

T.C.  
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI



# MEGEP

(MESLEKÎ EĞİTİM VE ÖĞRETİM SİSTEMİNİN  
GÜÇLENDİRİLMESİ PROJESİ)

ENDÜSTRİYEL OTOMASYON  
TEKNOLOJİSİ

DOĞRU AKIM DEVRELERİ

ANKARA 2006

### Milli Eğitim Bakanlığı tarafından geliştirilen modüller;

- Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığının 02.06.2006 tarih ve 269 sayılı Kararı ile onaylanan, Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında kademeli olarak yaygınlaştırılan 42 alan ve 192 dala ait çerçeve öğretim programlarında amaçlanan mesleki yeterlikleri kazandırmaya yönelik geliştirilmiş öğretim materyalleridir (Ders Notlarıdır).
- Modüller, bireylere mesleki yeterlik kazandırmak ve bireysel öğrenmeye rehberlik etmek amacıyla öğrenme materyali olarak hazırlanmış, denenmek ve geliştirilmek üzere Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında uygulanmaya başlanmıştır.
- Modüller teknolojik gelişmelere paralel olarak, amaçlanan yeterliği kazandırmak koşulu ile eğitim öğretim sırasında geliştirilebilir ve yapılması önerilen değişiklikler Bakanlıkta ilgili birime bildirilir.
- Örgün ve yaygın eğitim kurumları, işletmeler ve kendi kendine mesleki yeterlik kazanmak isteyen bireyler modüllere internet üzerinden ulaşılabilirler.
- Basılmış modüller, eğitim kurumlarında öğrencilere ücretsiz olarak dağıtılır.
- Modüller hiçbir şekilde ticari amaçla kullanılamaz ve ücret karşılığında satılamaz.

# İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR .....	iii
GİRİŞ .....	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1 .....	3
1. ÜSLÜ İFADELER .....	3
1.1. Üstel Fonksiyonlar .....	3
1.1.1. Üstel Fonksiyonların Karakteristiği .....	3
1.2. Elektrik Kazalarına Karşı Korunma ve İlk Yardım .....	7
1.2.1. Kısa Devre .....	7
1.2.2. Sigortalar .....	7
1.2.3. Topraklama .....	7
1.2.4. Yalıtım .....	7
1.2.5. Elektrik Kazalarına Karşı Alınacak Tedbirler .....	8
1.2.6. Elektrik Çarpmalarına Karşı İlk Yardım Tedbirleri .....	8
1.2.7. Yanıklara Karşı Tedbirler .....	9
1.2.8. Yangına Karşı Tedbirler .....	9
1.3. El Takımları ve Kullanımı .....	9
1.3.1. Kontrol Kalemleri .....	9
1.3.2. Pense .....	10
1.3.3. Kargaburun .....	10
1.3.4. Yankeski .....	11
1.4. Elektrik Akımı ve Gerilimi .....	11
1.4.1. Elektrik Yükü ve Akım .....	11
1.4.2. Elektrik Potansiyeli ve Gerilim .....	13
1.4.3. Dirençler .....	15
1.4.4. Elektrik Ölçü Aletleri .....	16
UYGULAMA FAALİYETİ .....	18
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	19
ÖĞRENME FAALİYETİ-2 .....	20
2. DOĞRUSAL DENKLEMLER-1 .....	20
2.1. Ohm Kanunu .....	21
2.1.1. Elektromotor Kuvvet (EMK) .....	21
2.1.2. Direnç ve Ohm Kanunu .....	22
2.1.3. Voltmetre ve Ampermetre Bağlantısı .....	24
2.2. Elektrik Ölçü Aletleri .....	25
2.2.1. Avometreler .....	25
UYGULAMA FAALİYETİ .....	29
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	31
ÖĞRENME FAALİYETİ-3 .....	32
3. SERİ DEVRELER .....	32
3.1. Kirchhoff'un Gerilimler Kanunu .....	32
3.2. Direnç Bağlantıları .....	34
3.2.1. Dirençlerin Seri Bağlanması .....	35
UYGULAMA FAALİYETİ .....	37
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	39
ÖĞRENME FAALİYETİ-4 .....	40
4. KİRCHHOFF'UN AKIMLAR KANUNU .....	40

4.1. Dirençlerin Paralel Bağlanması .....	41
4.2.1. Paralel Bağlı Devrelerde Eşdeğer Direnç .....	43
UYGULAMA FAALİYETİ .....	45
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	47
ÖĞRENME FAALİYETİ-5 .....	48
5. İKİ BİLİNMEYENLİ DENKLEMLER.....	48
5.2. Seri-Paralel Devreler .....	50
5.3. Gözlü Devreler.....	50
UYGULAMA FAALİYETİ .....	53
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	55
MODÜL DEĞERLENDİRME .....	57
CEVAP ANAHTARLARI .....	58
KAYNAKLAR.....	62

# AÇIKLAMALAR

<b>KOD</b>	<b>522EE0159</b>
<b>ALAN</b>	<b>Endüstriyel Otomasyon Teknolojisi</b>
<b>DAL/MESLEK</b>	<b>Alan ortak</b>
<b>MODÜLÜN ADI</b>	<b>Doğru Akım Devreleri</b>
<b>MODÜLÜN TANIMI</b>	DA devresi kurup, bu devrenin elektriksel ölçümlerini yapabilme becerisinin kazandırıldığı bir öğrenme materyalidir.
<b>SÜRE</b>	40/32
<b>ÖN KOŞUL</b>	
<b>YETERLİK</b>	Doğru akım devresinin elektriksel ölçümlerini yapmak.
<b>MODÜLÜN AMACI</b>	<b>Genel Amaç</b> DA devresi devre şemasına göre kuracak ve bu devrenin elektriksel ölçümlerini hatasız olarak yapabileceksiniz. <b>Amaçlar</b> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Elektrik devre elemanlarının direnç değerini doğru olarak ölçecek ve okuyabileceksiniz.</li><li>➤ DA kaynağına bağlı seri direnç devresinde elektriksel ölçümleri doğru olarak yapabileceksiniz.</li><li>➤ Seri DA devresinde elektriksel ölçümleri doğru olarak yapabileceksiniz.</li><li>➤ Paralel DA devresinde elektriksel ölçümleri doğru olarak yapabileceksiniz.</li><li>➤ Seri – paralel DA devresinde elektriksel ölçümleri doğru olarak yapabileceksiniz.</li></ul>
<b>EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI</b>	Analog ölçü aletleri, dijital ölçü aletleri, elektrik deney setleri.
<b>ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME</b>	Modül ile kazandırılacak yeterliğin, öğrenci tarafından kazanılıp kazanılmadığını ölçen bir uygulama modül sonuna konulmuş olup, bu uygulama ile elektriksel büyüklüklerin ölçülmesi modülü ile hedeflenen yeterliklere ulaşılma düzeyi ölçülebilir.



# GİRİŞ

**Sevgili Öğrenci,**

Doğru Akım Devreleri modülü ile endüstriyel otomasyon teknolojileri alanında gerekli olan doğru devre analizi ve devre elemanlarının özelliklerine yönelik bilgi ve teknolojiye ait temel yeterlikleri kazanacaksınız.

Günlük hayatta sıkça kullandığımız doğru akımı, doğru ve güvenli bir şekilde kullanabileceksiniz. Ayrıca doğru akıma ait elektriksel büyüklükleri (akım, gerilim) ve bu büyüklüklerin aralarındaki ilişkileri kavrayacaksınız.

Bu modülü başarılı bir şekilde tamamladığınızda endüstriyel otomasyon teknolojisi alanında doğru akımla ilgili problemleri çok rahat çözebileceksiniz.





# ÖĞRENME FAALİYETİ-1

## AMAÇ

Elektrik devre elemanlarının direnç değerini doğru olarak ölçecek ve okuyabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Avometrelerin yapı, şekil ve çeşitlerini araştırarak bir rapor haline getiriniz.

## 1. ÜSLÜ İFADELER

Elektriksel büyüklüklerin ve kullanılan dirençlerin değerlerinin hesaplanması için üslü ifadelerin öğrenilmesine ihtiyaç vardır. Bu bölümde üslü ifadelerle ilgili temel bilgiler verilecektir.

### 1.1. Üstel Fonksiyonlar

Önce üstel fonksiyonlar hakkında temel bilgileri kontrol edeceğiz. Üstel fonksiyonun türevi ile 'e' niceliğini çalışacağız. Belirli tiplerdeki olgunun modellenmesi için, e'nin ne kadar faydalı olduğunu açıklayacağız.

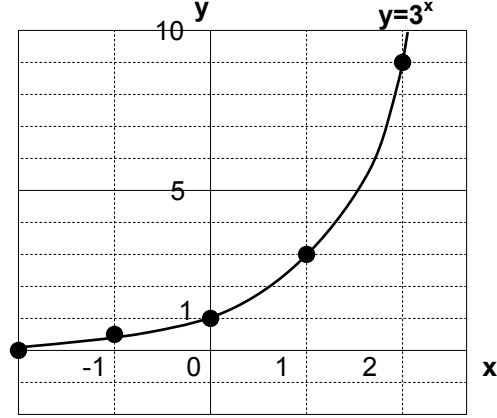
#### 1.1.1. Üstel Fonksiyonların Karakteristiği

Aşağıdaki gibi **üs** durumunda x değişkenine sahip fonksiyonlar **üstel fonksiyonlar** olarak isimlendirilir.

$$f(x) = a^x \text{ veya } f(x) = a^{-x}$$

Burada a, üstel fonksiyonun **tabanı** olarak adlandırılır.

Üstel fonksiyonların eğrileri a ve x'in pozitif veya negatif işareti ve a değeri (1'den büyük veya değil) ile diğerlerinden farklılaşır.



Şekil 1.1: Üstel fonksiyonun grafiği

Şimdilik  $a$  tabanının 1'den büyük ve çok sık göreceğimiz  $x$ 'in işaretinin pozitif olması durumuna yoğunlaşalım.

Şekil 1.1'de üstel fonksiyonların grafiği görülmektedir.

➤ Tam Sayılar İçin Çizim

Üslerin tam sayı olması durumunda noktaların işaretlenmesi için aşağıda gösterilen matematiksel tanımlamadan başlarız.

$$a^x = \underbrace{a \cdot a \cdot a \cdots a}_{a'nın\ x\ kez\ çarpımı} \quad (A)$$

Bu, sadece 1,2,3,... gibi doğal sayılar için kullanışlıdır. 0 ve eksi tam sayılar için diğer tanımlamaları yapmaya ihtiyacımız vardır.

$$a^{-x} = 1/a^x \quad (B)$$

$$a^0 = 1 \quad (C)$$

(A)'dan yola çıkarak üstel hesaplamalar için aşağıda gösterilen kuralları oluşturabiliriz:

$$\begin{aligned}
 a^x \cdot a^y &= \underbrace{a \cdot a \cdots a}_x \cdot \underbrace{a \cdot a \cdots a}_y \\
 &= a^{x+y} \quad (D) \\
 (a^x)^y &= \underbrace{(a \cdot a \cdots a)}_x \cdot \underbrace{(a \cdot a \cdots a)}_x \cdots \underbrace{(a \cdot a \cdots a)}_x \\
 &= a^{xy} \quad (E)
 \end{aligned}$$

(B) ve (C) tanımlamalarının keyfi seçimler olmadığına dikkat etmeliyiz. (D) ve (E) kuralları için uyumludurlar. Bunları kontrol edelim:

➤ (D) kuralı ile (B) tanımlamasının kontrolü

(D) kuralının eksi tam sayılar için doğru olduğunu kabul ettiğimiz zaman eşitliği aşağıdaki gibi hesaplayabiliriz.

$$a^5 \cdot a^{-2} = a^{5+(-2)} = a^{5-2} = a^3$$

En soldaki  $a^{-2}$  (altı çizili bölüm) için  $a^3$  ile çözüm:

$$a^{-2} = a^3 / a^5 = a \cdot a \cdot a / (a \cdot a \cdot a \cdot a \cdot a) = 1 / (a \cdot a) = 1 / a^2$$

➤ (D) kuralı ile (C) tanımlamasının kontrolü

$a^x \cdot a^{-x} = a^{x-x} = a^0$  şeklindeki (D) kuralından  $a^0$  formunu oluşturabiliriz.

Diğer bir şekilde (B) tanımlaması ile hesaplama şu sonucu verir.

$$a^x \cdot a^{-x} = a^x / a^x = 1.$$

Bunların sonuçları  $a^0 = 1$  tanımlamasını verir.

### Soru 1.1

(B) ve (C) tanımlamaları ile (E) kuralının uyumluluğunu kontrol ediniz. Aşağıda verilen denklemlerin hesaplaması biri (E) kuralı ile ve diğeri kurlsız olarak iki yolu da kullanarak yapınız.

(1)  $(a^4)^{-2}$                       (2)  $(a^4)^0$

### Cevap 1.1

(1)

$$(a^4)^{-2} = a^{4 \cdot -2} = a^{-8}$$

$$(a^4)^{-2} = \frac{1}{(a^4)^2} = \frac{1}{a^8} = a^{-8}$$

(2)

$$(a^4)^0 = a^{4 \cdot 0} = a^0 = 1$$

$$(a^4)^0 = a^0 = 1$$

➤ Gerçek Sayılar İçin Çizim

Yukarıdaki tanımlama sadece tam sayılar içindir. Dolayısıyla onlar arasındaki değerler, yani  $a^{0,5}$  veya  $a^{1,1}$  gibi  $x$  gerçekte sayıları hakkında bir fikir vermesi mümkün değildir. Bu gibi sayılar için aşağıda verilen bir diğer tanımlamayı yapmaya ihtiyacımız vardır:

$$a^{\frac{1}{x}} = \sqrt[x]{a} \quad (\text{F})$$

### Soru 1.2

(D) ve (E) kuralları ile (F) tanımlamasının uyumluluğunu kontrol ediniz. Aşağıda verilen denklemlerin hesaplanmasını biri kurallı diğeri kuralsız iki yoldan yapınız.

(1)  $a^{1/2} \cdot a^{1/2}$

(2)  $(a^{1/3})^3$

### Cevap 1.2

(1)

$$a^{1/2} \cdot a^{1/2} = a^{1/2+1/2} = a^1 = a$$

$$a^{1/2} \cdot a^{1/2} = \sqrt{a} \cdot \sqrt{a} = a$$

(2)

$$(a^{1/3})^3 = a^{3/3} = a^1 = a$$

$$(a^{1/3})^3 = (\sqrt[3]{a})^3 = a$$

Herhangi bir gerçekte sayı, bir kesir olarak ifade edilebilir. Bu tanımlama herhangi bir gerçekte sayı için yeterlidir. Örneğin  $a^{2,2}$ , aşağıdaki şekilde sıradan bir gösterime değiştirilebilir.

$$a^{2,2} = a^{\frac{22}{10}} = (a^{\frac{1}{10}})^{22} = (\sqrt[10]{a})^{22}$$

**Soru 1.3:** Aşağıdaki gösterimleri değerlendiriniz.

(1)  $4^{2,5}$

(2)  $4^{0,4}$  ( $\sqrt[10]{4} = 1,15$  kullanınız)

### Cevap 1.3

$$(1) 4^{2,5} = 4^{\frac{25}{10}} = 4^{\frac{5}{2}} = (4^{\frac{1}{2}})^5 = (\sqrt{4})^5 = 2^5 = 32$$

$$(2) 4^{0,4} = 4^{\frac{4}{10}} = (4^{\frac{1}{10}})^4 = (\sqrt[10]{4})^4 \approx (1,15)^4 = 1,75$$

## 1.2. Elektrik Kazalarına Karşı Korunma ve İlk Yardım

### 1.2.1. Kısa Devre

Kısa devre; kırmızı, sarı, mavi, nötr ve toprak hatlarının en az ikisinin birbirine temas ederek elektriksel akımın bu yolla devresini tamamlamasıdır.

