

**T.C.  
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
ELEKTRİK ELEKTRONİK FAKÜLTESİ  
ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**



**FERİT ATTAR DEVRE LABORATUVARI  
DENEY FÖYÜ**

**İSTANBUL, 2024**



## İÇİNDEKİLER

|                                                                                |           |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>DEVRELERDE GERİLİM, AKIM ve DİRENÇ ÖLÇÜMÜ .....</b>                         | <b>1</b>  |
| 1.1 Multimetre .....                                                           | 1         |
| 1.2 Deney Tablası .....                                                        | 3         |
| 1.3 Gerilim .....                                                              | 3         |
| 1.3.1 Gerilim ölçümü.....                                                      | 4         |
| 1.3.2 Gerilim ölçümünde izlenecek yol.....                                     | 5         |
| 1.4 Akım.....                                                                  | 5         |
| 1.4.1 Akım ölçümü .....                                                        | 5         |
| 1.4.2 Akım ölçümünde izlenecek yol .....                                       | 5         |
| 1.5 Direnç .....                                                               | 6         |
| 1.5.1 Direnç ölçümü .....                                                      | 6         |
| 1.5.2 Direnç ölçümünde izlenecek yol .....                                     | 7         |
| 1.5.3 Direnç renk kodları (4 Renkli) .....                                     | 7         |
| 1.6 Uygulama.....                                                              | 8         |
| <b>OHM KANUNU VE KIRCHOFF KANUNLARI .....</b>                                  | <b>9</b>  |
| 2.1 OHM Kanunu .....                                                           | 9         |
| 2.2 Kirchoff Kanunları .....                                                   | 9         |
| 2.2.1 Kirchoff'un akımlar yasası .....                                         | 10        |
| 2.2.2 Kirchoff'un gerilimler yasası .....                                      | 10        |
| 2.3 Dirençlerin Kullanım Alanları.....                                         | 10        |
| 2.4 Uygulama.....                                                              | 11        |
| <b>ALTERNATİF VE DOĞRU GERİLİM ALTINDA SERİ R-C DEVRESİNİN DAVRANIŞI .....</b> | <b>12</b> |
| 3.1 Kondansatörlerin Yapısı.....                                               | 12        |
| 3.2 Kondansatörün Çalışma Prensipleri.....                                     | 13        |
| 3.2.1 Kondansatörün bir DC kaynağa bağlanması .....                            | 13        |
| 3.2.2 Kondansatörün bir AC kaynağa bağlanması .....                            | 14        |
| 3.3 Kullanım ve Uygulama Alanları.....                                         | 14        |
| 3.4 Uygulama.....                                                              | 15        |
| <b>SERİ RC ve SERİ RL DEVRESİNİN FREKANS CEVABI .....</b>                      | <b>16</b> |
| 4.1 Sinyal Üretici.....                                                        | 16        |
| 4.2 Empedans .....                                                             | 17        |
| 4.2.1 Direnç.....                                                              | 18        |
| 4.2.2 Reaktans.....                                                            | 18        |
| 4.2.2.1 Kapasitif reaktans.....                                                | 18        |
| 4.2.2.2 Endüktif reaktans .....                                                | 19        |
| 4.3 Uygulama.....                                                              | 19        |
| <b>SERİ REZONANS OLAYININ SERİ BİR RLC DEVRESİ İLE İNCELENMESİ .....</b>       | <b>22</b> |

|                                                                                |                                                                                                 |           |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 5.1                                                                            | Osiloskop .....                                                                                 | 22        |
| 5.1.1                                                                          | Osiloskop üzerinde aktif olarak kullanabileceğimiz mevcut düğmeler ve açıklamalar .....         | 23        |
| 5.1.2                                                                          | Dalga şekli üzerinde ayar yapmadan önce yapılması gereken işlemler .                            | 24        |
| 5.2                                                                            | Rezonans Olayı ve Seri Rezonans Devresi .....                                                   | 26        |
| 5.3                                                                            | Uygulama 1 (Osiloskop Problarının Bağlanması ve Ekrandan Değer Okuma)                           | 27        |
| 5.4                                                                            | Uygulama 2 (Seri Rezonans Olayının İncelenmesi) .....                                           | 27        |
| <b>PARALEL REZONANS OLAYININ PARALEL BİR RLC DEVRESİ İLE İNCELENMESİ .....</b> |                                                                                                 | <b>30</b> |
| 6.1                                                                            | Paralel Rezonans Devreleri.....                                                                 | 30        |
| 6.2                                                                            | Uygulama (Paralel RLC Devresi ile Paralel Rezonansın İncelenmesi).....                          | 31        |
| 6.3                                                                            | Deney Raporu İçin İstenenler .....                                                              | 33        |
| <b>ÜÇ FAZLI SİSTEMLER VE REAKTİF GÜÇ KOMPANZASYONU .....</b>                   |                                                                                                 | <b>34</b> |
| 7.1                                                                            | Üç Fazlı Sistemler .....                                                                        | 34        |
| 7.2                                                                            | Aktif, Reaktif ve Görünür Güç .....                                                             | 35        |
| 7.3                                                                            | Kompanzasyon .....                                                                              | 36        |
| 7.4                                                                            | Uygulama.....                                                                                   | 37        |
| 7.4.1                                                                          | Dengeli Yüklü Üç Fazlı Sistemin İncelenmesi .....                                               | 37        |
| 7.4.2                                                                          | Dengesiz Yüklü Üç Fazlı Sistemin İncelenmesi.....                                               | 38        |
| 7.4.3                                                                          | Kompanzasyon.....                                                                               | 39        |
| 7.4.4                                                                          | Gerilim Akım ve Güç Grafikleri ile Elektrik Devrelerinin Karakteristiklerinin Yorumlanması..... | 40        |

### DEVRELERDE GERİLİM, AKIM ve DİRENÇ ÖLÇÜMÜ

#### Deneyin Amacı:

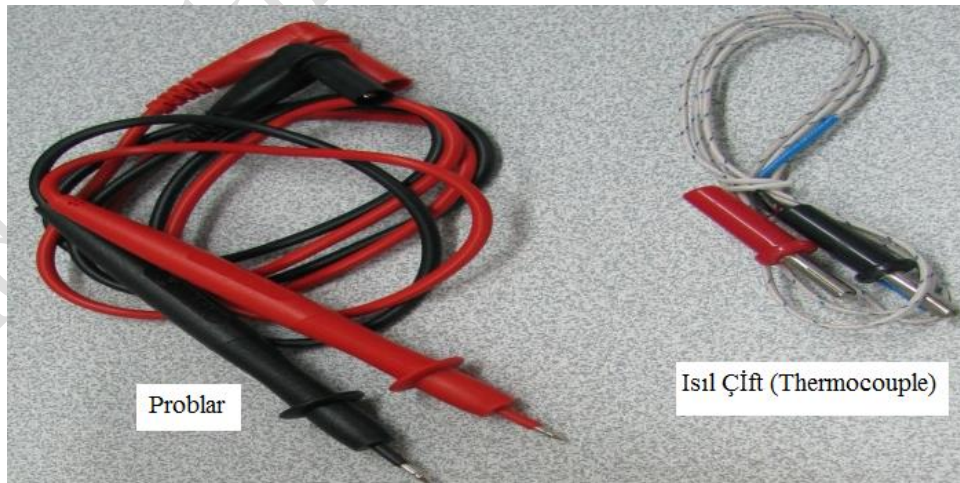
Multimetre kullanımının öğrenilmesi ile devrede gerilim, akım ve direnç ölçümü yapabilecek beceriyi kazanmak.

#### 1.1 Multimetre

Multimetre, akım, gerilim, direnç vb. büyüklükleri ölçebilen bir ölçüm cihazıdır. Bu cihaz üzerindeki komutatörle istenilen büyüklük değeri seçilip ölçme yapılır. Günümüzde multimetreler oldukça gelişmiş ve birçok yeni özellik eklenmiştir. Standart parametreler olan akım gerilim ve direnç dışında, frekans, sıcaklık, sığa, transistörlerde akım kazancı gibi birçok parametrenin daha ölçümünü yapabilmektedir.

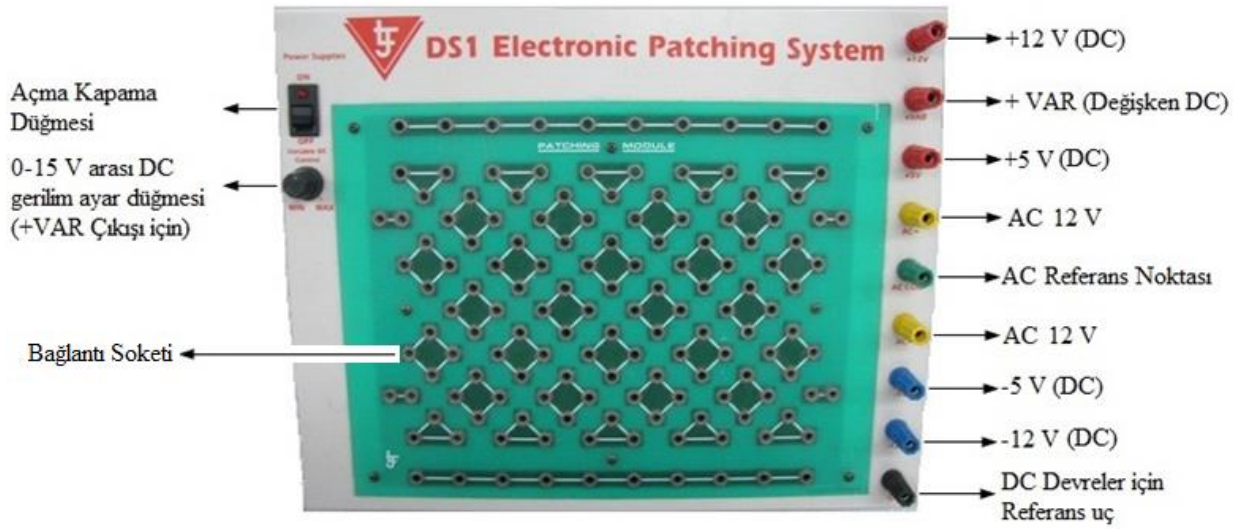


Şekil 1.1 Dijital multimetre

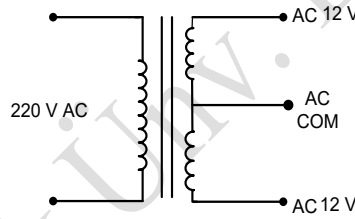


Şekil 1.2 Multimetre ile birlikte ölçümde kullanılan problar ve ısı çifti

## 1.2 Deney Tablası



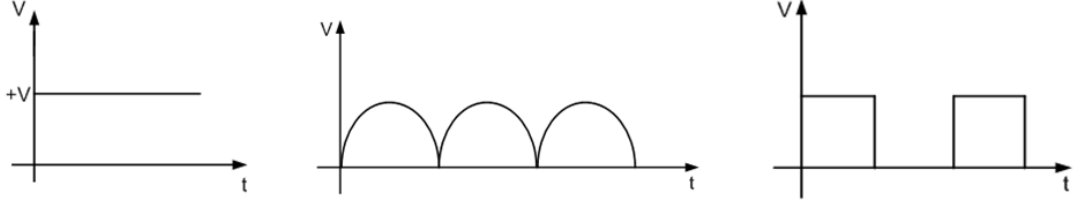
Şekil 1.3 Deney tablası



Şekil 1.4 Deney tablasında bulunan alternatif gerilim (AC) çıkışı iç yapısı

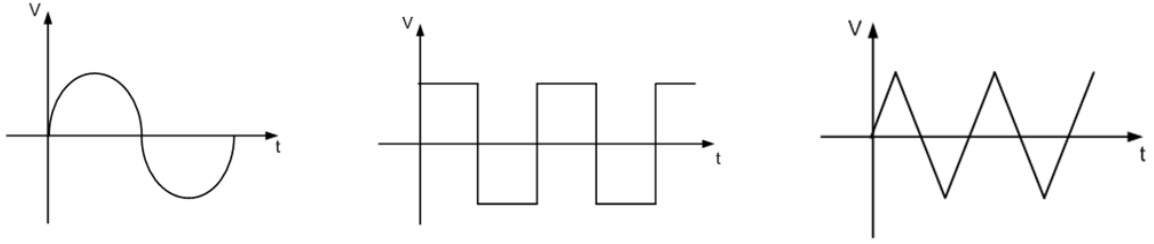
## 1.3 Gerilim

Bir üreticin, bataryanın veya herhangi iki uçlu devre elemanının uçları arasındaki potansiyel farka gerilim denir. Birimi Volt'tur, V ile ifade edilir. Şekil 1.5'te doğru gerilime ait örnekler gösterilmiştir.



Şekil 1.5 Doğru gerilim dalga şekilleri

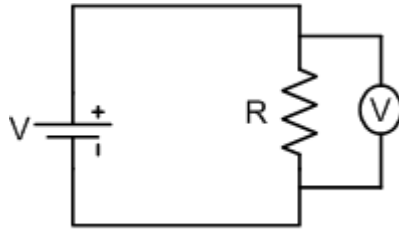
Şekil 1.5'te alternatif gerilime ait örnekler gösterilmiştir.



Şekil 1.6 Alternatif gerilim dalga şekilleri

### 1.3.1 Gerilim ölçümü

Gerilim voltmetre kullanılarak ölçülür. Voltmetre Şekil 1.7'de görüldüğü gibi gerilimi ölçülecek devre elemanına paralel bağlanır. Voltmetrelerin iç dirençleri **çok büyük** (megaohm'lar mertebesinde) olduğundan devreden çektikleri akım çok küçüktür.



