

**KTÜ, Elektrik Elektronik Müh. Böl.
Temel Elektrik Laboratuvarı I**

REZONANS DEVRELERİ

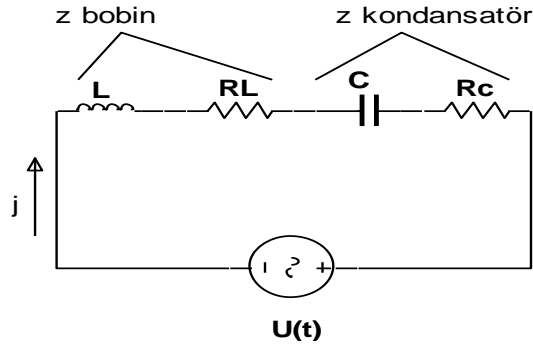
1. Giriş

Bir kondansatörle bir selften oluşan devrelere rezonans devresi denir. Bu devre tipinde selfin manyetik enerjisi periyodik olarak kondansatörün elektrik enerjisine dönüşür. Bu dönüşüm periyodu olarak selfe kapasitenin değerleri tarafından belirlenir.

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

2. Seri Rezonans

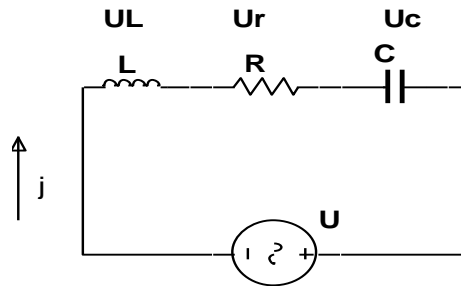
Seri rezonans devreleri bir bobinle bir kondansatörün seri bağlanmasından elde edilir.



Şekil 1. Eşdeğer seri rezonans devresi

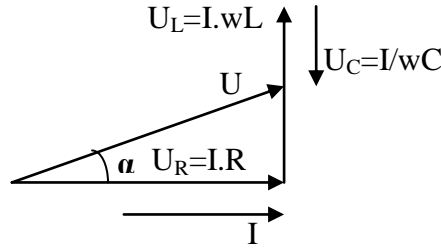
Sekil 1'deki devrede R_L selfin, R_C kondansatörün kayıp dirençleridir. Pratikte kondansatörler çok küçük kayıplarla imal edilebildiklerinden yapacağımız hesaplarda $R_C = 0 \Omega$ olarak alınacaktır.

Devreden akan I akımı R_L direncinde akımla aynı yönde olan $U_R = I \cdot R_L$ gerilim düşümüne, selfte akımdan 90° ileri kaymış $U_L = I \cdot \omega L$ gerilim düşümüne ve kondansatörde, akımdan 90° kaymış $U_C = I / \omega C$ gerilim düşümüne sebep olacaktır.



Şekil 2. İdeal seri rezonans devresi

Herhangi bir frekans için devrenin akım- gerilim fazör diyagramını çizelim. Şekil 3' deki fazör diyagramında I akımı referans olarak alınmıştır.



Şekil 3. Seri rezonans devresinin fazör diyagramı

Şekil 3 te devreye etki eden gerilim U devreden akan akım I 'ya karşı α açısı kadar öne kaymıştır. U ile I arasındaki faz kayması U_L ve U_C nin değerlerine göre pozitif, negatif veya $\alpha = 0$ değerlerini alabilmektedir (Genel olarak $-90^\circ < \alpha < 90^\circ$). U_L ve U_C w'ya bağlı olduklarından her frekans için ayrı bir fazör diyagramı çizmek gerekmektedir. $\alpha = 0$ olduğunda, yani bu devrede $U_L = U_C$ olduğunda devre rezonanstadır denir. Rezonansta R_L nin wL 'den küçük olması halinde kondansatördeki ve bobindeki gerilim, giriş geriliminden çok daha büyüktür. Rezonans frekansında U_L ve U_C eşitliğinden

$$I \cdot w_0 \cdot L = I \cdot \frac{1}{w_0 C} \quad w_0^2 = \frac{1}{LC} \quad w_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

elde edilir. Rezonans halinde devrenin giriş direnci R_g en küçük değerini alır. Giriş direnci $R_g(jw)$;

$$R_g(jw) = R_L \cdot j \left(wL - \frac{1}{wC} \right) = R_L^2 \left(wL - \frac{1}{wC} \right)^2 \cdot e^{j \arctg \frac{wL - \frac{1}{wC}}{R_L}}$$