Elektrik akımı taşıyan devrelerde kısa devre olması olağandır. Özellikle yüksek gerilim ihtiva eden sistemlerde. Böyle bir durum çok büyük tehlikeler arzeder. Bugün gerek sistemi, gerekse sistemde görev yapan elemanları korumak için çeşitli önlemlerin alınması başlıca yaptırımlar arasına girmiştir.

### 1.2.2. Sigortalar

**Alternatif** ve **doğru akım** devrelerinde kullanılan cihazları ve bu cihazlarda kullanılan iletkenleri, aşırı akımlardan koruyarak devreleri ve cihazı hasardan kurtaran elamanlardır. Sigortalar; evlerde, elektrik santrallerinde, endüstri tesislerinde kumanda panolarında, elektrikle çalışan bütün aletlerde kullanılır.

### 1.2.3. Topraklama

Binanın elektrik sistemi kurulurken binanın dışında **toprağa** belirli bir büyüklükte bir bakır çubuk veya bakır levha gömülür. Bu bakır çubuğa bağlı bir kablo, binanın girişindeki faz ve nötrün binaya ilk girdiği ana elektrik kutusuna kadar getirilir. Bu noktadan itibaren tüm binaya, tüm dairelere bir faz, bir nötr ve bir de toprak hattı gider. Topraklı prizlerde ortadaki iki delik faz ve nötr'e bağlı iken, dış taraftaki metal çıkıntılar da toprak hattına bağlanır.

### 1.2.4. Yalıtım

#### 1.2.4.1. Koruyucu Yalıtma

Normalde gerilim altında olmayan, ancak yalıtım hatası sonucu elektriklenebilen parçaların izoleli yapılmasıdır. Elektrik işlerinde kullanılan penseler, kargaburunlar, tornavidalar ve benzer el aletleri uygun şekilde yalıtılmış; yağdanlıkların, süpürgelerin, fırçaların ve diğer temizlik araçlarının sapları akım geçirmeyen malzemeden yapılmış olmalıdır.

### 1.2.4.2. Üzerinde Durulan Yerin Yalıtılması

Yerleri değişmeyen sabit elektrikli makine ve araçlarla, elektrik panolarının taban alanına tahta ızgara, lastik paspas vb. konulmak suretiyle yapılan bir korunma önlemidir. Bu korunma önlemi, herhangi bir elektrik kaçağında insanı toprağa karşı yalıttığı için elektik çarpması gerçekleşmez.

### 1.2.5. Elektrik Kazalarına Karşı Alınacak Tedbirler

Elektrik tesislerinde, evlerimizde, iş yerlerimizde yapılan hatalar ve yıldırım düşmesi sonucunda insan hayatı ile ilgili elektrik çarpması ve yanıklar meydana geldiği gibi yangınlar da baş gösterebilir. Bunlara karşı ani ve etkili tedbirler almak suretiyle zararlar en düşük seviyede tutulabilir.

### 1.2.6. Elektrik Çarpmalarına Karşı İlk Yardım Tedbirleri

Üzerinden elektrik akımı geçerek elektriğe çarpılan bir kimse, komaya girmişse tekrar hayata kavuşturmak için vakit kaybetmeden aşağıdaki ilk yardım tedbirleri uygulanır:

- Kazazedenin elektrik çarpmasına maruz kaldığı hatalı akım devresi derhal kesilir; bunun için duruma göre fiş prizden çekilir, anahtar açılır veya sigorta çıkarılır.
- Eğer akımın derhal kesilmesi mümkün olmazsa elektrik alanı, kuru bir tahta parçası, bir baston veya benzeri, kolayca tedarik edilebilecek yalıtkan bir cismin aracılığı ile kazazededen uzaklaştırılır.
- Eğer elektrik tesislerinin uzaklaştırılması mümkün olmazsa, bu taktirde kazazede, elbisenin kuru olan kısımlarından çekilerek veya kazazedeyi kuru bir bez veya elbise parçası ile tutarak gerilimin altında bulunan tesis kısmından uzaklaştırılır.
- Bu esnada yardım eden kimselerin de aynı zamanda elektrik çarpmasına maruz kalmamaları için kazazedenin el, kol, ayak veya bacak gibi çıplak vücut kısımlarından tutarken aynı zamanda topraklanmış madenî kısımlara temas etmemeye ve iletken zemine basmamaya dikkat etmeleri gerekir.
- Komaya girmiş olan kazazedenin elbiselerini çıkartmak için zaman kaybetmeden derhal suni teneffüs uygulanır ve bu işe olumlu sonuç alınıncaya kadar uzun zaman devam edilir. Kazazedenin öldüğüne kesin olarak kanaat getirilmeden, mesela ölüm morluğu baş göstermeden veya ışık tutulduğunda göz bebeklerinde daralma olduğu sürece suni teneffüse nihayet verilmemelidir.
- Bir taraftan suni teneffüs yaptırılırken diğer taraftan da hastaneye veya en yakın ilk yardım merkezine telefon ederek sıhhi yardım istenmeli ve ambulans çağrılmalıdır.
- Kazazede, ambülansla hastaneye nakledilirken dahi bir taraftan oksijen verilirken diğer taraftan derhal suni teneffüse devam edilmelidir.
- Kazazedeye suni teneffüs yaptırmak için geliştirilmiş cihazlar vardır. Ancak bunlar hastanelerde ve ilk yardım merkezlerinde bulduklarından, bu cihazlar olmadan da suni teneffüs yaptırılabilir. Elektrik çarpmasının baş gösterdiği yerlerde hiçbir zaman özel suni teneffüs cihazları bulunmadığından ve esasen

bunları tedarik edinceye kadar hastanın bekletilmesine müsaade edilmeyip derhal suni teneffüse başlanması şart olduğundan, araçsız suni teneffüs uygulanmasının önemi çok büyüktür.

- Suni teneffüs, nefes alma merkezlerinin dinlenmesini ve rahatlamasını sağlar; böylece suni teneffüs yaptırılan hasta, bir süre sonra kendiliğinden nefes almaya başlar. Bu süre, icabında 5 saat veya daha fazla sürebilir. Onun için nöbetleşerek suni teneffüs yaptırabilmek için birkaç yardımcının hazır bulundurulmasında fayda vardır.
- Suni teneffüs yaptırılacak kazazede, havadar ve rahat bir yere sırt üstü yatırılır. Nefes almayı kolaylaştırmak için yakası açılır, varsa kravatı çözülür. Ağzın, mideden gelen veya ağızda kalmış olan yiyecek artıklarından temizlenmesi ve şayet varsa, takma dişlerin çıkarılması şarttır. Dilin geri çekilerek boğazı tıkamamasına dikkat edilir. Bunun için dilin daima ağız içinde serbest olması sağlanır.

### **1.2.7. Yanıklara Karşı Tedbirler**

- Büyük yanık yaralarına pudra dökülmez, yağ veya merhem sürülmez ve sargı yapılmaz. Yanık yaraları sadece mikropsuz ve temiz örtülerle örtülür.
- Küçük yanık yaraları ancak özel merhemlerle ve antiseptik sargı bezleriyle sarılır.  
Büyük sanayi işletmelerinde ilk yardım için yetiştirilen ekip, gerekli ilaç ve tedavi araçları ile donatılmış olarak yardıma hazır bulundurulur.

### **1.2.8. Yangına Karşı Tedbirler**

Yalnız elektrik tesisleri sebebiyle meydana gelen yangına karşı değil; genel olarak yangın hangi kaynaktan gelirse gelsin bütün yangınlara karşı evlerde ve iş yerlerinde yangın söndürme cihazları ve yangın söndürmek için gerekli araç ve gereçler daima çalışır bir durumda hazır bulundurulmalı ve personel, yangın söndürme için eğitilmelidir.

Yangın, elektrik tesislerindeki bir hatadan kaynaklanmasa dahi ilk tedbir olarak ana anahtar açılarak veya ana sigortalar çıkarılarak elektrik tesisleri gerilimsiz bırakılır. Böylece yangın sebebi ile meydana gelen izolasyon hataları yüzünden kısa devrelerin ve yeni yangın ortamının meydana gelmesi önlenmiş olur. Eğer yangının başladığı bir yerde ayrıca bir şahıs elektriğe çarpılmışsa veya yanık yarası almışsa, bu kimse emin bir yere nakledilerek evvela yangın söndürülür ve bundan sonra ilk yardım tedbirleri uygulanır.

## **1.3. El Takımları ve Kullanımı**

### **1.3.1. Kontrol Kalemleri**

Kontrol kalemleriyle devrede enerji ve kaçak olup olmadığı ve cihaz kontrolü gibi işlemler yapılır.

Bu kontrol işlemleri yapılırken dikkatli olunmalıdır. Kontrol kalemleri ile ölçüm yapılırken dik tutulmalıdır ve dikkatli olunmalıdır. Yan tutulması veya dikkatsiz ölçüm yapılması neticesinde kısa devre (faz-nötr, faz-faz çakışması) durumu ile karşılaşılabilir.

Kontrol kalemlerinin uçları hassas olduğundan tornavida yerine kullanılması doğru değildir. Tornavida yerine kullanılması durumunda uçları çabuk bozulur, ayrıca tornavidalar kadar darbelere dayanıklı olmadıklarından kolay kırılırlar. Kontrol kalem, ancak devrede gerilim olup olmadığının kontrolünde kullanılır.



**Şekil 1.2: Çeşitli kontrol kalemleri**

### 1.3.2. Pense

İletkenleri, küçük parçaları tutmaya, çekmeye, sıkıştırmaya ve bükerek şekil vermeye yarayan bir alet olan pensenin sap kısımları izole edilmiştir. Elektrikçilerin kullandığı penseler daha kuvvetli olup metal kısma yakın olan bölgeye elin temas etmemesi için kaymayı önleyici çıkıntılar yapılmıştır.



**Şekil 1.3: Pense**

Elektronikçilerin kullandıkları ise daha küçük yapıda yaylı ve sap kısmında çıkıntı yoktur. Bazılarında ise ağız ve sap kısmına ilaveler yapılarak iletken ve sac kesme gibi işler için de kullanılabilir. Ayrıca ayarlı pense, papağan pense, düz ve eğri segman penseleri ile kerpeten de değişik amaçlar için imal edilmiş pense gurubunda sayılan aletlerdir. Ancak bu aletleri kullanırken elini veya diğer parmaklarını kısırmamak için dikkatli olmak gerekmektedir.

### 1.3.3. Kargaburun

Penseye göre ağız kısmı daha ince ve uzun olması nedeni ile pensenin sığamayacağı yerlerdeki parçaların tutulması ve daha küçük ölçüdeki bükme, kıvrma ve şekillendirme işlerinde kullanılır. Düz ve eğri ağızlı olmak üzere çeşitleri vardır.



**Şekil 1.4: Kargaburun**



### 1.3.4. Yankeski

İletkenleri kesmek amacıyla kullanılan bu aletin de elektrikçiler ve elektronikçilerin kullanabileceği şekilde yapılmış olanları vardır. Bunun yanında daha kalın kabloları kesmek için kablo makasları kullanılabilir.



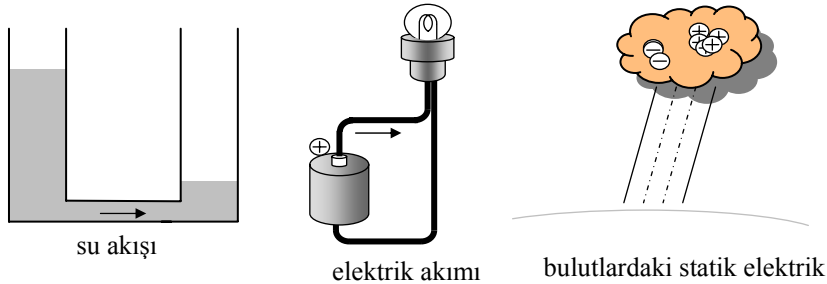
Şekil 1.5:Yankeski

## 1.4. Elektrik Akımı ve Gerilimi

Bu bölümde elektrik yükü, elektrik akımı ve gerilim gibi temel elektrik kavramlarını öğreneceğiz. Bu ifadeleri detaylara girmeden açıklamaya çalışacağız. Bu nedenle öncelikle elektrik yükünün hareketi ile su akışı arasındaki benzerliği anlamalıyız.

### 1.4.1. Elektrik Yükü ve Akım

Elektrik akımı olarak adlandırılan elektrik akışı, suyun akışına benzer. Suyun akma nedeni şüphesiz suyun akışkan olmasıdır. Elektrik akımını ne akışı olarak düşünürsünüz? Hem pozitif hem de negatif yüklerin akışından bahsedebiliriz. Akmayan elektrik de vardır. Buna statik elektrik denir. Günlük hayatımızda birçok alanda statik elektrik ile temasımız olmaktadır.



Şekil 1.6

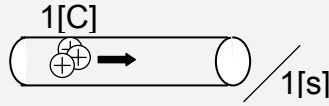
Pozitif elektrik yükünün akış yönü, elektrik akım yönü olarak ifade edilir. Elektrik yük birimi Coulomb (C) ve akımın birimi Amper (A) dir. Bu birimler Charles Augustin Coulomb ve Andre Marie Ampere tarafından keşfedildiği için bu isimlerle adlandırılırlar.

Elektrik akımının sayısal değeri aşağıdaki gibi açıklanabilir:

## Elektrik akımının tanımı

1 saniyede 1 coulombluk elektrik yükü hareket ediyorsa bu 1 Amper olarak tanımlanır.

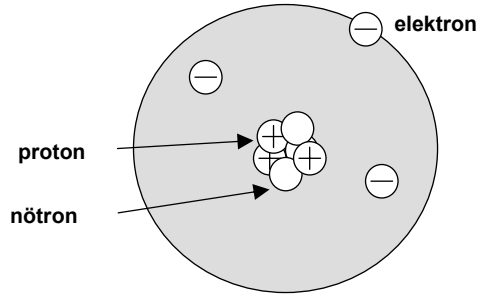
$$1[A] =$$



Elektrik yükü akışının doğrudan ölçümü mümkün değildir. Fakat elektrik akımını ölçmek mümkündür. Akım değerini kullanarak elektrik yükü akış miktarını belirleyebiliriz.

### ÇALIŞMA -1.1

**Serbest elektron ve oyuk** (Elektrik akımı denince hareket eden nedir?)



Atomun genel yapısı şekilde görülmektedir. Proton ve nötrondan meydana gelen bir çekirdek ve bunun etrafında dönen elektronlardan oluşur.

