

BÖLÜM 7

REZONANS

7.1 SERİ REZONANS

7.2 PARALEL REZONANS

7. 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 rezonans bahsedemeyiz. Örneğin, RL seri veya RL paralel devrelerde rezonanstaki söz edilemez.

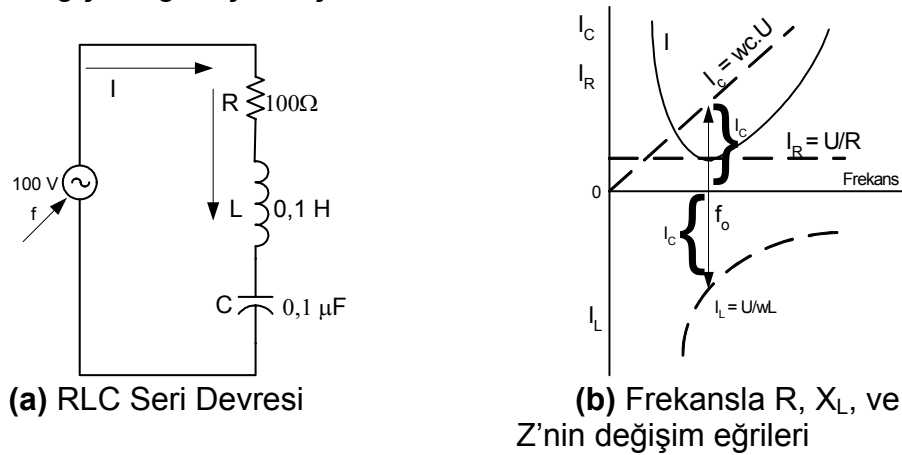
L ve C li bir elektrik devresinde uygulanan gerilim ile geçen akım aynı fazda ise, bu devre rezonans halindedir denir.

7.1 SERİ REZONANS

1. Frekans Değişiminin RLC Seri Devreye Etkisi

Şekil7.1 (a) daki RLC seri devreye uygulanan kaynağın gerilimi 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.

Şekil7.1 (b) de RLC devresindeki R, X_L ve X_C nin frekansla değişim eğrileri gösterilmiştir. Devrenin empedansı $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ her frekans için hesaplanarak değişim eğrisi çizilmiştir.



Şekil7.1

Şekil7.1 (a) daki RLC seri devresi çeşitli frekanslar için çözülerek değerler tablo 7.1 de gösterilmiştir.

F Hz	R Ω	X _L Ω	X _C Ω	X _L -X _C Ω	$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$	$\varphi = \arctan \frac{X}{R}$	i=E/ZA
159	100	100	10 k	-9900	9900	-89.4°	0.0101
660	100	415	2415	-2000	2002	-87.2°	0.0499
1245	100	781	1281	-500	509	-78.7°	0.1965
1515	100	952	1052	-100	141	-45°	0.707
1590	100	1000	1000	0	100	0°	1.000
1760	100	1105	905	200	223	63.4°	0.0488
2575	100	1618	618	1000	1005	84.3°	0.995
15900	100	10000	100	--00	9900	-89.4°	0.0101

Tablo 7.1

Şekil7.1 deki devrede endüktif reaktans kapasitif reaktansa f_0 frekansında eşit olur. Bu frekansta devrenin empedansı $Z=R$ olduğunda kaynaktan çekilen $I=U/Z=U/R$ akımı, gerilimle aynı fazdadır. f_0 'a devrenin **Rezonans Frekansı** denir.

RLC Seri Devresinin Rezonanstaki Özellikleri

- a) Endüktif reaktans, kapasitif reaktansa eşittir. $X_L = X_C$
- b) Empedans minimumdur ve devrenin direncine eşittir. $Z=R$
- c) Devreden geçen akım maksimumdur. $I=U/Z=U/R$
- d) Devre akımı gerilimle aynı fazdadır. $\phi=0$
- e) Kaynak gerilimi R direncinde düşen gerilime eşittir. $U_R=U$, Kondansatörün uçlarındaki gerilim bobinin uçlarındaki gerilime eşittir. $U_C=U_L$ $X_L=X_C$ durumunun sağladığı f_0 rezonans frekansını hesaplayalım.

