

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

UÇAK BAKIM

**DİRENÇLER VE TEMEL ELEKTRİK
KANUNLARI
522EE0005**

Ankara, 2012

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- **PARA İLE SATILMAZ.**

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	iii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ 1	3
1. DİRENÇ/REZİSTANS	3
1.1. Direnç ve Öz direnci Etkileyen Faktörler.....	3
1.2. Öz direnç	4
1.3. Pozitif ve Negatif Sıcaklıkta İletkenlik Değişimi.....	4
1.4. Sabit Dirençler.....	5
1.4.1. Denge.....	5
1.4.2. Hata Oranı	5
1.4.3. Sınırlama	5
1.4.4. Yapı Metodları	5
1.5. Değişken Dirençler.....	6
1.5.1. Termistörler	6
1.5.2. Voltaj Bağımlı Dirençler	6
1.5.3. Foto Dirençler.....	6
1.6. Direnç Renk Kodları	7
1.6.1. Tolerans.....	9
1.6.2. Güç Değerleri	9
1.6.3. Özel Değerli Dirençler	9
UYGULAMA FAALİYETİ.....	10
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	12
ÖĞRENME FAALİYETİ-2	14
2. DİRENÇLERİ SERİ VE PARALEL BAĞLAMAK	14
2.1. Dirençlerin Seri Bağlanması	14
2.2. Dirençlerin Paralel Bağlanması.....	16
2.3. Seri-Paralel Bağlanarak Eşdeğer Direncin Hesaplanması.....	20
UYGULAMA FAALİYETİ.....	24
ÖLÇME DEĞERLENDİRME	26
ÖĞRENME FAALİYETİ 3	28
3. POTANSİYOMETRE VE REOSTANIN YAPISI, KULLANIMI	28
3.1. Potansiyometre ve Reostanın Yapısı, Kullanımı	28
UYGULAMA FAALİYETİ.....	31
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	33
ÖĞRENME FAALİYETİ 4	34
4. WHEATSTONE KÖPRÜSÜNÜN YAPISI VE KULLANIMI.....	34
4.1. Wheatstone Köprüsünün Yapısı ve Kullanımı	34
UYGULAMA FAALİYETİ.....	37
ÖLÇME DEĞERLENDİRME	39
ÖĞRENME FAALİYETİ-5	41
5. OHM KANUNU	41
5.1. Ohm Kanunu	41
5.2. Ohm Kanunu Deneyi.....	42

UYGULAMA FAALİYETİ.....	44
ÖLÇME DEĞERLENDİRME	46
6. KİRŞOF KANUNLARI.....	48
6.1. Kirşof'un Gerilim Kanunu	48
6.2. Kirşof'un Gerilim Kanunu Deneyi.....	50
6.3. Kirşof'un Akım Kanunu.....	50
6.4. Kirşof'un Akım Kanunu Deneyi	52
UYGULAMA FAALİYETİ.....	53
ÖLÇME DEĞERLENDİRME	56
ÖĞRENME FAALİYETİ-7	57
7. OHM VE KİRŞOF KANUNLARININ BİRLİKTE KULLANILMASI.....	57
7.1. Akım Hesaplamak	57
7.2. Gerilim Hesaplamak.....	57
7.3. Direnç Hesaplamak	57
7.4. Kaynak İç Direncinin Etkisi	58
UYGULAMA FAALİYETİ.....	65
ÖLÇME DEĞERLENDİRME	67
MODÜL DEĞERLENDİRME	69
CEVAP ANAHTARLARI.....	70
KAYNAKÇA	73

AÇIKLAMALAR

KOD	522EE0005
ALAN	Uçak Bakım
DAL/MESLEK	Ortak
MODÜLÜN ADI	Dirençler ve Temel Elektrik Kanunları
MODÜLÜN TANIMI	Elektrik devre analizi yaparken kullanılan direnç bağlantılarını, Ohm ve Kirşof Kanunları'nı tanıtan, bu kanunları deneysel olarak gözlemlenmesini sağlayan öğrenme materyalidir.
SÜRE	40 / 24
ÖN KOŞUL	Elektrik Terminolojisi modülünü başarmış olmak
YETERLİKLER	Elektrik kanunlarını, devre çözümlerinde kullanmak
MODÜLÜN AMACI	<p>Genel Amaç Gerekli ortam sağlandığında standartlara uygun direnç değerlerini tespit edebilecek, Ohm ve Kirşof Kanunları'nı kullanarak elektrik devrelerini analiz edebilecek, devrelere uygun direnç seçimi yapabileceksiniz.</p> <p>Amaçlar</p> <ol style="list-style-type: none">1. Direnç özelliklerini kavrayıp renk kodlarından yararlanarak direnç değerini hatasız olarak okuyabilecek ve yapacağınız işe uygun direnç seçimi yapabileceksiniz.2. Dirençleri tekniğine uygun olarak seri, paralel ve karışık bağlayarak eşdeğer direnci hatasız hesaplayabileceksiniz.3. Potansiyometre ve reostaların tekniğine uygun olarak bağlantısını yapıp kullanılabileceksiniz.4. Wheatstone Köprüsü'nü tekniğine uygun olarak bağlantısını yapıp kullanılabileceksiniz.5. Ohm Kanunu'nu kavrayarak Ohm Kanunu hesaplamalarını hatasız olarak yapabileceksiniz.6. Kirşof'un Akımlar ve Gerilimler Kanunu'nu kavrayarak hesaplamalarını hatasız olarak yapabileceksiniz.7. Ohm ve Kirşof Kanunları'nı birlikte kullanarak hatasız olarak elektrik devrelerinde akım, gerilim, direnç hesaplamaları yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	<p>Ortam Sınıf, işletme, kütüphane, elektrik ölçme laboratuvarı gibi bireysel veya grupta çalışabileceğiniz tüm ortamlar. Ampermetre, voltmetre, ohmmetre, avometre, wheasthone köprüsü gibi ölçü aletlerinin bulunduğu ölçme laboratuvarları</p> <p>Donanım Sınıf: Sınıf kütüphanesi, tepegöz, projeksiyon cihazı, bilgisayar donanımları, Vcd, Dvd, video vb. öğretim</p>

	materyalleri.
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	<p>Bu modül 7 öğrenme faaliyetinden oluşmuştur. Her bir faaliyetten sonra verilen ölçme araçları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek kendinizi değerlendireceksiniz.</p> <p>Öğretmen modül sonunda size ölçme aracı uygulayarak modül ile kazandığınız bilgi ve becerileri değerlendirecektir.</p>

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Uçak bakım organizasyonunun içerisinde yer alan elektrik teknolojisinin en önemli alanlarından birine başlıyoruz. Çünkü bu modülün faaliyetlerine baktığımızda; direnç, dirençlerin seri-paralel bağlantısı, Ohm Kanunu, Kirşof Kanunları ve bu kanunları kullanarak elektrik, elektronik devrelerin nasıl yorumlanacağını, nasıl çözümleneceğinin bulunduğunu görüyoruz.

Toplumların kendi yapısına göre ilişkilerini düzenleyen kanunları vardır. Her türlü olay yorumlanırken bu kanunlar doğrultusunda yorumlanır ve karar verilir. İşte elektrik-elektronik devrelerde de oluşan elektriksel olayları yorumlarken kullandığımız kanunlar da buna benzer. Bu kanunları göz önünde bulundurmadan, iş yapamazsınız. Nasıl ki toplumlarda kanunlar uygulanmadığı zaman istenmeyen olaylar gerçekleşir, kötü sonuçlar ortaya çıkarsa, elektrik-elektronik devrelerde de kanunların esasları uygulanmadığında istenmeyen olaylarla karşılaşırız.

Örneğin, Ohm Kanunu, bize hangi alıcı ya da devreye kaç volt gerilim uygulayabileceğimizi söyler. Bu gerilimin üzerinde bir gerilim uygularsak yatağından taşan nehrin çevreye verdiği zarar gibi, devreden geçen aşırı akım da geçtiği devreye buna benzer zarar verir.

Uçak bakım alanında çalışmayı ya da bu alanda öğrenim düzeyini artırmayı düşünen siz sevgili öğrencilerimizin, öğreneceğiniz her konuyu uçağa ulaşan merdivenlerin bir basamağı gibi düşünmenizi diliyoruz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Direnç renk kodları standartlarından yararlanarak direnç değerlerini tekniğine uygun ve hatasız olarak okuyarak, yapacağımız işe uygun direnç seçimi yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Atölyenizde ve çevrenizde gördüğünüz değişik dirençlerin üzerindeki renkleri not alarak, direnç karşılıklarını araştırınız.

1. DİRENÇ/REZİSTANS

1.1. Direnç ve Özdirenci Etkileyen Faktörler

Elektrik Terminolojisi modülünde direncin tanımını yaparak elektrik, elektronik devrelerde ne anlama geldiğini ve nasıl hesaplandığını görmüştük. Buradan anımsayacağımız gibi her maddenin az ya da çok elektrik akımının geçişine karşı gösterdiği bir zorluk, yani direnci vardır. Burada ilk olarak maddelerin direncinin az ya da çok olmasına etki eden fiziksel faktörleri inceleyeceğiz.