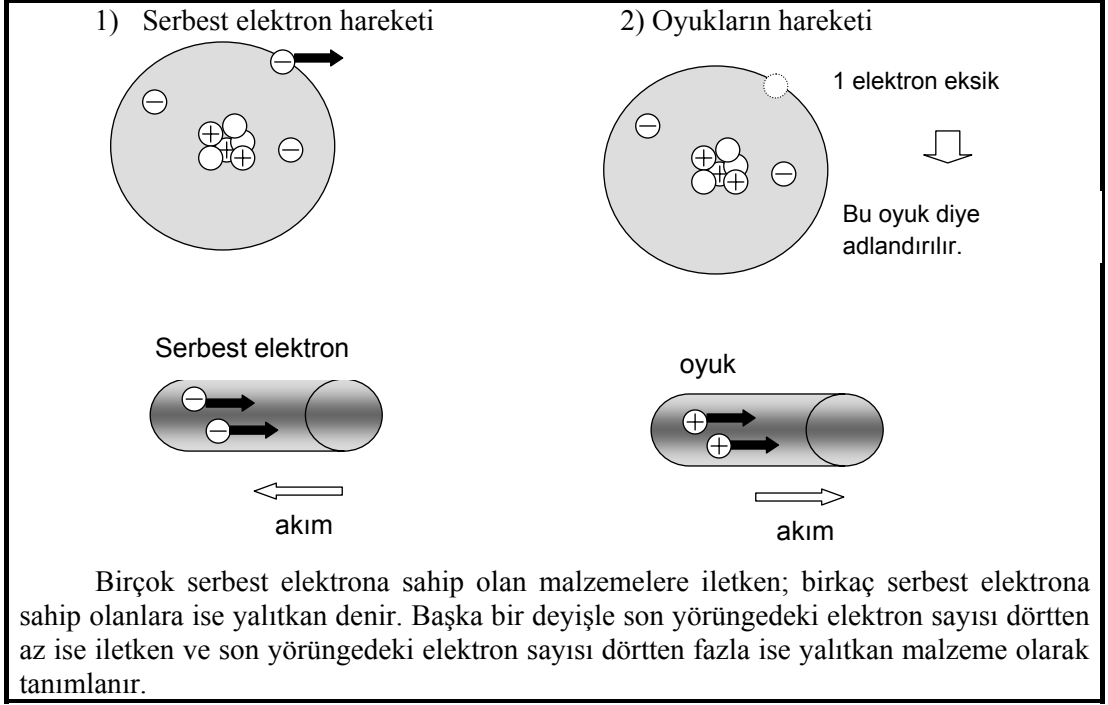
Proton, artı elektrik yüke sahiptir. Diğer yandan elektron da aynı miktarda negatif yüke sahiptir (bu genellikle 'e' sembolü ile gösterilir). Nötron, elektrik yüküne sahip değildir.

$$\text{Protonun yükü} = 1.602 \times 10^{-19} [C] (= e[C])$$

$$\text{Elektronun yükü} = -1.602 \times 10^{-19} [C] (= -e[C])$$

Elektron ve proton sayıları normalde aynı miktardadır ve bu elektronların büyük çoğunluğu çekirdeğin etrafında döner. Başka pozisyonlarda hareket edemezler. Madde içinde serbestçe hareket edebilen bazı özel elektronlar vardır. Bunlara serbest elektronlar denir.

Bu serbest elektronların hareketlerini iki farklı şekilde düşünebiliriz.



### 1.4.2. Elektrik Potansiyeli ve Gerilim

Elektrik akımı su akışına benzer. Bunu kavramak çok kolaydır. Önce su akışını öğrenelim ve onun özelliği hakkında düşünelim.

Su akışı ve elektrik akışı arasındaki paralellikler aşağıdadır.

Elektrik akışına karşılık gelen su akışı	Elektrik akışı
Su basıncı [ $N/m^2$ ]	Elektrik potansiyeli [V]
Basınç farkı [ $N/m^2$ ]	Elektrik potansiyel farkı veya gerilimi [V]
Akış değeri [ $m^3/s$ ]	Elektrik akımı [ $A = C/s$ ]

#### ÇALIŞMA-1.2

Bileşik bir kaptaki suyun bir koldan diğer kola akışı, kollar arasındaki basınç farkından kaynaklanır. Basınç farkı olmazsa su akışı olmaz. Bu durum elektrik yükü akışı için de geçerlidir (Potansiyel fark varsa yük akışı olur). Elektrik potansiyeli, enerji miktarını gösterir ve yüksek potansiyel alanından düşük potansiyel alanına doğru akar. Elektrik devrelerinde potansiyel fark “gerilim” olarak ifade edilir ve birimi [V] voltur. Elektrik devrelerinde gerilim miktarı önemlidir.

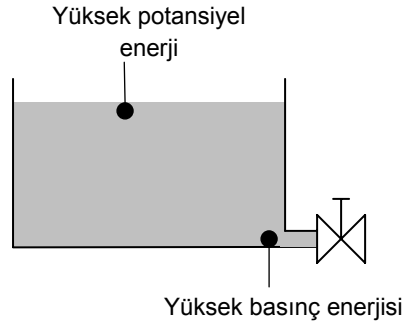
- **Volt Birimi**

Bu bölümde gerilim birimi volt hakkında bazı fikirler vermeye çalışacağız. Volt, bağımsız bir birim değildir. Çünkü enerjiyle alakalıdır.

Volt'u tanımlayacak olursak:

$$1[V] = 1[J/C]$$

[J](joule) enerji birimidir. Buna göre Coulomb başına Joule 1[V] demektir.



- **Enerji**

Elektrik potansiyeli, elektrik enerjisinin miktarı hakkında fikir verir. Bunun anlamı elektrik yükü, kendi kendine enerji üretme yeteneğine sahip değildir.

Elektrik ile su arasındaki benzerliği inceleyelim. Su, tek başına enerjiye sahip değildir. Su seviyesi yüksek olduğunda daha düşük seviyeye göre belli bir potansiyel enerjiye sahiptir. Deponun altındaki su, çok yüksek bir basınca sahip olur. Bu basıncı artırmak için ya yeni su ilave etmeliyiz ya da suya belli bir basınç uygulamalıyız.



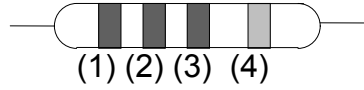
İtme kuvveti  
(Elektrostatik kuvvet)

Elektrik yüklü parçacıkların birbirine yaklaştırılmaları için ayrı bir enerjiye ihtiyaç vardır. Çünkü aynı yüklü parçacıklar birbirlerini elektrostatik kuvvetle iterler. Bu kuvvet birbirlerine yaklaştıkça daha da artar. Bu nedenle birarada bulunan elektrik yüklü parçacıklar enerjiye sahiptir.

### 1.4.3. Dirençler

#### 1.4.3.1. Direnç Renk Kodları

Direnç değerleri aşağıda gösterildiği gibi renklerle ifade edilir (ilk iki renk, direnç değerlerini; 3. renk eklenecek sıfır sayısını; 4. renk ise hata payını vermektedir).



$$\text{Direnç} = ((1)(2)) \times 10^{(3)} \times (1 \pm (4))$$

İlk iki renk değeri hata payı

(1)(2)(3) renkler için				(4) renk için	
Renk	Değer	Renk	Değer	Renk	Hata payı
Siyah	0	Yeşil	5	Kahverengi	1%
Kahverengi	1	Mavi	6	Kırmızı	2%
Kırmızı	2	Mor	7	Altın	5%
Turuncu	3	Gri	8	Gümüş	10%
Sarı	4	Beyaz	9		

(1) (2) (3) (4)



(1) turuncu (2) mor (3) kahverengi (4) altın  
 $37 \times 10^1$  (hata payı 5%) =  $370[\Omega]$

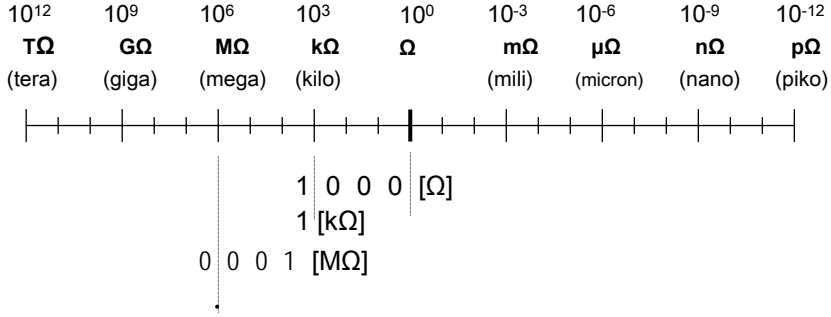
#### 1.4.3.2. Direnç Birimleri

Bazen direnç, akım, gerilim değerleri çok küçük veya çok büyük olabilir. Bunları ifade ederken kat sayılar kullanılır.

Önek	Okunuş	Anlamı	Ön ek	Okunuş	Anlamı
<b>K</b>	Kilo	1 000	<b>m</b>	mili	0.001
<b>M</b>	Mega	1 000 000	<b>μ</b>	mikro	0.000 001
<b>G</b>	Giga	1 000 000 000	<b>n</b>	nano	0.000 000 001
<b>T</b>	Tera	1 000 000 000 000	<b>p</b>	piko	0.000 000 000 001

Şekil 1.7’de direnç değerleri için kat sayılar grafiksel olarak görülmektedir. Bu grafiği kullanarak  $\Omega$ ’u kolayca askat veya üskatlar cinsinden ifade edebiliriz.  $1000[\Omega]$ ’u kolayca  $[k\Omega]$  ve  $[M\Omega]$  çevirebiliriz.

1000[Ω] = 1 [kΩ] ve 0.001[MΩ] olur. Sonuç olarak dirençler, 1000'er 1000'er büyür veya küçülürler.



Şekil 1.7: Direnç değerleri için katsayılar

## 1.4.4. Elektrik Ölçü Aletleri

### 1.4.4.1. Analog Ohmmetre ile Direnç Ölçme

Her şeyden önce analog ohmmetre ile ölçüme başlamadan önce sıfır ayarı yapılmalıdır. Tüm ölçü aletlerinde olduğu gibi ohmmetreler ile ölçüm yapılırken analog ohmmetrelerde büyüklüğün tespiti için: **Kademe anahtarının bulunduğu konum ile skaladan okunan değer çarpılarak ölçülen büyüklüğün değeri tespit edilir.**

Örneğin kademe anahtarı X100 kademesinde iken skalada okunan değer, 100 ile çarpılarak ölçülen büyüklüğün değeri bulunur. Kademe seçiminin doğru ve uygun yapılması ölçmedeki hata oranını azaltan en önemli faktörlerden biridir. Ölçme için kademe anahtarının konumu belirlenirken direnç değerine göre kademe tayin edildikten sonra ölçme yapılır. Sapma miktarı az ise kademe küçültülür.



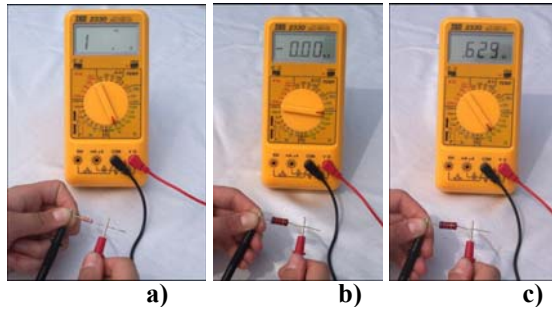
Şekil 1.8: Avometre ile direnç ölçümü

Skalada okunan değer	Kademe anahtarının konumu	Ölçülen büyüklüğün değeri
20	X1	20 $\Omega$
50	X10	500 $\Omega$
120	X100	1200 $\Omega$ /1,2 K $\Omega$
47	X1K	47 K $\Omega$
2K	X10K	20 M $\Omega$

#### 1.4.4.2. Dijital Ohmmetre ile Direnç Ölçme

Dijital ohmmetrelerle ölçüm sonucunu tayin etmek daha kolaydır. Ancak, dijital ohmmetre veya avometreler ile direnç ölçümü yapılırken hatasız bir ölçüm yapabilmek için dikkat edilmesi gereken noktalar bulunmaktadır. Günümüzde kademe anahtarı, direnç ölçme konumuna getirildikten sonra kademe seçimi (200, 2K, 20K.....2M) gerektirmeyen ölçü aletleri bulunmaktadır. Ancak kademe seçimi gerektiren ohmmetre veya avometrelerde doğru kademe seçimi yapmak önemlidir. Direnç ölçümü yapılırken uygun kademe seçimini bir örnekle açıklayalım:

630  $\Omega$ 'luk bir direnç için uygun kademeyi deneyerek tespit edelim. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, direnç değerine en yakın ve kesinlikle direnç değerinden küçük olmayan kademeyi seçmektir. Bu, direnç ölçümü yapılırken uyulması gereken bir kuraldır. 630  $\Omega$ 'luk direnç değeri ohmmetre veya avometrede ölçülürken seçilmesi gereken kademe 2K kademesidir. Eğer direnç ölçümü için seçilen kademe, direnç değeri için küçükse değer ekranında 1 ifadesi (şekil 1.9.a); seçilen kademe çok büyükse 0 ifadesi okunacaktır (şekil 1.9.b). Değer ekranında 0 ifadesi gördüğünüzde kademe anahtarını küçültmeniz; 1 ifadesi gördüğünüzde büyütmeniz gerektiğini unutmayın. **Direnç ölçümünde, okunan değerde hassasiyet artırılmak isteniyorsa (0,190 K $\Omega$  yerine, 199  $\Omega$  gibi) kademe küçültülerek bu hassasiyet artırılabilir.**



Şekil 1.9: Dijital avometrede doğru kademe seçimi

## UYGULAMA FAALİYETİ

Bu uygulama faaliyeti ile direnç değerlerini ölçme işlemini yapabileceksiniz.

Nu	Direnç Değeri	Analog Ölçü Aleti ile Okunan Değer	Dijital Ölçü Aleti ile Okunan Değer	Açıklama	Sonuç D Y
1	1Ω				
2	15Ω				
3	100 Ω				
4	180 Ω				
5	220Ω				
6	330Ω				
9	1,2 KΩ				
10	1.8 KΩ				
11	2 KΩ				
12	10 KΩ				

Tablo 1.5: Direnç ölçümü uygulama tablosu

**NOT:** Analog ölçü aleti ile yapılacak ölçümlerden önce avometrenin sıfır ayarının yapılması gerekir. Bunun için izlenecek yol aşağıda belirtilmiştir:

- Avometrenin ölçüm konumu X1 konumuna getirilir.
- Prob uçları birbirine değdirilir, ibre sapar.
- 0ΩADJ ayar düğmesiyle sapan ibrenin 0Ω konumuna gelmesi sağlanır.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Gerekli güvenlik önlemlerini alınız.</li><li>➤ Tabloda belirtilen dirençleri temin ediniz.</li><li>➤ Direnç ölçmek için gerekli olan multimetreyi temin ediniz.</li><li>➤ Multimetrenin kablolarını bağlantı soketlerine takınız.</li><li>➤ Multimetrenin seçici anahtarını direnç konumuna getiriniz.</li><li>➤ Multimetrenin üzerindeki direnç değerini okuyunuz.</li><li>➤ Dijital ve analog ölçü aletleriyle yaptığınız ölçümlerin sonuçlarını karşılaştırınız.</li><li>➤ Sonuç raporunu hazırlayınız.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Analog ölçü aleti ile ölçüm yapıyorsanız ibrenin konumunu daha net tayin etmek için skaladaki ayna şeridinden faydalanınız.</li><li>➤ Sıfır ayarını tam olarak yapamadığımızda ölçü aletinin pillerini kontrol ediniz.</li><li>➤ Enerji altında ölçüm yapılamayacağını unutmayınız.</li></ul>

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME



## **ÖLÇME SORULARI**

Aşağıdaki soruları cevaplayarak bu faaliyette kazandığınız bilgileri ölçünüz.

Aşağıda verilen soruları doğru ya da yanlış olarak cevaplayınız.

1. Sigortalar elektrikle çalışan ev aletlerini aşırı akımdan koruyarak bozulmalarını önler.
2. Topraklama, cihaz üzerindeki kaçak akımlar ve statik elektriği toprağa iletir.
3. Büyük yanık yaralanmalarında yaraya pudra dökmek, yaranın daha çabuk iyileşmesini sağlar.
4. Elektrik yükü birimi Amperdir(A).
5. Dirençler, 1000'er 1000'er büyür ve küçülür.
6. Analog ohmmetrede X100 kademesinde iken skalada okunan değer 1000 ile çarpılır.