Şekil 1.7 Voltmetrenin Devreye Bağlanması

Dijital voltmetrelerle DC gerilim ölçümünde, voltmetrenin bağlantı uçları ters bağlanması durumunda ölçülen değer negatif görülür. AC gerilim ölçümlerinde bu bağlantı yönleri önemli değildir. Gerilim ölçümünde problemlerin doğru girişlere takılı ve ilgili kademe ayarının yapılmış olması önemlidir.

### 1.3.2 Gerilim ölçümünde izlenecek yol

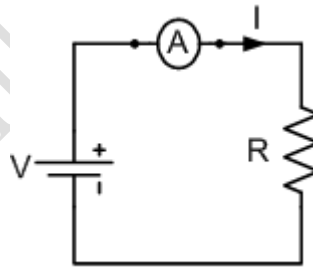
- Probları doğru girişlere takınız.
- Gerilim tipi (AC-DC) ve kademe seçimini yapınız. (Üst limit değeri bilinmeyen değerler için en üst değerli kademe seçilmelidir.)
- Voltmetrenin problemlerini ilgili devre elemanın uçlarına paralel bağlayınız.
- Hassas ölçüm yapmak için uygun kademeye getirerek sonucu alınız.

## 1.4 Akım

Bir iletken den veya almaçtan (yükten) birim zamanda geçen elektron sayısına akım denir. Birimi Amper'dir, A ile ifade edilir.

### 1.4.1 Akım ölçümü

Akım ampermetre kullanılarak ölçülür. Ampermetre Şekil 1.8'de görüldüğü gibi akımı ölçülecek devre elemanına seri bağlanır. Ampermetreler devreye seri bağlandığından ölçümde minimum hata için iç dirençleri **çok küçük** olacak şekilde tasarlanmıştır. Dolayısıyla ampermetre üzerindeki gerilim düşümü ihmal edilir.



Şekil 1.8 Ampermetrenin devreye bağlanması

Dijital ampermetrelerde DC akım ölçümünde, ampermetrenin bağlantı uçları ters bağlanması durumunda ölçülen değer negatif görülür. AC akım ölçümlerinde bu bağlantı yönleri önemli değildir. Akım ölçümünde de problemlerin doğru girişlere takılı ve ilgili kademe ayarının yapılmış olması önemlidir.

### 1.4.2 Akım ölçümünde izlenecek yol

- Probları doğru girişlere takınız.

- Akım tipi (AC-DC) ve kademe seçimini yapınız. (Üst limit değeri bilinmeyen değerler için en üst değerli kademe seçilmelidir.)
- Ampermetrenin problemlerini ilgili devre elemanını devreden ayırarak uçlarına seri bağlayınız.
- Hassas ölçüm yapmak için uygun kademeye getirerek sonucu alınız.

## 1.5 Direnç

Elektrik akımının akışına direnç gösteren ve Ohm kanununa göre uçları arasında gerilim düşümüne sebep olan devre elemanıdır. Birimi ohmdur, R veya r ile ifade edilir.



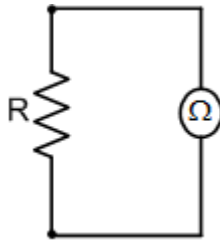
Şekil 1.9 Sabit dirençlerin gösterilişi



Şekil 1.10 Ayarlı dirençlerin gösterilişi

### 1.5.1 Direnç ölçümü

Direnç ohmmetre kullanılarak ölçülür. Ohmmetre Şekil 1.11'de görüldüğü gibi dirence paralel bağlanır.



Şekil 1.11 Ohmmetrenin devreye bağlanması

Direnç ölçerken bağlantı kutupları önemli değildir. Devre üzerindeki bir elemanın direnç ölçümü yapılırken ilgili eleman devredeki diğer elemanlardan **izole edilmelidir**. Ayrıca direnç ölçümü yaparken **güç kaynağı kapalı tutulmalıdır**. Aksi halde ölçüm hatalı olabilir ya da ohmmetre zarar görebilir.

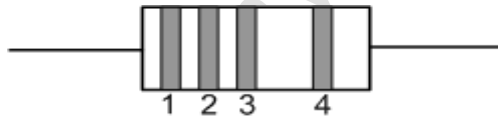
### 1.5.2 Direnç ölçümünde izlenecek yol

- Probları doğru girişlere takınız.
- Kademe seçimini yapınız. (Üst limit değeri bilinmeyen değerler için en üst değerli kademe seçilmelidir.)
- Ohmmetrenin problemlerini ilgili devre elemanının en az bir bacağını devreden ayırarak ilgili elemanın uçlarına paralel bağlayınız.
- Hassas ölçüm yapmak için uygun kademeye getirerek sonucu alınız.

### 1.5.3 Direnç renk kodları (4 Renkli)

Küçük güçlü dirençlerin değerleri üzerlerindeki renk kodlarına ifade edilir. Bu kodlara göre direnç ve tolerans değerleri aşağıdaki tabloda (Çizelge 1) belirtildiği gibi hesaplanır.

Bu kodlamada ilk iki renk bandı direncin katsayı değerini, üçüncü band çarpanı, dördüncü band ise toleransı ifade eden renktir. Aşağıda renk bandlarına ait çarpanların bulunduğu bir tablo verilmiştir (Çizelge 1).



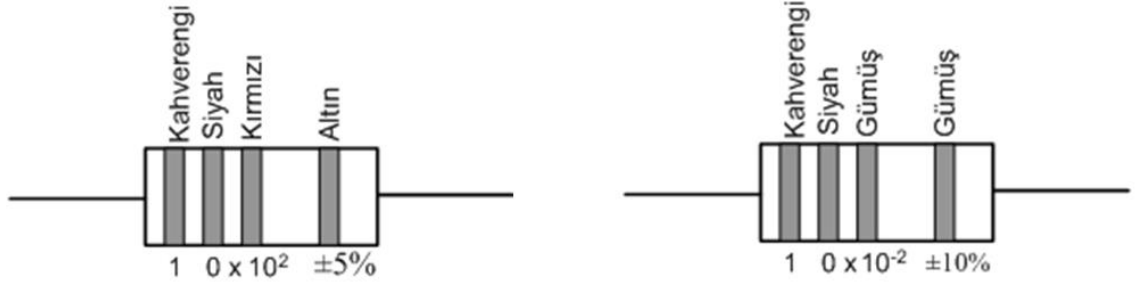
Şekil 1.12 Renk bandlarının direnç üzerindeki görünüşü

Çizelge 1.1 Renk bandlarına ait çarpan değerleri

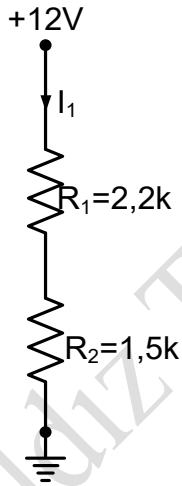
| Renk       | 1. band | 2. band | 3. band (çarpan) | 4. band (tolerans) |
|------------|---------|---------|------------------|--------------------|
| Siyah      | 0       | 0       | $\times 10^0$    |                    |
| Kahverengi | 1       | 1       | $\times 10^1$    | $\pm 1\%$ (F)      |
| Kırmızı    | 2       | 2       | $\times 10^2$    | $\pm 2\%$ (G)      |
| Turuncu    | 3       | 3       | $\times 10^3$    |                    |
| Sarı       | 4       | 4       | $\times 10^4$    |                    |
| Yeşil      | 5       | 5       | $\times 10^5$    | $\pm 0.5\%$ (D)    |
| Mavi       | 6       | 6       | $\times 10^6$    | $\pm 0.25\%$ (C)   |
| Mor        | 7       | 7       | $\times 10^7$    | $\pm 0.1\%$ (B)    |
| Gri        | 8       | 8       | $\times 10^8$    | $\pm 0.05\%$ (A)   |
| Beyaz      | 9       | 9       | $\times 10^9$    |                    |
| Altın      |         |         | $\times 10^{-1}$ | $\pm 5\%$ (J)      |
| Gümüş      |         |         | $\times 10^{-2}$ | $\pm 10\%$ (K)     |
| Yok        |         |         |                  | $\pm 20\%$ (M)     |

Bu tablonun kolay ezberlenmesi için "SoKaK**T**a SaYaMa**M** GiBi Ama G**ö**rür**ü**m" şeklinde bir heceleme geliştirilmiştir. Burada ilk iki kelimenin sessiz harfleri sırası ile renk kodlarını (Siyah, Kahverengi, Kırmızı, Turuncu, Sarı, Yeşil, Mavi Mor, Gri, Beyaz), son iki kelimenin baş harfleri ise Altın ve Gümüş'ü anımsatmak için kullanılmıştır.

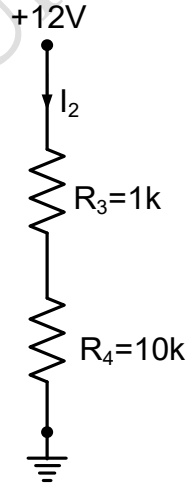
**Örnek:**



## 1.6 Uygulama



|              | Teorik | Pratik |
|--------------|--------|--------|
| $V_{toplam}$ |        |        |
| $V_{R1}$     |        |        |
| $V_{R2}$     |        |        |
| $I_1$        |        |        |

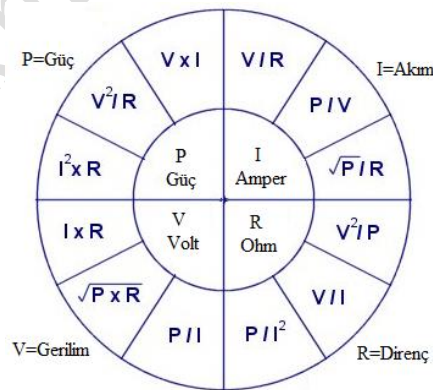


|              | Teorik | Pratik |
|--------------|--------|--------|
| $V_{toplam}$ |        |        |
| $V_{R3}$     |        |        |
| $V_{R4}$     |        |        |
| $I_2$        |        |        |

## Deneyin Amacı:

## 2.1 OHM Kanunu

Bir elektrik devresinde, akım, gerilim ve direnç arasında bir bağlantı mevcuttur. Bu bağlantıyı veren kanuna Ohm kanunu denir. Bir iletkenin iki ucu arasındaki potansiyel farkının, iletkenin geçen akım şiddetine oranı sabittir.  $R = V / I$  şeklinde ifade edilir. Bu ifade de gerilim birimi Volt (V), akım birimi Amper (A) alındığında direncin (R) birimi Ohm ( $\Omega$ )'dur. OHM kanununa ilişkin çapraz tablo Şekil 2.1'de verilmiştir.

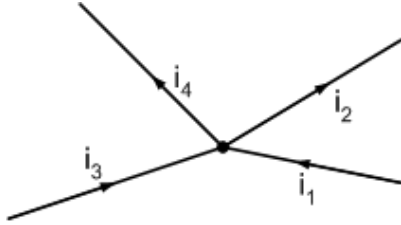


Şekil 2.1 Formül tablosu

Devre analizinde kullanılan Kirchhoff Kanunları, Kirchhoff Akımlar Yasası ve Kirchhoff Gerilimler Yasası olmak üzere ikiye ayrılır.

### 2.2.1 Kirchoff'un akımlar yasası

Bir düğüme giren akımların cebirsel toplamı düğümden çıkan akımların cebirsel toplamına eşittir. Ya da bir düğüme giren ve düğümden çıkan akımların toplamı sıfırdır şeklinde tanımlanır.

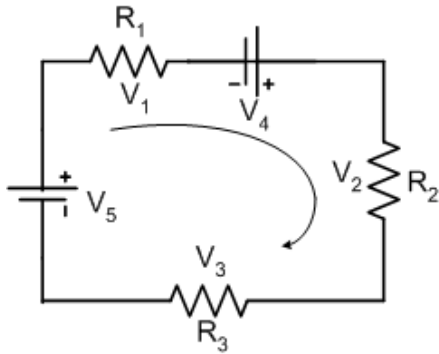


$$i_1 + i_2 + (-i_3) + (-i_4) = 0$$

$$i_1 + i_3 = i_2 + i_4$$

### 2.2.2 Kirchoff'un gerilimler yasası

Kapalı bir elektrik devresinde Gerilim düşümlerinin cebirsel toplamı "0" (sıfır)'a eşittir. Ya da devre bulunan gerilim kaynakları toplamı ile bu devredeki gerilim düşümlerinin (direnç, kondansatör vb. devre elemanları üzerindeki) toplamı birbirine eşittir.



$$V_1 + V_2 + V_3 = V_4 + V_5$$

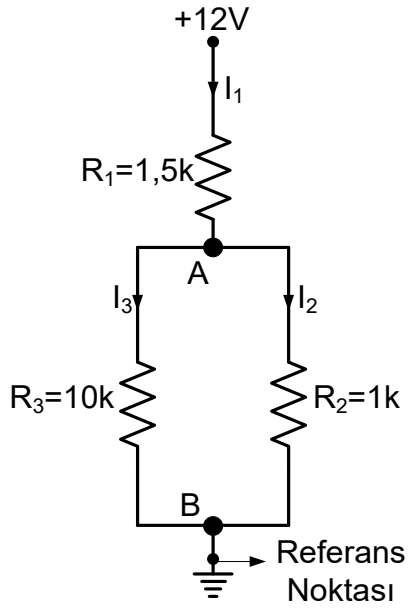
$$V_1 + V_2 + V_3 + (-V_4) + (-V_5) = 0$$

### 2.3 Dirençlerin Kullanım Alanları

Dirençler çok çeşitli kullanım alanlarına sahiptirler. Örneğin;

- Akım sınırlayıcı,
- Seri kollu devrede gerilim bölücü,
- Paralel kollu devrede akım bölücü olarak kullanılır. Ayrıca ölçme sistemlerinde, ısıtıcılarda ve birçok alanda dirençler kullanılmaktadır.