Herhangi bir iletkenin direncine etki eden fiziksel faktörler:

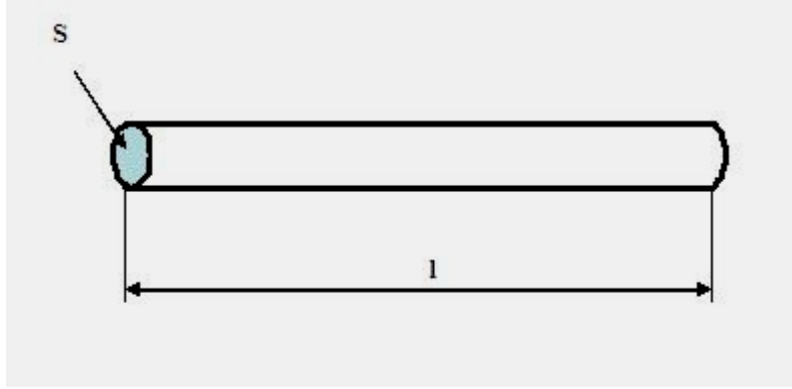
- İletkenin özdirenci
- İletkenin kesiti
- İletkenin boyudur.

İletkenin direnci boyu ve özdirenci ile doğru orantılı, kesiti ile ters orantılıdır. Yani

$$R = \ell \cdot \tau / S$$

Bu formülde;

- R: İletkenin direnci (Ω)
- ℓ : İletkenin boyu (m)
- τ : İletkenin özdirenci ($\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$)
- S: İletkenin kesiti (mm^2)



Şekil 1.1: Bir iletkenin boy ve kesiti

Bu formülden de anlaşılacağı gibi iletkenin boyu uzadıkça, direnci artar. İletkenin boyu kısaltıldıkça, direnci azalır. Buna karşın iletkenin kesiti (kalınlığı) arttıkça direnci azalır, kesiti azaldıkça direnci artar.

1.2. Özdirenc

Özdirenc, her iletkenin yapıldığı malzemenin cinsine bağlı olarak değişen bir katsayıdır. Özdirenci birim uzunluk ve kesitteki bir iletkenin direnci olarak tanımlayabiliriz. Bu tanımdan iyi iletkenlerin özdirencinin de iyi olduğu sonucunu çıkarabiliriz. Aşağıdaki tabloda çeşitli iletkenlerin özdirençleri verilmiştir.

İLETKENİN CİNSİ	ÖZDİRENCİ ($\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$)
Gümüş	0,016
Bakır	0,0178
Altın	0,023
Alüminyum	0,0285
Demir	0,10-0,15
Kalay	0,11
Kurşun	0,21

Aynı uzunluk ve aynı kesitte ancak değişik malzemelerden yapılmış iletkenleri ele aldığımızda en az dirence sahip olanın gümüşten yapılmış iletkenin sahip olduğunu, en çok dirence ise kurşundan yapılmış iletkenin sahip olduğunu söyleyebiliriz.

1.3. Pozitif ve Negatif Sıcaklıkta İletkenlik Değişimi

Karbon, elektrolitik iletkenler ve bazı metal alaşımlarının dışında bütün metallerin özdirenci, dolayısı ile direnci sıcaklığa bağlı olarak artar. Bu artış çok düşük ve çok yüksek sıcaklıkların dışında doğrusaldır. Mutlak sıfır noktası olarak adlandırılan yaklaşık $-273 \text{ }^\circ\text{C}$ ' de iletkenlerin direnci sıfır olur. Buna süper iletkenlik adı verilir.

1.4. Sabit Dirençler

Direnç değeri, dışarıdan yapılabilecek herhangi bir dolaylı müdahale ile (fiziksel, ışık vb.) değiştirilemeyen dirençlerdir. Genellikle küçük güçlü olan sabit değerdeki dirençlerin üzerlerinde bir renk kodu mevcuttur. Bunun nedeni sıcaklık etkisi ile yazıların kolayca silinebilmesidir.

1.4.1. Denge

Sabit dirençlerin değerinin tam olarak ölçülmesi için kullanılan köprü yönteminde, sistem dengede iken direnç değeri ölçülür. Bu nedenle denge teriminin anlamı 4 numaralı öğrenme faaliyeti içerisinde ele alınacaktır.

1.4.2. Hata Oranı

Dirençlerin yapım kalitesine, yapıldığı malzemelerin özelliklerine ve ısı gibi çalışma koşullarına bağlı olarak, renk kodları ile belirtilen değerleri ile gerçek değerleri çoğu zaman birbirini tutmaz. Renk kodları ile üretici tarafından belirtilen değer ile ölçme sonucu belirlenen direnç değeri arasındaki orana hata oranı adı verilir.

1.4.3. Sınırlama

Elektronik devrelerde kullanılan devre elemanlarının çalışma gerilimleri birbirinden çok farklılık gösterir. Her biri için ayrı ayrı gerilimler temin edecek kaynaklar kullanılmayacağına göre, bu elemanların devrelerinde sabit dirençler kullanılarak bulunduğu koldan geçen akım sınırlanır. Böylece bu kolda bulunan devre elemanı üzerinde düşen gerilimi belirlemiş oluruz.

Direnci 5 ohm olan bir devre elemanımız ve 10 voltluk bir kaynağımız olduğunu düşünelim. Bu devre elemanının da çalışma gerilimi 5 volt olsun. Bu durumda kaynak gerilimi, istenen çalışma geriliminin iki katı fazladır. O halde istenen 5 voltluk çalışma gerilimini elde etmemiz için direnci 2 katı arttırmamız gerekir. Yani devre elemanının direnci 5 ohm olduğuna göre, bu elemanın olduğu kola 5 ohmluk bir seri direnç bağlayarak, bu kolun direncini 10 ohma çıkarmalıyız. Böylece normalde 2 amper olan devre akımını 1 amper ile sınırlamış oluruz. Eleman üzerinde de 5 volt gerilim düşümü meydana gelir.

1.4.4. Yapı Metodları

Sabit dirençler yapım şekline göre genellikle 3 değişik tipte yapılır. Bunlar:

- Karbon dirençler
- Film dirençler
- Tel sarımlı dirençler

Dirençler üzerlerinde harcanan enerjiye dayanabilmeleri için de çeşitli güçte imal edilir. Sabit dirençlerin bir kısmı daha büyük ve köşeli dirençlerdir. Bunlar güç devrelerinde kullanılan ‘taş direnç’ olarak isimlendirilen dirençlerdir. Taş dirençler yüksek güçte ve düşük değerlerde yapılır. Sabit dirençler piyasada 1/8 watt an 5 watta kadar, taş dirençler de 4-10 watt arası değerlerde bulunur.

1.5. Değişken Dirençler

Değişken dirençler ısı, ışık, gerilim, gerilme gibi nedenlerle direnç değerini kendi karakteristik özelliklerine bağlı olarak değiştiren dirençlerdir. Bunları reosta, potansiyometre, trimpot gibi direnç değeri dışarıdan yapılacak fiziksel müdahalelerle değiştirilebilen ayarlı dirençlerle karıştırmamak gerekir. Değişken dirençleri 3 başlık altında toplayabiliriz.

1.5.1. Termistörler

Termistörler ısınınca direnci kendiliğinden değişen elemanlardır. Termistörler sıcaklık sabitine göre ikiye ayrılır:

- **PTC Dirençler:**Pozitif sıcaklık sabitine (PTC) sahip dirençler ısındığı zaman, direnç değeri büyür. Örneğin, Röleye paralel bağlanan PTC direnç rölenin gecikmeli çekmesini sağlar. Floresant lambalarda da starter yerine PTC direnç kullanılabilir.
- **NTC Dirençler:**NTC dirençler, ısındığı zaman direnç değerleri düşer, Germanyum, Silikon, ve metal oksitler gibi maddelerden üretilir.

1.5.2. Voltaj Bağımlı Dirençler

Varistör (VDR) adı verilen voltaj bağımlı dirençler, uçlarına uygulanan gerilim değerine bağlı olarak, direnci değişen elemandır. İngilizce; Voltage Dependent Resistor sözcüklerinin baş harflerinden oluşan VDR olarak tanımlandığı gibi, aynı anlamda “Voltaja Duyarlı Rezistans” olarak da anılmaktadır. Esasta, silikon karpit veya titanyum oksit gibi maddelerin, çoğunlukla disk biçiminde preslenmesi ile elde edilir. Varistör, belli voltaj değeri ve bunun üstündeki gerilim değerlerini algılayarak aktif duruma geçer. Aktif duruma geçtiği gerilim değerine eşik gerilimi denir. Piyasada eşik gerilimi 5 volttan, birkaç kilovoltaya kadar olan varistör bulmak mümkündür. Gerilim arttıkça iletkenliği artar (direnci azalır), gerilim azaldıkça iletkenliği azalır (direnci artar). Besleme gerilimi, eşik değerinin altında olduğu sürece, varistör yüksek direnç değerindedir (pratik olarak yalıtkan).

