

DENEY 5

DENEYİN ADI

REZONANS DEVRELERİ

DENEYİN AMACI

1. İndüktif reaktans ve kapasitif reaktans değerlerinin bulunması.
2. Rezonans frekansının ölçülmesi

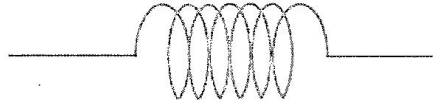
DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR

Sinyal Jeneratörü, Osiloskop, 1nF kapasitör (kondansatör), 12 mH indüktans (bobin), 10 Ω ve 470 Ω direnç

TEORİK BİLGİ

İndüktans:

Alternatif akım devre elemanlarından olan indüktans (bobin), (Şekil 1) kendi üzerinden alternatif bir akım verildiğinde, üzerinden sinüzoidal bir akım geçer. Bu akımın meydana getirdiği manyetik akı da sinüzoidal olarak değişir. Bobinden geçen akımın bobinde oluşturduğu manyetik akı bobini saracağından dolayı bobinde bir emk (elektro motor kuvveti) meydana gelecektir.



Şekil 1İndüktans (Bobin)

Bobinde meydana gelen emk şu şekilde hesaplanır.

$$\varepsilon = L \frac{di}{dt} \quad 5.1$$

Burada L, indüktans ve i, bobinden geçen akımı temsil eder.

Alternatif gerilim uygulanan bir devrenin akıma karşı gösterdiği zorluğa empedans denilir. Empedans $Z = R + iX$ şeklinde gösterilir. Bir reel ve sanal kısımdan oluşur. Burada R, devrenin dc akımda gösterdiği dirençler iken X, devrenin kapasitör ve indüktansın alternatif akıma gösterdiği zorluktur.

Bobine karşı uygulanan gerilimin bobinden geçen akıma oranı (V/i) bize bobinin elektrik akımına karşı gösterdiği direnci verir. Bobinin içinden geçen akıma karşı gösterdiği dirence *indüktif empedans* denir ve X_L ile gösterilir.

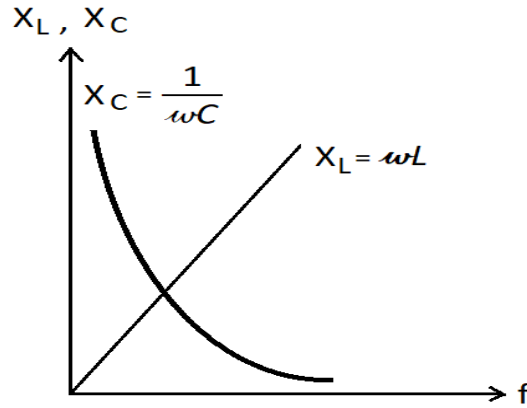
$$X_L = \omega L \quad 5.2$$

Burada ω , açısal frekanstır ve $\omega = 2\pi f$ şeklinde bulunabilir.

Bir kondansatöre alternatif akım verildiğinde pozitif beslemede dolma ve negatif beslemede boşalma olur. Bu dolma ve boşalmanın zamanı, akımın frekansına bağlıdır. Kondansatörler dc gerilimde sonsuz direnç gibi davranırlar fakat ac gerilimde de akıma karşı bir zorluk gösterirler. Bu zorluğa kapasitif empedans denilir ve X_C ile gösterilir.

$$X_C = 1 / \omega C \quad 5.3$$

Görüldüğü gibi kondansatör ve indüktans bulunan devrelerde akım-gerilim ilişkisi incelenirken bu iki devre elemanı arasındaki faz farkı alınmamalıdır. Ayrıca bir devre elemanının akıma karşı gösterdiği zorluğa *empedans* denilir.



Şekil 2.İndüktans ve kondansatörün alternatif akıma karşı gösterdikleri empedansların frekansa bağlı değişim grafikleri

İndüktifreaktans ile kapasitifreaktansın değerlerinin birbirlerine eşit olduğu frekansa rezonans frekansı denilir.

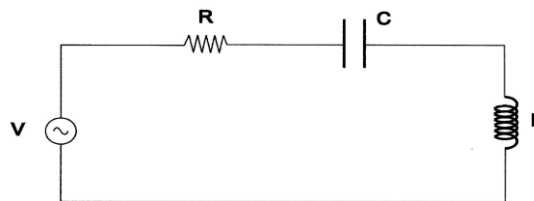
$$X_C = X_L \quad 5.4$$

$$2\pi f_0 L = \frac{1}{2\pi f_0 C} \quad 5.5$$

Eşitlik 5’de f_0 çekilirse, rezonans frekansı;

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad 5.6$$

bulunur. Bu frekansta devrenin empedansı ohmiktir, akım maksimum değerindedir ve akım ile gerilim arasında faz farkı yoktur.



