

ALTERNATİF AKIM KÖPRÜLERİ

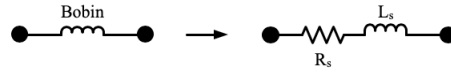
1. Hazırlık Soruları (20 puan)

Deneyden önce aşağıdaki soruları cevaplayınız ve raporun başlangıç kısmına ekleyiniz.

1. Omik, kapasitif ve endüktif yük ne demektir? Açıklayınız.
2. Omik bir yükün empedansının frekansla değişimi nasıldır? Açıklayınız.
3. Kapasitif bir yükün frekansla değişimi nasıldır? Açıklayınız.
4. Endüktif bir yükün frekansla değişimi nasıldır? Açıklayınız.
5. Kapasite ve endüktans parametreleri günümüzde nasıl ölçülmektedir? Açıklayınız.

2. Bobin Parametrelerinin Bulunması

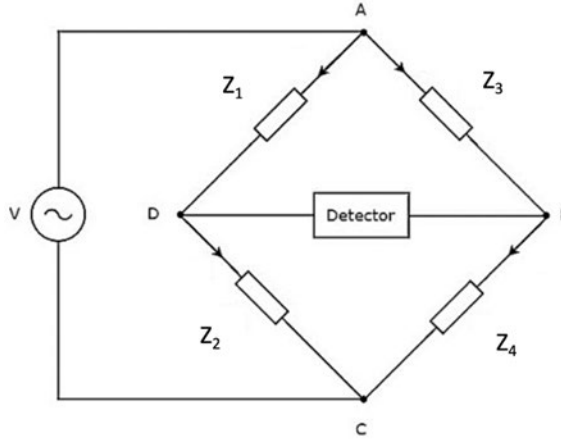
İçinde demir bulunmayan bir bobinin alçak frekans eşdeğeri Şekil 1’de görülmektedir.



Şekil 1 Bobinin alçak frekans eşdeğeri

Burada R_s tel direncini ve L_s ise bobinin endüktansını göstermektedir. Alçak frekanslarda çalışıldığı sürece sarımlar arasındaki kapasiteler ihmal edilebilecek düzeyde olduğu için eşdeğerde gösterilmemiştir.

Şimdi uygun bir alternatif köprüsü (Şekil 2) kullanarak bobin parametrelerini bulalım. Bilindiği üzere alternatif akım köprülerinin dengeye gelmesi için kollarındaki empedanslar arasında (1-3) numaralı bağıntıların sağlanması gerekmektedir.



Şekil 2 Teorik bir AC köprü devresi

$$Z_1 \cdot Z_4 = Z_2 Z_3 \quad 1$$

$$|Z_1|e^{j\theta_1} \cdot |Z_4|e^{j\theta_4} = |Z_2|e^{j\theta_2} \cdot |Z_3|e^{j\theta_3} \quad 2$$

$$|Z_1| \cdot |Z_4|e^{j(\theta_1+\theta_4)} = |Z_2| \cdot |Z_3|e^{j(\theta_2+\theta_3)} \quad 3$$

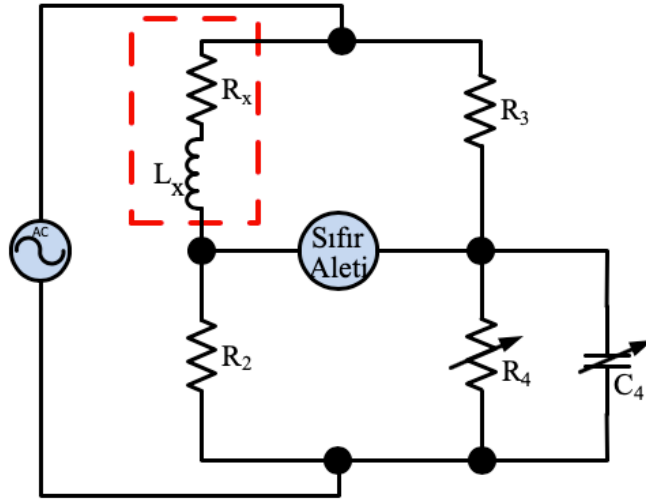
(1) numaralı eşitlik sağlandığında (4, 5) numaralı eşitlikler de sağlanmış olur.

$$|Z_1| \cdot |Z_4| = |Z_2| \cdot |Z_3| \quad (4)$$

$$\theta_1 + \theta_4 = \theta_2 + \theta_3 \quad (5)$$

Köprünün yapısını basitleştirmek amacıyla Z_2 ve Z_3 empedansları omik olursa $\theta_2 = \theta_3 = 0$ olur. Böylece faz ilişkisi basitleştirilerek (6) elde edilir.