1.5.3. Foto Dirençler

Foto dirençlerin çalışma prensibi NTC direncin çalışma prensibine yakındır. Foto dirençler, ışık etkisi altında kalınca direnci küçülen elemanlardır. En çok kullanılan foto direnç maddesi kadmiyum sülfürdür. Kadmiyum sülfürden yapılmış olan bir foto direncin karanlıktaki direnci 10 MOhm olduğu hâlde, gün ışığında 1 KOhm'a düşmektedir.

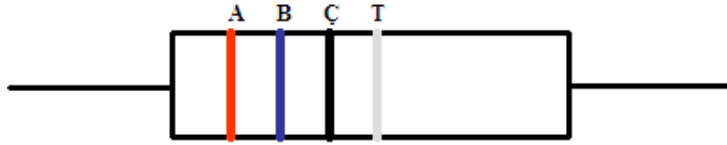
1.6. Direnç Renk Kodları

Direnç renk kodlarına bakarak direnç değeri tespit edilirken öncelikle renk halka (band) sayısına bakılır. Bazı dirençler tolerans dahil 4 renk bazıları ise 5 renktir. Öncelikle 4 renkli dirençleri ele alalım.

RENK	1. ve 2. HALKA	SIFIR SAYISI	% TOLERANS
SİYAH	0	0	
KAHVERENGİ	1	1	
KIRMIZI	2	2	
TURUNCU	3	3	
SARI	4	4	
YEŞİL	5	5	
MAVİ	6	6	
MOR	7	7	
GRİ	8	8	
BEYAZ	9	9	
ALTIN		0.1	5
GÜMÜŞ		0.01	10
RENKSİZ			20

Şekil 1.2: 4 renk direnç renk kodları

A- 1. halka B- 2. halka C- Çarpan (Sıfır sayısı) T- Tolerans

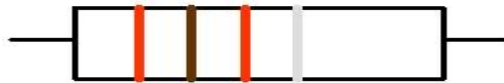


Şekil 1.3: Direnç renk bantları

Bu durumda önce 1. Halkadaki renge karşılık gelen sayı, daha sonra onun yanına 2. Halkadaki renge karşılık gelen sayı, ikisinin yanına da 3. Halkadaki renge karşılık gelen adette sıfır eklenir ve ohm cinsinden direncin değeri bulunmuş olur. 4. Halkadaki renk de bu direncin \pm % toleransını belirtir. Şimdi birkaç örnek ile konuya açıklık getirelim:

ÖRNEKLER

1- Aşağıda renk halkaları (bantları) verilen dirençlerin değerini bulalım.

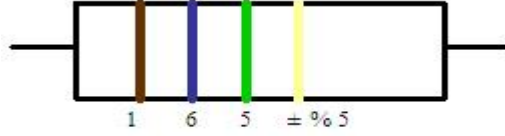


Şekil 1.4:4 bant direnç

1. Bant Kırmızı : 2
2. Bant Kahverengi: 1
3. Bant Kırmızı : 00 (Sıfırsayısı 2)
4. Bant Gümüş : \pm % 10 (Tolerans)

Direnç Değeri: 2100 Ohm \pm % 10

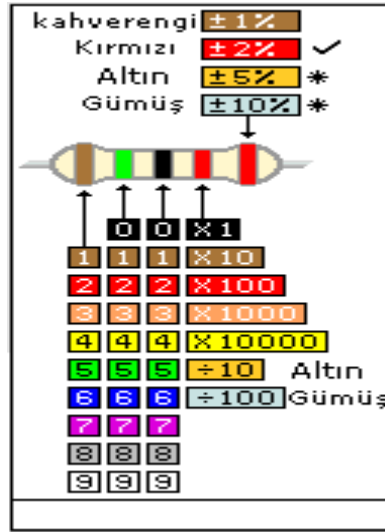
2- Aşağıda renk halkaları (bantları) verilen dirençlerin değerini bulalım.



Şekil 1.5:4 bant direnç

1. Bant Kahverengi : 1
 2. Bant Mavi : 6
 3. Bant Yeşil : 5 (00000)
 4. Bant Altın : $\pm \% 5$
- Direnç Değeri: $1600000 \pm \% 5$ ohm

Şimdi de 5 bantlı dirençleri inceleyelim:



Şekil 1.6: 5 bant direnç renk kodları

Tablodan da görüldüğü gibi renk kodlarının karşılıkları 4 bantlı dirençlerle aynıdır. İlk üç halka direnç değerinin ilk üç rakamını, 4. Halka çarpan katsayısını (sıfır sayısını) verir. 5. Halka ise toleranstır.

Örnek olarak tablodaki direncin değerini tespit edelim:

- Kahverengi: 1
- Yeşil: 5
- Siyah: 0
- Kırmızı: x100(yani 00)
- Kırmızı: $\pm \% 2$ (tolerans)
- Direnç değeri: $15000 \text{ ohm} \pm \% 2$**

4. bant rengi altın olsaydı, direnç değeri: $150 \times 0,1 = 15 \text{ ohm} \pm \% 2$ olacaktı.

1.6.1. Tolerans

Yukarıdaki örneklere baktığımızda 4. Renk bandının toleransa ait olduğunu görüyoruz. Tolerans daha önce açıklanan hata oranı ile benzer anlam taşımaktadır.

Ancak tolerans ile üretici, kabul edilebilir hata oranı sınırını belirtir. 4 ve 5 bantlı direnç renk kodu tablolarında tolerans belirten renklerin anlamları verilmiştir. Eğer tolerans için bant kullanılmamışsa, yani tolerans belirtilmemişse, $\pm \% 20$ kabul edilir.

Örneğin bir direncin direnç değeri 2100 ohm, toleransı $\pm \% 10$ olsun. Bunun anlamı bu direnç 2100 ohmdan $\% 10$ çok da olabilir, az da olabilir. Yani,

$$\text{Üst değer } 2100 + (2100 \times 0,1) = 2310 \text{ ohm}$$

$$\text{Alt değer } 2100 - (2100 \times 0,1) = 1890 \text{ ohm}$$

Bu direnç 1890 – 2310 ohm arası bir değerde olabilir.

1.6.2. Güç Değerleri

Devrelerde direncin direnç değeri kadar, güç değeri de önemlidir. Çünkü dirençler içerisinden geçen akıma bağlı olarak ısınır. Her bir direnç $I^2 \times R$ kadar ısı enerjisi açığa çıkar. Kullanılan direncin bu ısıya dayanması için, gücünün $I^2 \times R$ değerinden büyük olması gerekir.

100'ohmluk bir dirençten 0,2 amper akım geçtiğini düşünelim. Bu direncin harcayacağı güç:

$P = I^2 \times R$ $P = 0,2^2 \times 100$ $P = 4 \text{ W}$ dır. O halde burada kullanılacak direncin gücünün 4 W'dan büyük olması gerekir.

1.6.3. Özel Değerli Dirençler

Piyasada her istenen değerde direnç bulmak mümkün değildir. Dirençlerin belirli üretim standartları vardır. Bu standartların dışında istenen dirençler özel direnç sınıfına girerler ve özel olarak üretilir. Herhangi bir devrede istenen direnç standart dışı ise, ona en yakın direnç kullanılır veya krom nikel telden özel olarak istenen değerde imal edilir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Direnç Renk Kodlarını Okumak