## **DEĞERLENDİRME**

Soruların tamamını doğru olarak çözebildiyse bir sonraki faaliyete geçiniz. Çözümlerinizi yanlış ya da eksik ise ilgili bilgiyi tekrar ediniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-2

## AMAÇ

DA kaynağına bağlı seri direnç devresinde elektriksel ölçümleri doğru olarak yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Ohm kanunu hakkında bir araştırma yaparak rapor hâline getiriniz.

## 2. DOĞRUSAL DENKLEMLER-1

OHM kanunu ve Kirshof kanunları ile ilgili devre hesaplamalarında bir bilinmeyenli denklem çözümlerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu bölümde bir bilinmeyenli denklemler ile ilgili temel bilgiler verilecektir.

- Bir Bilinmeyenli Doğrusal Denklemin Çözümü

$ax + b = 0$  formunda yazılmış olan bir denklemlere **bir bilinmeyenli doğrusal denklemler** denir. Buradaki a ve b gerçek sayıdır ve denklemin sabiteleridir.

**Örnek 2.1:**  $2x - 7 = 16$  denklemini çözünüz.

**Çözüm 2.1:**

$$\begin{array}{ll} 2x - 7 = 16 & \text{denklem} \\ 2x - 7 + 7 = 16 + 7 & 7 \text{ sayısı her iki tarafa da eklenir.} \\ 2x = 23 & \text{eşitlik} \end{array}$$

$$\frac{2x}{2} = \frac{23}{2} \quad \text{her iki taraf 2'ye bölünür.}$$

$$x = 11,5$$

**Örnek 2.2:** Bir dirençten geçen elektrik akımı I (amper) ve gerilim V (voltaj) oranı sabittir. Eğer  $V=30$  V için  $I = 2$  A ise  $V=40$  V için  $I=?$

**Çözüm 2.2**

$$\text{Oran } \frac{I}{V} = \frac{I'}{V'} \quad \frac{2}{30} = \frac{I'}{40}$$

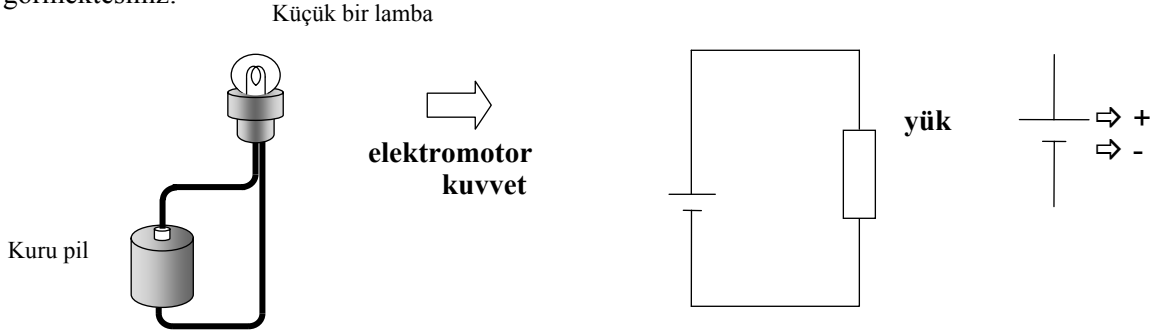
$$40 \times \frac{2}{30} = 40 \times \frac{I'}{40}$$

$$2,67 = I' \text{ ise } I' = 2,67 \text{ A}$$

## 2.1. Ohm Kanunu

### 2.1.1. Elektromotor Kuvvet (EMK)

Elektrik devreleri, sembollerle gösterilir ve ifade edilir. Aşağıda bir örnek görmekteyiz:



Şekil 2.1: Elektromotor kuvvet

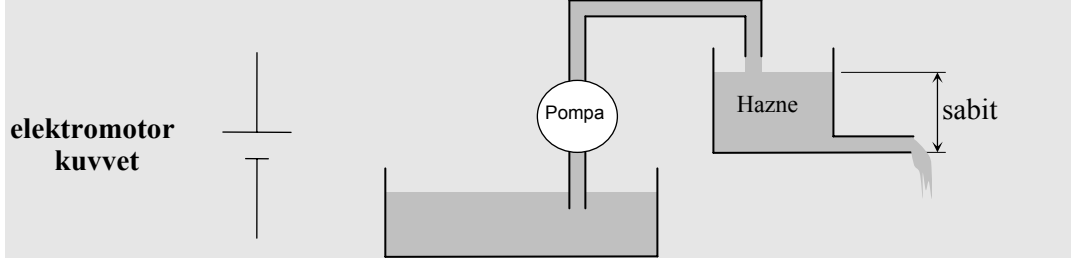
Şekil 2.1’de iki sembol vardır: **Elektromotor kuvvet** ve **yük** (bazen alıcı da denir). Burada kuru pili elektromotor kuvvet sembolü temsil etmektedir. Uzun çizgi artı kutbu; kısa çizgi ise eksi kutbu ifade etmektedir. Küçük lambanın yerine de bir dikdörtgen çizilmiştir ve bu da yükü temsil etmektedir.

Semboller, bize daha fazla genel bilgileri ifade eder. Gerilime (elektrik potansiyel farkına) sahip olan her şey için elektromotor kuvvet sembolünü kullanabiliriz. Yük ise elektrik enerjisi tüketen tüm elemanları ifade eder. Bir lamba, ısıtıcı, bobin vb. olabilir. Elektromotor kuvvet kaynağı ile yükü birleştirmek için kullanılan iletkenler ideal sayılmaktadır. Bu nedenle elektrik enerjisi harcamazlar ve devreye herhangi bir etki etmezler.

### ÇALIŞMA-2.1

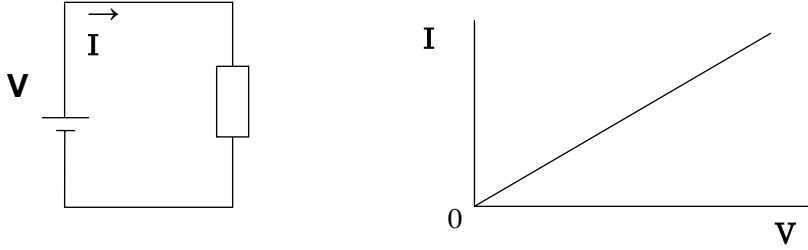
#### ➤ Elektromotor Kuvvet

Elektromotor kuvveti daha iyi anlamak için aşağıdaki pompa sistemini incelemeliyiz. Pompa ile hazneye su basılır. Böylece su seviyesi sabit tutulur. Hazneye suyun pompalanması elektrik devresindeki elektromotor kuvvet kaynağının yaptığı işe benzetilebilir. Eğer pompa olmazsa haznedeki su seviyesi azalır ve su biter. Pil biterse akım geçişi olmaz ve alıcı çalışmaz.



## 2.1.2. Direnç ve Ohm Kanunu

George Simon Ohm, bazı maddelere uygulanan gerilim ile geçen akım arasında doğru bir orantı olduğunu buldu. Bu orana direnç değeri denir.



Şekil 2.2

### 2.1.2.1. Ohm Kanunu

$$V = I R$$

V : Gerilim [V]  
 I : Elektrik akımı [A]  
 R : Direnç [ $\Omega$ ]

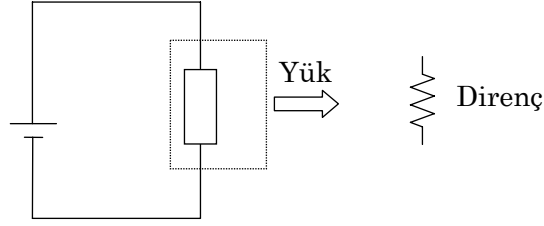
Grafik incelendiğinde I ile V arasında doğrusal bir orantı olduğu görülür. Buradan aşağıdaki ifadeyi yazabiliriz:

$$I \propto V \text{ veya } V \propto I$$

İkinci ifadede orantı R ile gösterilir ve direnç (rezistans) olarak adlandırılır. Birimi Ohm'dur [ $\Omega$ ].

$$V = R \cdot I \quad V = I \cdot R \text{ (Ohm kanunu)}$$

Eğer Ohm kanunu, devredeki yük için geçerliyse bu yük direnç (rezistans) olarak adlandırılır. Direnç sembolü şekil 2.3'te görülmektedir.



Şekil 2.3

## ÇALIŞMA -2.2

### ➤ Direnc

Direnc kavramını daha iyi anlamak için içinden su akan bir su tesisatını düşünebiliriz. Su borusunun uzunluğu ve çapı içinden geçebilecek su miktarını etkiler.

Direnc değeri, malzemenin uzunluğu, kesiti ve öz direnci ile ilişkilidir.

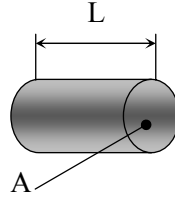
$$R = \rho \frac{L}{A}$$

R: Direnc[Ω]

ρ: Özdirenc[Ω.m]

L: Uzunluk[m]

A: İletkenin kesiti[m<sup>2</sup>]



(iletkenin kesiti)

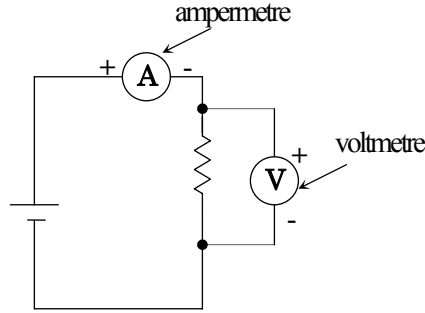
Her maddenin kendine özgü bir öz direnci vardır. Bunlardan bazıları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Eğer öz direnc değeri  $10^{-4}$ 'ten küçük ise iletken olarak adlandırılır. Eğer  $10^5$  ten büyük ise yalıtkan olarak adlandırılır.

Madde	Özdirenc ρ [Ω.m]
Gümüş	$1.62 \times 10^{-8}$
Bakır	$1.72 \times 10^{-8}$
Çelik	$10.0 \times 10^{-8}$
Alüminyum	$2.75 \times 10^{-8}$
Epoxi	$10^{12} \approx 10^{13}$
Cam	$10^{16}$ veya daha fazla

## 2.1.3. Voltmetre ve Ampermetre Bağlantısı

### 2.1.3.1. Voltmetre, Ampermetre ve Birimler



Şekil 2.4

Gerilimi voltmetre ile akımı ise ampermetre ile ölçeriz. Şekil 2.4'te voltmetre ve ampermetrenin bağlantısı görülmektedir. Ölçü aletlerinin devreye bağlantısında artı ve eksi uçlara dikkat etmek gerekir.

Voltmetrenin her iki ucu, direncin her iki ucuna bağlanmalıdır (paralel bağlantı). Yalnız voltmetrenin + ucuna yüksek elektrik potansiyeli olan uç bağlanmalıdır. Voltmetrenin iç direnci yüksektir. Bu nedenle voltmetreden çok küçük bir akım geçer.

Ampermetre, akım değeri ölçülmek istenen hat üzerine bağlanır (seri bağlantı). Ampermetrenin iç direnci çok küçüktür (üzerinde sıfıra yakın bir gerilim düşümü olur). Bu nedenle geçen akıma çok az bir etki yapar.

### 2.1.3.2. Gerilimin Birimi ve Ölçülmesi

Gerilim (E), (U) ya da (V) harfiyle gösterilir. Gerilimin birimi voltur. (V) harfi ile gösterilir. Gerilim, devreye paralel bağlanan voltmetre ile ölçülür.

- Gerilimin Ast, Üst Katları ve Çevrimleri  
Gerilimler, 1000'er 1000'er büyür veya küçülür.

**V** : Volt  
**mV** : milivolt  
**kV** : kilovolt  
**MV** : Megavolt

**1V** =  $10^3$  mV =  $10^{-3}$  kV =  $10^6$  MV  
**1mV** =  $10^{-3}$  V =  $10^{-6}$  kV =  $10^{-9}$  MV  
**1kV** =  $10^6$  mV =  $10^3$  V =  $10^{-3}$  MV  
**1MV** =  $10^9$  mV =  $10^6$  V =  $10^3$  kV

#### Örnek 2.3

$$300 \text{ mV} = 0,3 \text{ V}$$

$$1,5 \text{ V} = 1.500.000 \text{ } \mu\text{V}$$

500 V = 0,5 kV

➤ Akım Ast, Üst Katları ve Çevrimleri  
Akımlar, 1000'er 1000'er büyür veya küçülür.

**A** : Amper  
**μA** : Mikroamper  
**mA** : miliamper  
**kA** : kiloamper

1A = 10<sup>3</sup> mA = 10<sup>6</sup> μA  
1mA = 10<sup>-3</sup> A = 10<sup>-6</sup> kA  
1μA = 10<sup>-3</sup> mA = 10<sup>-6</sup> A  
1kA = 10<sup>3</sup> A = 10<sup>6</sup> mA

## 2.2. Elektrik Ölçü Aletleri

### 2.2.1. Avometreler

#### 2.2.1.1. Ölçme İlkesi ve Kullanma Tekniği

Akım, gerilim ve direnç değerini ölçen aletlere **avometre** denir. Avometrelerin analog ve dijital tipleri mevcut olup, analog olanları yapı olarak döner bobinli ölçü aletleridir. Avometre ile direnç değeri ölçülmeden önce sıfır ayarı yapılmalı ve daha sonra ölçüme geçilmelidir. Dijital avometrelerin özellikle son zamanda çıkan modelleri akım, gerilim, direnç yanında kapasite, endüktans, frekans, sıcaklık değerlerini ölçmek ile birlikte transistörlerin uç tespitlerini de yapabilmektedir. Avometrelerin genellikle 2, 3, 4 prob bağlantı soketi bulunmaktadır. Soket sayısı arttıkça aletin özellikleri de artmaktadır. Ölçme sırasında kolaylık sağlaması için siyah prob COM soketine, kırmızı prob ise ölçüm çeşidine göre uygun sokete bağlanır.