## 2.4 Uygulama



|           | Teorik | Pratik |
|-----------|--------|--------|
| $V_{Top}$ |        |        |
| $V_{R1}$  |        |        |
| $V_{R2}$  |        |        |
| $V_{R3}$  |        |        |
| $R_1$     |        |        |
| $R_2$     |        |        |
| $R_3$     |        |        |
| $I_1$     |        |        |
| $I_2$     |        |        |
| $I_3$     |        |        |

# ALTERNATİF VE DOĞRU GERİLİM ALTINDA SERİ R-C DEVRESİNİN DAVRANIŞI

### Deneyin Amacı:

Seri bağlı direnç ve kondansatörden oluşan bir devrede, devre elemanlarının doğru ve alternatif gerilimler altında göstereceği davranışları incelemek ve farklı gerilimlere farklı davranışların ortaya konulduğunu gözlemek bu deneyin amacıdır.

### 3.1 Kondansatörlerin Yapısı

En basit haliyle, aralarında yalıtkan bir dielektrik madde (hava, kağıt, polietilen, mika vb.) bulunan iki iletken levhadan meydana gelen temel elektrik elemanına kondansatör denir. Gerekli fiziki şartlar sağlandığında plakalar üzerinde zıt yönlü elektrik yükleri biriktirme özelliği olduğundan iki ucu arasında bir gerilim farkı oluşur. Kondansatörün üzerindeki elektrik yükünün, iki ucu arasındaki gerilim farkına oranına kondansatörün sığası (kapasitesi) denir,  $C$  ile gösterilir.

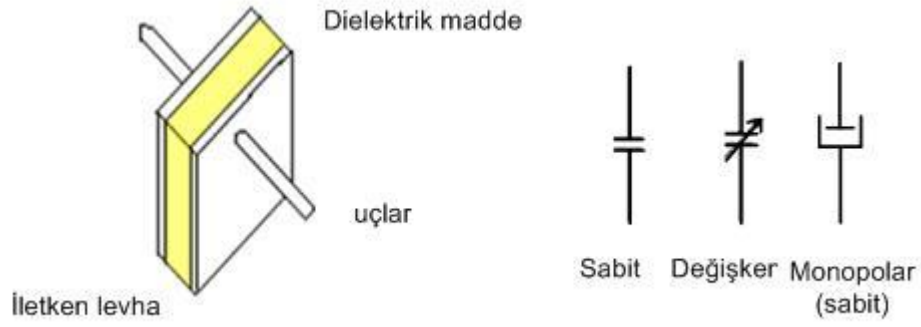
$$Q = C \times V$$

$Q$ : Elektrik yükü

$C$ : Kapasite (sığa)

$V$ : Gerilim farkı

Üzerinde 1 Coulomb'luk yük bulunan ve iki levhası arasında 1 Volt'luk gerilim farkı olan kondansatörün sığası (kapasitesi) 1 Farad'tır (F). Elektronik devreler için 1 Farad çok yüksek bir değerdir. Mikro Farad ( $10^{-6}$  F), nano Farad ( $10^{-9}$  F) ve piko Farad ( $10^{-12}$  F) kapasiteye sahip kondansatörlerle daha çok karşılaşılır.



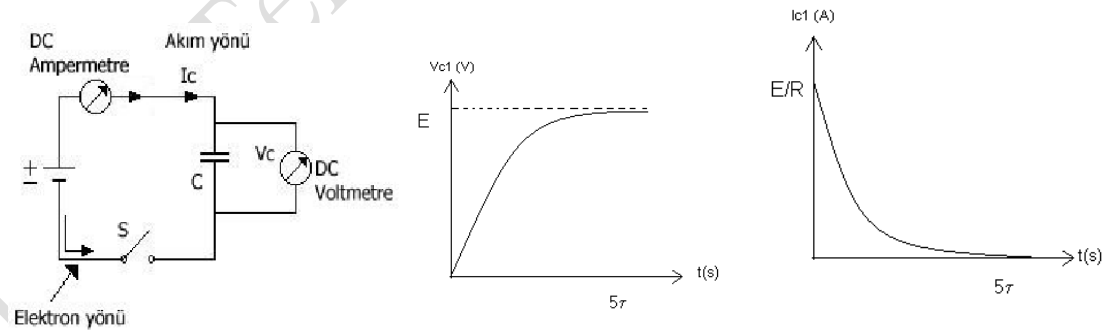
Şekil 3.1 Kondansatörün iç yapısı ve genel gösteriliş şekli

Yukarıdaki şekillerde kondansatörün iç yapısı, hangi parçalardan oluştuğu ve genel gösteriliş şekilleri görülmektedir. Bir yalıtkan malzemenin iki metal tabaka arasına yerleştirilmesiyle oluşturulan temel elektrik ve elektronik devre elemanıdır. Karşılıklı duran ve aralarında elektriksel bir bağlantı olmayan ve plakalara bağlı iki ayrı iletken telden oluşurlar. Her bir plakaya elektrot denir.

Kondansatör sığası plakaların yüzey alanı ve plakalar arasındaki mesafeyle ilişkilidir. Ayrıca plakalar arasındaki yalıtkan maddenin yalıtkanlık özelliği de kondansatörün sığasını etkiler.

### 3.2 Kondansatörün Çalışma Prensibi

#### 3.2.1 Kondansatörün bir DC kaynağa bağlanması



Şekillerde görüldüğü gibi kondansatörün DC kaynağa bağlanmasıyla kondansatör üzerinden gittikçe azalan  $I_c$  gibi bir akım akar. Yaklaşık olarak  $5\tau$  kadar bir sürede  $I_c$  akımı sıfır olur ve kondansatör uçlarındaki gerilim ise kaynak gerilimine eşit olur.

$$\tau = R.C \text{ (s)}$$

### 3.2.2 Kondansatörün bir AC kaynağa bağlanması

DC devrede açıklanan akım olayı, AC devrede iki yönlü olarak tekrarlanır. Dolayısıyla da, AC devredeki kondansatör, akım akışına karşı bir direnç gösterir. Kondansatörlerin akımın geçişine karşı gösterdiği direnç (kapasitif reaktans) olarak isimlendirilir ve  $X_c$  ile gösterilir.

$$X_c = \frac{1}{C\omega}$$

$$\omega = 2\pi f$$

$X_c$  : Kondansatör direnci (kapasitif reaktansı)

$C$  : Kapasite (sığa)

$f$  : Kondansatöre uygulanan gerilimin frekansı

$\omega = 2\pi f$  : Açısal hız

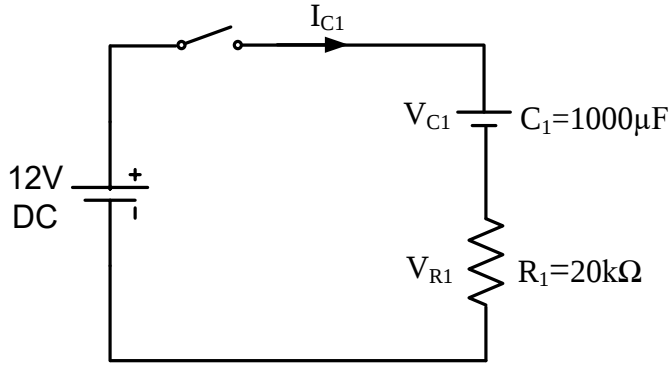
Yukarıdaki formülde görüldüğü gibi frekans ve kondansatörün sığası arttıkça kondansatörün akımın geçişine karşı gösterdiği direnç azalacaktır.

### 3.3 Kullanım ve Uygulama Alanları

Genelde alternatif gerilim devrelerinde çift yönlü (Bipolar) kondansatörler, Doğru gerilim devrelerinde tek yönlü (Monopolar) kondansatörler kullanılmaktadır. Kondansatörler çeşitli amaçlarla elektrik yükü depolama, kompanzasyon, filtre uygulamaları ve benzeri birçok alanda kullanılır.

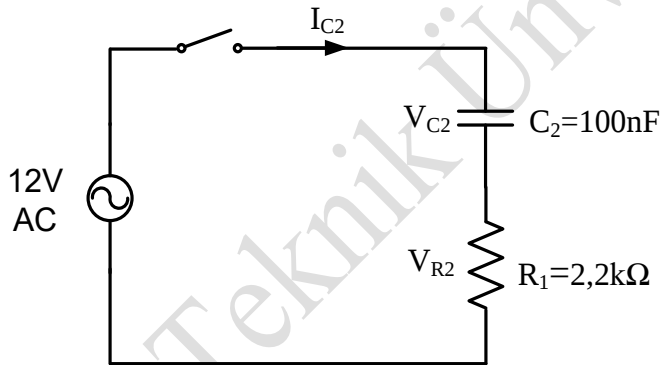
### 3.4 Uygulama

t süresine bağlı olarak  $V_{c1}$  ve  $I_{c1}$  değerlerini alıyoruz. ( $R_1=22k\Omega$  değeri  $10k\Omega$  ve  $22k\Omega$  değerli dirençler ile elde edilecektir)



| t(s)     | $V_{c1}$ | $I_{c1}$ |
|----------|----------|----------|
| 0        |          |          |
| 5        |          |          |
| 10       |          |          |
| 15       |          |          |
| 20       |          |          |
| 30       |          |          |
| 60       |          |          |
| 80       |          |          |
| 100      |          |          |
| 150      |          |          |
| $\infty$ |          |          |

t süresine bağlı olarak  $V_{c2}$  ve  $I_{c2}$  değerlerini alıyoruz.



| t(s) | $V_{c2}$ | $I_{c2}$ |
|------|----------|----------|
| 10   |          |          |
| 20   |          |          |
| 100  |          |          |

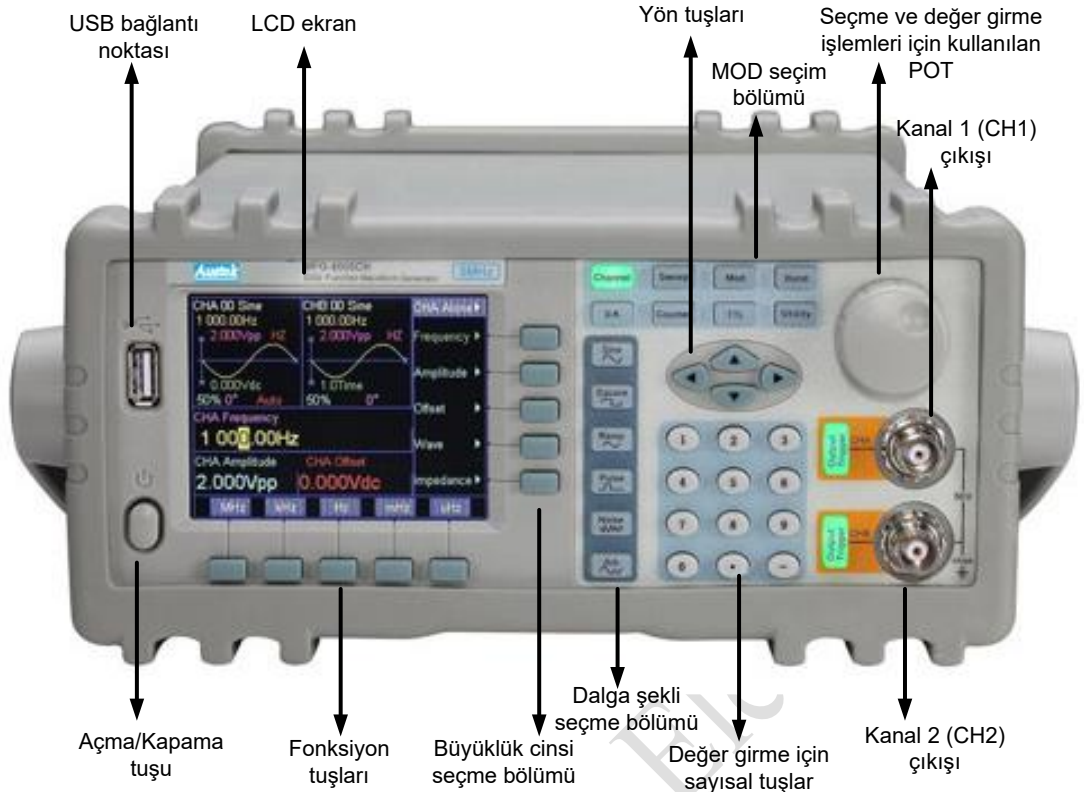
### SERİ RC ve SERİ RL DEVRESİNİN FREKANS CEVABI

#### Deneyin Amacı:

Seri bağlı direnç ve kondansatörden oluşan RC devresi ile seri bağlı direnç ve endüktanstan oluşan RL devresinde frekans etkisinin incelenerek; alternatif akım devrelerinde kondansatörün kapasitif reaktansının ve endüktansın endüktif reaktansının değişimini gözlemlemek deneyin amacıdır.