Şekil 3. Seri rezonans devresi

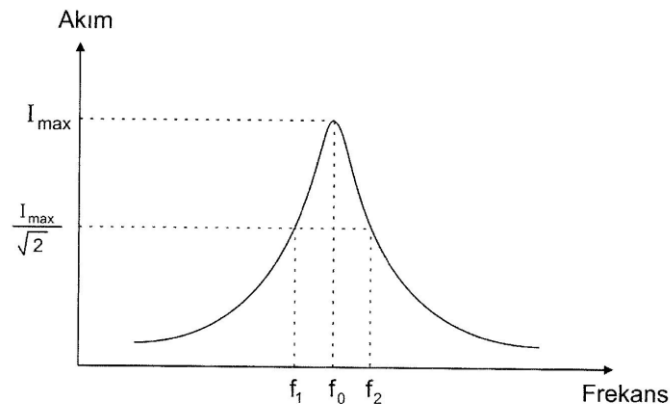
Düşük frekanslarda ($\omega \rightarrow 0$) kapasitif reaktans büyük olduğundan akım çok küçüktür. Yüksek frekanslarda ($\omega \rightarrow \infty$) indüktif reaktans çok büyük olduğundan akım gene çok küçüktür. Akım frekans eğrisi, Rezonans durumunda devreden geçen yüksek akım sebebiyle “rezonans voltaj yükselmesi” denilen olay meydana gelir. Bu durumda devre elemanları üzerindeki gerilimlerin etkin değerlerinin toplamı sıfır değildir. Ancak kapasitör ve bobin üzerinde düşen gerilimlerin anlık değerleri zıt işaretle birbirlerine eşit olduğundan Kirchoff gerilim yasaları hala geçerlidir.

Kapasitör ve bobin üzerindeki gerilim düşmelerinin etkin değerleri devreye uygulanan gerilimden çok büyük olduğundan rezonans devrelerinde kullanılan elemanlar yüksek gerilime dayanıklı olmalıdır.

Seri bir RLC devresine genliği sabit tutularak farklı frekanslarda alternatif gerilim uygulanırsa akım-frekans karakteristiği elde edilir (Şekil 4).

f_0 rezonans frekansında devrenin net reaktansı sıfır ve toplam empedansı $Z = R$ olup en küçük değerindedir. Rezonans frekansının altındaki frekanslarda $X_C > X_L$ dir ve kapasitif reaktans daha baskındır. Üstündeki frekanslarda $X_L > X_C$ olacağından indüktif reaktans daha baskındır.

Seri bir RLC devresinde, rezonans frekansındaki maksimum akımın $1/\sqrt{2}$ sine düştüğü frekans değerleri arasındaki farka *Yarı Güç Band Genişliği* denilir.



Şekil 4. Yarı Güç Band Genişliği $f_{yg} = f_2 - f_1$

Eğer seri rezonans devresindeki R direncinin değeri büyütülürse Şekil 4’de görülen grafiğin tepe değeri küçülecek ve grafik yayvanlaşacak, band genişliği artacaktır.

Seri rezonans devrelerinde *kalite faktörü*, rezonans frekansındaki indüktif reaktansın ya da kapasitif reaktansın devrenin toplam ohmik direncine oranı olarak tanımlanır.

$$Q = \frac{(X_L)_{rez}}{R} = \frac{\omega_0 L}{R} \quad 5.7$$

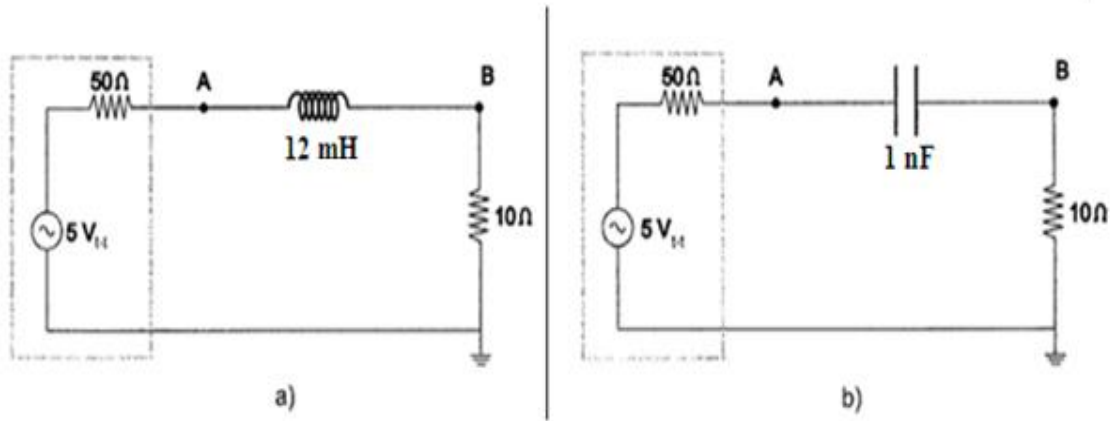
$$Q = \frac{(X_C)_{rez}}{R} = \frac{1}{\omega_0 RC} \quad 5.8$$