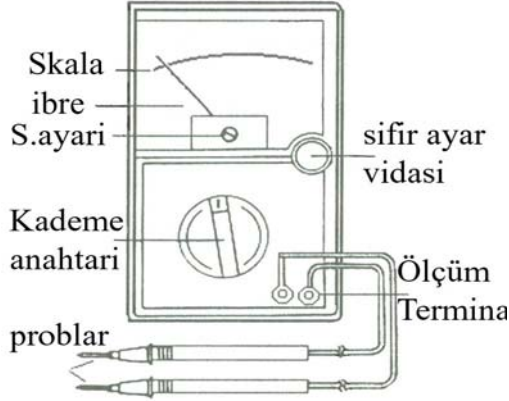
Şekil 2.5: Analog ve dijital avometreler

- Avometre ile ölçüm yapılırken aşağıda belirtilen noktalara dikkat etmek gerekir:**
- **Ölçülecek büyüklüğün cinsine göre AC veya DC seçimi yapılmalıdır.**
  - **Ölçülecek büyüklük, avometrenin ölçme sınırından büyük olmamalıdır.**
  - **Kademe anahtarı en doğru ölçme için ölçülecek büyüklüğe en yakın ama küçük olmayan kademeye getirilmelidir.**
  - **Ölçülecek büyüklüğün değeri net olarak bilinmiyorsa kademe anahtarı en büyük değere getirilmelidir.**
  - **Avometre, ölçülecek büyüklüğün gerektirdiği bağlantı şekline göre bağlanmalıdır.**
  - **DC ölçmelerinde ibre ters sapar ise uçlar ters çevrilmelidir.**
  - **Ölçü aletinin ibresi çok az sapıyor veya değer ekranında “0” ibaresi varsa kademe küçültülür.**
  - **Değer ekranında “1” ibaresi varsa kademe büyütülmelidir.**
  - **Ölçüde kolaylık sağlamak için kırmızı prob ölçme için uygun sokete; siyah prob ise COM (ortak) soketine bağlanmalıdır.**
  - **Yüksek değerli akım ölçümü yapılırken (10-20 A) siyah prob COM soketine bağlanır.**
  - **Kırmızı prob yüksek akım soketine bağlanır.**

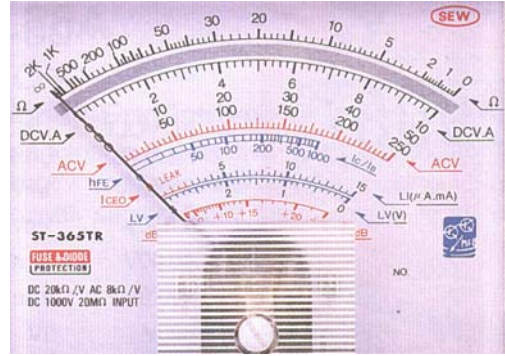
### **2.2.1.2. Analog Avometre ile Ölçüm Yapmak**

Analog veya dijital avometre ile ölçüm yapmak birbirinden farklı teknikler gerektirmez. Aradaki fark yalnızca kademe seçimi ve analog avometrelerde skalanın tek olmasından kaynaklanan okuma zorluğudur. Şekil 2.6.b’de görüldüğü gibi tek skalada birden fazla taksimatlandırma yapılmış, her taksimatın yanına hangi büyüklüğün ölçülmesinde kullanılacağı belirtilmiştir. Ölçülecek büyüklük, uygun kademe seçildikten sonra yalnız ait olduğu skala taksimatından okunmalıdır ( $\Omega, V, A$  gibi). Ayrıca aşağıdaki şekilde görüldü gibi skala taksimatının bölümlendirilmesinde aynı noktada alt alta birden fazla değer yazılmıştır. Bu değerler ölçülecek büyüklüğün kademesi değiştikçe, o kademe için skala taksimatındaki noktanın yeni değeridir. Özetle skaladaki bir nokta gerilim ölçerken kademenin biri için 250 volta, aynı nokta daha küçük bir kademe için 50 volta karşılık gelir. Bu durum ölçülen büyüklüğün kademeye göre hangi taksimattan ve hangi değer ile ölçüleceğinin doğru tespit edilmesini gerektirir.





Şekil 2.6: a-Prob bağlantısı



b- Analog avometre skalası

Analog ölçü aletlerinde seçilen kademe ile okunan değer arasında sonuca ulaşmak için işlem yapmak gerekebilir. AC 1000V kademesinde alternatif gerilim ölçülecek bir avometrede ibre 4 rakamının üzerinde durmuş ise ölçülen büyüklüğün değeri skalanın en son değeri 10 yerine 1000V kabul edildiğinde 4 değerinin de 400V olması gerektiği orantı ile hesaplanarak bulunur. Direnç ölçümü yapılırken ise X100 kademe seçiminde ibre  $\Omega$  skalasında 10 rakamını gösteriyorsa sonuç  $10 \times 100 = 1000\Omega = 1K\Omega$  şeklinde tespit edilir.

### 2.2.1.3. Dijital Avometre ile Ölçüm Yapmak



Şekil 2.7: a-Dijital avometre



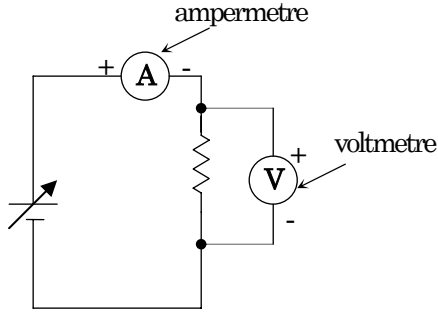
b-Tekli kademeye sahip avometre

Dijital avometreler ile ölçüm yapmak daha kolaydır. Ancak bazı değerlerin ölçülmesinde analog avometrelerdeki kadar hassas ölçüm yapılamaz. Dijital avometreler ile ölçüm yapılırken değer ekranında görünen değer, ölçülen değer kendisidir; ayrıca hesaplama işlemi yapılmasını gerektirmez. Dijital avometrelerde direnç, endüktans ve

kapasite ölçümü aynen Lcrmetreler de olduğu gibi yapılır. Akım ve gerilim ölçerken AC-DC seçimi kademe anahtarı ile uygun kademe seçimi yapılırken bazı avometrelerde ayrı bir komütatör anahtar aracılığı ile yapılmaktadır. Ölçüm yapılırken bu seçim unutulmamalıdır. Dijital avometrelerin bazılarında ölçülecek A,  $\Omega$ , V kısımları tek kademelidir. Bu avometrelerde yalnız ölçüm yapılacak kademenin seçilmesi yeterlidir.

## UYGULAMA FAALİYETİ

Bu uygulama faaliyeti ile direnç üzerine düşen gerilimi ve direnç üzerinde geçen akımı ölçebileceksiniz.



Şekil 2.8

0V-30V arası çıkış veren ayarlı DC bir güç kaynağı,  $1k\Omega$ 'luk direnç, ikişer adet dijital ve analog avometre kullanarak aşağıda verilen gerilim değerleri için direnç üzerinden geçen akım ve gerilim değerlerini analog ve dijital avometrelerle ölçünüz.

GERİLİM DEĞERLERİ		
	ANALOG MULTİMETRE	DİJİTAL MULTİMETRE
1V		
2V		
3V		
4V		
5V		
6V		
7V		
8V		
9V		
10V		
AKIM DEĞERLERİ		
	ANALOG MULTİMETRE	DİJİTAL MULTİMETRE
1 V		
2V		
3V		
4V		
5V		
6V		
7V		
8V		
9V		
10V		
İŞLEM BASMAKLARI		ÖNERİLER
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Gerekli güvenlik önlemlerini alınız.</li><li>➤ Devre şemasına göre gerekli elemanları tespit ediniz.</li><li>➤ Devre elemanlarının</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Sıfır ayarını tam olarak yapamadığınızda ölçü aletinin pillerini kontrol ediniz.</li><li>➤ Kademe seçiminiz uygun değilse kademeyi büyültüp</li></ul>

<ul style="list-style-type: none"><li>➤ yerleşimini yapınız.</li><li>➤ Devre elemanlarının bağlantılarını yapınız.</li><li>➤ Multimetrenin bağlantılarını yapınız.</li><li>➤ Multimetreleri ampermetre ve voltmetre konumuna getiriniz.</li><li>➤ Akım ölçmek için multimetrenin bağlantısını kontrol ediniz.</li><li>➤ Gerilim ölçmek için multimetrenin bağlantısını kontrol ediniz.</li><li>➤ Devreye gerilim uygulamak ve ölçüm değerlerini okuyunuz.</li><li>➤ Sonuç raporunu hazırlayınız.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ küçültünüz.</li><li>➤ Dijital ölçü aletlerinde ölçüm değerini en hassas değeri okuyuncaya kadar küçültünüz.</li></ul>
--	---

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

### ÖLÇME SORULARI

Aşağıdaki soruları cevaplayarak bu faaliyette kazandığınız bilgileri ölçünüz.

Aşağıdaki sorulara doğru ya yanlış diye cevap veriniz.

1. Voltmetre devreye paralel bağlanır.
2. Ampermetre devreye paralel bağlanır.
3. Gerilim birimi Amper (A)'dir.
4.  $V=IxR$  ifadesine OHM kanunu denir.
5. DC ölçmelerde ibre, ters sapar ise multimetre uçları ters çevrilmelidir.
6. Multimetrede gerilim, akım kademesinde ölçülür.

### DEĞERLENDİRME

Soruların tamamını doğru olarak çözebildiyseniz bir sonraki faaliyete geçiniz. Çözümlerinizi yanlış ya da eksik ise ilgili bilgiyi tekrar ediniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-3

## AMAÇ

Seri DA devresinde elektriksel ölçümleri doğru olarak yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Kirchhoff'un gerilimler kanunu ile ilgili bir araştırma yaparak sonucu bir rapor halinde hazırlayınız.

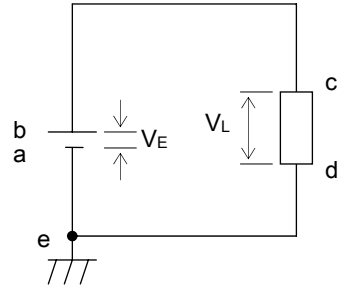
## 3. SERİ DEVRELER

### 3.1. Kirchhoff'un Gerilimler Kanunu

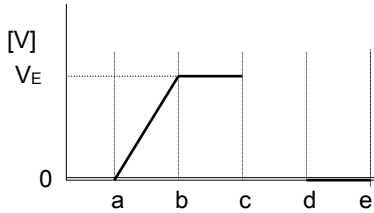
Şekil 3.1.a'da basit bir devre görülmektedir. Topraklama sembolü referans noktasını gösterir ve bu noktanın potansiyelinin sıfır olduğu kabul edilir. Elektrikçilikte toprak sıfır volt olarak dikkate alınır. Elektrik devrelerinde potansiyel fark önemlidir. Herhangi bir noktayı referans noktası olarak seçebiliriz.

Şekildeki devrede üç eleman vardır. EMK (Elektro Motor Kuvvet), yük ve iletken. EMK kaynağı uçları arasındaki potansiyel fark  $V_E$  ve yük uçları arasındaki potansiyel fark ise  $V_L$ 'dir. Burada yük uçlarındaki potansiyel fark için özel bir adlandırma yapılır. "Gerilim düşümü".

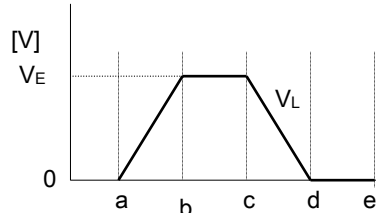
Devre iletkenleri üzerinde potansiyel fark yoktur. Çünkü iletkenlerin direnci sıfır kabul edilmiştir (Ohm kanunuyla  $V=IR=I.0=0$ ). Bazen sıfır potansiyel iletkeni siyah çizgiyle ve daha kolay anlaşılabilirsin diye yüksek potansiyel kırmızı çizgi ile gösterilir.  $V_E$  daima sabittir, değişmez. Bu bilgiler doğrultusunda potansiyel fark diyagramını çizebiliriz.



Şekil 3.1.a



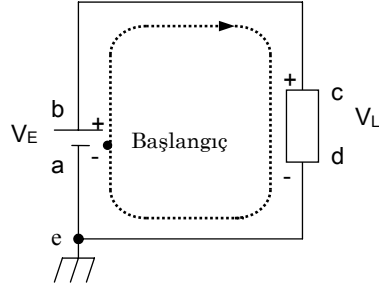
Şekil 3.1.b



Şekil 3.1.c

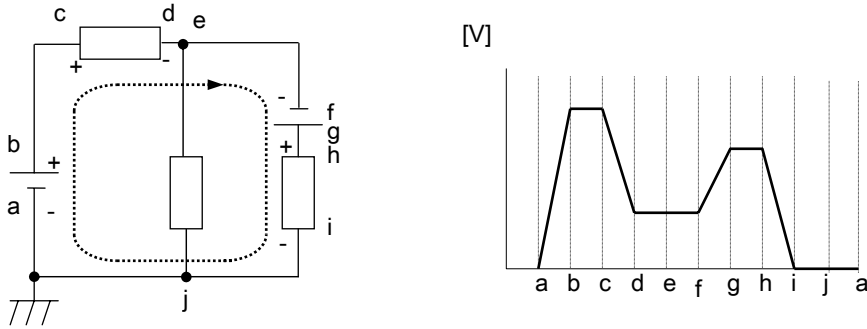
Şekil 3.1.b'yi incelersek c-d noktaları arasındaki durumu tahmin edebiliriz. Yük üzerinde  $V_L$  gerilim düşümü olur ve  $V_E$ 'ye eşit olmalıdır. Şekil 3.2 ve şekil 3.1.c'ye birlikte

bakalım. Başlangıç noktası a'dır ve 0[V] potansiyel sahibidir. a ile b arasında  $V_E$  kadar potansiyel fark artışı vardır. b ile c noktalarının potansiyelleri aynıdır. Yük üzerinde (c-d arasında)  $V_L$  gerilim düşümü olur. d,e,a noktalarının potansiyeli 0[V] olduğundan  $V_E=V_L$  olmalıdır.



Şekil 3.2

Kapalı herhangi bir elektrik devresinde de potansiyel fark grafiğini çizebiliriz. Şekil 3.3'te bir örnek verilmiştir. Burada başlangıç noktası a'dan itibaren potansiyel fark miktarının artış ve azalışı görülmektedir.



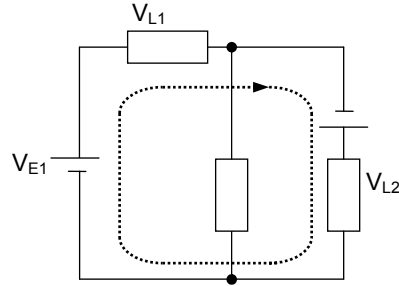
Şekil 3.3

Burada önemli olan, kapalı devrelerin çevresini dolaştıktan sonra potansiyelin ilk değere geri dönmesidir. Buna da Kirchhoff'un gerilimler kanunu yol gösterir.

Herhangi kapalı bir elektrik devresinde emk'ler toplamı ile yükler üzerinde düşen gerilimler toplamı eşit olmalıdır.

$$V_{E1} + V_{E2} + \dots = V_{L1} + V_{L2} + \dots$$

$$V_{E1} - V_{L1} + V_{E2} - V_{L2} = 0$$



Şekil 3.4

Kirchhoff'un gerilimler kanunu uygulanırken polariteye dikkat edilmelidir. Bunun için önce kapalı devre takip yönüne karar verilmelidir. Daha sonra şekil 3.5'te görülen kurala göre uygulama yapılır.

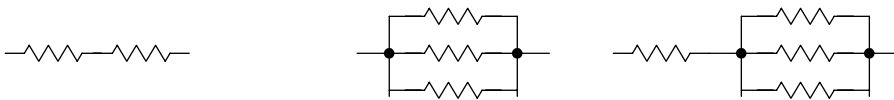
Kapalı devre takip yönü	Elektromotor kuvvet veya yük polaritesi	İşaret
		+
		-
		+
		-

Şekil 3.5

### 3.2. Direnç Bağlantıları

Kirchhoff kanunları ve ohm kanununu kullanarak dirençlerin çeşitli şekillerde bağlanması durumunda eş değerlerini bulabiliriz.

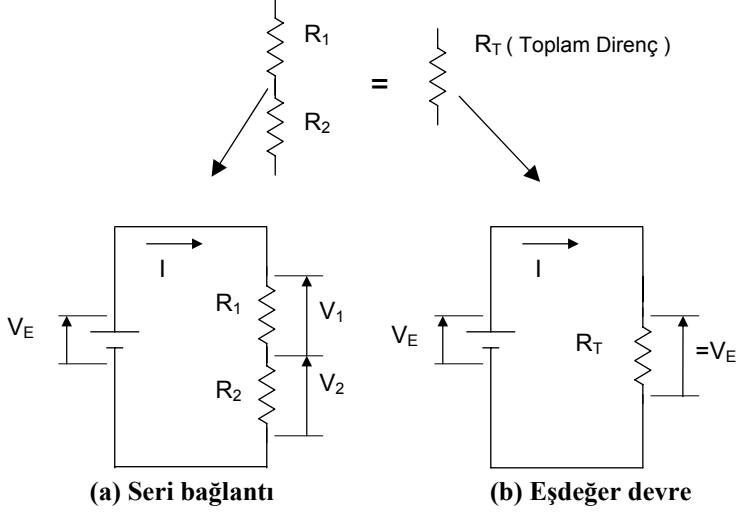
Şekil 3.6'da direnç bağlantı çeşitleri görülmektedir.