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Çalışma ortamınızı hazırlayınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ İş önlüğünüzü giyerek, çalışma masanızı düzenleyiniz.➤ Çalıştığınız deney masasının üzerinde deneyle ilgisi olmayan araç-gereç ve malzemeyi kaldırınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ 4 ve 5 bantlı değişik değerlerde dirençleri seçiniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Malzeme deposu sorumlusuna, yoksa öğretmeninize başvurunuz.
<ul style="list-style-type: none">➤ Her direnci renk kodlarını sırası ile yazarak, renk kodu tablosundan karşılıklarını bulunuz ve direnç değerini tespit ederek not ediniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Renk kodlarını ve direnç değerlerini yazacağınız bir tablo hazırlayınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Aynı dirençleri bir avometre ya da ohmmetre ile ölçünüz. Ölçtüğünüz değerleri, okuduğunuz değerlerle karşılaştırınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Ölçme yaparken doğru bir ölçme için avometre ibresinin skalanın ortalarında olmasını sağlayınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Kullandığınız malzemeleri malzeme sorumlusuna teslim ediniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Dirençler daha önce değerlerine göre tasniflenmişse aynı şekilde yerleştirilmesinde yardımcı olunuz.
<ul style="list-style-type: none">➤ Değerlendirme testini yapınız. Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Test sorularına kendi kendinize cevap veriniz. Herhangi bir yardım almayınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Uygulama faaliyetindeki performansınızı performans testini doldurarak kendi kendinizi değerlendiriniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Performans değerlendirme testini, uygulama çalışmasındaki gerçek performansınıza göre yapınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Elde ettiğiniz sonuçları arkadaşlarınızla tartışarak değerlendirme testi sonuçları ile birlikte öğretmeninize rapor ediniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Ölçtüğünüz ölçüm sonuçlarını arkadaşlarınızla karşılaştırınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Çalışma ortamınızı faaliyete hazır duruma getirdiniz mi?		
2. Kullanacağınız araç-gereci uygun olarak seçtiniz mi?		
3. Kullanacağınız malzemelerin güvenilirliğini kontrol ettiniz mi?		
4. Avometre ile ölçme yaparken çevrenizde enerji olmamasına dikkat ettiniz mi?		
5. Elinizdeki dirençleri okuyup kaydettiniz mi?		
6. Okuduğunuz dirençleri avometre ile ölçüp karşılaştırdınız mı?		
7. Kullandığınız malzemeleri tam ve sağlam olarak teslim ettiniz mi?		
8. Çalışma ortamınızı temizleyip düzenlediniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdaki ifadelerden hangisi yanlıştır?
A) Bir iletkenin direnci boyu ile doğru orantılıdır.
B) Bir iletkenin direnci boyu ile doğru, kesiti ile ters orantılıdır.
C) İletkenin direnci yapıldığı malzemenin öz direnci ile ters orantılıdır.
D) Bir iletkenin öz direnci, iletkenin yapıldığı malzemenin cinsine bağlıdır.
2. Aynı maddeden yapılmış, aynı kesite sahip ve aynı ortam ısısında bulunan aşağıda uzunlukları verilen iletkenlerden direnci en az olanı hangisidir?
A) 30 cm
B) 50 cm
C) 100 cm
D) 2 m
3. Isındığında direnç değerini arttıran direnç çeşidi hangisidir?
A) Varistör
B) PTC direnç
C) NTC direnç
D) Foto direnç
4. Aşağıdaki dirençlerden hangisi ışığa duyarlı olarak çalışır?
A) Varistör
B) PTC direnç
C) NTC direnç
D) Foto direnç
5. 48 ohm'luk direncin renkleri (tolerans hariç) sırası ile aşağıdakilerden hangisidir?
A) Sarı-Gri-Siyah
B) Sarı-Gri-Kahverengi
C) Turuncu-Sarı-Kırmızı
D) Gri-Siyah-Sarı
6. 2,5 ohmluk direncin renkleri (tolerans hariç) sırası ile aşağıdakilerden hangisidir?
A) Yeşil-Kırmızı-Altın
B) Kırmızı-Turuncu-Gümüş
C) Kırmızı-Yeşil-Altın
D) Kahverengi-Kırmızı-Siyah

7. Kırmızı-Kırmızı-Siyah (tolerans hariç) kaç ohm direncin karşılığıdır?
A) 220 ohm
B) 22 ohm
C) 33 ohm
D) 330 ohm
8. Kahverengi-Turuncu-Siyah-Kahverengi (tolerans hariç) kaç ohm direncin karşılığıdır??
A) 2000 A
B) 20 A
C) 200 A
D) 1300 A
9. 200 ohmluk direncin toleransı %5 olduğuna göre, bu direncin alt ve üst değerleri kaçtır?
A) 190-210
B) 195-205
C) 195-210
D) 190-205
10. 150 voltluk kaynağa bağlı 300 luk bir direnç üzerinde 50 volt gerilim düşümü olması istenmektedir. Bu direncin önüne bağlanacak direncin değeri kaç olmalıdır?
A) 300 ohm
B) 150 ohm
C) 600 ohm
D) 900 ohm

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarlarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Uygun ortam sağlandığında dirençleri tekniğine uygun olarak seri, paralel ve karışık bağlayarak eşdeğer direnci hatasız hesaplayabileceksiniz.

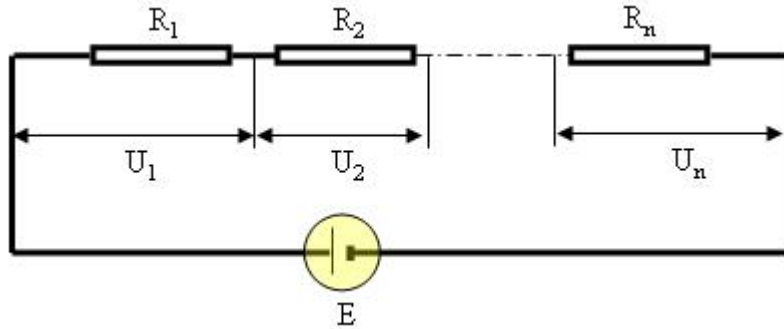
ARAŞTIRMA

- Defterinize değişik sayıdaki direnci geliş güzel bağlı olarak çiziniz. Bu dirençlerin nasıl bağlı olduğunu arkadaşlarınızla tartışınız.

2. DİRENÇLERİ SERİ VE PARALEL BAĞLAMAK

2.1. Dirençlerin Seri Bağlanması

Birden fazla direncin, hepsinin içinden aynı akım geçecek şekilde art arda bağlanmasına dirençlerin seri bağlantısı denir. İki ya da daha fazla direncin birbirlerine seri olup olmadığına karar verirken en önemli kriter üzerlerinden aynı akımın geçiyor olmasıdır.



Şekil 2.1: Dirençlerin seri bağlantısı

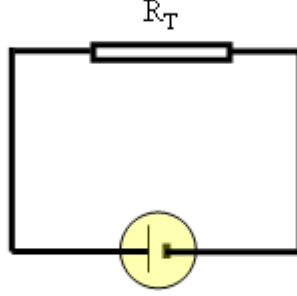
Şekilde görüldüğü gibi kaynaktan çıkan akım seri devredeki bütün dirençlerden geçerek kaynağa geri döner. Bunun sonucu her bir dirençte U_1 , U_2 , U_n gibi ayrı ayrı gerilim düşümleri oluşur.

Elektrik devreleri çözümlenirken seri bağlı dirençler toplanarak tek bir direnç hâline dönüştürülür. Bu dirence toplam direnç ya da eşdeğer direnç adı verilir.

Seri bağlı dirençlerin toplamı, seri bağlı tüm dirençler matematiksel olarak toplanarak bulunur.

Buna göre eşdeğer toplam direnç:

$R_T = R_1 + R_2 + \dots + R_n$ formülü ile bulunur.



Şekil 2.2: Eşdeğer toplam direnç

Bu formülde:

R_1 = Birinci direncin değeri (Ω)

R_2 = İkinci direncin değeri (Ω)

R_n = Son direncin değeri (Ω)

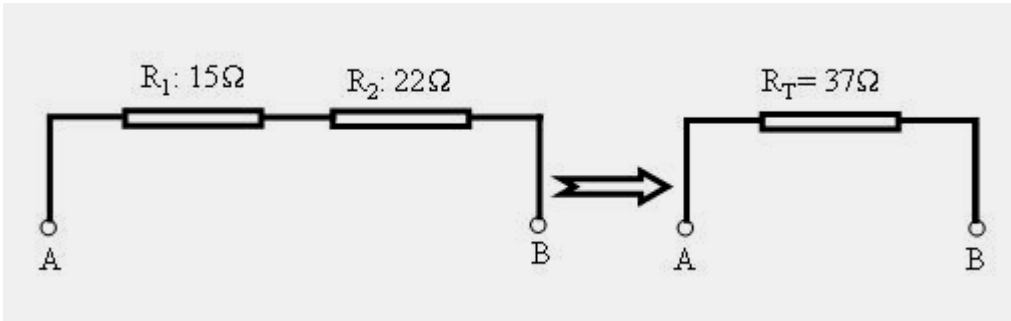
ÖRNEK

15 ve 22 Ω değerindeki iki direnç seri bağlıdır. Toplam direnci bulunuz.

ÇÖZÜM

$$R_1 = 15 \Omega \quad R_2 = 22 \Omega \quad R_T = ?$$

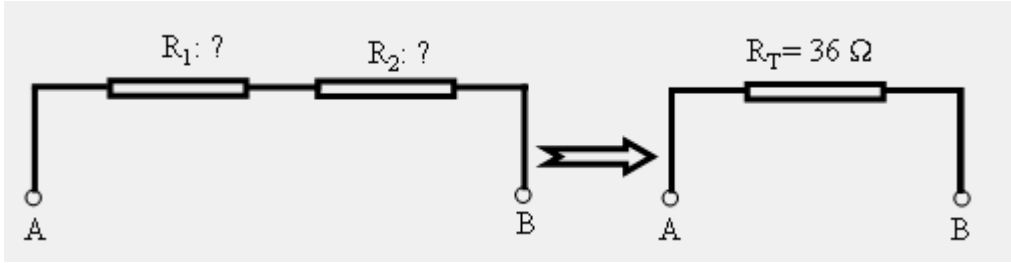
$$R_T = R_1 + R_2 \quad R_T = 15 + 22 \quad R_T = 37 \Omega$$



Şekil 2.3: Seri bağlı iki direnç ve eşdeğer toplamı

ÖRNEK

Aşağıdaki devrede verilen iki dirençten birinin değeri, diğerinin iki katıdır. İki direncin toplamı 36 Ω olduğuna göre dirençlerin değerini bulunuz.