#### 4.1 Sinyal Üretici

Sinüzoidal, kare dalga, üçgen dalga vb. gibi şekillerde sinyal üreterek, üretilen bu sinyalin genliğini, frekansını vb. özelliklerini ayarlamaya olanak sağlayan cihazlardır. Deneyde kullanılacak olan sinyal üretici bileşenleri aşağıda gösterilmektedir.



Şekil 4.1 Sinyal jeneratörü

Genlik (Amplitude) potansiyometresi ile çıkış sinyalinin tepeden tepeye genliği ayarlanır Sinyalin efektif değerini hesaplayabilmek için aşağıdaki formül kullanılır.

$$V_{eff} = \frac{V_{pp}}{2\sqrt{2}}$$

## 4.2 Empedans

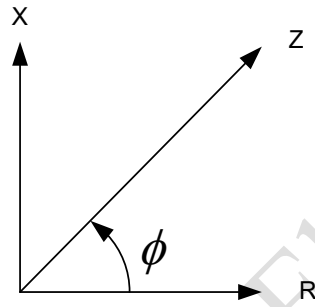
Empedans alternatif akıma karşı koyan zorluk olarak adlandırılır. İçinde kondansatör ve endüktans gibi elemanlar içeren devrelerde direnç yerine empedans kavramı kullanılmaktadır. Empedans, gerilim ve akımın sadece görünür genliğini açıklamakla kalmaz, ayrıca görünür fazını da açıklar.

Empedans genellikle  $Z$  sembolü ile gösterilir ve hem büyüklüğünü hem de fazını ifade eden gösterim  $|Z| \angle \theta$  'dir. Uluslararası Birimler Sistemi (SI)'ya göre direnç ile aynı birime sahiptir ve o da ohm'dur. Empedansın çarpmaya göre tersi admittanstır. (örn, admittans akımın gerilime oranıdır ve siemens olarak bilinir.).

AC kaynağın bulunduğu bir devrede direncin akıma karşı cevabı rezistans, kondansatörün verdiği cevap kapasitif reaktans, endüktansın verdiği cevap endüktif reaktans olarak ifade edilecektir. Bu üç elemanın seri olarak bağlı olduğu bir devrede toplam empedans aşağıdaki formül ile ifade edilir.

$$Z_{toplam} = R + j(X_L - X_C)$$

$$|Z_{toplam}| = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$



Şekil 4.2 Empedansın grafiksel gösterimi

#### 4.2.1 Direnç

AC ve DC devredeki direnç, akım akışına karşı bir direnç gösterir. Dirençlerin akımın geçişine karşı gösterdiği direnç rezistans olarak isimlendirilir ve R ile gösterilir.

$$R = \frac{V}{I}$$

#### 4.2.2 Reaktans

##### 4.2.2.1 Kapasitif reaktans

AC devredeki kondansatör, akım akışına karşı bir direnç gösterir. Kondansatörlerin akımın geçişine karşı gösterdiği direnç kapasitif reaktans olarak isimlendirilir ve  $X_C$  ile gösterilir.

$$X_C = \frac{1}{C\omega}$$

$$\omega = 2\pi f$$

$X_C$  : Kapasitif reaktans [ohm]

$C$  : Kapasite (sığa) [F]

$\omega$  : Açısal hız [rad/sn]

$f$  : Kondansatöre uygulanan gerilimin frekansı [Hz]

Yukarıdaki formülde görüldüğü gibi frekans ve kondansatörün sığası arttıkça kondansatörün akımın geçişine karşı gösterdiği direnç azalacaktır.

#### 4.2.2.2 Endüktif reaktans

AC devredeki endüktans, akım akışına karşı bir direnç gösterir. Endüktansın akımın geçişine karşı gösterdiği direnç endüktif reaktans olarak isimlendirilir ve  $X_L$  ile gösterilir.

$$X_L = \omega L$$

$$\omega = 2\pi f$$

$X_L$  : Endüktans direnci (Endüktif reaktans) [ohm]

$L$  : Endüktans [H]

$\omega$  : Açısal hız [rad/sn]

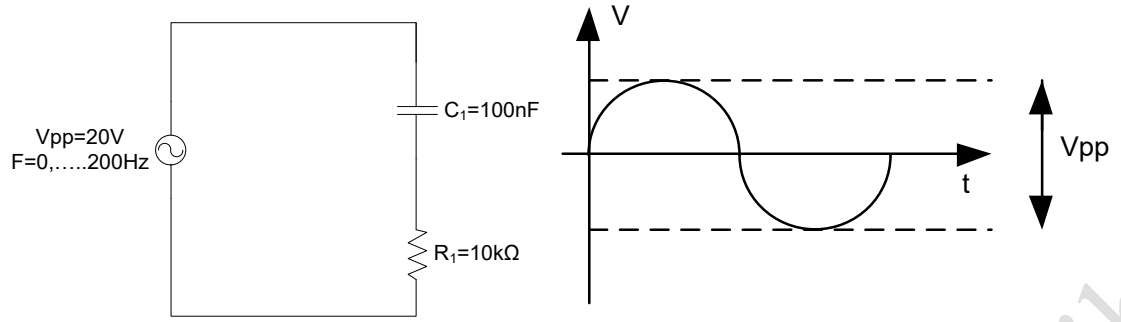
$f$  : Endüktansa uygulanan gerilimin frekansı [Hz]

Yukarıdaki formülde görüldüğü gibi frekans ve endüktans arttıkça, endüktif reaktansın akımın geçişine karşı gösterdiği direnç artacaktır.

### 4.3 Uygulama

#### Seri RC Devresi

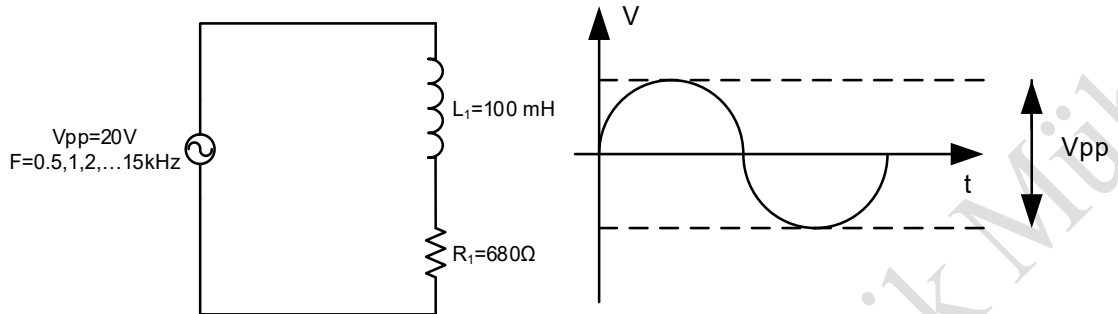
Aşağıda verilen Seri RC devresini kurarak, istenilen gerilim değerlerini multimetre ile ölçüp sonuçları tabloya yazıyoruz.



| f (Hz) | Deneysel Sonuçlar |              |             | Teorik Sonuçlar |     |
|--------|-------------------|--------------|-------------|-----------------|-----|
|        | $V_{C1-rms}$      | $V_{R1-rms}$ | $V_{T-rms}$ | $I_{rms}$       | $Z$ |
| 0      |                   |              |             |                 |     |
| 25     |                   |              |             |                 |     |
| 50     |                   |              |             |                 |     |
| 75     |                   |              |             |                 |     |
| 100    |                   |              |             |                 |     |
| 125    |                   |              |             |                 |     |
| 150    |                   |              |             |                 |     |
| 175    |                   |              |             |                 |     |
| 200    |                   |              |             |                 |     |

## Seri RL Devresi

Aşağıda verilen Seri RL devresini kurarak, istenilen gerilim değerlerini multimetre ile ölçüp sonuçları tabloya yazıyoruz.



|         | Deneysel Sonuçlar |              |             | Teorik Sonuçlar |   |
|---------|-------------------|--------------|-------------|-----------------|---|
| f (kHz) | $V_{L1-rms}$      | $V_{R1-rms}$ | $V_{T-rms}$ | $I_{rms}$       | Z |
| 0.5     |                   |              |             |                 |   |
| 1       |                   |              |             |                 |   |
| 1.5     |                   |              |             |                 |   |
| 2       |                   |              |             |                 |   |
| 2.5     |                   |              |             |                 |   |
| 3       |                   |              |             |                 |   |

Her iki devre için de ölçümleri aldıktan sonra, kapasitif ve endüktif reaktansın frekansa bağlı olarak nasıl değiştiğini yorumlayınız

# SERİ REZONANS OLAYININ SERİ BİR RLC DEVRESİ İLE İNCELENMESİ

### Deneyin Amacı:

Elektrik devrelerinde meydana gelen rezonans olayının seri bağlı bir RLC devresi üzerinde incelenmesi, deney yapılırken **osiloskop cihazının kullanılması**nın öğrenilmesi bu deneyin amacıdır.

### 5.1 Osiloskop

Gerilim ve akım değerlerinin değişimlerini ve genliğini zamana bağlı olarak grafik halinde gösteren ölçü ve gözlem aracıdır. Bu grafiklerden sinyalin darbe ve boşluk süreleri, genliği, frekansı ve periyodu elde edilebilir. Osiloskoplar sinüzoidal, kare veya üçgen vb. girişli devrelerin çıkışlarını ve karakteristiklerini belirlemek üzere tasarlanmışlardır.



Şekil 5.1 Osiloskobun ön panelindeki ekranı ve düğmeleri

### 5.1.1 Osiloskop üzerinde aktif olarak kullanabileceğimiz mevcut düğmeler ve açıklamalar

**ON/OFF:** Açma kapama düğmesi.

**VOLTS/DIV:** Bu düğmeden iki tane mevcuttur. Sol taraftaki 1. Kanal (CH.I), sağ taraftaki ise 2. Kanal (CH.II) ile ilgili ayar yapılırken kullanılır. Bu düğme dikey eksen (Y eksen) bulunan, her bir karenin gerilim (volt) olarak karşılığını göstermektedir.

Örneğin; 2 volt kademesi seçildiğinde dalga şeklinin düşey olarak her bir 'div' i (kare kenarı) 2 volt değerine sahip olduğunu göstermektedir. Dalga şeklinin düşey olarak 4 div değerine sahip olduğunu düşünürsek;

$$1 \text{ div} = 2 \text{ volt}$$

$$4 \text{ div} = 4 \cdot 2 = 8 \text{ volt}$$

demektir. Yani;

$$V_{\max} = 8 / 2 = 4 \text{ volt}$$

$$V_{\text{eff}} = V_{\max} \sqrt{2} = 4 / \sqrt{2} = 2,8 \text{ volt}$$

$$\text{Amplitude} = \text{Genlik} = 8 \text{ volt}$$

gibi sonuçlar çıkarılabilir.

**SEC/DIV:** Osiloskopta mevcut iki kanal (CH.I ve CH.II) için ortak kullanılır. Bu düğme yatay ekseninde (X eksen) bulunan, her bir karenin zaman (saniye) olarak karşılığını göstermektedir. '1 div' e (kare kenarına) karşılık gelen Time değeri anlamındadır.

Örneğin; 10 ms olarak seçilen kademeye göre, '4 div'e (yatay olarak) sahip olan bir dalga şeklinin periyodu:

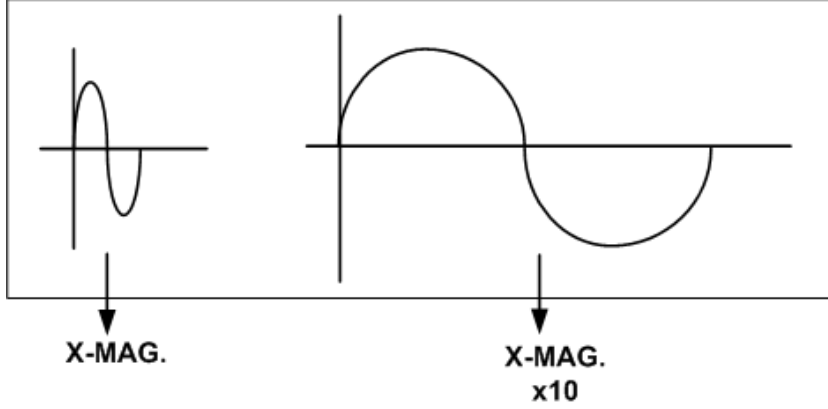
$$4 \times 10 \text{ ms} = 40 \text{ ms}$$
$$\text{frekans} = 1/\text{periyot} = 1/(40 \times 10^{-3}) = 1000 / 40 = 25 \text{ Hertz}$$

**Not:** Osiloskopta mevcut iki kanalın (CH.I ve CH.II) üst tarafında menü tuşları bulunmaktadır. Bu tuşlar ile kanallara ait ayarlar yapılabilir.