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

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \cdot C}} \quad \text{Rezonans frekansı formülü}$$

L=Henri ; C=Farad; f_0 = Rezonans frekansı, Hertz

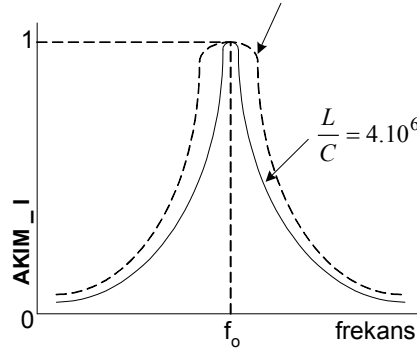
Rezonans frekansı L ve C nin çarpımına bağlıdır. L ve C nin çarpımları aynı olan L ve C si farklı devrenin rezonans frekansı aynı olacaktır. Şekil7.1 deki devrenin rezonans frekansı,

$$f_0 = 1/(2\pi\sqrt{0,1.0,1.10^{-6}}) = 1590 \text{ Hertz}$$

Bu devrede $\sqrt{LC} = \sqrt{0,1.0,1.10^{-6}} = 10^{-4}$ dür. L nin değeri 10 kat artırıldığında (L=1H) devrenin yine aynı frekansta ($f_0=1590$ Hz) rezonansa gelebilmesi için C'nin 10 kat küçük bir değerde olması (C=0.01 μ F) gerekir. Şu halde \sqrt{LC} değeri 10^{-4} olan sayısız RLC devresi hazırlanabilir. Bütün bu devreler 1590 Hz de rezonansa gelir.

Şekil7.1(a) daki devrede L/C oranı 10^6 dir. Rezonansta $X_L=X_C=1000 \Omega$ dur. L iki kat artırılır ve C nin de yarısı alınır (iki kat küçültülürse), LC çarpımı sabit kaldığı için devrenin rezonans frekansı değişmediği halde rezonanstaki $X_L=X_C$ değeri iki kat artarak 2000Ω olur.

Şekil7.1(a) devresinin 1515 Hz deki $X_L=952 \Omega$, $X_C=1052 \Omega$ dur. Devrenin reaktansı $X=X_L-X_C= -100 \Omega$ olduğu halde L/C oranı 4 kat artırıldığında 1515 Hz deki reaktans $X= X_L-X_C = - 200 \Omega$ iki kat artmış olur. Dolayısıyla, L/C oranı arttıkça empedans büyüyeceğinden akım azalır. Akım eğrisi L/C oranı arttıkça sivrilir. Şekil 7.2 de farklı L/C oranlı devrelerdeki akımın değişim eğrisi görülüyor.



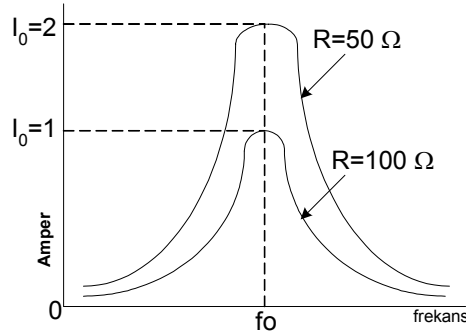
Şekil 7.2 RLC seri devrelerinde L/C oranları için akım değişim eğrileri

2. 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 şekil7.1 (a) daki devreden rezonansta geçen akım $I_0=100/100=1A$ dir. $R=50 \Omega$ iken aynı devreden rezonansta geçen akım $I_0=100/50=2A$ olur.

Şekil 7.3 de frekansla akımın değişim eğrisi görülüyor. R küçüldükçe akım eğrisi sivrileşir. R büyüdükçe de akım eğrisi yayılır, yani sivriliği gider.



Şekil 7.3 RLC Seri Devrede direncin akım eğrisi üzerindeki etkisi

3.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 veriş 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 $= I^2 X_L$ ve hakiki güç $P = R \cdot I^2$ ifadesini Q formülde yerine koyalım.