Şekil 2.4:Seri bağlı bilinmeyen iki direnç ve eşdeğer toplamı

ÇÖZÜM

$$R_1 = 2 R_2$$

$$R_T = R_1 + R_2$$

$$R_T = 2R_2 + R_2$$

$$R_T = 3 R_2$$

$$R_2 = \frac{R_T}{3}$$

$$R_2 = \frac{36}{2}$$

$$R_2 = 12 \Omega$$

$$R_1 = R_T - R_2 = 36 - 12$$

$$R_1 = 24 \Omega$$

Veya

$$R_1 = 2 R_2$$

$$R_1 = 2 \times 12$$

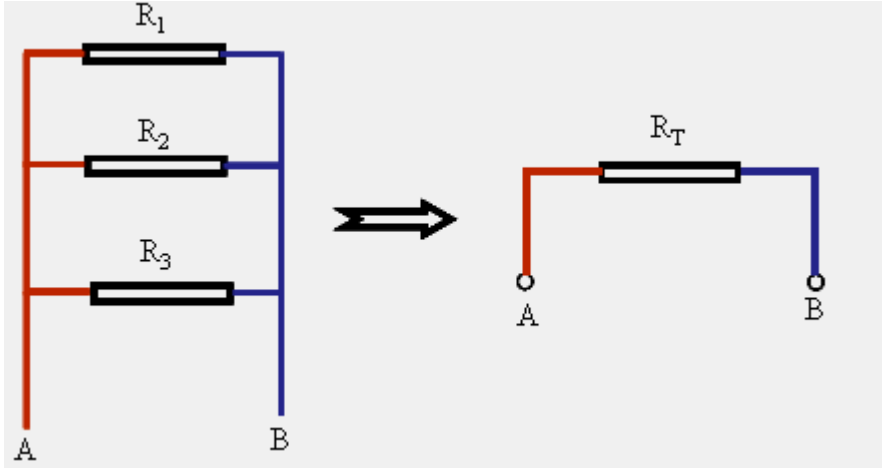
$$R_1 = 24 \Omega$$

2.2. Dirençlerin Paralel Bağlanması

Birden fazla direncin aynı taraftaki uçları birbirine bağlanırsa paralel bağlantı elde edilir. Bu durumdaki dirençlere bir kaynak bağlanırsa tüm dirençler üzerindeki gerilim kaynak gerilimine eşittir. O hâlde paralel bağlı dirençler üzerinde düşen gerilim aynı gerilimdir.

Paralel bağlı devrelerde eşdeğer toplam direncin tersi, dirençlerin terslerinin toplamına eşittir. Buna göre bulunan sonuç ters çevrilerek eşdeğer yani toplam direnç bulunur.

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



Şekil 2.5: Paralel bağlı dirençler ve eşdeğer toplam direnç

İki direncin paralel bağlı olması durumunda, iki direncin çarpımını, iki direncin toplamına bölünerek toplan direnç bulunabilir. Bu formül hem zaman kazandırır, hem uygulaması daha kolaydır.

$$R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

İkiden fazla direncin paralel bağlı olması durumunda da bu formül iki dirence uygulanarak bu iki direnç bir direnç haline getirilebilir. Bu işlem direnç sayısına bağlı olarak tekrarlanarak sonuca ulaşılır.

ÖZEL DURUM

Paralel bağlı dirençler birbirine eşit ise toplam direnç, bir direnç değerinin paralel bağlı direnç sayısına bölünmesi ile bulunur.

$$R_1 = R_2 = \dots\dots\dots R_n \quad \text{ise} \quad R_T = \frac{R_1}{n}$$

NOT: Paralel bağlı devrelerde eşdeğer toplam direnç, paralel bağlı dirençlerin en küçüğünden daha küçüktür.

ÖRNEK

3 adet 6 Ω değerindeki direnç paralel bağlı olduğuna göre, toplam direnç kaç ohm dur?

ÇÖZÜM

$$R_1 = R_2 = R_3 = 6 \Omega \quad R_T = \frac{R_1}{n} \quad R_T = \frac{6}{3} \quad \mathbf{R_T = 2 \Omega}$$

ÖRNEK

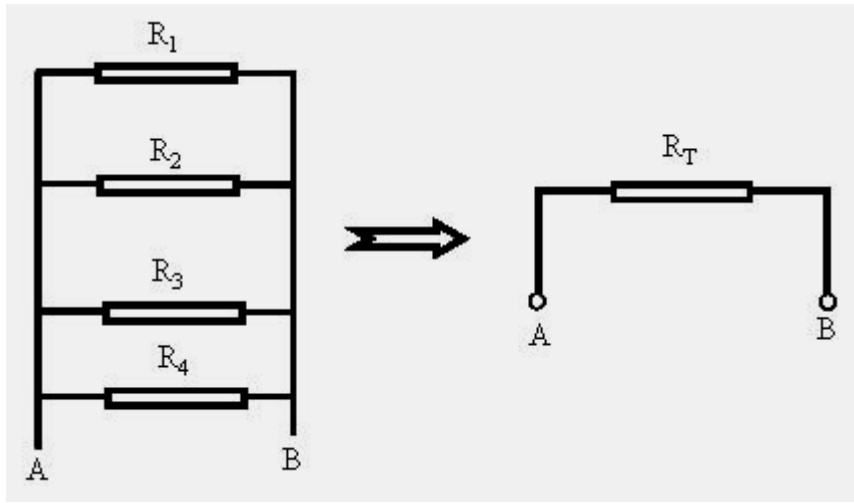
3 ve 6 Ω değerindeki iki direnç paralel bağlı olduğuna göre toplam direnç ohm'dur?

ÇÖZÜM

$$R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad R_T = \frac{3 \times 6}{3 + 6} \quad \mathbf{R_T = 2 \Omega}$$

ÖRNEK

Aşağıdaki devrede paralel bağlı dirençlerin değerleri $R_1 = 2 \Omega$, $R_2 = 6 \Omega$, $R_3 = 1 \Omega$, $R_4 = 3 \Omega$ 'dur. Devrenin eşdeğer direncini bulunuz.



Şekil 2.6: Paralel bağlı dört direnç ve eşdeğer toplamı

ÇÖZÜM

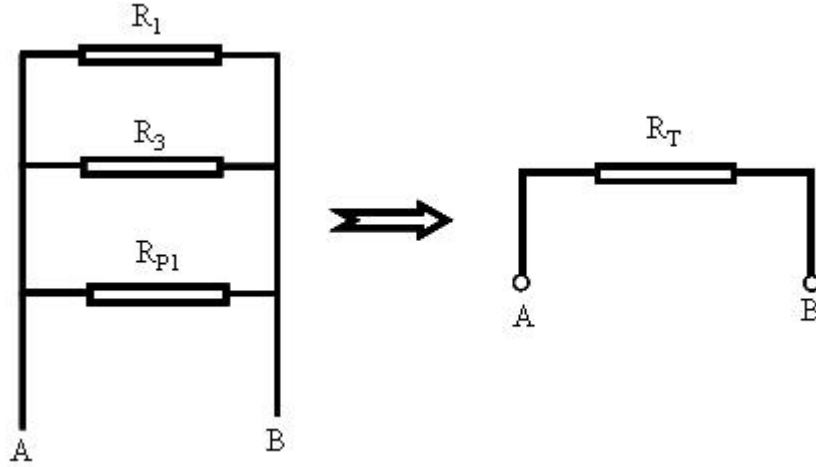
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \text{ formülünde değerler yerine yazılırsa:}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} + \frac{1}{1} + \frac{1}{3} \text{ elde edilir. Paydalar en küçük ve kolay 6 da eşitlenir. Buna göre:}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{3+1+6+2}{6} \quad \frac{1}{R_T} = \frac{12}{6} \quad R_T = \frac{6}{12} \quad \mathbf{R_T = 0,5 \Omega} \text{ bulunur.}$$

Ancak her zaman paydaları eşitleyip işlem yapmak bu örnekteki gibi kolay olmayabilir. Bu durumda dirençler aşağıdaki gibi ikiyeşerli düşünülerek sonuca gidilebilir.

$$R_{P1} = \frac{R_2 \times R_4}{R_2 + R_4} \quad R_{P1} = \frac{6 \times 3}{6 + 3} \quad R_{P1} = 2 \Omega$$



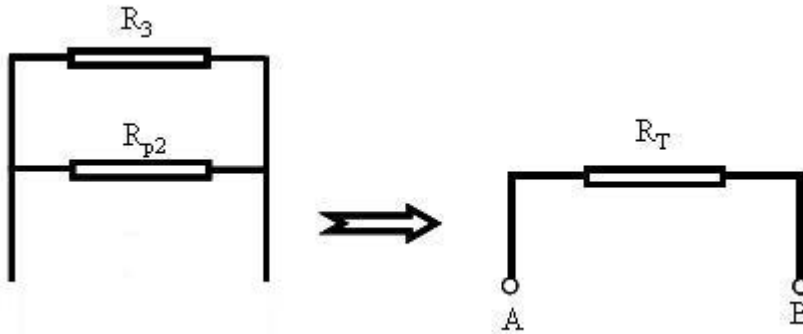
Şekil 2.7: Paralel bağlı dört direncin, üç dirence dönüştürülmesi ve eşdeğer toplamı

Bu durumda görüldüğü gibi devre 2, 1, 2 Ω 'luk paralel bağlı üç direnç haline gelir. R_1 ve R_{P1} 2 Ω olduğuna göre bu ikisinin toplamı:

$$R_{P2} = \frac{R_1}{2} \quad R_{P2} = \frac{2}{2} \quad R_{P2} = 1 \Omega \text{ olarak bulunur.}$$