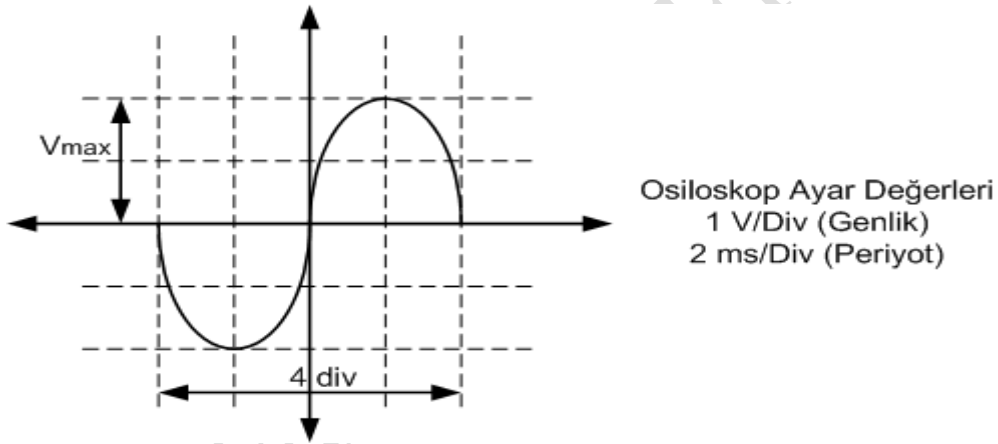
#### 5.1.2 Dalga şekli üzerinde ayar yapmadan önce yapılması gereken işlemler

1. CH.I ve CH.II'yi ekranda görebilmek için menü tuşlarına basarak iki adet kanal aktif hale getirilir.
2. İki kanal aktifleştirildikten sonra her kanalın menü tuşu üzerinde bulunan “position” düğmesi ile bu çizgiler X eksenine (y=0) getirilir.
3. Ekranda aktif olan sinyallerin Y eksen boyunca düzgün görebilmek için her kanala ait Volt/Div düğmesi ile ayarlamalar yapılır. Her kanala ait gerilim çarpan değeri ekranın sol alt köşesinde görülebilir.
4. Ölçülecek olan işaretin dalga şekli önemli olduğu için ölçmeden önce bununla ilgili ayarın yapılması gerekir. Her kanala ait menü tuşu ile ekranın sağ tarafında açılan menüden DC yada AC işaret şekli seçilir. Alternatif akımla (AC) çalışma yapılacaksa DC seçeneği seçilebilir. Ancak doğru akımla çalışma yapılacaksa DC düğmesine basılmalıdır, aksi takdirde dalga şekli ekranda görülemez.
5. Ayrıca menü tuşu ile, açılan bu menüden ölçümde kullanılacak proba ait çarpan değeri de seçilmelidir. Deneyde kullanılacak olan probalar için bu değer x1'dir.

6. Ekranda aktif olan sinyallerin X eksenini boyunca düzgün görebilmek için her iki kanal için ortak olan Sec/Div düğmesi ile ayarlamalar yapılır. Kanallara ait zaman çarpan değeri sol alt köşesinde görülebilir.



Örnek:



a) Periyot:  $4 \text{ div} = 4 \cdot 2 \text{ ms} = 8 \text{ ms}$

b) Frekans:  $1/(8 \cdot 10^{-1}) = 1000/8 = 125 \text{ Hertz}$

c)  $V_{\text{max}}$ :  $2 \text{ div} = 2 \cdot 1 = 2 \text{ volt}$

d)  $V_{\text{ef}}$ :  $V_{\text{max}} / \sqrt{2} = 2 / \sqrt{2} \cong 1.4 \text{ volt}$

e) Genlik (Amplitude):  $4 \text{ div} \cdot 1 = 4 \text{ volt}$

## 5.2 Rezonans Olayı ve Seri Rezonans Devresi

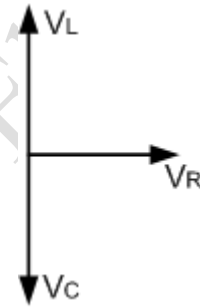
Herhangi bir AC devrede bobinin “Endüktif Reaktans” ı ile kondansatörün “Kapasitif Reaktans”ının birbirine eşit olması halinde meydana gelen fiziksel bir durumdur. Yani başka bir deyişle devrenin rezonansa gelebilmesi için  $X_L = X_C$  olmalıdır. Bu şart sağlandığında devre rezonansa gelir.

Rezonansın meydana geldiği devre seri bir RLC devresi ise bu devrede  $X_L = X_C$  olduğunda bobin üzerinde düşen gerilim ile kondansatör üzerinde düşen gerilim birbirine eşit olur. Ancak  $U_L$  ve  $U_C$  arasında  $180^\circ$  faz farkı olduğundan, bu iki gerilim birbirini nötralize eder. Bu durumda devre direnci  $R$ 'ye, devre gerilimi  $U_R$ 'ye eşit olur. Yani devre rezistif çalışır. Aynı zamanda devre empedansı minimum; devreden geçen akım maksimum olur.

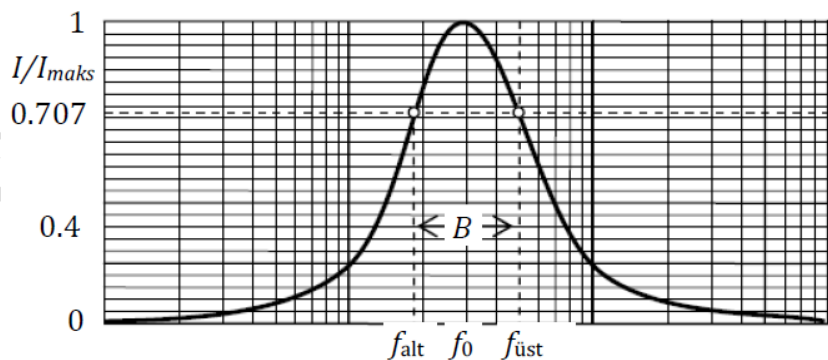
$$X_L = X_C$$

$$2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

$$f_r = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$



Şekil 5.2’de seri rezonans devresinde devreden akan akımın frekansa bağlı değişimi verilmiştir.



Şekil 5.2 Seri Rezonans devresinde akımın frekansa bağlı değişimi

Rezonans frekansının  $f_0$  alt ve üst noktalarında akımın maksimum değerinin 0.707’sine düştüğü frekans değerleri olan  $f_{alt}$  ve  $f_{üst}$  frekansları **alt kesim** ve **üst kesim** frekansı olarak tanımlanır. Bu iki frekans arasındaki fark da **bant genişliği (B)** olarak adlandırılır.

$$B = f_{üst} - f_{alt}$$

Rezonans frekansı ile bant genişliği arasındaki oran da RLC devresinin kalite faktörü (**Q**) olarak ifade edilir.

$$Q = \frac{f_0}{B}$$

### 5.3 Uygulama 1 (Osiloskop Problemlerinin Bağlanması ve Ekrandan Değer Okuma)

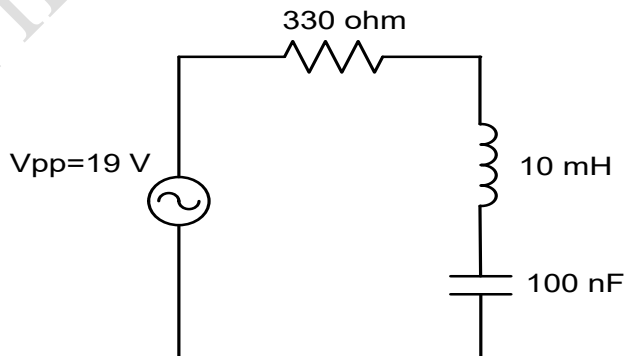
1. CH-I kanalına ait BNC çıkışa uygun probları takalım,

**Not:** Takılan bu probun **kırmızı** ve **siyah** uçları bulunmaktadır. Probun osiloskop ile bağlantısı yapıldığında, siyah olan uç bnc çıkışın dıştaki metal olan kısmına bağlı iken kırmızı olan uç bnc çıkışın iç kısmında bulunan uca bağlı hale gelmektedir. Osiloskoba ait iki adet bnc çıkışın dıştaki metal kısımları birbirine bağlantılıdır. Aynısı sinyal jeneratörü için de geçerlidir. Bu metal kısımlar cihazın beslediği prizden topraklama ucuna bağlantılıdır. Dolayısıyla sinyal jeneratörü ve osiloskop aynı prizden beslendiğinde iki cihazın da bu metal uçlarının birbirine bağlantılı olacağı göz önüne alınmalı ve devrede prob bağlantıları buna uygun şekilde yapılmalıdır.

2. Osiloskobun sağ alt köşesinde 5V kare dalga şeklinin olduğu metal pine probun kırmızı ucunu dokunduralım,
3. Yukarıda anlatılan ayarlardan uygun olanların yapılması ile ekranda bir işaret görmeye ve bu işarete ait gerilim ile frekans değerlerini okumaya çalışalım.

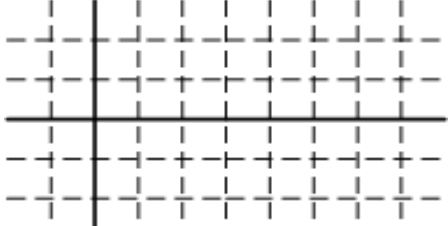
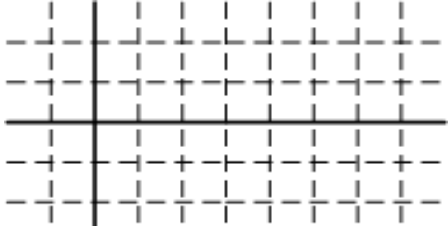
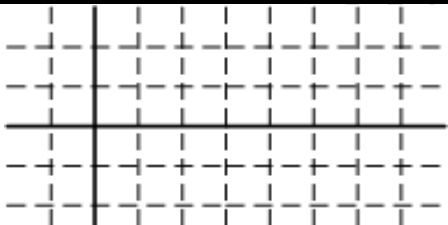
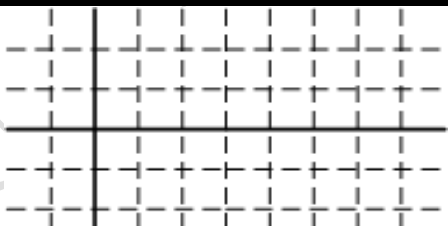
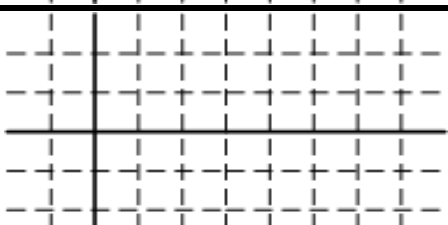
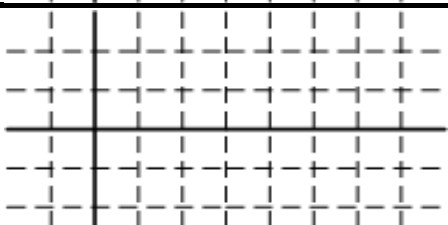
### 5.4 Uygulama 2 (Seri Rezonans Olayının İncelenmesi)

Aşağıdaki devre deney seti üzerine kurulur.



**Deney Aşağıdaki İşlem Sırasına Göre Yapılacaktır;**

1. Yukarıda R, L ve C elemanlarından oluşan devreyi kurunuz. Direnç değerini 330 ohm, kondansatör değerini 100 nF ve endüktans değerini de 10 mH olarak alınız.
2. Sonrasında frekans değerini 500 Hz (0.5 kHz) değerinden başlayarak, sinyal jeneratörü yardımı ile yavaş yavaş arttırınız. Bir sonraki sayfada yer alan tablodaki frekans değerlerine ulaştığınız andaki osiloskop görüntüsünü çiziniz ve o anda devrenin karakteristiğini yorumlayınız.
3. Osiloskop görüntülerine bakarak devrenin yaklaşık olarak hangi frekans değerinde rezonansa geldiğini belirleyiniz.
4. Rezonans frekansını belirledikten sonra, **rezonans durumu için,  $V_{Lrez.}$ ,  $V_{Crez.}$ , ve  $V_{CLrez.}$  gerilimlerinin tepeden tepeye değerlerini osiloskoptan okuyarak bir sonraki sayfadaki tablonun altındaki kısma kaydediniz.**

| f (kHz) | $V_{Rpp}$ | $V_{Tpp}$ | Osiloskop Görüntüsü                                                                  | Devre Karakteristiği |
|---------|-----------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1       |           |           |    |                      |
| 3       |           |           |    |                      |
| 5       |           |           |    |                      |
| 10      |           |           |  |                      |
| 15      |           |           |  |                      |
| 20      |           |           |  |                      |

|                      |           |           |            |
|----------------------|-----------|-----------|------------|
| Rezonans Frekansında | $V_{Lpp}$ | $V_{Cpp}$ | $V_{CLpp}$ |
|                      |           |           |            |

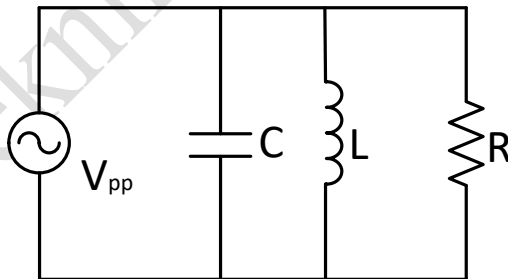
## PARALEL REZONANS OLAYININ PARALEL BİR RLC DEVRESİ İLE İNCELENMESİ

### Deneyin Amacı:

Osiloskop kullanımını pekiştirerek paralel bağlı RLC devrelerinde meydana gelen rezonans olayını incelemek üzere bu deney yapılacaktır.

### 6.1 Paralel Rezonans Devreleri

Bir kondansatör ile bir endüktansın paralel bağlanması ile paralel rezonans devreleri elde edilebilir. Örnek bir paralel rezonans devresi Şekil 6.1’de görülmektedir.