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

$\omega L = 2\pi fL$ ve rezonans frekansı $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ yi Q de yerine koyarsak;

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{L/C}$$

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.

Örnek 9.1

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

Çözüm 9.1

1. Çözüm Q formülden ,

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

Çözüm 9.1

2. çözüm Devrenin rezonans frekansını bulduktan sonra $Q=X_L/R$ formülü kullanarak da bulunabilir.

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.C}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{50.10^{-6}.200.10^{-12}}} = 1.59 \text{ MHz}$$

$$X_L = 2\pi f_o L = 2\pi.1.59.106.50.10^{-6} = 500\Omega$$

$$Q = X_L / R = 500 / 5 = 100$$

4. Rezonansta Gerilim Yükselişi

RLC seri rezonans devresinde frekans değiştikçe kondansatörün uçlarında düşen U_C ve U_L gerilimleri de değişir. Şekil7.1 (a) devresinde frekans değiştikçe devredeki U_R , U_L ve U_C gerilim düşümleri çeşitli frekanslar için hesaplanarak Tablo 7.2 hazırlanmıştır.

Tablo 7.2 Frekansla U_R , U_L , U_C gerilimlerinin Değişmesi ;

f Hz	$U_R=I_R$ volt	$U_L=I.X_L$ volt	$U_C=I.X_C$ volt
159	0,01	1,01	101
660	4,99	20,7	120
1245	19,65	153,5	252
1515	70,7	675	747
1590	100	1000	1000
1760	44,8	495	406
2575	9,95	161	61,5
15900	1,01	101	1,01

Tablo 7.2

Rezonansta endüktansın ve kondansatörün uçlarındaki gerilimler maksimum değere (1000 volt) çıkmakta, rezonansın ileri tarafındaki frekanslarda ise U_L ve U_C gerilimlerinin düşük olduğu tablodan görülmektedir.

Rezonansta endüktansın veya kondansatörün uçlarındaki gerilimin artışına **rezonanstaki gerilim yükselişi** denir.

$$U_L = I.X_L ; \quad U_C = I.X_C ; \quad I = E / Z = E / R$$

$$U_L = \frac{U}{R}.X_L = U.\frac{X_L}{R} ; \quad U_C = \frac{U}{R}.X_C = U.\frac{X_C}{R}$$

$X_L/R=Q$ yukarıdaki ifadelerde yerlerine konursa; rezonanstaki gerili yükselişi bulunur.

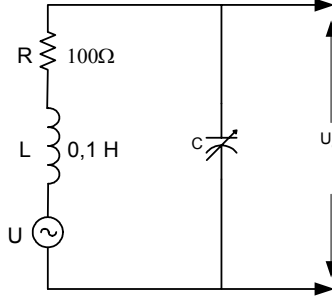
$$U_L = U.Q$$

$$U_C = E .Q$$

U, kaynağının rezonans frekansındaki emk'idir. Q katsayısı genellikle birden büyük olduğu için, Kondansatörün ve endüktansın uçlarındaki gerilimden çok büyüktür. **Q ye gerilim yükseltme katsayısı** da denir.

Rezonansta, U_L ve U_C gerilim düşümleri birbirine eşit ve zıt olduğu için, R direncinin uçlarındaki gerili kaynak gerilimine eşittir.

Rezonanstaki gerilim yükselişinden radyolarda istifade edilir. Radonun anten girişindeki akort devresi Şekil 7.4 de görülüyor. Bu devredeki jeneratörün sembolü anten kuplajı ile meydana gelen sinyali gösterir. Bu devre bir seri rezonans devresidir. C varyabil (değişken) kondansatörünü ayar ederek devre rezonansa getirildiğinde, kondansatörün uçlarından alınan gerilim U sinyal geriliminin Q katı kadar olur. Böylece antenden gelen zayıf U Sinyali kuvvetlendirilmiş olur: Böyle bir devrenin Q su 100 civarında olabilir.