Son durumda $R_3 = 1 \Omega$, $R_{P2} = 1 \Omega$ dur. Bu ikisi de birbirine eşit olduğuna göre eşdeğer direnç:

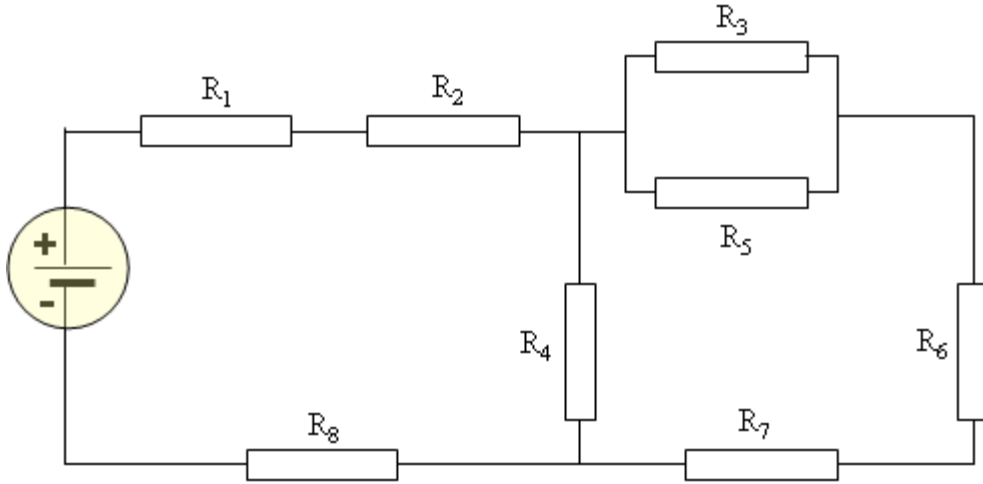
$$R_T = \frac{1}{2} \quad R_T = 0,5 \Omega \text{ olarak bulunur.}$$



Şekil 2.8: Paralel bağlı üç direncin, iki dirence dönüştürülmesi ve eşdeğer toplamı

2.3. Seri-Paralel Bağlanarak Eşdeğer Direncin Hesaplanması

Bir devrede bulunan dirençlerin bazıları seri, bazıları paralel bağlı olabilir. Bu tip devrelere karışık bağlı devre adı verilir. Karışık bağlı devrelerde eşdeğer direnç bulunurken, seri ve paralel bağlı devrelerde kullanılan yöntemler kullanılır. Genellikle ilk adım olarak devreye bakıldığında birbiri ile seri ya da paralel bağlı olduğu kolaylıkla gözükten dirençler kendi aralarında toplanarak devre basitleştirilir. Daha sonra sondan başlanarak kaynağa doğru gidilerek dirençler toplanır. Bu açıklamaları bir örnekle pekiştirelim.



Şekil 2.9: Seri-paralel (karışık) bağlı direnç devresi örneği

Devreyi incelediğimizde ilk bakışta şunları görüyoruz.

- R_1 ve R_2 art arda bağlıdır. İkisinin üzerinden de aynı akım geçer. Dolayısı ile bu iki direnç birbirine seri bağlıdır.

Bu ikisinin toplamına R_{S1} adını verip $R_{S1} = R_1 + R_2$ formülü ile toplayıp tek direnç haline getirebiliriz.

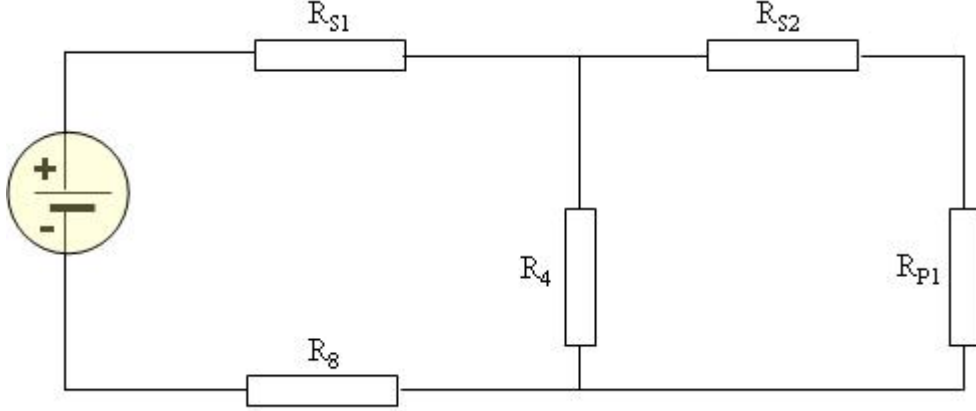
- R_1 ve R_2 için söylediklerimizin aynısını, R_6 ve R_7 için de söyleyebiliriz. Çünkü bu ikisi de peş peşe bağlıdır.

Bu ikisinin toplamına da R_{S2} adını verip, $R_{S2} = R_6 + R_7$ formülü ile toplayıp tek direnç haline getirebiliriz.

- R_3 ve R_5 ise birer uçları karşılıklı olarak birbirine bağlıdır. Bu ikisi tıpkı bir prize takılı iki elektrikli cihaz gibidir. Dolayısı ile paralel bağlıdır.

Bu ikisinin toplamına da R_{P1} adını verip, $R_{P1} = \frac{R_3 \times R_5}{R_3 + R_5}$ formülü ile toplayıp, tek direnç hâline getirebiliriz.

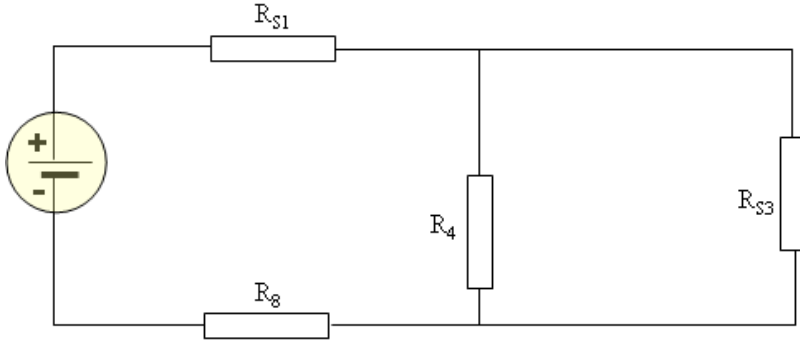
R_1 ve R_2 yerine onların eşdeğeri olan R_{S1} direncini, R_6 ve R_7 yerine onların eşdeğeri olan R_{S2} direncini, R_3 ve R_5 yerine de onların eşdeğeri olan R_{P1} direncini koyarak, devreyi yeniden çizelim.



Şekil 2.10: Karışık bağlı devrenin bir basamak sadeleştirilmiş hali

Şimdi bu devreye baktığımızda bu kez R_{S2} ile R_{P1} adlı dirençlerin art arda bağlı, dolayısı ile seri olduklarını hemen görebiliyoruz.

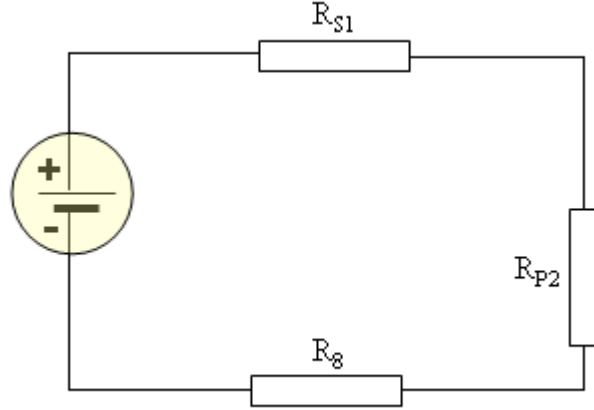
Bu ikisinin toplamına bu kez R_{S3} adını verelim. $R_{S3} = R_{S2} + R_{P1}$ formülü ile toplayarak devreyi yeniden çizelim.



Şekil 2.11: Karışık bağlı devrenin iki basamak sadeleştirilmiş hali

Devrenin bu haline baktığımızda ise R_4 ve R_{S3} ün paralel bağlı olduğunu görebiliyoruz. Bu ikisinin eşdeğerine de R_{P2} adını vererek,

$$R_{P2} = \frac{R_4 \times R_{S3}}{R_4 + R_{S3}} \text{ formülü ile toplayarak yerine çizelim.}$$



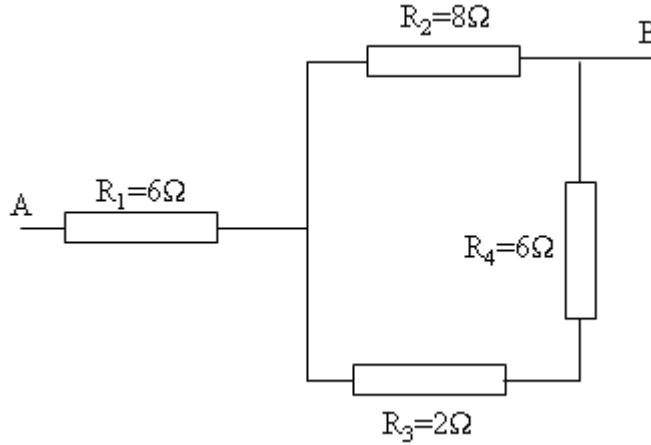
Şekil 2.12: Karışık bağlı devrenin en basite indirgenmiş hali

Devrenin bu son haline baktığımızda kalan üç direncin de peş peşe bağlı olduğunu, hepsinin içinden aynı akımın geçeceğini kolaylıkla görebiliyoruz. O hâlde üç direnç birbirine seri bağlıdır.