Rezonans devrelerinde direncin büyük kısmı bobin sargılarının ohmik direncinden meydana gelir. Eşitlik 7 ve Eşitlik 8’de bahsedilen R direnci bobinin ve kapasitörün iç dirençleridir. İç dirençler arttıkça kalite faktörü düşer ve bu da kısmi band genişliğinin artmasına sebep olur. Kısmi band genişliği;

$$Kısmi\ Band\ Genişliği = \frac{f_2 - f_1}{f_0} = \frac{1}{Q} \quad 5.9$$

DENEYİN YAPILIŞI

I) RL ve RC Devrelerinin İncelenmesi ve Rezonans Frekansının Tayini



Şekil 5. RC ve RL devre şemaları

1. Şekil 5.a’daki devreyi board üzerinde kurunuz.
2. Tablo 1’i doldurunuz. Bu işlem sırasında giriş gerilimini ($V_A = 5V_{t-t}$) değerinde tutunuz.
3. Osiloskobun her iki girişini de kullanarak birinden girişi diğerinden çıkış gerilimini (V_B) gözleyiniz.
4. Şekil 5.b’deki devreyi board üzerinde kurunuz.
5. Tablo 2’yi doldurunuz. Bu işlem sırasında giriş gerilimini ($V_A = 5V_{t-t}$) değerinde tutunuz.
6. Osiloskobun her iki girişini de kullanarak birinden girişi diğerinden çıkış gerilimini (V_B) gözleyiniz.
7. Tablo 1’deki verilerden faydalanarak X_L-f grafiğini, Tablo 2’deki verilerden faydalanarak X_C-f grafiğini aynı grafik üzerinde çizin ve grafiği yorumlayınız.
8. Çizilen iki grafiğin kesiştikleri nokta bu iki devre elemanın bulunduğu bir devre için rezonans frekansıdır.

9. Bulunan rezonans değeri ile Denklem 6'yı kullanarak hesaplanan rezonans frekansı ile karşılaştırınız ve hata hesabı yapınız.

TABLO 1				
f(kHz)	V_A (V)	V_B (V)	$I_L = \frac{V_B}{10}$	$X_L = \frac{V_A - V_B}{I_L}$
15	5 V_{t-t}			
25	5 V_{t-t}			
35	5 V_{t-t}			
40	5 V_{t-t}			
45	5 V_{t-t}			
50	5 V_{t-t}			
55	5 V_{t-t}			
65	5 V_{t-t}			
75	5 V_{t-t}			
85	5 V_{t-t}			

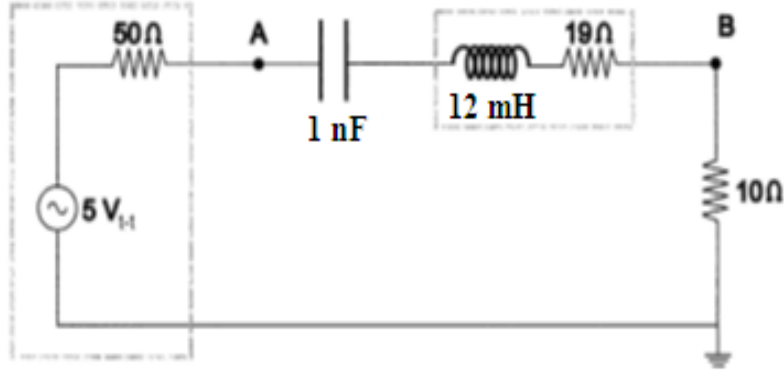
TABLO 2				
f(kHz)	V_A (V)	V_B (V)	$I_C = \frac{V_B}{10}$	$X_C = \frac{V_A - V_B}{I_C}$
15	5 V_{t-t}			
25	5 V_{t-t}			
35	5 V_{t-t}			
40	5 V_{t-t}			
45	5 V_{t-t}			
50	5 V_{t-t}			
55	5 V_{t-t}			
65	5 V_{t-t}			
75	5 V_{t-t}			
85	5 V_{t-t}			