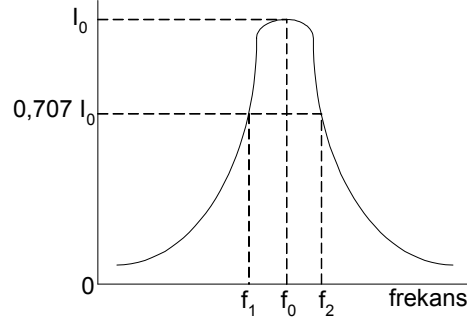


Şekil 7.4 Rezoanasta gerilim yükselişi Radyo anten akort devresi.

5. Seçicilik

Seri RLC devresinden geçen akımın frekansla değişimi Şekil 7.5 de görülüyor. Rezonansta devreden geçen akım I_0 maksimumdur. Bu anda U_C ve U_L gerilimlerini de devreye uygulanan gerilimin Q katı kadardır. Frekans, (f_0) rezonans frekansından daha küçük oldukça devrenin empedansı

büyüyeceğinden devreden geçen akım azalmaya, dolayısıyla U_L ve U_C gerilimleri de küçülmeye başlar. Devreye uygulanan gerilimin frekansı rezonans frekansından itibaren arttıkça, yine empedans büyür ve akım azalmaya başlar.



Şekil 7.5 RLC seri devrede frekansla akımın değişim eğrisi.

f_1 ve f_2 frekanslarında devreden geçen akım, I_0 rezonans akımının $(1/\sqrt{2})$ veya 0.707 katı kadar olması bir akord devresi için yeterli kabul edilir f_1 den küçük ve f_2 den büyük frekanslı sinyaller bu akort devre tarafından yeterli şiddette alınmazlar.

f_1 ve f_2 frekanslarında devreden geçen akımların devrede sebep oldukları güç kaybı $P = R.I^2 = R\left(\frac{I_0}{\sqrt{2}}\right)^2 = \frac{1}{2}R.I_0^2$ vattır. Rezonanstaki güç kaybı $P=R.I_0^2$

olduğuna göre f_1 ve f_2 frekanslarındaki güç kayıpları rezonanstaki güç kaybının yarısına eşittir. Rezonans eğrisi üzerindeki f_1 ve f_2 frekanslarının verdikleri noktalara **yarı güç noktaları** denir.

(f_2-f_1) bize bant genişliğini verir. Rezonans frekansı f_1 ve f_2 frekanslarının geometrik ortalamasına eşittir.

$$f_0 = \sqrt{f_1 \cdot f_2}$$

f_1 frekansında devreden geçen akımı $I_1 = (1/\sqrt{2}) I_0$ olduğuna göre devrenin empedansı rezonanstaki değerinden $\sqrt{2}$ kadar artmış demektir. Rezonansta $Z=R$ olduğundan f_1 deki empedans da $Z_2=\sqrt{2} R$ dir. Empedansın $Z=\sqrt{R^2 + X_L - X_C} = \sqrt{2} R$ olması için $X_L-X_C=R$ olması gerekir.

Frekansın f_0 dan f_2 ye yükselmesinden dolayı X_L deki artış $(R/2)$ olduğu için bu iki değer arasındaki fark $(X_L/X_C) = R$ olur.

Frekans f_0 dan f_1 e düşünce X_L deki azalma ($R/2$), X_C deki artma ($R/2$) olduğu için $X_C - X_L = R$ olur.

f_2 deki X_L nin artması $R/2$, f_1 deki X_L nin artması $R/2$ olduğuna göre $X_{L2} - X_{L1} = R$ olur.

$$2\pi f_2 L - 2\pi f_1 L = R \quad ; \quad 2\pi L (f_2 - f_1) = R$$

$$(f_2 - f_1) = R / 2\pi L$$

Buraya kadar elde edilen ifade bize bant genişliğini verir. Elde edilen bant genişliği formülünde eşitliğin her iki tarafını (f_0) a bölerek ters çevirtelim.

$$\frac{f_0}{f_2 - f_1} = \frac{2\pi f_0 L}{R}$$

Elde edilen bu ifadenin (formülün) eşitliğin sağ tarafı bize devrenin Q sunu verir.

