

8. ALTERNATİF AKIM VE SERİ RLC DEVRESİ

AMAÇLAR

1. Alternatif akım ve gerilim ölçmeyi öğrenmek
2. Direnç, kondansatör ve indüktans oluşan seri bir alternatif akım devresini analiz etmek

ARAÇLAR

Voltmetre, ampermetre, kondansatör ($220 \mu\text{F}/63\text{V}$), direnç (4.7Ω), İndüktans (2.7mH), alternatif akım kaynağı ($220/24\text{V}$), reosta, fişli bağlantı kabloları.

GİRİŞ

Yönü ve şiddeti zamanla periyodik olarak değişen akımlara **alternatif akımlar** ve bu akımları doğuran gerilimlere de **alternatif gerilimler** denir.

Alternatif akımlar zamanın fonksiyonu olarak;

$$I(t) = I_0 \sin(\omega t + \varphi) \quad (1)$$

ve alternatif gerilimler

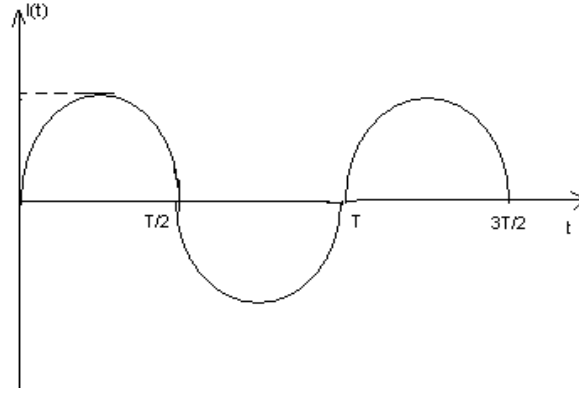
$$V(t) = V_0 \sin(\omega t + \varphi) \quad (2)$$

denklemleri ile ifade edilirler. Denklem (1) ve (2) de I_0 , akımın maksimum değerini; V_0 , gerilimin maksimum değerini; $\omega = 2\pi f$, açısal frekansı (f , çizgisel frekanstır) ve φ , $t=0$ anındaki akım ya da gerilimi bulmamıza yarayan faz sabitini göstermektedir. Faz sabitinin seçimine bağlı olarak akım ve gerilim trigonometrik fonksiyonlar cinsinden ifade edilebilir. Faz sabitinin sıfır olması durumunda alternatif bir akımın denklemi

$$I(t) = I_0 \sin \omega t = \sin 2\pi ft \quad (3)$$

şeklinde yazılabilir. Şekil 1'de alternatif akımın zamana göre değişimi görülmektedir. Akımın zaman içinde gösterdiği simetrik dalgalanmadan dolayı ortalama akım değeri sıfırdır.

Ortalama akım değerinin sıfır olmasına rağmen alternatif akımlar da, doğru akımlar gibi, bir iletkenin üzerinden geçtiklerinde ısı açığa çıkarırlar.



Şekil 1. Alternatifin akımın zamanla değişimi (T periyodu göstermektedir).

Uygulamada alternatif akımın (ya da gerilimin) ısısal etkisini, ona eş değer doğru akımın (ya da gerilimin) ısısal etkisi cinsinden tanımlayan **etkin değer** (efektif değer) kavramı kullanılır. Bir alternatif akımın etkin değeri, aynı dirençten aynı sürede geçen ve aynı ısı enerjisini açığa çıkaran eşdeğer doğru akım olarak tanımlanır. Bu tanımların daha iyi anlaşılması için Şekil 2 ve Şekil 3'deki devrelerin davranışı incelenebilir:

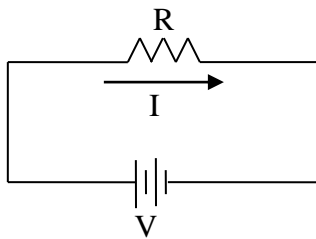
Şekil 2'deki devrede DC konumda AVometre kullanılarak ölçülen akım ve gerilim değerleri sırasıyla I ve V'ye eşit iken, Şekil 3'deki devreden AC konumunda AVometre kullanılarak ölçülen akım ve gerilim değerleri etkin değerleri olup akımın etkin değeri

$$I_{ek} = I_0 / \sqrt{2} \quad (4)$$

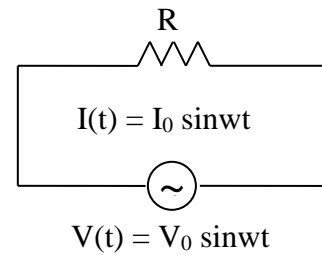
eşitliğine, gerilimin etkin değeri

$$V_{ek} = V_0 / \sqrt{2} \quad (5)$$

eşitliğine karşılık gelir.



Şekil 2. Doğru akım devresi.



Şekil 3. Alternatif akım devresi.