Şekil 6.1 Paralel rezonans devresi prensip şeması

Bu devrede rezonans olayı L ve C elemanları arasında gerçekleşmektedir. Bu devrede toplam empedans aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\frac{1}{Z} = j\omega C + \frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{R_p}$$

Seri rezonans devresindeki aynı mantıktan hareketle Şekil 6.1’de yer alan devrede kapasitif reaktansın endüktif reaktansa eşit olduğu durumda toplam empedans devredeki direnç değerine eşit olur. Bu durumun oluştuğu frekans değeri de

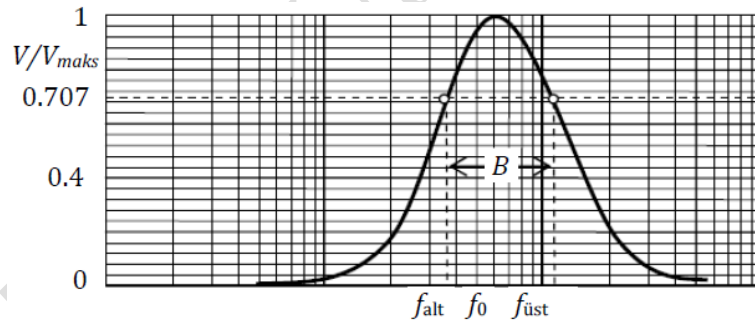
$$X_L = X_C$$

$$2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

$$f_r = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

şeklinde hesaplanabilir.

Paralel rezonans devresinde, rezonans frekansında  $C$  ve  $L$  kollarından geçen akımlar vektörel olarak eşit değerde ve zıt yönde olduğundan birbirini yok eder.  $C$  ve  $L$  kolları açık devre olur. Dolayısıyla devre sadece dirençten oluşuyormuş gibi davranır. Rezonans frekansında devrenin çıkış gerilimi ya da başka bir deyişle direnç uçlarında görülen gerilim değeri en yüksek değerini alır. Paralel rezonans devresinde çıkış gerilimin frekansla değişimi Şekil 6.2’de gösterilmektedir.

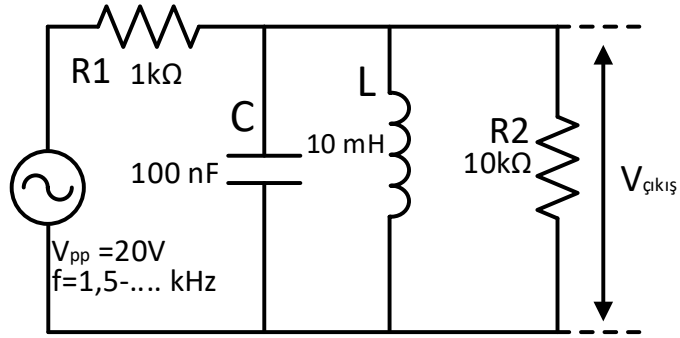


Şekil 6.2 Paralel rezonans devresinde çıkış geriliminin frekansa bağlı değişimi

Paralel rezonans devresinde, daha önce seri rezonans devresinde akım için yapılan **alt ve üst kesim frekansı** maksimum gerilim değerinin 0.707’sine düştüğü frekans değeri olarak tanımlanır. **Bant genişliği ve kalite faktörü** tanımlamaları aynen geçerlidir.

## 6.2 Uygulama (Paralel RLC Devresi İle Paralel Rezonansın İncelenmesi)

Paralel rezonans deneyinin yapılabilmesi için aşağıdaki devre kurulur.



**ÖNEMLİ NOT:** Bu devrede rezonansa girecek olan elemanlar L ve C elemanlarıdır. R2 elemanı çıkıştan beslenen bir yük gibi düşünülebilir. R1 elemanı ise akımı sınırlamak için kullanılmıştır.

**Deney Aşağıdaki İşlem Strasına Göre Yapılacaktır;**

1. Yukarıda R, L ve C elemanlarından oluşan devreyi kurunuz.
2. Sonrasında frekans değerini 1.5 kHz değerinden başlayarak, sinyal jeneratörü yardımı ile yavaş yavaş arttırınız. **Osiloskop görüntülerine bakarak çıkış gerilimini ( $V_{\text{çıkış}} = V_{R2}$ ) en yüksek yapan frekans değerini ( $f_r$ ) belirleyiniz. Bu frekans değerindeki çıkış geriliminin ve kaynak geriliminin  $V_{pp}$  değerlerini aşağıya not ediniz.**

Çıkış gerilimi en yüksek yapan frekans değeri  $f_r = \dots\dots\dots$

$f_r$  frekansında çıkış gerilimin  $V_{pp}$  değeri  $V_{R2} = \dots\dots\dots$

$f_r$  frekansında kaynak geriliminin  $V_{pp}$  değeri  $V_{pp} = \dots\dots\dots$

3. Bulunan  $f_r$  frekansının altında ve üstünde  $V_{R2}$  geriliminin en yüksek değerinin 0.707'sine düştüğü frekansları -yani **alt kesim** ve **üst kesim frekans değerlerini ( $f_{alt}$ ,  $f_{üst}$ )-** belirleyiniz.

Alt kesim frekans değeri  $f_{alt} = \dots\dots\dots$

Üst kesim frekans değeri  $f_{üst} = \dots\dots\dots$

4. Aşağıdaki tabloda yer alan frekans değerleri için çıkış gerilimi ( $V_{R2}$ ) değerlerini  $V_{pp}$  olarak osiloskoptan okuyarak kaydediniz ve karakteristiğini belirtiniz.

| Frekans [kHz]        | 1.5 | 2 | 3 | 4 | 4.5 | 4.8 | 5 | 6 | 8 | 10 | 15 |
|----------------------|-----|---|---|---|-----|-----|---|---|---|----|----|
| $V_{R2} [V_{pp}]$    |     |   |   |   |     |     |   |   |   |    |    |
| Devre Karakteristiği |     |   |   |   |     |     |   |   |   |    |    |

### 6.3 Deney Raporu İçin İstenenler

Aşağıda istenenler doğrultusunda her ğrenci bireysel olarak deney raporu hazırlayacaktır.

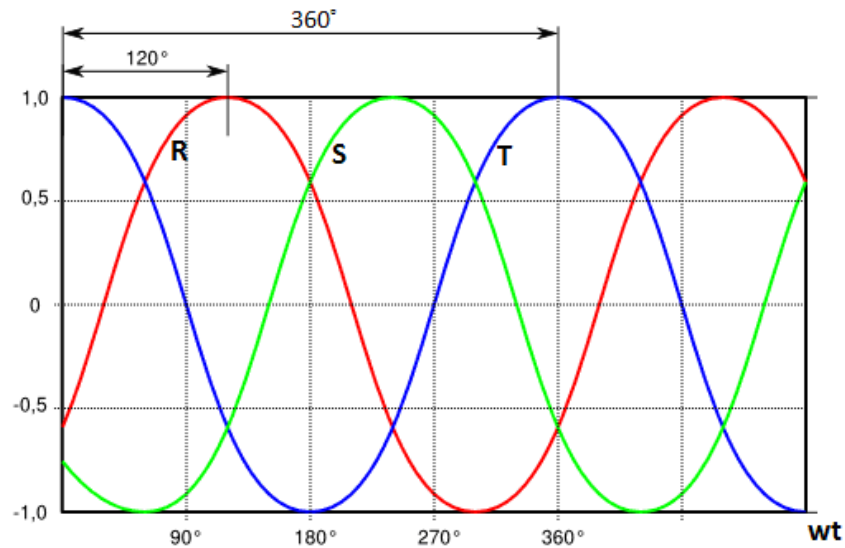
1. Deneyde kullandığınız paralel rezonans devresinin bant genişliğini hesaplayınız.
2. Kalite faktörünü hesaplayınız.
3. Devrenin rezonans frekansını teorik olarak hesaplayınız ve deneysel olarak belirlediğiniz frekans değeri ile karşılaştırınız. Bulduğunuz sonuçların birebir örtüşüp örtüşmediğini nedenleri ile birlikte açıklayınız.
4. Bir önceki sayfadaki tabloda verilen frekans değerleri için ölçtüğünüz çıkış gerilimi değerlerini dikkate alarak çıkış geriliminin frekansa bağılı değişim grafiğini ( $V_{R2}$ -frekans grafiğı) milimetrik kağıt üzerine yaklaşık ölçekli olarak çiziniz.
5. Çizdiğiniz bu grafik üzerinde, deney esnasında belirlediğiniz alt kesim, üst kesim frekans değerleri ile rezonans frekansını gösteriniz.

## ÜÇ FAZLI SİSTEMLER VE REAKTİF GÜÇ KOMPANZASYONU

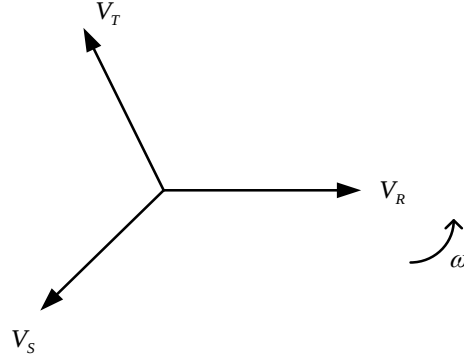
### Deneyin Amacı:

Üç fazlı sistemlerin tek fazlı sistemlere göre farklılıklarını incelemek, osiloskop ekranında tüm fazlara ait gerilim dalga şekillerini gözlemlemek ve alternatif akım şebekelerinde güç tanımları ile reaktif güç kompanzasyonunu anlamaya çalışmak bu deneyin sonucudur.

### 7.1 Üç Fazlı Sistemler



Şekil 7.1 Üç fazlı dengeli bir sistemde dalga şekilleri



Şekil 7.2 Gerilimlerin fazörel gösterimleri

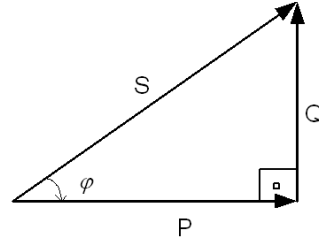
Günümüzde alternatif gerilimli enerji iletim ve dağıtım sistemleri yaygın olarak üç fazlı olarak dizayn edilmektedir. Bunun en önemli nedeni, üç fazlı sistemin aynı enerji miktarı için hat kayıplarının tek fazlı sisteme göre az olması ve iletken başına taşınan enerji miktarının yine tek fazlı sistemlere göre yüksek olmasıdır. Ayrıca, eğer tek fazlı yükler söz konusu değilse üç fazlı dengeli bir sistemde nötr iletkeni kullanılmasına gerek olmamasıdır.

## 7.2 Aktif, Reaktif ve Görünür Güç

**Aktif güç:** Elektrik enerjisini kullanan yüklerde elektriksel gücün ısı, ışık, mekanik vb. başka bir güç formuna dönüşen bileşen gücüdür.

**Reaktif güç:** Yapısında endüktans ve kondansatör barındıran yüklerin alternatif gerilim şebekelerinden çektiği ve tekrardan aynı periyot (50 Hz, 20 ms) içerisinde şebekeye verdiği güçtür. Reaktif güç şebeke ve yük arasında salınan güçtür.

Aktif güç, reaktif güç ve görünür güç arasındaki ilişki vektörel olarak ifade edilebilir. Aktif güç yatay vektörü ifade ederken, reaktif gücü dikey vektörü ifade eder. Görünür güç vektörü, aktif ve reaktif güç vektörlerinin toplamıdır. Aktif, reaktif ve görünür güç arasındaki vektörel gösterim **güç üçgeni** olarak adlandırılır.



S = Görünür güç

P = Aktif güç

Q = Reaktif güç

$\varphi$  = Güç açısı

Şekil 7.3 Güç üçgeni

Aktif, reaktif ve görünür güç arasındaki ilişki şu şekildedir;

Tek fazlı bir sistem için ;

$$S = V.I$$

$$P = V.I.\cos\varphi = S.\cos\varphi$$

$$Q = V.I.\sin\varphi = S.\sin\varphi$$

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

Dengeli üç fazlı bir sistem için;

$$S = 3. V. I = \sqrt{3}.U.I$$

$$P = 3. V. I .\cos\varphi = \sqrt{3}.U.I .\cos\varphi = S.\cos\varphi$$

$$Q = 3.V.I.\sin\varphi = \sqrt{3}.U.I.\sin\varphi = S.\sin\varphi$$

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

### 7.3 Kompanzasyon

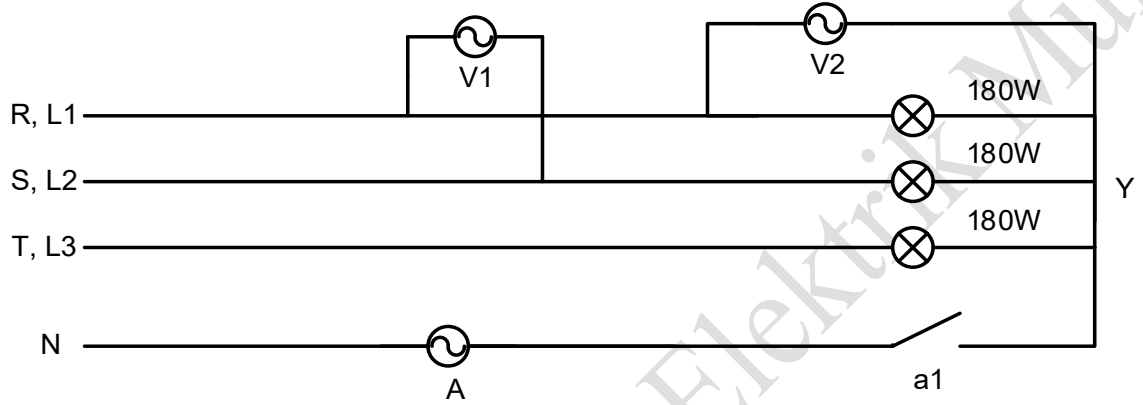
Yüklerin ihtiyacı olan reaktif gücü karşılamak için bu gücün bir yerde üretilmesi gerekmektedir. Enerji üretim merkezlerinde bu gücün üretilmesi için senkron generatörlerin uyarımlarının artırılması yeterlidir. Ancak, bu gücün hatlar üzerinden akışı, hem hattın kapasitesinin düşmesine hem de ilave hat kayıplarının oluşmasına neden olur. Bu sebeplerden ötürü tüketicilerin ihtiyacı olan reaktif güç, mümkün olduğu kadar tüketicilere yakın bir yerde üretilmelidir.