Grafikten okunan rezonans frekansı $f_0 = \dots\dots\dots$

Denklem 6 dan hesaplanan rezonans frekansı $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \dots\dots\dots$

% Hata: $\dots\dots\dots$

II) RLC Devresinin İncelenmesi ve Rezonans Frekansının Bulunması



Şekil 6. Seri RLC devresi tasarımı

1. Şekil 6'daki devreyi kurunuz.
2. Giriş gerilimini (V_A) sabit 5 V_{t-t} değerinde tutarak uygulanan alternatif gerilimi Tablo 3'deki frekans değerlerinde değiştirerek çıkış gerilimini (V_B) okuyunuz ve Tablo 3'e kaydediniz.
3. Bulmuş olduğunuz V_B değerlerinden faydalananarak I_B değerlerini hesaplayıp, Tablo 3'de ilgili yere yazınız.
4. Aynı işlemleri 10 Ω 'luk direncin yerine 470 Ω 'luk direnci bağlayarak tekrarlayınız.
5. Tablo 3'deki verilerden faydalananarak I_B - f grafiğini çiziniz.
6. Çizilen grafikler arasındaki farklılığı açıklayınız. Kısmi band genişliklerini tayin ediniz.
7. Her iki grafik için de rezonans frekansını belirleyiniz.
8. Q kalite faktörünü, $Q = \frac{V_B}{V_A}$ denklemini kullanarak hesaplayınız.
9. Bulunan Q kalite faktörü ile Denklem 7'den bulunan teorik kalite faktörünü karşılaştırınız.
10. Bu iki kalite faktörü için hata hesabı yapınız.

TABLO 3						
f (kHz)	V_A (V)		V_B (V)		I_B	
	a)	b)	a) (10 Ω için)	b) (470 Ω için)	$I_B = \frac{V_B}{10}$	$I_B = \frac{V_B}{470}$
10	5 V_{t-t}	5 V_{t-t}				
20	5 V_{t-t}	5 V_{t-t}				
30	5 V_{t-t}	5 V_{t-t}				

35	5 V _{t-t}	5 V _{t-t}				
40	5 V _{t-t}	5 V _{t-t}				
42,5	5 V _{t-t}	5 V _{t-t}				
45	5 V _{t-t}	5 V _{t-t}				
47,5	5 V _{t-t}	5 V _{t-t}				
50	5 V _{t-t}	5 V _{t-t}				
55	5 V _{t-t}	5 V _{t-t}				
60	5 V _{t-t}	5 V _{t-t}				
70	5 V _{t-t}	5 V _{t-t}				
80	5 V _{t-t}	5 V _{t-t}				
90	5 V _{t-t}	5 V _{t-t}				
100	5 V _{t-t}	5 V _{t-t}				

a) Seri RLC Devresi R = 10 Ω

f_0 (deneysel) =

f_0 (teorik) = $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \dots\dots\dots$

% Hata:

Band Genişliği (deneysel):

Band Genişliği (teorik) = $\frac{f_2-f_1}{f_0} = \dots\dots\dots$

% Hata:

Kalite faktörü Q (deneysel) = $\frac{1}{\text{Kısmi Band Genişliği}} = \dots\dots\dots$

Kalite faktörü Q (teorik) = $\frac{(X_L)_{TEZ}}{R} = \frac{\omega_0 L}{R} = \dots\dots\dots$

% Hata:

b) Seri RLC Devresi R = 470 Ω

f_0 (deneysel) =

f_0 (teorik) = $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \dots\dots\dots$

% Hata:

Band Genişliği (deneysel):

Band Genişliği (teorik) = $\frac{f_2-f_1}{f_0} = \dots\dots\dots$

% Hata:

Kalite faktörü Q (deneysel) = $\frac{1}{\text{Kısmi Band Genişliği}} = \dots\dots\dots$

$$\text{Kalite faktörü } Q \text{ (teorik)} = \frac{(X_L)_{TEZ}}{R} = \frac{\omega_0 L}{R} = \dots\dots$$

% Hata:

SORULAR

1. Kalite katsayısı (Q) 100 olan 50mH bir bobine 100pF'lık bir kondansatör seri bağlıdır. Bu devre hangi frekansta rezonansa gelir? Band genişliği ne kadardır?
2. İndüktansı 20mH direnci 5Ω olan bobine bir kondansatör seri bağlanıyor. Devrenin 1000Hz de rezonansa gelebilmesi için kondansatörün kapasitesi kaç μF olmalıdır?