$$\theta_1 + \theta_4 = 0 \quad (6)$$



Şekil 3 Maxwell-Wien köprüsü ile bobin parametrelerinin bulunması

Bu bağlantıdan hareketle pratikte uygulayacağımız bir AC köprünün (Şekil 3) dengeye gelmesi için köprünün dördüncü kolundaki empedansın faz açısının köprünün birinci kolunda bulunan ölçmek istediğimiz elemanın faz açısının negatifine eşit olması gerekir. Ölçmek istediğimiz bobinin empedansı alçak frekanslarda şöyledir:

$$Z_1 = R + j\omega L = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \cdot e^{-j\arctan(\frac{\omega L}{R})} \quad (7)$$

Bobinin açısı θ_1 pozitifdir. Bu nedenle köprüyü dengeye getirecek devrenin faz açısının negatif olması gerekmektedir. Negatif faz açısına sahip en basit devreler bir kondansatör ve bir dirençten oluşan devrelerdir.

Bir dirençle bir kondansatöre seri bağlanırsa (8-9) numaralı eşitlikler ve paralel bağlanırsa (10-11) numaralı eşitlikler elde edilir.

$$Z_4 = R_4 + \frac{1}{j\omega C_4} = \sqrt{R_4^2 + \frac{1}{(\omega C_4)^2}} \cdot e^{-j\arctan(-\frac{1}{\omega C_4 R_4})} \quad (8)$$

$$\theta_4 = -\arctan\left(\frac{1}{\omega C_4 R_4}\right) \quad (9)$$

$$Z_4 = \frac{1}{R_4} + j\omega C_4 = \frac{R_4}{\sqrt{1 + (\omega C_4 R_4)^2}} \cdot e^{-j\arctan(\omega C_4 R_4)} \quad (10)$$

$$\theta_4 = -\arctan(\omega C_4 R_4) \quad (11)$$

Kondansatör-direnç seri devresi için (12) ve paralel devresi içinde (13) numaralı eşitlik elde edilir.

$$\arctan\left(\frac{\omega L}{R}\right) = \arctan\left(\frac{1}{\omega C_4 R_4}\right) \quad (12)$$

$$\arctan\left(\frac{\omega L}{R}\right) = \arctan(\omega C_4 R_4) \quad (13)$$

Bu bağıntılardan ikincisinde ω 'lar birbirlerini götürdükleri için daha kullanışlıdır. Böylece köprünün kollarındaki empedanslar seçilmiş oldu ve $\frac{L_x}{R_x} = C_4 R_4$ eşitliğini elde ettik.

Şimdi köprüyü kuralım. Maxwell-Wien köprüsü olarak bilinen bu köprüde bobin parametreleri bir kondansatör ve dirençle karşılaştırılarak bulunmaktadır. Z_2 ve Z_3 direnç olarak seçilerek Z_4 empedansının kondansatör ve direnç olması sağlanmıştır. Z_4 direnç olarak seçilmiş olsaydı Z_2 ve Z_3 empedanslarının birer direnç ve bobinden oluşması gerekecekti. Pratikte endüktans yapmaktan daha zordur. Şekil 3'deki köprü dengeye geldiğinde (1) numaralı eşitlikten yararlanarak bobin parametrelerini bulalım. Devredeki eleman değerleri (14) numaralı eşitlikte yerine yazılarak bobin parametreleri (16-17) numaralı eşitliklerdeki bulunur.

$$Z_1 = Z_2 Z_3 \cdot \frac{1}{Z_4} \quad (14)$$

$$R_x + j\omega L_x = R_2 R_3 \left(\frac{1}{R_4} + j\omega C_4 \right) \quad (15)$$

Reel ve imajiner kısımları birbirine eşitlediğimizde aşağıdaki eşitlikleri buluruz.

$$R_x = \frac{R_2 R_3}{R_4} \quad (16)$$

$$L_x = R_2 R_3 C_4 \quad (17)$$

2.1. Deneyin Yapılışı (40 puan)

Deneyin yapılışı şu şekildedir:

1. Şekil 3'teki devreyi kurunuz.
2. Devreyi $V_p=10V$, 400 Hz'lik sinüs gerilimi ile besleyiniz. Multisim'de sıfır aleti yerine kablo çekilerek prob bağlanacaktır ve Irms değerleri okunacaktır.
3. R_2 değerini 300Ω , R_3 değerini 1100Ω , R_4 değerini 600Ω ve C_4 değerini $1\mu F$ alarak R_x ve L_x değerlerini elde ediniz ve Z_x empedansını hesaplayınız.
4. Elde ettiğiniz bu değerleri kullanarak aşağıda belirtilen değerler için probdan okuduğunuz akım değerlerini tabloya kaydedin. Oluşan eğriyi (empedans genliği vs. akım) ve değişen akım değerlerini yorumlayın (Multisim'de yapılacaktır).