Kondansatör ile endüktans arasında  $180^\circ$  faz farkı bulunması nedeniyle birbirlerinin ihtiyacı olan reaktif gücü karşılayabilirler. Endüktif karakteristikli yüklerin talep ettiği reaktif gücü kondansatör, kapasitif karakteristikli yüklerin talep ettiği reaktif gücü endüktans kullanmak suretiyle karşılanmasına reaktif güç kompanzasyonu denir. Seri ve

paralel olmak üzere iki türlü yapılabilir. Seri kompanzasyonda yük gerilimde bir azalma olacağından nihai tüketiciler paralel kompanzasyon yaparlar.

## 7.4 Uygulama

### 7.4.1 Dengeli Yüklü Üç Fazlı Sistemin İncelenmesi



**Başlangıçta a1 anahtarı kapalı iken faz-nötr gerilimleri ve her bir hattın akımlar;**

|        | Gerilim (V) (faz-nötr) | Akım (A) |
|--------|------------------------|----------|
| R, L1, |                        |          |
| S, L2  |                        |          |
| T, L3  |                        |          |
| N      |                        |          |

**Başlangıçta a1 anahtarı kapalı iken faz-faz gerilimleri;**

$$U_{12} = \dots\dots\dots V$$

$$U_{13} = \dots\dots\dots V$$

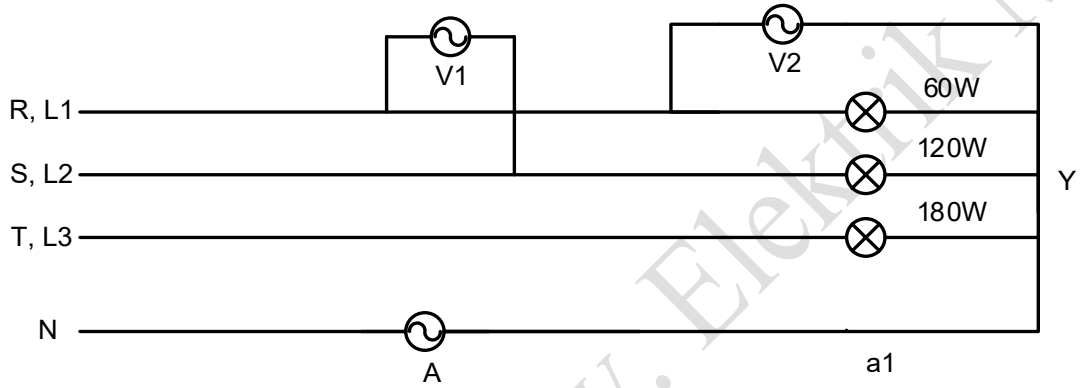
$$U_{23} = \dots\dots\dots V$$

**a1 anahtarı açıldıktan sonra yıldız noktası gerilimi = .....V**

**SONUÇ:** Dengeli durumda nötr iletkeninin var olduğu (a1 anahtarı kapalı) ve var olmadığı (a1 anahtarı açık) durum için kaydettiğiniz değerleri yorumlayınız. Buna göre aşağıdaki soruları cevaplandırınız?

1. 3 fazlı dengeli sistemlerde yıldız noktasının toprağa göre potansiyeli kaç V'tur?
2. 3 fazlı dengeli sistemlerde nötr iletkenine mutlak surette gerek var mıdır, yok mudur? Neden?
3. 3 fazlı dengeli sistemlerde yıldız noktasından toprağa bir iletken bağlandığında bu iletken den akım akar mı? Neden?
4. Kullandığınız deney düzeneğinde a1 anahtarı kapalı ve başlangıçta tüm lambalar açık iken L1 fazına bağlı lambalardan ikisi kapatılırsa diğer lambaların parlaklıkları ne olur? Neden?

#### 7.4.2 Dengesiz Yüklü Üç Fazlı Sistemin İncelenmesi



**Başlangıçta a1 anahtarı kapalı iken faz-nötr gerilimleri ve her bir hattan akımlar;;**

|       | Gerilim (V) (faz-nötr) | Akım (A) |
|-------|------------------------|----------|
| R, L1 |                        |          |
| S, L2 |                        |          |
| T, L3 |                        |          |
| N     |                        |          |

**Başlangıçta a1 anahtarı kapalı iken faz-faz gerilimleri;**

$$U_{12} = \dots\dots\dots V$$

$$U_{13} = \dots\dots\dots V$$

$$U_{23} = \dots\dots\dots V$$

**a1 anahtarı açıldıktan sonra yıldız noktası gerilimi = .....V**

**SONUÇ:** Dengesiz durumda nötr iletkeninin var olduğu (a1 anahtarı kapalı) ve var olmadığı (a1 anahtarı açık) durum için kaydettiğiniz değerleri karşılaştırınız. Buna göre aşağıdaki soruları cevaplandırınız?

1. Dengesiz 3 fazlı bir sistemde nötr iletkenine mutlak surette gerek var mıdır, yok mudur? Neden?
2. Kullandığınız deney düzeneğinde dengesiz yüklenme durumunda yıldız noktası ile toprak arasında bir potansiyel fark oluşur mu?
3. Kullandığınız deney düzeneğinde başlangıçta fazlardan çekilen güç değerleri sırasıyla 60W,120W ve 180W iken nötr iletkeni üzerinden bir akım akar mı? Neden?
4. Kullandığınız deney düzeneğinde başlangıçta fazlardan çekilen güç değerleri sırasıyla 60W,120W ve 180W ve a1 anahtarı açık iken, bir anda a1 anahtarı kapatılırsa lambaların parlaklıkları başlangıçtaki duruma göre nasıl değişir?

#### 7.4.3 Kompanzasyon

##### **Kompanzasyon öncesi çekilen toplam güçler ve akımlar:**

Aktif Güç: ..... , Reaktif Güç: ..... Akım: .....

##### **Kompanzasyon sonrası çekilen toplam güçler ve akımlar:**

1. **Kompanzasyon noktası yükün hemen yanında ve 1 kondansatör grubu bağlı iken,**

Aktif Güç: ..... , Reaktif Güç: ..... Akım: .....

2. **Kompanzasyon noktası yükün hemen yanında ve 2 kondansatör grubu bağlı iken,**

Aktif Güç: ..... , Reaktif Güç: ..... Akım: .....

3. **Kompanzasyon noktası ampermetreden önceki noktaya taşındığında ve 1 kondansatör grubu bağlı iken,**

Aktif Güç: ..... , Reaktif Güç: ..... Akım: .....

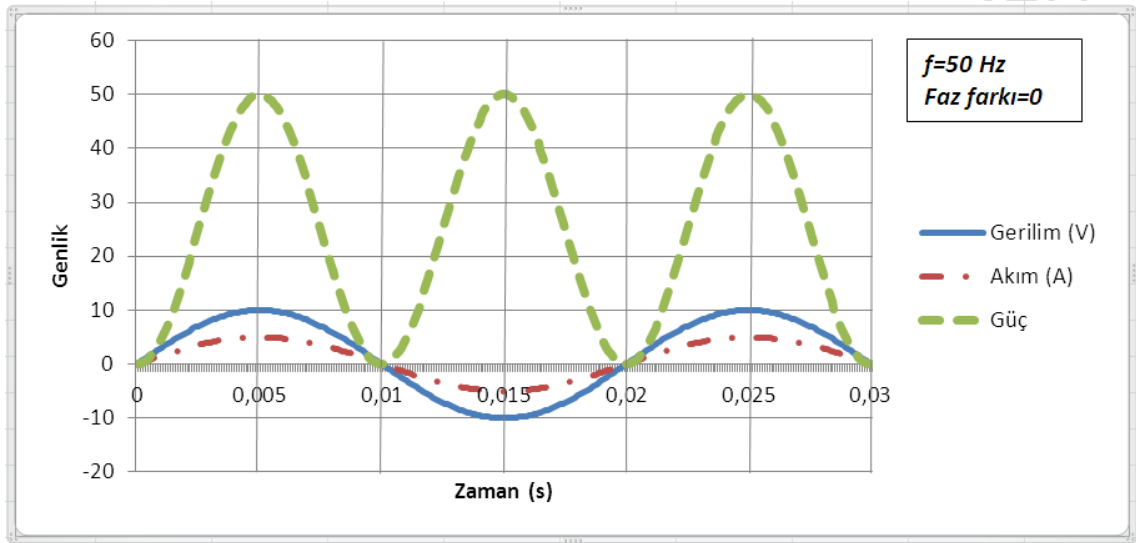
4. **Kompanzasyon noktası ampermetreden önceki noktaya taşındığında ve 2 kondansatör grubu bağlı iken,**

Aktif Güç: ..... , Reaktif Güç: ..... Akım: .....

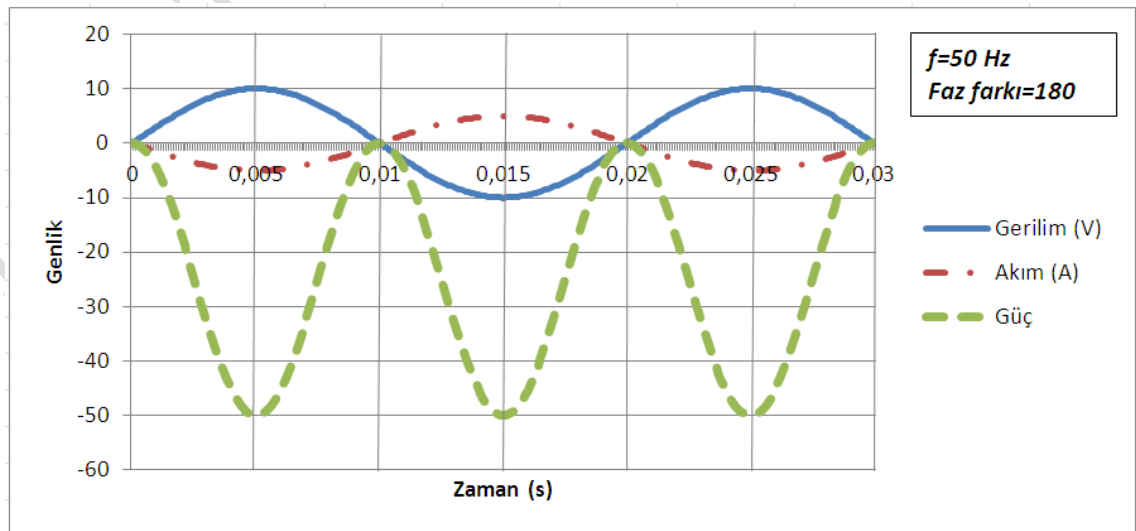
**SONUÇ:** Kompanzasyon öncesinde çekilen güç ve akım değerleri ile kompanzasyonun uygulandığı 4 farklı durum için kaydettiğiniz güç ve akım değerlerini karşılaştırınız. Buna göre aşağıdaki soruları cevaplandırınız?

1. Kompanzasyon nedir ve ne amaçla uygulanır?
2. Bir elektrik tesisinde kompanzasyonun uygulanacağı en uygun nokta neresidir? Neden?
3. Deneyde kompanzasyon kondansatörlerini ampermetrenin öncesine bağladığınızda okunan akım değeri ile sonrasına bağladığınızda okunan akım değeri arasındaki farklılığın nedeni nedir?

