf omik devre özelliği gösterir. Direnç üzerinde kaynağın gerilimi görülür. Bu duruma seri rezonans denir.

3.4 R-L-C SERİ DEVRESİNDE GÜÇ

Seri bağlı R-L-C devresinde; endüktif reaktans ile kapasitif reaktansın birbirlerine göre büyük, küçük veya eşit olması devrenin özelliğini değiştirir. Akımın aktif bileşeni direnç elemanı üzerinde harcanan aktif gücü, reaktif bileşeni ise bobin veya kondansatör üzerinde harcanan reaktif gücü verir. Bu güç formülleri aşağıdadır. Bu hiç unutulmamalıdır ki aktif güç omik direnç üzerinde harcanan güçtür.

$$P = U.I.\cos\varphi \text{ Watt}$$

$$Q = U.I.\sin\varphi \text{ VAr}$$