Şekil 3.6: Direnç bağlantı şekilleri



### 3.2.1. Dirençlerin Seri Bağlanması



Şekil 3.7: Dirençlerin seri bağlanması

Seri bağlı dirençlerin ( $R_1$  ve  $R_2$ ) toplam direncini ( $R_T$ ) nasıl hesaplayabiliriz?

İki direnç aynı kaynağa bağlanmıştır. Sağdaki devre eş değer devredir ve soldakine eşit olmak zorundadır. Çünkü diğer değerler birbirine eşittir.

Yukarıdaki devrelere göre aşağıdaki eşitlikleri yazabiliriz:

(a) için

Kirchhoff'un gerilimler kanununu kullanırsak

$$V_E = V_1 + V_2 \quad \text{---- (1)}$$

ve Ohm kanunundan

$$V_1 = IR_1, \quad V_2 = IR_2 \quad \text{---- (2)}$$

(1). ve (2). eşitliklerden

$$V_E = V_1 + V_2 = IR_1 + IR_2 = I(R_1 + R_2) \quad \text{---- (4)}$$

(b) için

Ohm' kanunu kullanırsak

$$V_E = IR \quad \text{---- (3).}$$

(3) nulu ifadeden

$$R = \frac{V_E}{I} \quad \text{---- (5)}$$

(4)'teki formülde yerine koyarsak son eşitliğimizi bulabiliriz.

$$R = \frac{I(R_1 + R_2)}{I} = R_1 + R_2$$

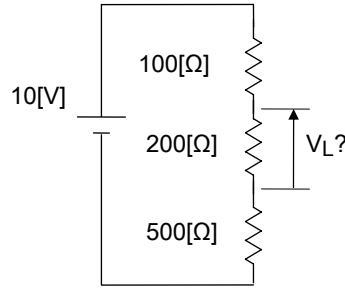
### Seri bağlantıda toplam direnç

$R_1, R_2, R_3$  ve daha fazla direnç seri bağlandığında toplam direnç aşağıdaki eşitlikle bulunabilir.

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

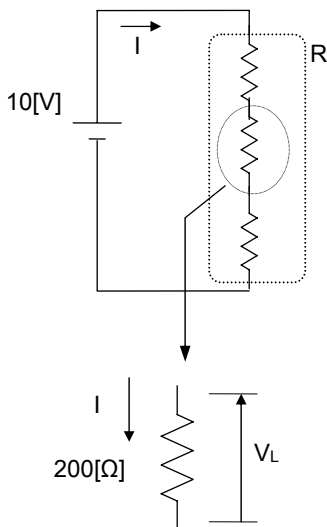
Devre çözümlerinde bu ifadeyi sık sık kullanmak zorunda kalacaksınız. Önce toplam direnci bularak diğer değerler (akım, gerilim gibi) buradan hesaplanabilir.

**Örnek 3.1:** Aşağıdaki devrede  $200[\Omega]$ 'luk direnç üzerinde düşen  $V_L$  gerilimini hesaplayalım.



Şekil 3.8

### Çözüm 3.1



Öncelikle devrenin eşdeğer direnci bulunur.

$$R = 100 + 200 + 500 = 800 [\Omega]$$

Sonra Ohm kanunu kullanılarak devre akımı hesaplanır.

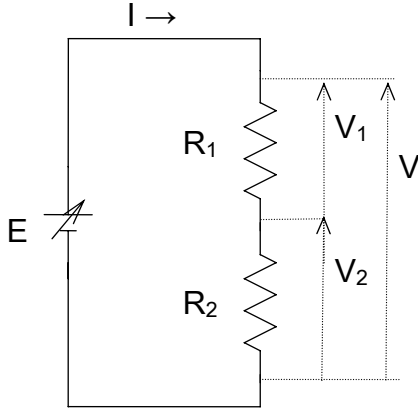
$$I = \frac{V}{R} = \frac{10}{800} = 0.0125 [A]$$

En son olarak da tekrar Ohm kanunu kullanılarak belirtilen direnç uçlarında düşen gerilim bulunur.

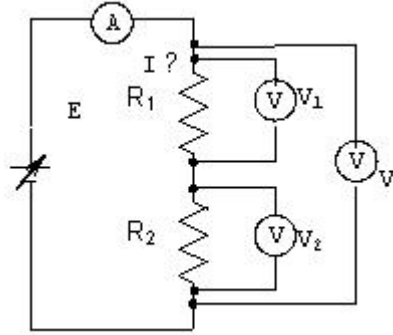
$$V_L = I \cdot R_2 = 0.0125 \times 200 = 2.5 [V]$$

## UYGULAMA FAALİYETİ

Bu uygulama faaliyeti ile birden fazla direnç üzerine düşen gerilimleri ve devre akımını ölçebileceksiniz.



Devre şeması



Devre şemasında ölçü aletleri

R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	Ölçüm sonucu				Hesaplamalar	
		V	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	I	Hata V- (V <sub>1</sub> +V <sub>2</sub> )	Hata oranı Hata/V x100
100[Ω]- 1	100[Ω]- 2	5.00[V]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[%]
100[Ω]- 1	200[Ω]	5.00[V]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[%]
100[Ω]- 1	1 [ kΩ ]	5.00[V]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[%]

İŞLEM BASMAKLARI	ÖNERİLER
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Gerekli güvenlik önlemlerini alınız.</li> <li>➤ Devre şemasına göre gereksinim duyulan alet ve gereçler seçerek deney masası üzerinde uygun durumda yerleştiriniz.</li> <li>➤ Güç kaynağının ve avometrelerin ayarlarını kontrol ediniz.</li> <li>➤ Kablolarla bağlantıları yapınız.</li> <li>➤ Dijital avometrenin seçici anahtarını uygun duruma getiriniz.</li> <li>➤ Güç kaynağını çalıştırıp ve çıkış geriliminin “0 [V]” olup olmadığını kontrol ediniz.</li> <li>➤ “Output” butonuna basınız ve çıkış gerilimini ayar düğmesi yardımıyla kademeli olarak yükseltiniz. Çıkış gerilimi “5[V]” değerine gelinceye kadar devrede beklenmeyen bir durum olup olmadığını kontrol ediniz.</li> <li>➤ Ölçüm sonuçlarını kaydediniz.</li> <li>➤ “Output” butonuna basarak çıkış geriliminin “0 [V]” olmasını sağlayınız.</li> <li>➤ Dirençleri değiştirerek yukarıdaki işlemleri tekrarlayınız.</li> <li>➤ Sonuç raporunu hazırlayınız.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Sıfır ayarını tam olarak yapamadığınızda ölçü aletinin pillerini kontrol ediniz.</li> <li>➤ Kademe seçiminiz uygun değilse kademeyi büyültüp küçültünüz.</li> <li>➤ Dijital ölçü aletlerinde ölçüm değerini en hassas değeri okuyuncaya kadar küçültünüz.</li> </ul>

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

### ÖLÇME SORULARI

Aşağıdaki soruları cevaplayarak bu faaliyette kazandığınız bilgileri ölçünüz.

Aşağıdaki sorulara doğru yanlış diye cevap veriniz.

1. Seri bağlı dirençlerde, toplam direnç değeri arttıkça devre akımı artar.
2. Seri bağlı dirençlerde, toplam direnç değeri arttıkça devre akımı azalır.
3. Kapalı bir elektrik devresinde emk'lar toplamı ile yükler üzerine düşen gerilimlerin toplamı birbirine eşit değildir.
4. Seri bağlı dirençlerde direnç üzerine düşen gerilim direnç değeriyle doğru orantılıdır.
5. Seri bağlı dirençlerde dirençler üzerine düşen gerilimler, toplamı kaynak gerilimine eşittir.
6. Seri bağlı dirençlerde her dirençten geçen akım sabittir.

### DEĞERLENDİRME

Soruların tamamını doğru olarak çözebildiyseniz bir sonraki faaliyete geçiniz. Çözümlerinizi yanlış ya da eksik ise ilgili bilgiyi tekrar ediniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-1

## AMAÇ

Paralel DA devresinde elektriksel ölçümleri doğru olarak yapabileceksiniz.

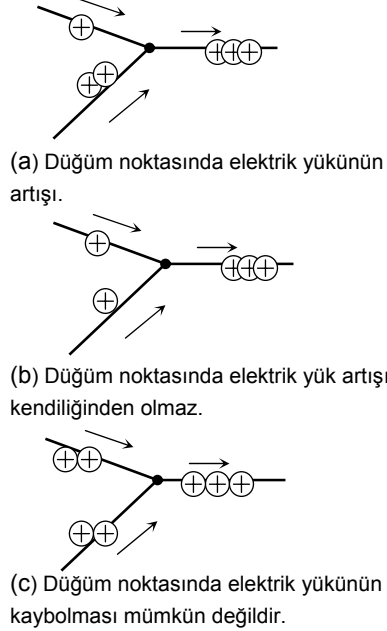
## ARAŞTIRMA

- Kirchhoff'un akımlar kanunu ile ilgili bir araştırma yaparak sonucu bir rapor hâlinde hazırlayınız.

## 4. KİRCHHOFF'UN AKIMLAR KANUNU

Elektrik devresinde bir düğüm noktası varsa bu noktaya gelen elektrik yüklerinin toplamı, giden elektrik yüklerinin toplamına eşittir. Düğüm noktasında elektrik yük miktarının kendiliğinden artması veya eksilmesi mümkün değildir. Şekil 4.1'i inceleyiniz. Herhangi bir zamanda gelen elektrik yük toplamı ile giden elektrik yük toplamı birbirine eşittir.

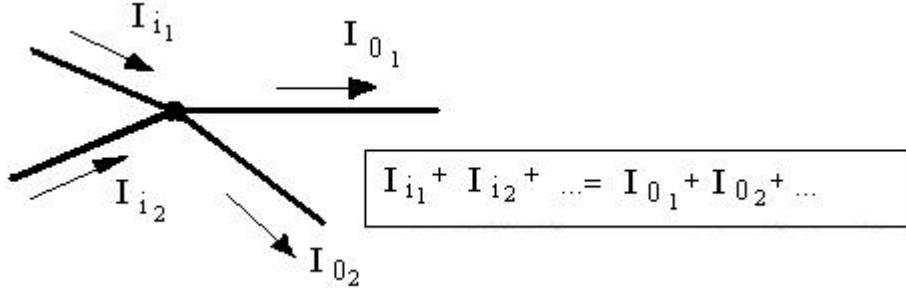
Saniyedeki elektrik yük miktarı elektrik akımıdır. Düğüm noktasındaki elektrik yük miktarının sabit kalması Kirchhoff'un akımlar kanunu ile açıklanır.



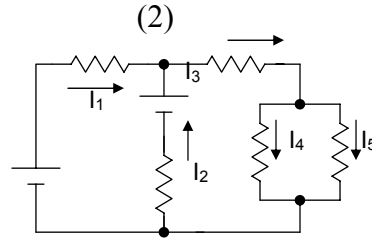
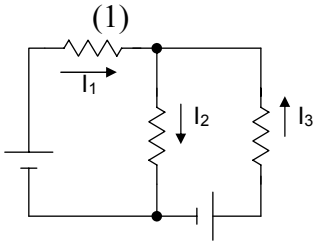
Şekil 4.1

## 4.1. Kirchoff'un Akımlar Kanunu

Bir elektrik devresinde her düğüm noktasına, gelen akımların toplamı ile giden akımlar toplamı birbirine eşittir.



**Örnek 4.1:** Kirchoff'un akımlar kanununu kullanarak her düğüm noktası için eşitliği yazınız.



**Çözüm 4.1:**  $I_1 = I_2 - I_3 \Rightarrow I_2 = I_1 + I_3$

$$I_3 = I_4 + I_5$$

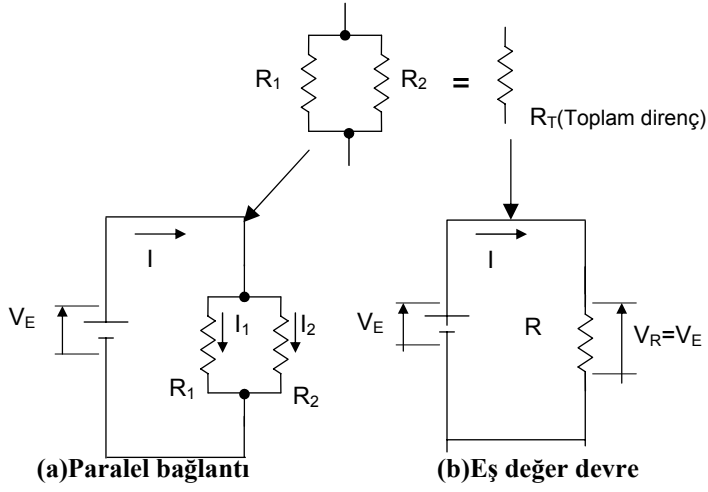
(2)  $I_3 = I_1 + I_2$

$$I_3 = I_1 + I_2 + I_4 + I_5$$

## 4.1. Dirençlerin Paralel Bağlanması

R1 ve R2 dirençleri paralel bağlandığında toplam (eş değer) direnç nasıl hesaplanabilir?

Eş değer direnç değerini hesaplamak için Kirchoff'un akımlar kanunu ve Ohm kanunundan faydalanacağız.



Şekil 4.2: Paralel bağlantı

(a) için

Kirchhoff'un akımlar kanunu

$$I = I_1 + I_2 \quad \text{---- (1)}$$

Ve Ohm kanununu kullanarak

$$I_1 = \frac{V_E}{R_1}, \quad I_2 = \frac{V_E}{R_2} \quad \text{---- (2)}$$

(b) için

Ohm kanununu kullanarak

$$V_E = IR \quad \text{---- (3)}$$

(1) ve (2) den

$$I = I_1 + I_2 = \frac{V_E}{R_1} + \frac{V_E}{R_2} = \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) V_E \quad \text{---- (4)}$$

(3) nolu ifadeden

$$R = \frac{V_E}{I} \quad \text{---- (5)}$$

(4) nolu ifadeden aşağıdaki ifadeyi yazabiliriz.

$$R = \frac{V_E}{\left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) V_E} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} \left( = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \right)$$



**Örnek 4.2:**  $R_1, R_2, R_3$  dirençleri paralel bağlandığında eşdeğer direncini bulmak için nasıl bir yol takip edebiliriz?

**Çözüm 4.2:** 
$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

Buna göre paralel bağlı dirençlerde eş değer direnç aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

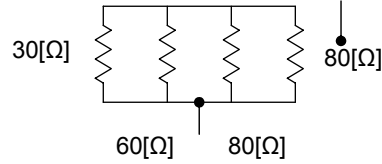
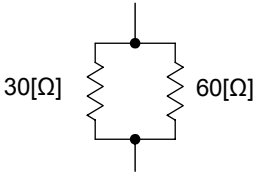
#### 4.2.1. Paralel Bağlı Devrelerde Eşdeğer Direnç

Paralel bağlı dirençlerin eşdeğer direnci aşağıdaki formülden bulunur

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots}$$

$R_1, R_2, R_3, \dots$  her bir direnç değeridir.