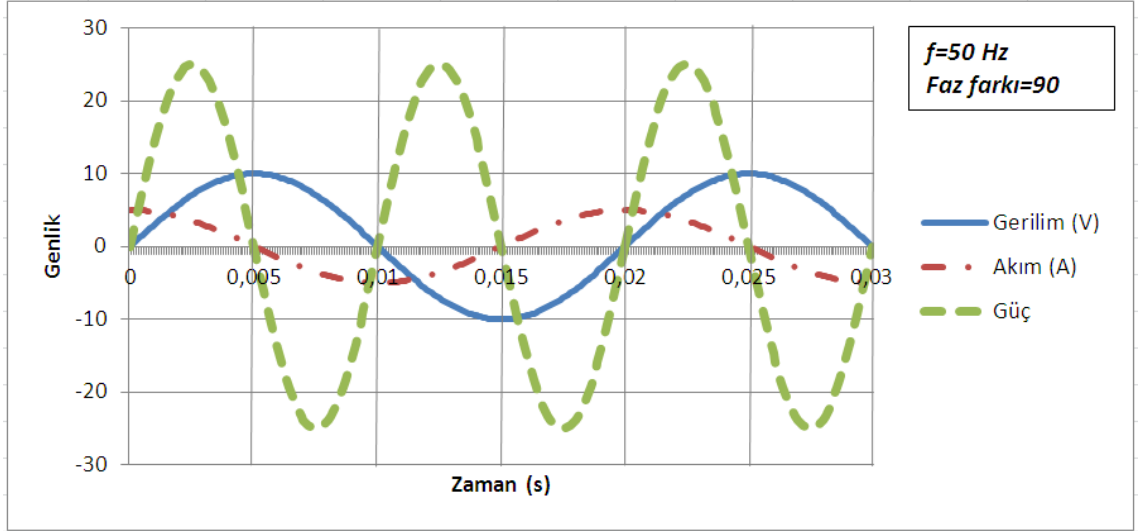
#### 7.4.4 Gerilim Akım ve Güç Grafikleri İle Elektrik Devrelerinin Karakteristiklerinin Yorumlanması



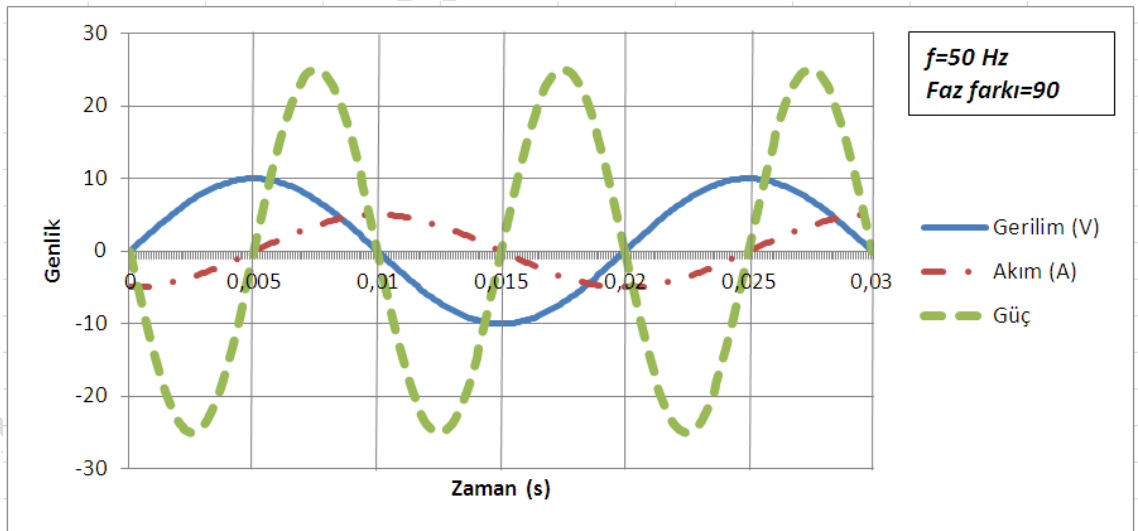
**Şekil A1:** Şekilde akım ile gerilim arasında faz farkı yoktur. Bu durumda akım ile gerilim çarpıldığında elde edilen görünür güç tamamen aktif güce eşittir. Bu durumda şebekeden güç çekilmektedir.



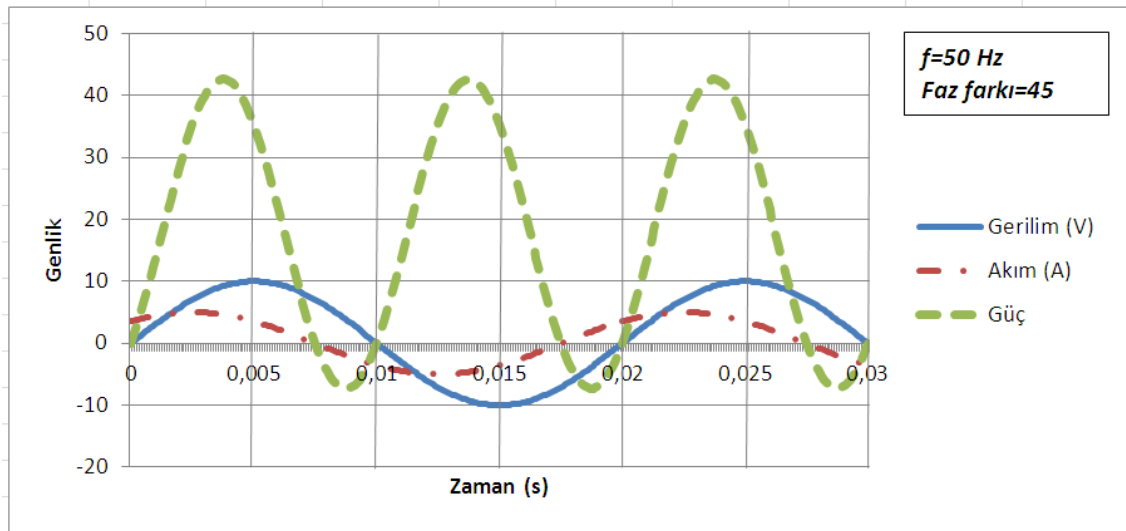
**Şekil A2:** Şekilde akım ile gerilim arasında  $180^\circ$  faz farkı bulunmaktadır. Bu durumda akım ile gerilim çarpıldığında elde edilen görünür güç tamamen aktif güce eşittir. Bu durumda şebekeye güç aktarılmaktadır.



**Şekil B1:** Şekilde akım ile gerilim arasında  $90^\circ$  faz farkı bulunmaktadır (akım  $90^\circ$  ileridedir). Bu durumda akım ile gerilim çarpıldığında elde edilen görünür güç tamamen reaktif güce eşittir. Şebeke ile yük arasında salınan bir güç vardır.

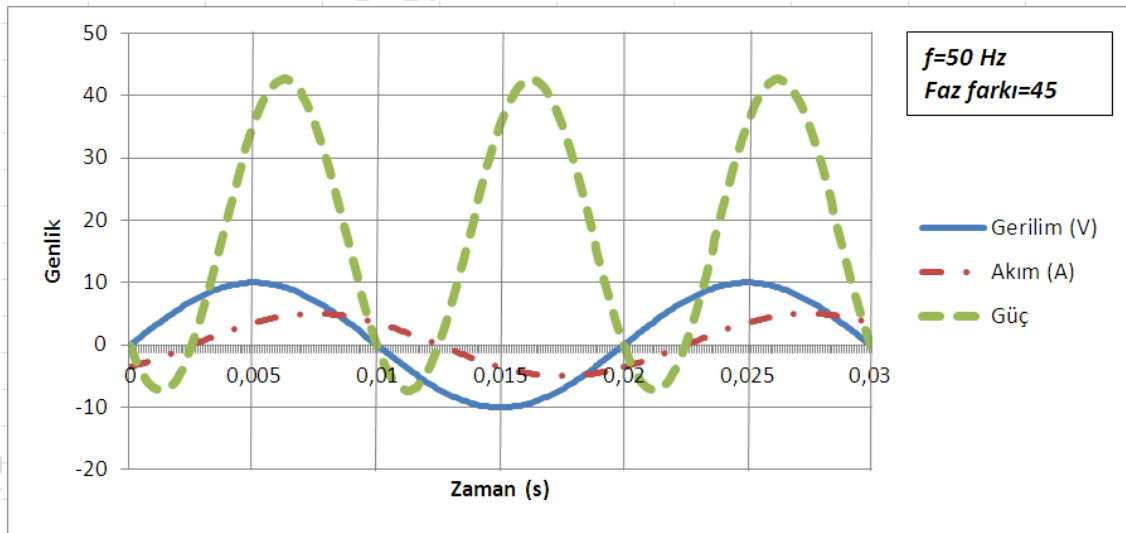


**Şekil B2:** Şekilde akım ile gerilim arasında  $90^\circ$  faz farkı bulunmaktadır (akım  $90^\circ$  geridedir). Bu durumda akım ile gerilim çarpıldığında elde edilen görünür güç tamamen reaktif güce eşittir. Şebeke ile yük arasında salınan bir güç vardır.

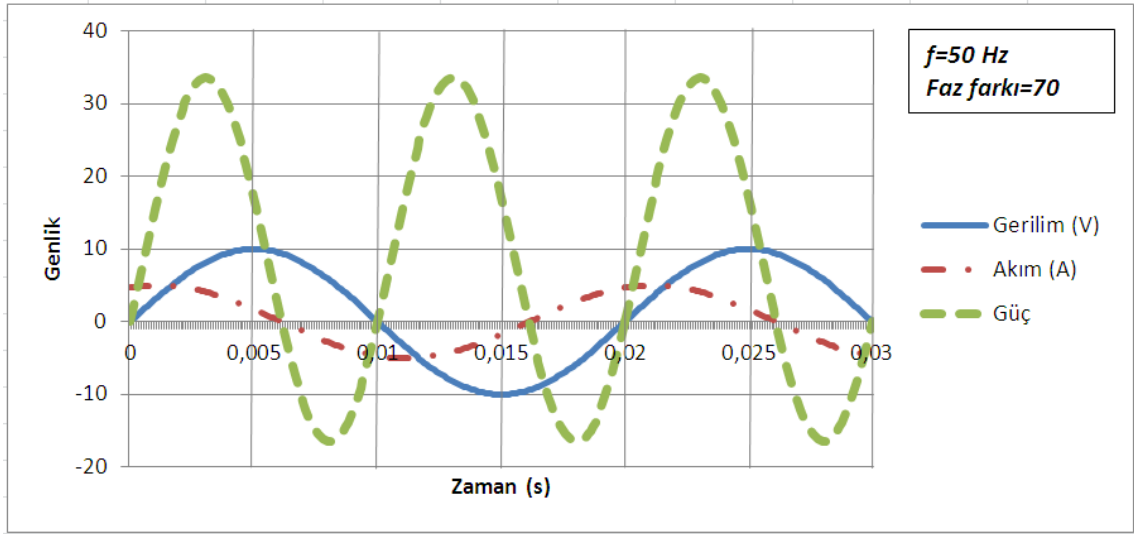


**Şekil C1:** Yandaki şekilde akım ile gerilim arasında  $45^\circ$  faz farkı bulunmaktadır (akım  $45^\circ$  ileridedir). Bu durumda akım ile gerilim çarpıldığında elde edilen görünür güç, aktif ve reaktif güçlerin toplamına eşittir.

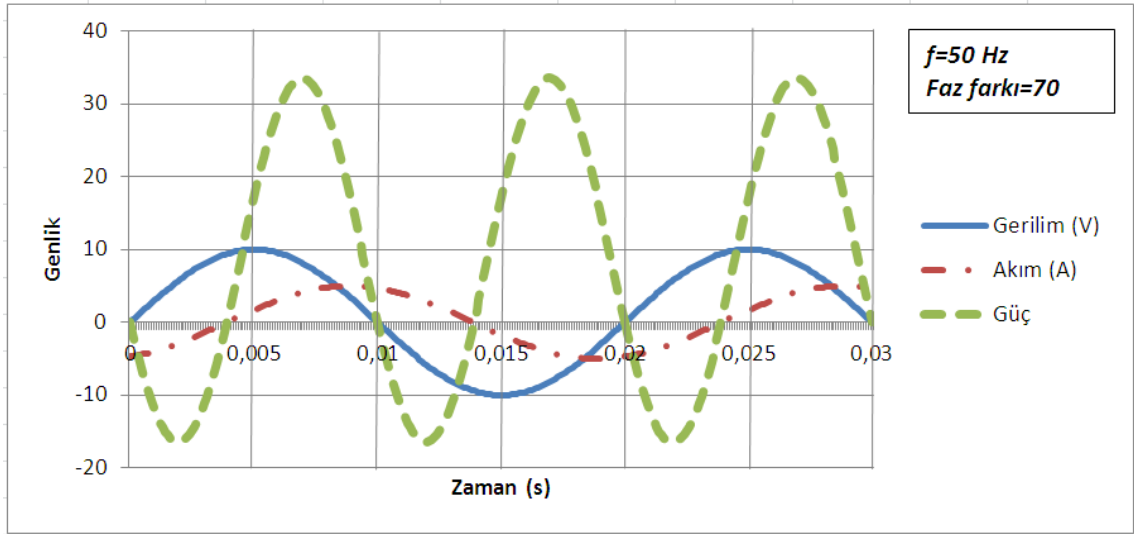
X eksenini altında kalan kısım reaktif güçtür. X eksenini üzerinde kalan alanda, X eksenini altında kalıp reaktif gücü oluşturan alan kadar reaktif güç bulunmakta ve geri kalan kısmı aktif güç oluşturmaktadır. Şebeke ile yük arasında salınan bir güç vardır. Bu durum aşağıdaki şekiller için de geçerlidir.



**Şekil C2:** Şekilde akım ile gerilim arasında  $45^\circ$  faz farkı bulunmaktadır (akım  $45^\circ$  geridedir). Bu durumda akım ile gerilim çarpıldığında elde edilen görünür güç, aktif ve reaktif güçlerin toplamına eşittir.



**Şekil D1:** Yandaki şekilde akım ile gerilim arasında  $70^\circ$  faz farkı bulunmaktadır (akım  $70^\circ$  ileridedir). Bu durumda akım ile gerilim çarpıldığında elde edilen görünür güç, aktif ve reaktif güçlerin toplamına eşittir.



**Şekil D2:** Şekilde akım ile gerilim arasında  $70^\circ$  faz farkı bulunmaktadır (akım  $70^\circ$  geridedir). Bu durumda akım ile gerilim çarpıldığında elde edilen görünür güç, aktif ve reaktif güçlerin toplamına eşittir.