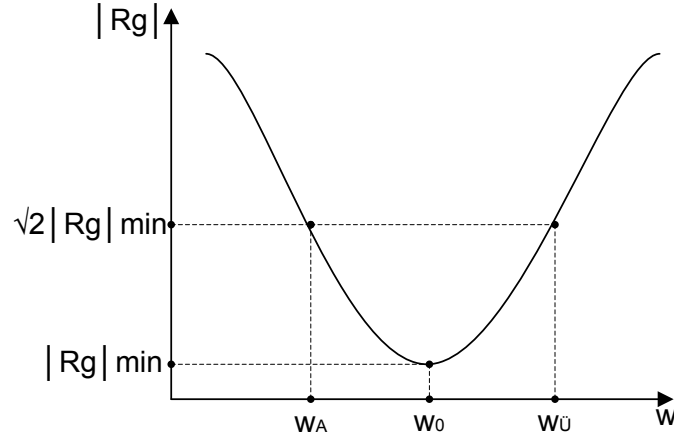
dir. Giriş direncinin modülü $|R_g(jw)|$ şekil 4' te görüldüğü gibi frekansla değiştiğinden rezonansa yaklaşıldığında giriş gerilimi U sabit kalmasına rağmen giriş akımı I büyür. Akım rezonansta en büyük değerlerini alır ve frekans, rezonans frekansını geçince tekrardan küçülür. $R_g(jw)$ nin frekansla değişme şekli devrenin kalitesine bağlıdır. Süzgecin kalitesi yükselince $R_g(jw)$ frekansla daha hızlı olarak düşer ve çıkar. Devrenin kalitesi devrenin bant genişliğiyle ters orantılıdır. Bant genişliğini bulmak için eğride devrenin direnci $R = \sqrt{2} |R_g|$ olan frekanslar bulunur. $\Delta w = w_{\bar{U}} - w_A$ ($w_{\bar{U}}$ üst kesim frekansı, w_A alt kesim frekansı) filtrenin bant genişliğini verir. Δw küçüldükçe filtrenin kalitesi yükselir. Filtrenin kalitesi, kalite faktörü Q ile ölçülür. Q nün değeri

$$Q = \frac{w_0}{\Delta w} = \frac{f_0}{f_{\bar{U}} - f_A}$$

olarak bulunur. Q aynı zamanda devrede biriken enerjinin bir periyotta harcanan güce

oranı olarak tanımlanır ve buradan $Q = (\omega_0.L)/R = 1/(\omega_0.R.C)$ eşitliği bulunur. Devrenin kalite faktörünün büyük olması istendiğinde selfin indüklenmesinin büyük, direncinin küçük olması gerektiği görülür. Teknikte rezonans devreleri filtre olarak kullanıldıklarında bu devrelerin önemi büyüktür.

Bu deneyle rezonans devrelerinin davranışları tanıtılmak istenmektedir. Hesap yoluyla her frekans için bulabileceğiniz fazör diyagramlarını deneyde ölçerek bulmaya çalışacaksınız.



Şekil 4. Seri rezonans devresinin giriş empedansının genliğinin frekansa göre değişimi

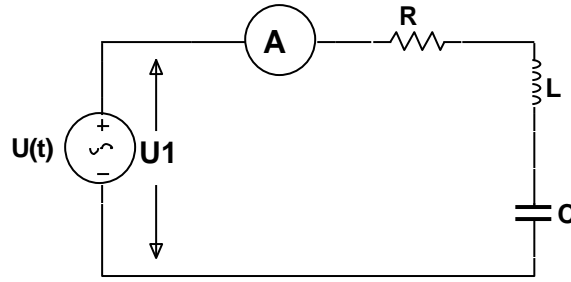
3. Deney için Gerekli Ön Çalışma:

Devrenin fazör diyagramlarını ve hesaplanmasını “ Elektroteknik” Ahmet Akhunlar s.298, kitabından çalışınız.

4. Deneyin Yapılışı

Şekil 5’deki devreyi kurunuz. Devre elemanlarının değerini $R=400 \Omega$, $L=0.343 \text{ H}$, $C=0.3 \mu\text{F}$ olarak ayarlayınız.