Direnç, kondansatör ve indüktanstan oluşan seri bir alternatif akım devresini analiz edebilmek için devre elemanlarının yapılarını ve genel davranışlarını ele alalım:

Direnç (R): Elektrik yüklerinin hareketine (akıma) karşı iletkenin gösterdiği zorluk olarak tanımlanır ve birimi Ohm (Ω)' dur. İçinde sadece direnç bulunan bir alternatif akım devresinde dirençten geçen akımla direncin uçları arasındaki gerilim daima aynı fazdadır.

Kondansatör (C): En basit şekliyle paralel iki metal plaka arasındaki bir yalıtkandan oluşur.

Doğru gerilim kaynağına bağlandığında elektrik yükleri (+ ve -) plakalarda birikinceye kadar devreden zamanla üstel olarak azalan bir akım geçer ve kısa bir süre sonra akım sifıra düşer (kondansatör yüklenmiş olur). Kondansatör sığasının birimi Farad'dır. Bir doğru akım devresinde kondansatör akımı iletmez ya da çok kısa bir an için iletir. Ancak bir alternatif akım devresinde akım sürekli olarak iletilir. Çünkü alternatif gerilimler altında plakalardan her birinin işareti (+) dan (-) ye, (-) den (+) ya periyodik olarak değişir. Yönleri farklı olan zıt işaretli yükler aynı yönde akım oluşturacaklarından devreden gerilimle aynı frekansta fakat faz bakımından 90^0 ileride olan bir akım geçer.

Alternatif akım devresinde kondansatörün akıma karşı gösterdiği dirence **kapasitif reaktans** denir. Birimi Ohm (Ω)'dur ve

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \quad (6)$$

ile hesaplanır.

İndüktans (Self-L): Basit olarak silindirik bir destek üzerine yan yana sarılmış çok sayıda telden (bobin teli) oluşur. Doğru ve alternatif akım devrelerinde akımdaki değişmelere karşı koyan (direnç gösteren) devre elemanı gibi davranır. İndüktansın birimi (özindüksiyon katsayısı) Henry'dir. 1 Henry, akımda saniyedeki bir amperlik değişim olduğunda 1 Volt'luk gerilim indükleyen indüktansın değeri olarak tanımlanır. İçinde ferromanyetik çekirdekler (demir, çelik) bulunan indüktanslar yüksek özindüksiyon katsayısına sahiptirler.

Bir alternatif akım devresinde indüktansın akıma karşı gösterdiği dirence **indüktif reaktans** denir. Birimi Ohm (Ω)'dur ve

$$X_L = \omega L = 2\pi f L \quad (7)$$

ile hesaplanır. İndüktanstan geçen akım faz bakımından gerilimden 90^0 geridedir.

Şekil (4) deki devreyi göz önüne alalım. Böyle bir devrenin tamamının akıma karşı gösterdiği dirence **empedans (Z)** denir. Birimi Ohm (Ω)'dur ve

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_c)^2} = \sqrt{R^2 + \left(2\pi f L - \frac{1}{2\pi f C}\right)^2} \quad (8)$$

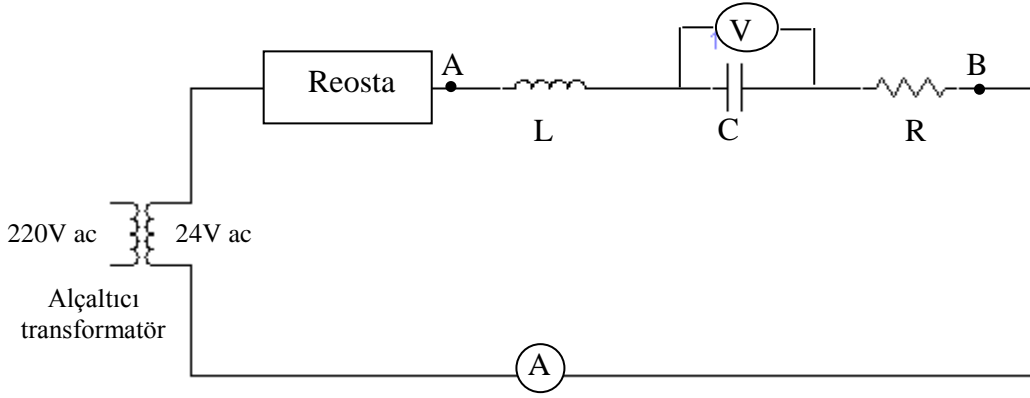
formülü ile hesaplanır.

Direncin, kondansatörün ve indüktansın seri olarak bağlandığı bir alternatif akım devresi için geçerli olan Ohm yasası da doğru akım devrelerinininkine benzerdir:

$$V_{etk} = I_{etk} Z \quad (9)$$

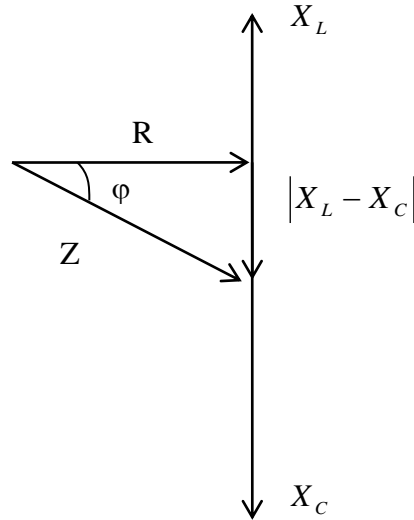
Ancak devrede sadece kondansatör varsa $V_{etk} = I_{etk} \frac{1}{2\pi f C}$ ya da sadece indüktans varsa

$V_{etk} = I_{etk} 2\pi f L$ olur.