$$Q = \frac{f_0}{f_2 - f_1} = \frac{2\pi f_0 L}{R}$$

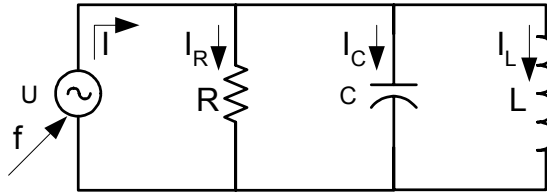
$$f_2 - f_1 = f_0 / Q$$

Devrenin Q su arttıkça, rezonanstaki gerilim yükselmesi artacağından devrenin duyarlılığı (sensivitesi) büyüdüğü gibi bant genişliği daralacağı için devrenin seçiliği (selektivitesi) de artar.

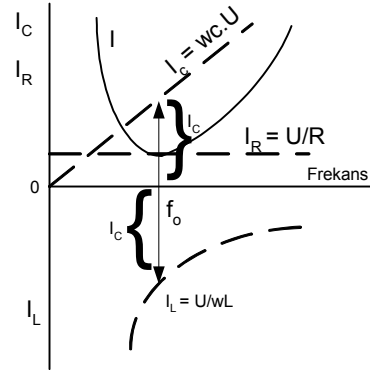
7.2 PARALEL REZONANS

1. Frekans Değişiminin RLC Paralel Devreye Etkisi

Şekil 7.6 saf R, L ve C elemanlarının paralel başladığı bir devreyi gösteriyor. Uygulanan kaynağın emri (U) sabit kaldığı halde frekansının değiştiğini kabul edelim. R direncinden geçen akım frekans değişikliğinden etkilenmeyeceği için sabit kalır. Frekans arttıkça L endüktansının reaktansı artacağı için bu koldan geçen akım azalmaya başlar. Frekans arttıkça C kondansatörünün reaktif direnci azalacağı için bu koldan geçen akım artar. Şekil 7.7 de kollarından geçen akımların frekansa bağlı olarak değişimleri görülüyor.

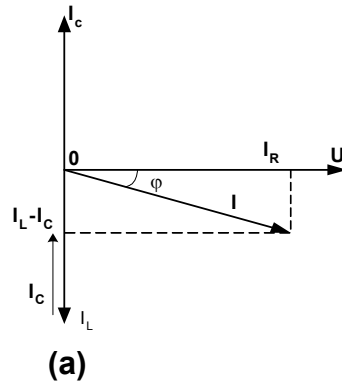


Şekil 7.6 RLC paralele devre

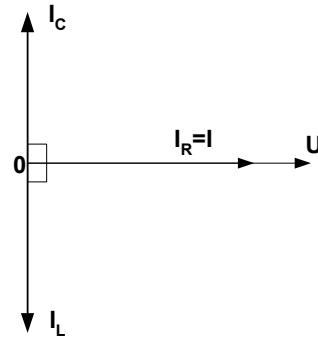


Şekil 7.7 RLC paralel devrede kollardan geçen akımların değişim eğrileri

RLC paralel devrede dirençten geçen I_R akımı, devreye uygulanan emk ile aynı fazda; L den geçen I_L akımı U den 90° ileridedir. kaynaktan çekilen akım I_R , I_L ve I_C kol akımlarının vektörel toplamına eşittir. Şekil 7.8 (a) da vektör diyagramı görülmüyor. Kaynaktan çekilen akım,



(a)



(b)

Şekil 7.8 RLC paralel devresinin vektör diyagramı

Şekil 7.6 daki RLC paralel devresinde kaynaktan çekilen akım ile $U =$ kaynak emk'i aynı fazda olduğunda, devre rezonans halindedir. Şekil 7.8 (b) de görülmüyor. Rezonansta $I = I_R$ dir, yani devre akımı minimumdur.