**Örnek 4.3:** Aşağıdaki devrelerin eşdeğer dirençlerini hesaplayınız.



**Çözüm 4.3:**

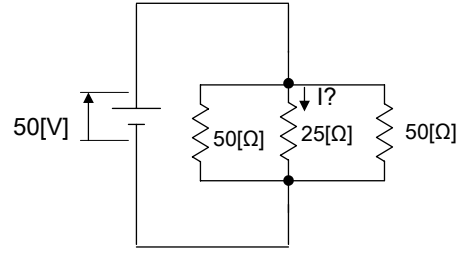
(1) 
$$R = \frac{30 \times 60}{30 + 60}$$

$$R = \frac{1800}{90} = 20[\Omega]$$

(2) 
$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{30} + \frac{1}{90} + \frac{1}{90} + \frac{1}{90}}$$

$$R_T = \frac{1}{\frac{6}{90}} = \frac{90}{6} = 15[\Omega]$$

**Örnek 4.4:** Devredeki  $25\Omega$ 'luk dirençten geçen akımı bulunuz.



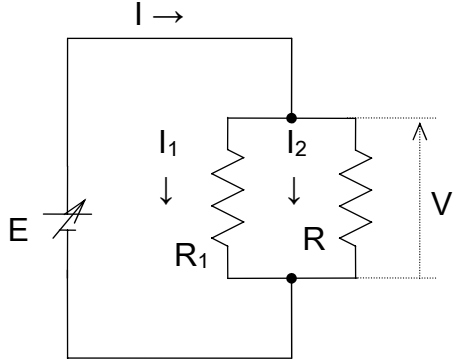
**Çözüm 4.4:** Paralel bağlı dirençler üzerine düşen gerilim aynıdır. Bu devrede dirençler üzerine düşen gerilim kaynak gerilimine eşittir.

$$I = \frac{V}{R_2}$$

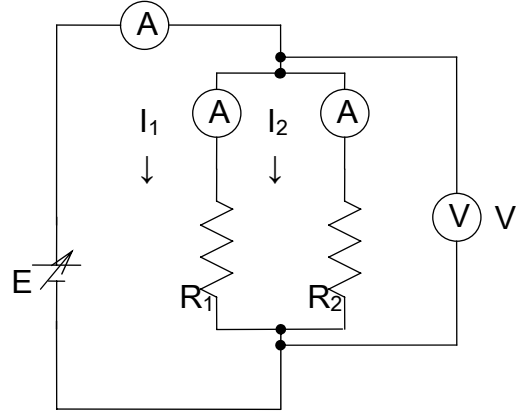
$$I = \frac{50}{25} = 2[\text{A}]$$

## UYGULAMA FAALİYETİ

Bu uygulama faaliyeti ile paralel dirençlerin üzerine düşen gerilim ve her bir koldan geçen akımı ölçebileceksiniz.



Devre şeması



Devre şemasında ölçü aletleri

İŞLEM BASMAKLARI	ÖNERİLER
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Gerekli güvenlik önlemlerini alınız.</li> <li>➤ Devre şemasına göre gereksinim duyulan alet ve gereçleri seçerek deney masası üzerine uygun durumda yerleştiriniz.</li> <li>➤ Güç kaynağının ve dijital avometrelerin ayarlarını kontrol ediniz.</li> <li>➤ Kablolarla bağlantıları yapınız.</li> <li>➤ Dijital avometrenin seçici anahtarını uygun duruma getiriniz.</li> <li>➤ Güç kaynağını çalıştırıp ve çıkış geriliminin “0 [V]” olup olmadığını kontrol ediniz.</li> <li>➤ “Output” butonuna basınız ve çıkış gerilimini ayar düğmesi yardımıyla kademeli olarak yükseltiniz. (I) akımı “10[mA]” değerine gelinceye kadar devrede beklenmeyen bir durum olup olmadığını kontrol ediniz.</li> <li>➤ Ölçüm sonuçlarını kaydediniz.</li> <li>➤ “Output” butonuna basarak çıkış geriliminin “0 [V]” olmasını sağlayınız.</li> <li>➤ Dirençleri değiştirerek yukarıdaki işlemleri tekrarlayınız.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Sıfır ayarını tam olarak yapamadığımızda ölçü aletinin pillerini kontrol ediniz.</li> <li>➤ Kademe seçiminiz uygun değilse kademeyi büyültüp küçültünüz.</li> <li>➤ Dijital ölçü aletlerinde ölçüm değerini en hassas değeri okuyuncaya kadar küçültünüz.</li> </ul>

R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	Ölçüm sonucu				Hesaplama	
		I	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	V	Hata I-(I <sub>1</sub> +I <sub>2</sub> )	Hata oranı Hata/Ix100
100[Ω]-1	100[Ω]-2	100.0[mA]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[%]
100[Ω]-1	200[Ω]	100.0[mA]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[%]
100[Ω]-1	1 [ kΩ ]	100.0[mA]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[%]

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

### ÖLÇME SORULARI

Aşağıdaki soruları cevaplayarak bu faaliyette kazandığınız bilgileri ölçünüz.

Aşağıdaki sorulara doğru yanlış diye cevap veriniz.

1. Paralel bağlı dirençlerin oluşturduğu devrede devre akımı kollara ayrılır.
2. Paralel bağlı dirençlerin oluşturduğu devrede kollar üzerine düşen gerilim birbirine eşit değildir.
3. Paralel bağlı Doğru Akım devresinde herhangi bir koldan geçen akım, koldaki toplam direnç arttıkça artar.
4. Paralel bağlı Doğru Akım devresinde kollar üzerine düşen gerilimlerin toplamı kaynak gerilimine eşittir.
5. Paralel bağlı Doğru Akım devresinde herhangi bir koldan geçen akım , koldaki toplam direnç arttıkça azalır.
6. Paralel bağlı dirençlerin oluşturduğu devrede kollar üzerine düşen gerilim birbirine eşittir

### DEĞERLENDİRME

Soruların tamamını doğru olarak çözebildiyse bir sonraki faaliyete geçiniz. Çözümlerinizi yanlış ya da eksik ise ilgili bilgiyi tekrar ediniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-5

## AMAÇ

Seri ve paralel bağlı DA devresini şemaya uygun olarak kurup, elektriksel değerlerini doğru olarak ölçebileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Gözlu devreler ile ilgili bir araştırma yaparak, sonucu bir rapor haline getiriniz.

## 5. İKİ BİLİNMEYENLİ DENKLEMLER

Gözlu devre hesaplamalarında iki bilinmeyenli denklem çözümlerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu bölümde iki bilinmeyenli denklemler ile ilgili genel bilgiler verilecektir.

İki bilinmeyenli eş zamanlı lineer denklemlerin çözümünde iki temel yöntem kullanılır.

- Yerine koyma yöntemi
- Sadeleştirme yöntemi

**Örnek 5.1:** Aşağıdaki denklemleri sağlayan x ve y değerlerini,

- a) Yerine koyma yöntemi ile (b) Sadeleştirme yöntemi ile bulunuz.

$$5x + 6y = 12 \quad (1)$$

$$3x + 5y = 3 \quad (2)$$

### Çözüm 5.1

- Yerine koyma yöntemi

**1.Basamak:** Denklemlerin birinden herhangi bir değişken çekilir.

Birinci denklemden x' i çekiniz:

$$5x = 12 - 6y$$

$$x = \frac{12}{5} - \frac{6y}{5}$$

**2.Basamak:** x'in bu değerini ikinci denklemde yerine koyunuz.

$$3x + 5y = 3 \quad (2) \quad \text{orijinal denklem}$$

$$\left( \frac{12}{5} - \frac{6y}{5} \right) + 5y = 3$$

Bu eşitliği çözünüz.

$$\left(\frac{36}{5} - \frac{18y}{5}\right) + 5y = 3$$

$$5\left(\frac{36}{5} - \frac{18y}{5}\right) + 5 \times 5y = 5 \times 3 \quad \text{Her iki tarafı 5 ile çarpıyoruz.}$$

$$36 - 18y + 25y = 15$$

$$7y = -21 \text{ ise } y = -3$$

**3.Basamak:**  $y=-3$  değerini herhangi bir denklemde yerine koyup  $x$  için çözüm yapıyoruz.

$$5x + 6y = 12 \quad (1) \text{ orijinal denklem}$$

$$5x + 6(-3) = 12$$

$$5x - 18 = 12$$

$$5x = 12 + 18 = 30 \text{ ise } x = 6$$

**4.Basamak:** Bulduğumuz  $x$  ve  $y$  değerleri orijinal denklemlerin birinde yerine konarak doğruluğu kontrol edilir. Yani  $x$  yerine 6,  $y$  yerine de -3 konur.

$$3x + 5y = 3 \quad (2)$$

$$3(6) + 5(-3) = 18 - 15 = 3$$

➤ Sadelleştirme yöntemi

**1.Basamak:** Her iki denklemde de değişkenlerden birinin kat sayıları eşitlenir.

1.denklem 5 ile, 2.denklem 6 ile çarpılır.

$$5(5x + 6y = 12) \quad 25x + 30y = 60 \quad (1)'$$

$$6(3x + 5y = 3) \quad 18x + 30y = 18 \quad (2)'$$

**2.Basamak:** İkinci denklem birinci denklemden çıkarılır.

$$25x + 30y = 60$$

$$- / 18x + 30y = 18$$

$$7x = 42$$

$$x = 6$$

$$7x + 0 = 42$$

**3.Basamak:** Orijinal denklemlerin birinde bulduğumuz  $x$  değeri yerine konarak  $y$  için çözüm yapılır.

$$5x + 6y = 12 \quad (1) \quad \text{orijinal denklem}$$

$$5(6) + 6y = 12$$

$$30 + 6y = 12$$

$$6y = -18$$

$$y = -3$$

**4. Basamak:** Bulunan  $x$  ve  $y$  değerlerini yine orijinal denklemlerden birinde yerlerine konarak eşitlik kontrol edilir.

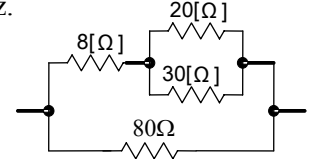
$$3x + 5y = 3 \quad (2) \quad \text{orijinal denklem}$$

$$3(6) + 5(-3) = 18 - 15 = 3$$

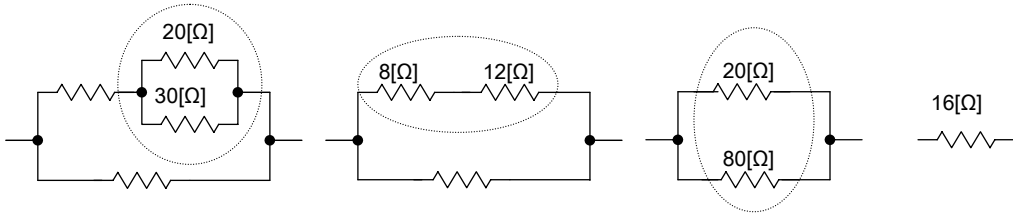
## 5.2. Seri-Paralel Devreler

Dirençlerin seri ve paralel bağlantısında eş değer direnci bulmak için uyguladığımız yöntemleri karışık devre çözümlemesinde de uygulayabiliriz.

**Örnek 5.2:** Şekildeki devrenin eş değer direncini hesaplayınız.



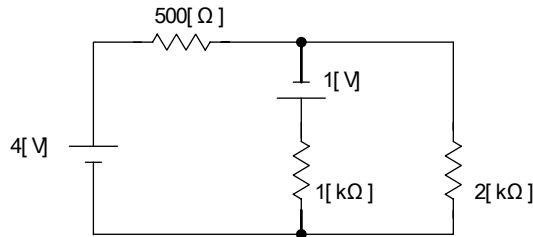
**Çözüm 5.2:** Devrenin eş değer direncini adım adım hesaplayalım.



## 5.3. Gözlü Devreler

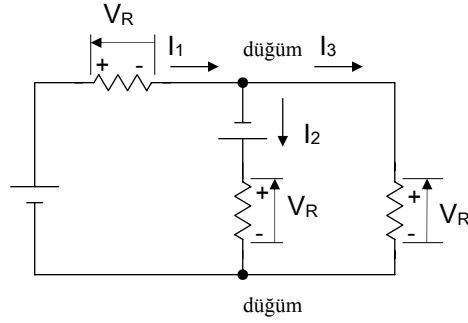
Şimdiye kadar incelediğimiz devrelerde yalnızca bir EMK kaynağı vardı. Eğer devre biraz daha karmaşık bir yapıya sahipse devreyi çözmek için dirençlerin seri - paralel bağlantı kurallarını uygulamak yeterli olmayacaktır. Bu nedenle Kirchhoff ve Ohm kanunlarına geri dönmek zorundayız.

**Örnek 5.3:** Devrede her bir direnç üzerinden geçen akım değerini hesaplayalım.



**Çözüm 5.3:** Devre çözümlemesine başlamadan önce her bir koldan geçen akım ve gerilim düşümü isimlendirilmelidir. Akım yönü keyfi olarak belirlenebilir. Akım yönünün ters seçilmesi durumunda hesaplama sonucu akım değeri negatif çıkacaktır. Her bir devre elemanı uçlarındaki gerilim düşümü polaritesinin belirlenmesinde devre akım takip yönü dikkate alınmalıdır.



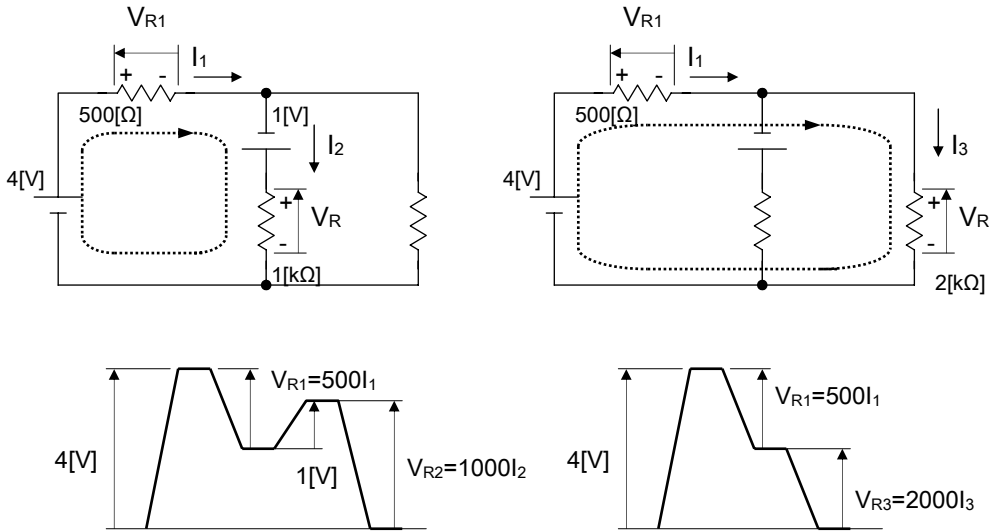


Kirchhoff'un akımlar kanununun uygulanması]

Devredeki iki düğüm (bağlantı noktası) için aşağıdaki eşitlikleri yazabiliriz.

$$I_1 = I_2 + I_3 \quad , \quad I_2 + I_3 = I_1 \quad \text{---- (1)}$$

Bu eşitliklerden sadece birini kullanmak yeterli olacaktır. Genellikle devrelerde Kirchhoff kanunları uygulanarak birçok eşitlik yazılabilir. Daha önce  $I_1, I_2, I_3$  kol akımları için Kirchhoff'un akımlar kanunu uygulanarak bir eşitlik elde edildi. Çözüm için başka bağımsız eşitliklere ihtiyaç vardır. Bunun için örnek devredeki kapalı devrelere (göz) ve bunların akım takip yönüne karar vermek gereklidir. Aşağıdaki örneği inceleyiniz.