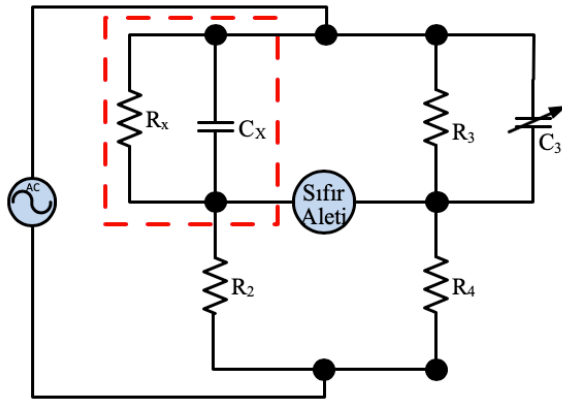
$R_4 (\Omega)$	$C_4(\mu F)$	Irms(mA)
100	0.2	
225	0.4	
350	0.6	
475	0.8	
600	1	
725	1.2	
850	1.4	
975	1.6	
1100	1.8	

3. Kondansatör Parametrelerinin Ölçülmesi

Kondansatörün parametrelerini ölçmek için paralel eşdeğer devresini kullanınız (Şekil 4). Buradan kondansatör empedansı (18) numaralı eşitlikteki gibi hesaplanır.

$$Z = \frac{1}{R} + j\omega C = \frac{R_4}{\sqrt{1 + (\omega C_4 R_4)^2}} \cdot e^{-j\arctan(\omega C_4 R_4)} \quad (18)$$

Alternatif akım köprüsünün (5-6) numaralı faz bağlantısından θ_x 'i ölçülecek kondansatörün faz açısı olarak alırsak, $\theta_x + \theta_4 = \theta_2 + \theta_3$ ve 2 & 4 numaralı bileşenler direnç olduğundan $\theta_2 = \theta_4 = 0$ 'dır. Böylelikle dengeyi θ_x açısının θ_3 faz açısına eşit olmasıyla gerçekleştirebiliriz. Böylece elde edilen köprü Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4 Wien köprüsü ile kondansatör parametrelerinin bulunması

Bu köprü Wien köprüsü olarak bilinmektedir. Köprünün denge koşulunda (19) ifadesi bulunur. Bu ifadenin gerçel ve sanal kısımları birbirlerine eşitlenirse (19-24) numaralı eşitliklerde verilen kondansatör parametreleri (kapasitans ve kapasitor iç direnci) bulunur.

$$R_4 \cdot \frac{R_x}{1 + j\omega C_x R_x} = R_2 \cdot \frac{R_3}{1 + j\omega C_3 R_3} \quad (19)$$

$$R_4 R_x (1 + j\omega C_3 R_3) = R_2 R_3 (1 + j\omega C_x R_x) \quad (20)$$

$$R_4 R_x = R_2 R_3 \quad (21)$$

$$R_x = \frac{R_2 R_3}{R_4} \quad (22)$$

$$C_3 R_3 R_4 R_x = C_x R_2 R_3 R_x \quad (23)$$

$$C_x = C_3 \frac{R_4}{R_2} \quad (24)$$

3.1. Deneyin Yapılışı (40 puan)

Deneyin yapılışı şu şekildedir:

1. Wien köprüsünü kurunuz.
2. Devreyi $V_p=10V$, 1000 Hz 'lik sinüs gerilimi ile besleyiniz.
3. R_2 değerini $1k\Omega$, R_3 değerini 20Ω , R_4 değerini 330Ω ve C_3 değerini $470\mu F$ alarak R_x ve C_x değerlerini elde ediniz ve eşdeğer empedans değerini (Z_x) bulunuz.
4. Elde ettiğiniz bu değerleri kullanarak aşağıda belirtilen değerler için probdan okuduğunuz akım değerlerini tabloya kaydedin. Oluşan eğriyi ve değişen akım değerlerini yorumlayın (Multisim'de yapılacaktır).

$C_3(\mu F)$	$I_{rms}(mA)$
190	
260	
330	
400	
470	
540	
610	
680	
750	
820	