Şekil 7.7 de $I_L = I_C$ eşitliği f_0 frekansında sağladığı için bu frekansa rezonans frekansı denir. Devrenin rezonans frekansını $I_L = I_C$ eşitliğinden hesaplayalım.

$$E / 2\pi f_0 L = U \cdot 2\pi f_0 \cdot C$$

$$1 / 2\pi f_0 L = 2\pi f_0 \cdot C$$

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

Paralel devrede rezonans frekansını veren formül, seri devrenin rezonans frekansını veren formülün aynısıdır.

RLC Paralel Devrenin Rezonanstaki Özellikleri

- a) Kaynaktan çekilen akım minimum, devrenin empedansı maksimumdur.
- b) $I_L = I_C$ olduğundan, $X_L = X_C$ olur.
- c) Kaynaktan çekilen akım R direncinin çektiği akımdır.
- d) Devre akımı, kaynak gerilimi ile aynı fazdadır. $\varphi = 0^\circ$
- e) L ve C dene geçen akımlar, kondansatörün ve endüktansın karşılıklı şarj ve deşarjından meydana gelir.
- f) Kaynaktan çekilen güç dirençte ısı şeklinde kaybolan güçtür

2.Rezonansta Akımın Yükselişi :

RLC paralel rezonans devresinde R direnci çok büyük seçilirse, rezonansta kaynaktan çekilen akım çok küçük olur. $I = I_R = U/R$. L ve C den geçen akımlar X_C ve X_L reaktif dirençler küçük seçilmek suretiyle artırılabilir. Bunun sonucunda L ve C dene meydana gelebilen kapalı devreden geçen akım (Tank akımı) kaynaktan çekilen akımdan çok büyük olur.

Paralel rezonans devresinde devrenin Q katsayısı, endüktanstaki veya kapasitansta ki reaktif gücün hakiki güce (dirençte ısı olarak kaybolan güce) oranıdır.

$$Q = \frac{\text{reaktif güç}}{\text{aktif güç}} = \frac{E^2 / X_L}{E^2 / R}$$

$$Q = \frac{R}{X_L}$$

Dikkat edilirse paralel rezonans devresinin Q katsayısı seri rezonans devresindeki Q nun tersine eşit olduğu görülür.

Paralel rezonans devresindeki I_L veya I_C akımı $I_L=U/X_L$ dir.

U yerine $U=I_R.R$ yazarsak, $I_L=I_R.R/X_L$ bulunur.

$I_R=I$, $Q =R/X_L$ ifadesini yerlerine yazarsak rezonansa L ve C den geçen akım (tank akımı) veren formül bulunur.

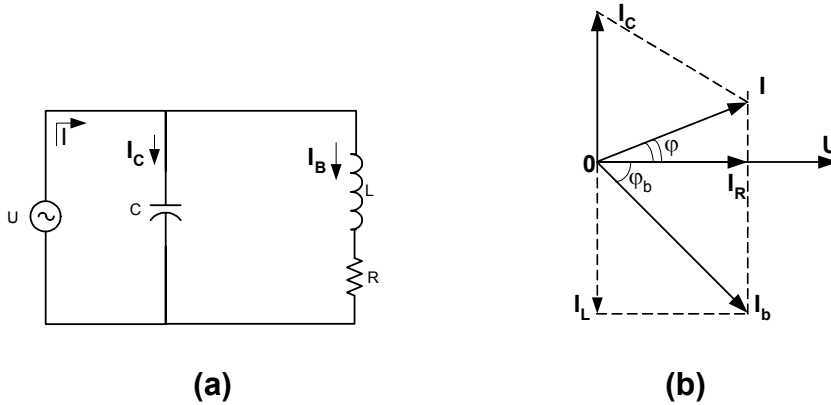
$$I_L=I.Q$$

$I_L=I.Q$ formülü, rezonansa endüktanstan veya kondansatörden geçen akımın yükselişini verir.

3. Pratik Paralel Rezonans Devresi

Kayıpsız saf bir self bobini yapmak imkansızdır.bobini meydana getiren İletkenlerin dirençlerinden dolayı ısı şeklinde bir güç kaybı meydana gelir.Gerçek bir self bobini endüktansa seri bağlı R direnci ile gösterilir.Bir kondansatörün dielektrikiğinde ısı şeklinde kaybolan güç çok küçük olduğu için ihmal edilebilir.Şekil9.9 (a) da pratik (gerçek) bir paralel rezonans devresi görülüyor.