Buradan aşağıdaki eşitlikleri yazabiliriz.

$$4 + 1 = V_{R1} + V_{R2} \quad \text{----(2)}$$

$$4 = V_{R1} + V_{R3} \quad \text{----(3)}$$

Ohm kanununu kullanarak:

$$V_{R1} = I_1 \times 500, V_{R2} = I_2 \times 1000, V_{R3} = I_3 \times 2000$$

(2) ve (3)'te bunları yerlerine koyarsak:

$$(2) \quad 5 = 500I_1 + 1000I_2 \quad \text{---- (4)}$$

$$(3) \quad 4 = 500I_1 + 2000I_3 \quad \text{---- (5)}$$

(1),(4),(5) eşitliklerinden  $I_1, I_2, I_3$  değerleri hesaplanabilir. Çözüm için çeşitli yöntemler uygulanabilir. Örneğin:

$I_2 = I_1 - I_3$  eşitliğini yazabiliriz.

Bununla birlikte (5)'deki eşitliği kullanarak:

$$5 = 500I_1 + 1000(I_1 - I_3) = 1500I_1 - 1000I_3 \quad \text{---- (6)}$$

$$(6) \times 2 + (5)$$

$$10 = 3000I_1 - 2000I_3$$

$$+ ) \quad 4 = 500I_1 + 2000I_3$$

$$\hline 14 = 3500I_1$$

$$I_1 = 0,004 \text{ A} \quad \text{----(7)}$$

(5) ve (7)'den

$$4 = 500 \cdot 0,004 + 2000I_3$$

$$2000I_3 = 4 - 2$$

$$I_3 = 0,001 \text{ A} \quad \text{---- (8)}$$

(1)'den (7) ve (8) ile

$$I_2 = I_1 - I_3 = 0,004 - 0,001 = 0,003 \text{ A} \quad \text{---- (9)}$$

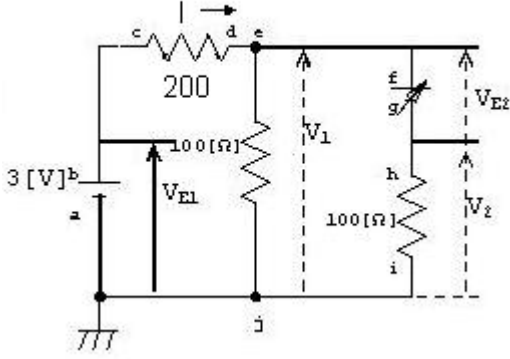
Böylece sonuç olarak:

$$I_1 = 4 \text{ [mA]}, I_2 = 3 \text{ [mA]}, I_3 = 1 \text{ [mA]}$$

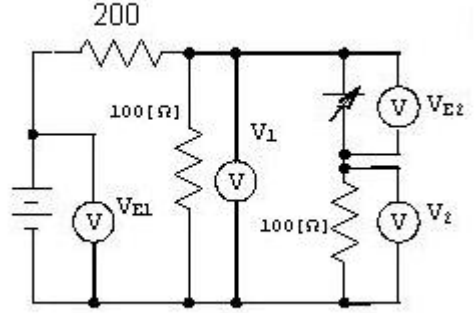
Bütün değerlerin artı işaretli çıkması, belirlenen akım yönlerinin doğru olduğu anlamına gelir. Hesaplama sonucunda akım değerinin eksi çıkması, belirlenenin tersi yönde olduğu anlamına gelir.

## UYGULAMA FAALİYETİ

Bu uygulama faaliyeti ile gözlü devrelerde dirençlerin üzerine düşen gerilimleri ve kaynakların elektromotor kuvvet (emk) değerlerini ölçebileceksiniz.



Devre şeması



Devre şemasında ölçü aletleri

No.	Ölçüm sonuçları			
	$V_{E1}$	$V_{E2}$	$V_1$	$V_2$ (akım yönü)
1	[ ]	0.30[V]	[ ]	[ ] (aşağıya )
2	[ ]	0.60[V]	[ ]	[ ] ( )
3	[ ]	0.90[V]	[ ]	[ ] ( )
4	[ ]	1.20[V]	[ ]	[ ] ( )

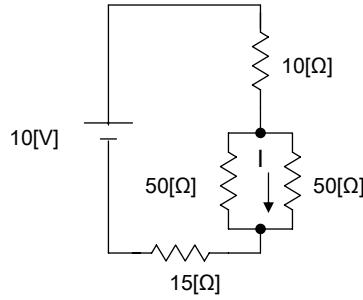
<b>İŞLEM BASMAKLARI</b>	<b>ÖNERİLER</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Gerekli güvenlik önlemlerini alınız.</li><li>➤ Güç kaynağının ve dijital AVOMETRELERİN ayarlarını kontrol ediniz.</li><li>➤ Kablolarla bağlantıları yapınız.</li><li>➤ Dijital AVOMETRENİN seçici anahtarını uygun duruma getiriniz.</li><li>➤ Güç kaynağını çalıştırıp ve çıkış geriliminin ‘0 [V]’ olup olmadığını kontrol ediniz.</li><li>➤ ‘output’ butonuna basınız ve çıkış gerilimini ayar düğmesi yardımıyla kademeli olarak yükseltiniz.</li><li>➤ VE2 değerini değiştirerek ölçüm işlemlerini tekrarlayınız.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Sıfır ayarını tam olarak yapamadığınızda ölçü aletinin pillerini kontrol ediniz.</li><li>➤ Kademe seçiminiz uygun değilse kademeyi büyültüp küçültünüz.</li><li>➤ Dijital ölçü aletlerinde ölçüm değerini en hassas değeri okuyuncaya kadar küçültünüz.</li></ul>

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

### ÖLÇME SORULARI

Aşağıdaki soruları cevaplayarak bu faaliyette kazandığınız bilgileri ölçünüz.

1. Aşağıdaki devrelerde gösterilen (I) akım değeri kaçtır?



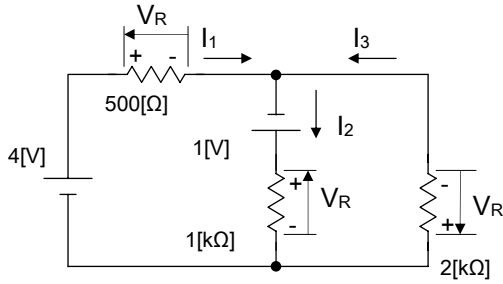
A) 0,1

B) 0,2

C) 0,4

D) 0,5

2. Yandaki şekilde  $I_3$  akımı ters yönde kabul edilmiştir. Buna göre  $I_3$  akımını bulunuz.



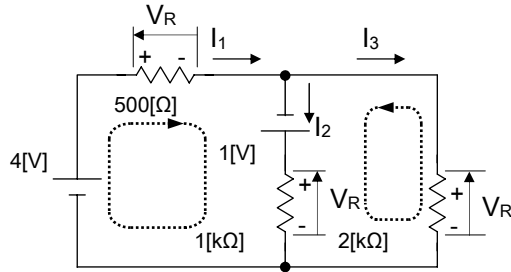
A) 0,001

B) 0,002

C) 0,004

D) 0,005

3. Yandaki şekilde verilen değerlere göre  $I_3$  akımını bulunuz.



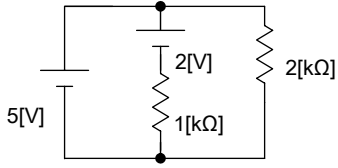
A) 0,001

B) 0,002

C) 0,004

D) 0,005

4. Aşağıdaki devrede birinci koldan geçen akımı bulunuz.



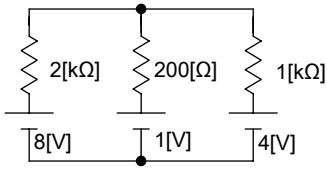
A) 0,0011

B) 0,0022

C) 0,0044

D) 0,0055

5. Aşağıdaki devrede ortadaki (ikinci) koldan geçen akımı bulunuz.



A) 0,001

B) 0,002

C) 0,004

D) 0,005

## DEĞERLENDİRME

Soruların tamamını doğru olarak çözebildiyse bir sonraki faaliyete geçiniz. Çözümlerinizi yanlış ya da eksik ise ilgili bilgiyi tekrar ediniz.

# MODÜL DEĞERLENDİRME

## PERFORMANS TESTİ (YETERLİK ÖLÇME)

Uygulama faaliyetinde yaptığınız işlemlere göre aşağıdaki tabloyu doldurarak kendinizi değerlendiriniz.

Modülün Adı		Öğrencinin	Adı : Soyadı: Sınıf : Nu :	
<b>AÇIKLAMA: Aşağıda listelenen işlem basamaklarındaki davranışları öğrencide gözlemlediyseniz EVET sütununa, gözlemlemediyseniz HAYIR kısmına X işareti yazınız.</b>				
<b>DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ</b>			<b>Evet</b>	<b>Hayır</b>
Gerekli güvenlik önlemlerini aldınız mı?				
Ölçü aleti kullanmadan direnç değerini okuyabildiniz mi?				
Analog ve dijital ölçü aletiyle direnç ölçebildiniz mi?				
Analog ve dijital ölçü aletiyle gerilim ölçebildiniz mi?				
Analog ve dijital ölçü aletiyle akım ölçebildiniz mi?				
Seri devrede direncin üzerine düşen gerilimi hesaplayabildiniz mi?				
Seri devrede dirençten geçen akımı hesaplayabildiniz mi?				
Paralel devrede direncin üzerine düşen gerilimi hesaplayabildiniz mi?				
Paralel devrede her koldan geçen akımı hesaplayabildiniz mi?				
Karışık devrelerde direncin üzerine düşen gerilimi hesaplayabildiniz mi?				
Gözlü devrelerde akım ve gerilim değerlerini hesaplayabildiniz mi?				

## DEĞERLENDİRME

“Hayır” cevaplarınız var ise ilgili uygulama faaliyetini tekrar ediniz. Cevaplarınızın tümü “evet” ise bir sonraki modüle geçebilirsiniz.

# CEVAP ANAHTARLARI

## ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	D
3	Y
4	Y
5	D
6	Y

## ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	Y
3	Y
4	D
5	D
6	Y

## ÖĞRENME FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	Y
2	D
3	Y
4	D
5	D
6	D

## ÖĞRENME FAALİYETİ-4'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	Y
3	Y
4	Y
5	D
6	D



## ÖĞRENME FAALİYETİ-5'İN CEVAP ANAHTARI

1. a seçeneği

$$R_T = \frac{50}{2} + 10 + 15 = 50[\Omega]$$

$$I_T = \frac{V}{R_T} = \frac{10}{50} = 0,2[\text{A}]$$

$$I = \frac{0,2}{2} = 0,1[\text{A}]$$

2. a seçeneği

$$4 = V_{R1} - V_{R3}$$

$$5 = V_{R1} + V_{R2}$$

---

$$4 = I_1 \times R_1 - I_3 \times R_3$$

$$5 = I_1 R_1 + I_2 R_2$$

$$5 = I_1 R_1 + (I_1 + I_3) R_2$$

---

$$4 = I_1 \times R_1 - I_3 \times R_3$$

$$5 = I_1 \times R_1 + I_1 \times R_2 + I_3 \times R_2$$

---

$$4 = I_1 \times 500 - I_3 \times 2000$$

$$5 = I_1 \times 500 + I_1 \times 1000 + I_3 \times 1000$$

---

$$-3 \times [4 = I_1 \times 500 - I_3 \times 2000]$$

$$5 = I_1 \times 1500 + I_3 \times 1000$$

---

$$-12 = -(I_1 \times 1500) + (I_3 \times 6000)$$

$$5 = I_1 \times 1500 + I_3 \times 1000$$

---

$$-7 = I_3 \times 7000 \Rightarrow I_3 = \frac{-7}{7000} = -0,001[\text{A}]$$

3. a seçeneği

$$I_1 = I_2 + I_3 \Rightarrow I_3 = I_1 - I_2$$

$$5 = V_{R1} + V_{R2}$$

$$1 = V_{R2} - V_{R3}$$

$$5 = I_1 \times R_1 + I_2 \times R_2$$

$$1 = I_2 \times R_2 - I_3 \times R_3$$

---

$$5 = I_1 \times 500 + I_2 \times 1000$$

$$1 = I_2 \times 1000 - I_3 \times 2000$$

---

$$5 = I_1 \times 500 + I_2 \times 1000$$

$$1 = I_2 \times 1000 - (I_1 - I_2) \times 2000$$

---

$$5 = I_1 \times 500 + I_2 \times 1000$$

$$1 = I_2 \times 1000 - I_1 \times 2000 + I_2 \times 2000$$

---

$$4 \times (5 = I_1 \times 500 + I_2 \times 1000)$$

$$1 = I_2 \times 3000 - I_1 \times 2000$$

---

$$20 = I_1 \times 2000 + I_2 \times 4000$$

$$21 = I_2 \times 7000 \Rightarrow I_2 = \frac{21}{7000} = 0,003[\text{A}]$$

$$5 = I_1 \times 500 + I_2 \times 1000 \Rightarrow 5 = I_1 \times 500 + (0,003 \times 1000)$$

$$5 = I_1 \times 500 + 3 \Rightarrow I_1 = \frac{2}{500} = 0,004[\text{A}]$$

$$I_3 = I_1 - I_2 \Rightarrow I_3 = 0,004 - 0,003 = 0,001[\text{A}]$$

**4. d seçeneği**

$$5 - 2 = I_2 \times 1000$$

$$I_2 = \frac{3}{1000} = 0,003[\text{A}]$$

$$2 = I_3 \times 2000 - I_2 \times 1000 \Rightarrow 2 = I_3 \times 2000 - (0,003 \times 1000)$$

$$2 = I_3 \times 2000 - 3 \Rightarrow 5 = I_3 \times 2000 \Rightarrow I_3 = \frac{5}{2000} = 0,0025[\text{A}]$$

$$I_1 = I_2 + I_3 \Rightarrow I_1 = 0,0025 + 0,003 = 0,0055[\text{A}]$$

**5. d seçeneği**

$$I_1 = I_2 + I_3 \Rightarrow I_2 = I_1 - I_3$$

$$8 - 1 = 2000 \times I_1 + 200 \times I_2$$

$$8 - 4 = 2000 \times I_1 + 1000 \times I_3$$

$$7 = 2000xI_1 + 200x(I_1 - I_3)$$

$$7 = 2000xI_1 + 200xI_1 - 200xI_3$$

$$5x(7 = 2200xI_1 - 200xI_3)$$

$$4 = 2000xI_1 + 1000xI_3$$

$$35 = 11000xI_1 - 1000xI_3$$

$$4 = 2000xI_1 + 1000xI_3$$

---

$$39 = 13000xI_1 \Rightarrow I_1 = 0,003[\text{A}]$$

$$4 = 2000x(0,003) + 1000xI_3$$

$$4 = 6 + 1000xI_3 \Rightarrow I_3 = -0,002[\text{A}]$$

$$I_2 = I_1 - I_3 \Rightarrow I_2 = 0,003 - (-0,002) = 0,005[\text{A}]$$

## KAYNAKLAR

- İŞBİLEN, Turgay, Selim GÜLÇEN, Osman KÖSE, Ishida YASUHIRO, **Temel Endüstri Uygulamaları**, ETOGM-JICA, İzmir, Temmuz 2002.
- Osman KÖSE, Selim GÜLÇEN, Tomizo YAMAUCHI, Yoichi MASUDA, **Devre Analizi**, ETOGM-JICA, Konya, Temmuz 2003.
- **Elektriksel Büyüklüklerin Ölçülmesi Modülü (MEGEP)**
- <http://www.kcetas.com.tr>.