$R_T = R_{S1} + R_{P2} + R_8$ formülü ile devrenin toplamını, yani eşdeğerini bulmuş oluruz.

ÖRNEK

Aşağıdaki devrede A-B noktaları arasındaki eşdeğer direnci bulunuz.



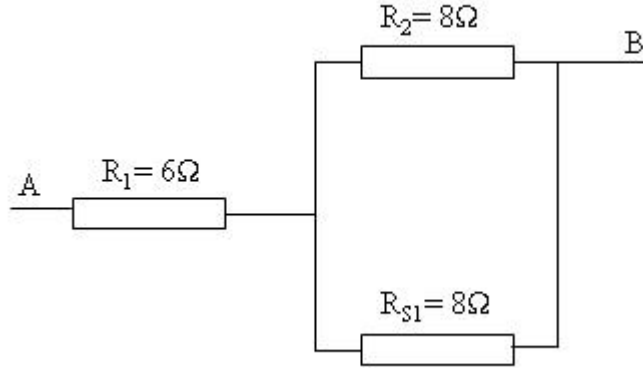
Şekil 2.13: Karışık bağlı örnek bir devre

Devreye baktığımızda R_3 ve R_4 dirençlerinin art arda bağlı olduklarından dolayı ikisinin birbirine seri bağlı olduğunu görebiliyoruz.

$$R_{S1} = R_3 + R_4$$

$$R_{S1} = 2 + 6$$

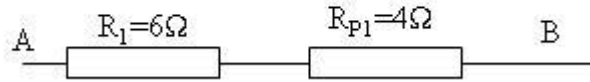
$$R_{S1} = 8 \Omega$$



Şekil 2.14: Karışık bağlı devrenin bir basamak sadeleştirilmiş hali.

Bu aşamada 8Ω 'luk iki direncin paralel olduğunu görüyoruz. Bu ikisinin eşdeğerine R_{P1} adını verelim ve toplayalım.

$$R_{P1} = \frac{R_2}{2} \quad (\text{İki direnç eşit olduğu için}) \quad R_{P1} = \frac{8}{2} \quad \mathbf{R_{P1} = 4 \Omega}$$



Şekil 2.15: Karışık bağlı devrenin en basit hâli.

Devrenin son durumuna baktığımızda kalan iki direncin art arda seri bağlı olduğunu görebiliyoruz. Bu ikisini toplayarak devrenin eşdeğerini bulabiliriz.

$$R_T = R_1 + R_{P1} \quad R_T = 6 + 4 \quad \mathbf{R_T = 10 \Omega}$$

UYGULAMA FAALİYETİ

Dirençleri seri-paralel bağlamak

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Çalışma ortamınızı hazırlayınız.	➤ İş önlüğünüzü giyerek, çalışma masanızı düzenleyiniz. ➤ Çalıştığınız deney masasının üzerinde deneyle ilgisi olmayan araç-gereç ve malzemeyi kaldırınız.
➤ 4 ve 5 bantlı değişik değerlerde dirençleri seçiniz.	➤ Malzeme deposu sorumlusuna, yoksa öğretmeninize başvurunuz.
➤ Sırası ile üç-dört-beş adet direnci seri bağlayarak toplam direnci ohmmetre ile ölçünüz. ➤ Aynı dirençleri hesaplayarak toplamını bulunuz.	➤ Hesaplama ve ölçme yöntemi ile elde ettiğiniz sonuçları karşılaştırınız.
➤ Yukarıdaki işlemi dirençleri paralel ve karışık bağlayarak tekrarlayınız.	➤ Hesaplama ve ölçme yöntemi ile elde ettiğiniz sonuçları karşılaştırınız.
➤ Kullandığımız malzemeleri malzeme sorumlusuna geri teslim ediniz.	➤ Dirençler daha önce değerlerine göre tasniflenmişse aynı şekilde yerleştirilmesinde yardımcı olunuz.
➤ Değerlendirme testini yapınız. Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız.	➤ Test sorularına kendi kendinize cevap veriniz. Herhangi bir yardım almayınız.
➤ Uygulama faaliyetindeki performansınızı performans testini doldurarak kendi kendinizi değerlendiriniz.	➤ Performans değerlendirme testini, uygulama çalışmasındaki gerçek performansınıza göre yapınız.
➤ Elde ettiğiniz sonuçları arkadaşlarınızla tartışarak değerlendirme testi sonuçları ile birlikte öğretmeninize rapor ediniz.	➤ Ölçtüğünüz ölçüm sonuçlarını arkadaşlarınızla karşılaştırınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Çalışma ortamınızı faaliyete hazır duruma getirdiniz mi?		
2. Kullanacağınız araç gereci uygun olarak seçtiniz mi?		
3. Kullanacağınız malzemelerin güvenilirliğini kontrol ettiniz mi?		
4. Avometre ile ölçme yaparken çevrenizde enerji olmamasına dikkat ettiniz mi?		
5. Elinizdeki dirençleri okuyup kaydettiniz mi?		
6. Okuduğunuz dirençleri avometre ile ölçüp karşılaştırdınız mı?		
7. Dirençleri seri bağlayıp toplamı avometre ile ölçerek işlem sonucunu bulduğunuz değer ile karşılaştırdınız mı?		
8. Dirençleri paralel bağlayıp toplamı avometre ile ölçerek işlem sonucunu bulduğunuz değer ile karşılaştırdınız mı?		
9. Dirençleri karışık bağlayıp toplamı avometre ile ölçerek işlem sonucunu bulduğunuz değer ile karşılaştırdınız mı?		
10. Kullandığınız malzemeleri tam ve sağlam olarak teslim ettiniz mi?		
11. Çalışma ortamınızı temizleyip düzenlediniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınızı “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME DEĞERLENDİRME

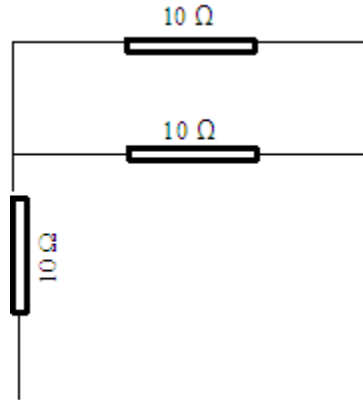
Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Şekil 2.16’da verilen devrenin toplam direnci kaçtır?



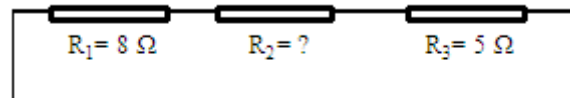
Şekil 2.16

- A) 15 Ω B) 24 Ω C) 33 Ω D) 36 Ω
2. Şekil 2.17’de verilen devrenin toplam direnci kaçtır?



Şekil 2.17

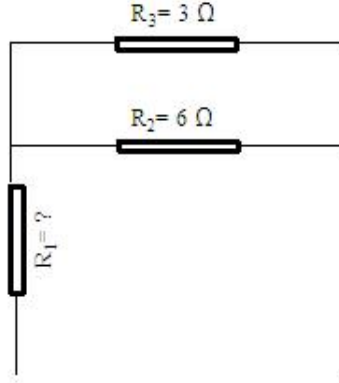
- A) 30 Ω B) 3.33 Ω C) 15 Ω D) 10 Ω
3. 15 Ω’luk 5 adet eşit direnç paralel bağlanırsa eşdeğer direnç kaç olur?
- A) 3 Ω B) 5 Ω C) 15 Ω D) 75 Ω
4. Şekil 2.18’de görülen devrenin toplam eşdeğer direnci 20 Ω olduğuna göre, bilinmeyen R_2 direnci kaç ohm dur?



Şekil 2.18

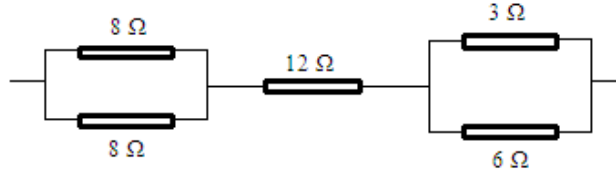
- A) 5 Ω B) 7 Ω C) 12 Ω D) 15 Ω

5. Aşağıdaki devrenin toplam eşdeğer direnci 10Ω olduğuna göre, bilinmeyen R_1 direnci kaç ohm'dur?



Şekil 2.19

- A) 9Ω B) 1Ω C) 8Ω D) 5Ω
6. 5 ve 8 ohm'luk iki direnç paralel bağlandığında eşdeğer toplam direnç kaç olur?
- A) 40Ω B) 3Ω C) 2Ω D) 3Ω
7. Şekildeki devrenin toplam eşdeğer direnci kaçtır?