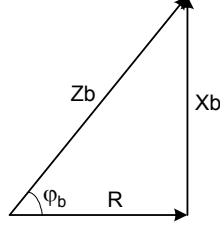
Kondansatörden geçen I_C akımını gerilimden I_C akımını gerilimden 90° ileride, bobinden geçen I_B akımı da gerilimden φ_B kadar geride alarak Şekil 7.9. (b) de görülen vektör diyagramını çizelim.



Şekil 7.9 Pratik paralel rezonans devresi ve vektör diagramı

Kaynaktan çekilen akım, I_B ve I_C akımlarının vektörel toplamına eşittir. I_B akımı I_R ve I_L bileşenine ayrılır. Bu devrenin rezonansa gelebilmesi için kaynaktan çekilen I akımı ve U geriliminin aynı fazda olması ($\varphi=0$) lazımdır. Şekil9.9 (b)

deki vektör diyagramı dikkatlice incelirse, bobinden geçen I_B akımının I_L bileşeninin I_C akımına eşit olduğunda I ile U nin aynı fazda olacağı görülür.



$$I_C = I_L \quad I_R = I_B \cdot \cos \varphi_b$$

$$I_L \text{ akımı} \quad I_L = I_B \cdot \sin \varphi_b$$

I_B ve $\sin \varphi_b$ değerlerinin hesaplayıp $I_L = I_B \cdot \sin$

Şekil 7.10 empedans üçgeni φ_b ifadede yerlerine koyarak I_L yi bulalım.

Şekil 7.10 da bobinin empedans üçgeni görülüyor. Bu üçgenden,

$$Z_B = \sqrt{R^2 + X_L^2} \quad \sin \varphi_b = X_L / Z_B = \frac{X_L}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$$

yazılır. Bobinden geçen akım,

$$I_B = U / Z_B \quad I_B = \frac{U}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$$

I_B akımının I_L bileşeni,

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

bulunur. Kondansatörden geçen akım $I_C = U/X_C$ dir.

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

$\frac{X_L}{R^2 + X_L^2} = \frac{I}{X_C}$ ifadeden rezonans frekansını hesaplayalım.

$$\frac{2\pi f_0 L}{R^2 + (2\pi f_0 L)^2} = \frac{I}{1 / 2\pi f_0 C}$$

$$L / C = R^2 + 4\pi^2 f_0^2 L^2 ,$$

$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \sqrt{1 - \frac{CR^2}{L}}$ nolu ifadede R yerine $R = 2\pi f_0 L / Q$ ifadesini koyarak f_0 hesaplayalım.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_C}} \sqrt{\frac{Q^2}{1 + Q^2}}$$

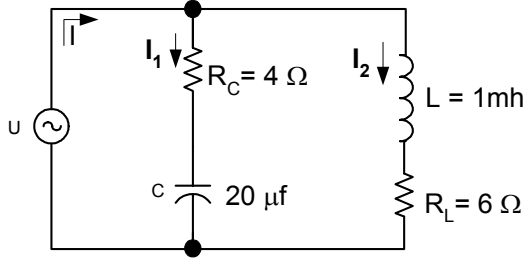
- a) Rezonans frekansını veren formüller incelendiğinde şu neticeler çıkartılabilir.
- b) Gerçek paralel rezonans devresinin rezonans frekansı, ideal paralel devrenin rezonans frekansından biraz küçüktür.
- c) Seri ve ideal rezonans devrelerinin rezonans frekansları devrenin direncine bağlı olmadığı halde pratik paralel rezonans devresinde rezonans frekansı devrenin direncine bağlıdır.
- d) Eğer $CR^2/L > 1$ olursa rezonans formüldeki kök içindeki ifade negatif çıkar. Bu devrenin rezonans frekansı yoktur. Şöyle ki bu devrede hiçbir frekansa rezonans gelmez.
- e) Eğer bobinin Q su 10 dan büyük ise ($Q > 10$) formülün kök içi 1 alınabilir. Böyle bir durumda rezonans frekansı $f_0 = 1/2\pi\sqrt{LC}$ olur.