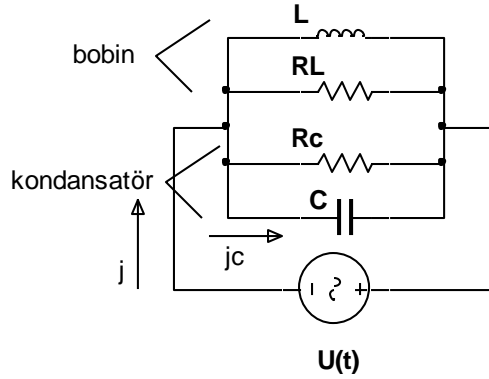
- 1) U1 gerilimini sabit (1V) tutarak devreden geçen akımın frekansla değişimini milimetrik kağıda çiziniz.
- 2) Bir osiloskop yardımıyla devreden geçen akımla U1 gerilimi arasındaki faz farkını çeşitli frekanslarla bularak milimetrik kağıda çiziniz.
- 3) Bir osiloskop yardımıyla rezonans frekansını ölçünüz. Hesapladığınız rezonans frekansıyla kıyaslayınız.
- 4) Bulduğunuz fonksiyonların teoriğiyle uygun olup olmadığını gösteriniz.
- 5) Devrenin alt kesim frekansını, üst kesim frekansını, bant genişliğini ve kalite faktörünü bulunuz.
- 6) Devrenin direncini 800Ω değiştirerek rezonans frekansını, bant genişliği ile kalite faktörünü bulunuz. Bu değerlerde herhangi bir değişimin olup olmadığını nedenleriyle açıklayınız.



Şekil 5. Seri rezonans devresi.(Deney için)

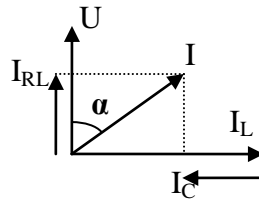
5. Paralel Rezonans Devresi

Paralel rezonans bir kondansatörle bir bobinin paralel bağlanmasından elde edilir.Şekil 6 da R_L ve R_C bobinle kondansatörün kayıp dirençleridir. Kondansatördeki kayıplar çok küçük olduğundan $R_C = \infty$ olarak alınacaktır.



Şekil 6. Paralel rezonans devresi

Devrede gerilimi referans olarak fazör diyagramını çizelim. Şekil 7 selfteki akım $I_L = U/\omega L$ gerilime göre 90° geri kayacaktır. Direnç R_L den geçen akım $I_{RL} = U/R_L$ gerilimle aynı yönde olacaktır. Kondansatörden geçen akım $I_C = U.\omega C$ gerilimine göre 90° ileri kayacaktır.



Şekil 7. Paralel rezonans devresinin fazör diyagramı

I_C ile I_L nin değerleri frekansla değiştiğinden gerilim U ile akım I arasındaki α açısı $-90 < \alpha < 90$ arasındaki her değeri alabilmektedir. $I_C = I_L$ olunca devre rezonans halindedir denir. Rezonans frekansı $I_L = I_C$ eşitliğinden;

$$U \cdot \omega_0 C = \frac{U}{\omega_0 L} \quad \omega_0^2 = \frac{1}{LC} \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

olarak bulunur. Rezonans frekansında devrenin iletkenliği en küçüktür.

$$G = \frac{1}{R_L} + j \underbrace{\left(\omega_0 C - \frac{1}{\omega_0 L} \right)}_{=0} = \frac{1}{R_L}$$

Rezonansta devreye giren akım en küçük değerini alırken selften ve kondansatörden geçen akımların değerleri oldukça büyüktür.

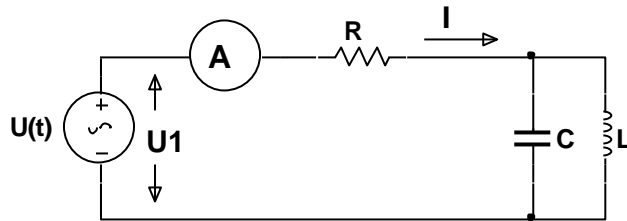
Paralel rezonans devresinin kalite faktörü, seri rezonans devresinde olduğu gibi devrenin bant genişliğinden bulunur ve $Q = \omega_0 / \Delta \omega$ dır. Ayrıca $Q =$ devrede birikmiş elektrik enerjisi / bir periyoda sarf edilen güç tanımından giderek aşağıdaki gibi bulunur.

$$Q = \frac{R_L}{\omega_0 L} = \omega_0 R_L C$$

6. Deneyin Yapılışı :

Şekil 8'deki devreyi kurunuz.

1. U_1 gerilimini sabit tutarak rezonans devresine giren I akımının frekansla değişimini bulunuz.
2. Kalite faktörünü hesaplayınız.



Şekil 8. Paralel rezonans devresi, (Deney için).