Şekil 4. Seri RLC devresi, şehir şebeke frekansı $f=50$ Hz'dir.

Burada Z , R , X_L , X_C niceliklerinin her biri bir vektöre karşılık getirilerek Şekil 5'teki diyagram çizilebilir.



Şekil 5. RLC devresi için vektör diyagramı.

Bir dirençten geçen akım ile o direncin uçları arasındaki gerilim daima aynı fazdadır. O halde Şekil 5'teki φ açısı devreden geçen akımla o devrenin tamamına uygulanan gerilim arasındaki faz farkını gösterecektir. Bu açı

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} \quad (10)$$

denklemleri kullanılarak hesaplanabilir. Dikkat edilecek olursa Denklem (10)'dan hesaplanacak faz açısı $+90^\circ$ ile -90° arasında değerler alabilir.

Seri bağlı bir alternatif akım devresinin önemli bir özelliği de, kapasitif reaktansın indüktif reaktansa eşit olduğu ($X_L = X_C$) **rezonans** durumudur. Bu durumda Denklem (8) 'in $Z=R$ biçimine dönüşeceğine yani devrenin sadece dirençten oluşmuş gibi görüneceğine dikkat edilmelidir. X_L 'yi X_C 'ye eşit yapan frekansa **rezonans frekansı** denir ve

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (11)$$

ile hesaplanır. Rezonans durumunda akım ve gerilim arasındaki faz farkı sıfır olmaktadır.

DENEYİN YAPILIŞI

1. Şekil 4'teki devreyi tüm devre elemanları seri bağlı olacak şekilde kurunuz.
2. Reostanın sürgüsünü kullanarak devreden geçen akım istenilen değere ayarlayınız.
3. Voltmetreyi kullanarak her bir devre elemanının (direnç, kondansatör ve bobin) üzerine düşen gerilimi ve tüm devre üzerine düşen gerilimi (AB noktaları arasındaki) ölçünüz ve her bir değeri kaydediniz.
4. Bu işlemi reostayla diğer akım değerleri için tekrarlayınız.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

1. Her bir devre elemanı için aldığınız verileri kullanarak $V_{etk} = f(I_{etk})$ grafiğini çiziniz. Grafiklerin eğiminden sırası ile direnç için R, kondansatör için kapasitif reaktans X_C , indüktans için indüktif reaktans X_L ve tüm devre için empedans Z değerini hesaplayınız.
2. Elde ettiğiniz X_L ve X_C sonuçlarından faydalanarak L ve C'nin deneysel değerini hesaplayınız. (Bu hesabı yapmak için denklem (6) ve denklem (7)'yi kullanınız.)
3. Empedansın Z gerçek değerini (8) denklemini kullanarak hesaplayınız.
4. Gerçek R, L, C, Z değerleri ile elde ettiğiniz deneysel R, L, C, Z değerlerini karşılaştırınız.
5. Akım ile gerilim arasındaki faz farkını bulmak için devre elemanlarının deneysel değerlerini kullanarak milimetrik ölçekte vektör diyagramı çiziniz. Bu diyagram yardımı ile φ açısını açılışer kullanarak ölçünüz ($\varphi_{deneysel}$).
6. R ve Z'nin gerçek değerlerini denklem (10) da kullanarak $\varphi_{gerçek}$ faz sabitini hesaplayınız.
7. Faz sabiti için elde ettiğiniz $\varphi_{deneysel}$ sonucunu $\varphi_{gerçek}$ değeri ile karşılaştırarak hata hesabı yapınız.

SORULAR

1. Kullandığımız RLC devresinin rezonans frekansını hesaplayınız. Şehir şebeke frekansı 50 Hz olduğuna göre rezonans için devrede kullanılmalı gereken kondansatörün kapasitesini hesaplayınız.

2. Deneyde 50 Hz yerine 100 Hz frekanslı akım kullanılsaydı toplam empedans ne olurdu?
3. Bir seri RLC devresinde tüm elemanların değerleri bilinmekte fakat frekans bilinmemektedir. Bu durumda frekansı sadece voltmetre kullanarak nasıl bulursunuz?
4. Seri bağı bir RLC devresinde $R=3\ \Omega$, $C=500\ \mu\text{F}$, $L=10\text{mH}$ ise ve uygulanan gerilimin frekansı $f=500/\pi$ Hz ise akım ve gerilim arasındaki faz farkını hesaplayınız.

KAYNAKLAR

1. D. Halliday, R. Resnick, "Fiziğin Temelleri".
2. Cromer, "Physics of the Life Sciences".
3. Zafiratos, "Physics", John Wiley and sons Inc. 1976.