Örnek 7.2

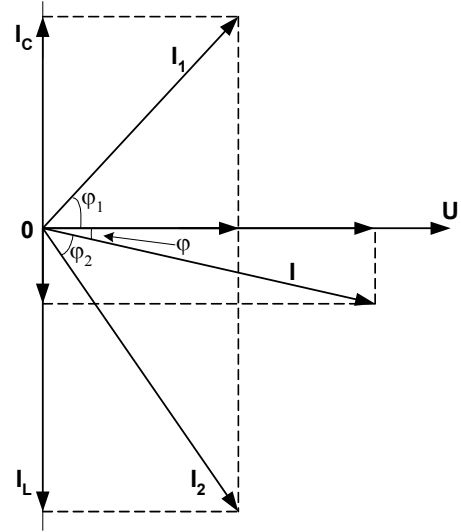
Şekil 7.11 deki paralel devre hangi frekansta rezonansa gelir.

Çözüm 7.2

Şekil 7.11 den geçen akımların vektör diyagramını çizelim, Şekil 7.12 Bu devrenin rezonansa gelmesi yani E ile I nın aynı fazda olması için $I_L = I_C$ olmalıdır.



Şekil 7.11 Paralel Devre



Şekil 7.12 Vektör Diyagramı

$$I_1 = \frac{E}{\sqrt{R_C^2 + X_C^2}}, \sin \phi_1 = \frac{I}{\sqrt{R_C^2 + X_C^2}} \quad \text{den;}$$

$$I_C = E \cdot X_C / (R_C^2 + X_C^2) I^2 = E / \sqrt{R_C^2 + X_L^2}; \quad \sin \phi_2 = X_L / \sqrt{R_L^2 + X_L^2} \quad \text{ifade sin den;}$$

$$I_L = E \cdot \frac{I}{R_L^2 + X_L^2} \quad \frac{X_L}{(R_L^2 + X_L^2)} = \frac{X_C}{R_C^2 + X_C^2}$$

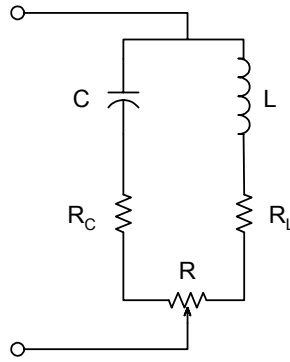
$$f_o = \frac{I}{2\pi\sqrt{LC}} \cdot \sqrt{\frac{R_L^2 + L/C}{R_C^2 - L/C}} \quad \text{Devrenin rezonans frekansı,}$$

$$f_o = \frac{I}{2\pi\sqrt{10^{-3} \cdot 20 \cdot 10^{-6}}} \cdot \sqrt{\frac{6^2 - 10^{-3} / (20 \cdot 10^{-6})}{4^2 - 10^{-3} / (20 \cdot 10^{-6})}} = 722 \text{ Hz}$$

formül incelenirse şu neticeler çıkarılır.

- $R_L^2 > L/C$ ve $R_C^2 > L/C$ ise devrenin rezonans frekansı vardır.
- $R_L^2 < L/C$ ve $R_C^2 < L/C$ ise kök içi pozitif olacağından devre yine rezonans gelebilir.

- c. $R_L^2 < L/C$ ve $R_C^2 > L/C$ ise kök içi negatif olacağından devre hiçbir frekansta rezonansa gelmez.
- d. $R_L^2 = R_C^2 = L/C$ olduğunda devre her frekansta rezonans halindedir.
- e. Rezonans frekansı devrenin R_L ve R_C dirençleri ile değişir. Şekil 7.13 de bir dirençle rezonansa getirilen paralel rezonans devresi görülüyor.



Şekil 7.13 Direnç akortlu paralel rezonans devresi