Şekil 2.20

- A) 37Ω B) 18Ω C) 31Ω D) 22Ω
8. 7.Soruda verilen devrenin toplam direncinin 30 ohm olması için şekilde 12 Ω olan direncin kaç olması gerekir?
- A) 24Ω B) 20Ω C) 14Ω D) 3Ω

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

AMAÇ

Potansiyometre ve reostaları elektrik ve elektronik devrelerde uygun ortam sağlandığında tekniğine uygun ve hatasız olarak bağlantısını yapıp kullanabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Çeşitli tip ve değerdeki potansiyometre ve reostayı inceleyerek, direnç değişimini bir ohmmetre ile ölçerek gözlemleyiniz.

3. POTANSİYOMETRE VE REOSTANIN YAPISI, KULLANIMI

3.1. Potansiyometre ve Reostanın Yapısı, Kullanımı

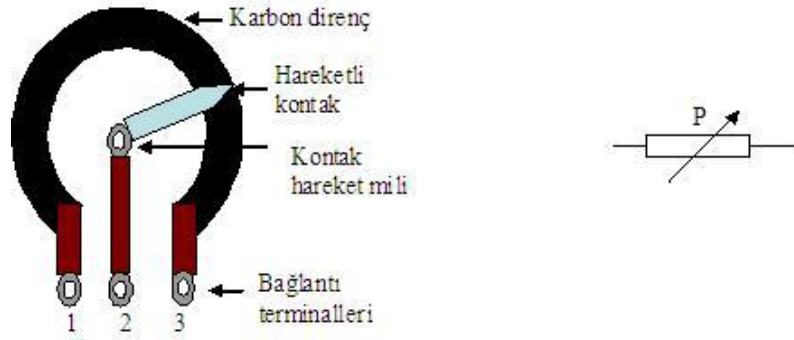
Potansiyometre ve reostalar teknik olarak birbirinin aynı olan, değeri değiştirilebilen dirençlerdir. İki arasında fiziksel yapı farklı olup, reosta potansiyometreye göre daha güçlü, daha yüksek akım kapasiteli olduğu için yüksek akımlı devrelerde kullanılır.

Potansiyometreler genellikle karbon ya da karbon bileşimli direnç elemanından, reostalar ise krom-nikel direnç telinden yapılır.

Değeri değiştirilebilen bu dirençler 3 bağlantı terminaline sahiptir. 1 ve 3 numaralı terminaller arasındaki direnç sahiptir. 2 numaralı terminale bağlı kayıcı kontak dışarıdan hareket ettirilerek 1 ve 3 arasındaki direnç elemanına yaptığı temas noktası değiştirilir. 1 ve 2 numaralı terminaller arasındaki direnç azalırken, 2 ve 3 numaralı terminaller arasındaki direnç çoğalır.

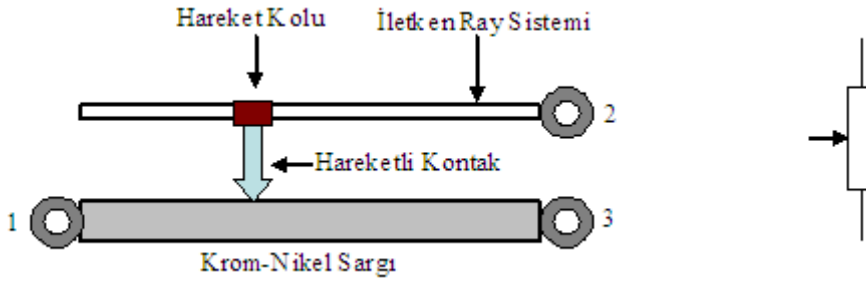


Resim 3.1: Çeşitli tip direnç ve potansiyometreler



Şekil 3.1: Potansiyometrenin yapısı ve sembolü

Şekil 3.1’de görülen potansiyometrenin 2-3 arası direnci az, 2-1 arası direnci çoktur. Hareketli kontak saat ibresi yönünde çevrilirse bu fark daha da çoğalır. Saat ibresinin tersi yönünde çevrilirse, 2-3 arası direnç giderek çoğalır, 2-1 arası direnç giderek azalır.

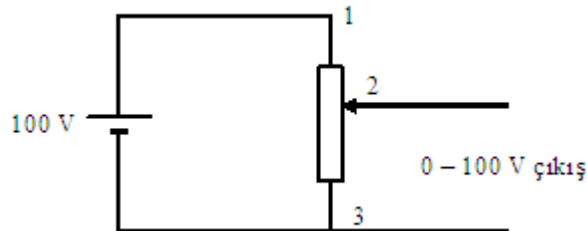


Şekil 3.2: Reostanın yapısı ve sembolü

Şekil 3.2’de görülen reostanın 1-2 ve 2-3 arası direnci hareketli kol sayesinde ayarlanır. Şekilde görülen durumda 1-2 direnci az, 2-3 direnci çoktur. Hareket kolu 1 numaralı terminale doğru hareket ettirilirse 1-2 arası direnç azalmaya, 2-3 arası direnç çoğalmaya devam eder. Hareket kolu 3 numaralı terminale doğru hareket ettirilirse bunun tersi olur.

Potansiyometre ve reostalar devrelerde akımı sınırlamak ya da gerilim bölmek için kullanılır.

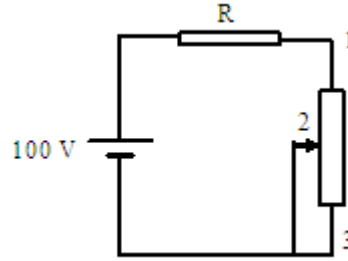
Şimdi reosta ve potansiyometrelerin (kısaca pot olarak söz edilir) kullanım şekillerini örneklerle açıklayalım.



Şekil 3.3: Reosta ya da potansiyometrenin gerilim bölücü olarak kullanılması

Şekil 3.3'teki bağlantıyı incelediğimizde 1-3 numaralı sabit terminaller kaynağa bağlanmıştır. Böylece kaynak gerilimi 1-3 numaralı terminaller arasında düşer. 2-3 numaralı terminallerden çıkış alınmıştır. 2 numaralı hareketli terminal 1 numaralı terminale götürüldüğünde 2-3 numaralı çıkış terminalleri arasındaki gerilim 100 volta doğru gider.

2 numaralı hareketli terminal 3 numaralı terminale götürüldüğünde 2-3 numaralı çıkış terminalleri arasındaki gerilim 0 volta doğru gider. Böylece çıkış gerilimi 0-100 volt arasında istenen değerde ayarlanabilir.



Şekil 3.4: Reosta ya da potansiyometrenin akım sınırlayıcı olarak kullanılması

Şekil 3.4 incelendiğinde ayarlı direncin, R devre direncine seri bağlandığını görüyoruz. 2 numaralı hareketli kol 1 numaralı terminale doğru hareket ettirildiğinde devrenin toplam direnci azalmakta, Ohm Kanunu'na göre devre akımı çoğalmaktadır. Devre akımı çoğalınca R direnci üzerinde düşen gerilim de çoğalacaktır.

2 numaralı hareketli kol 3 numaralı terminale doğru hareket ettirildiğinde ise devrenin toplam direnci artmakta, Ohm Kanunu'na göre devre akımı azalmaktadır. Devre akımı azalınca R direnci üzerinde düşen gerilim de azalacaktır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Reosta ve Potansiyometreleri İncelemek

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Çalışma ortamınızı hazırlayınız.	➤ İş önlüğünüzü giyerek, çalışma masanızı düzenleyiniz.
➤ Birkaç değişik akım kapasitesinde reosta seçerek, sabit bir gerilim kaynağına reostanın sabit 1-3 numaralı terminallerini bağlayınız. 1-3, 2-1 ve 2-3 numaralı terminaller arasına uygun değerde birer voltmetre bağlayınız.	➤ Kullanacağınız reostaların direnç ve akım sınırı değerlerine dikkat ediniz. Örneğin etiketinde 20 Ω - 5A yazan bir reostaya en fazla 100 V gerilim uygulayabilirsiniz.
➤ Devrenize enerji veriniz. Reostayı ileri geri hareket ettirerek voltmetrelerde okuduğunuz değerleri yazınız.	➤ Devrenize enerji verirken reosta kolunun ortada başlatınız.
➤ Ölçme işlemleriniz tamamlandığında devrenizin enerjisini kesiniz.	➤ Devrenizin önce enerji bağlantısını sökünüz.
➤ Seçtiğiniz birkaç potansiyometrenin terminaller arası direnç değişimini, hareket milini çevirerek değişik durumlar için bir ohmmetre ile ölçünüz. Ölçtüğünüz terminaller arası değerleri tabloya yazınız.	➤ 1-3 nolu sabit terminaller arası direncin 2-1 ve 2-3 nolu terminaller arasında ölçtüğünüz dirençlerin toplamına eşit olduğuna dikkat ediniz.
➤ Kullandığımız malzemeleri malzeme sorumlusuna geri teslim ediniz.	➤ Potansiyometreler daha önce değerlerine göre tasniflenmişse aynı şekilde yerleştiriniz.
➤ Değerlendirme testini yapınız. Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız.	➤ Test sorularına kendi kendinize cevap veriniz. Herhangi bir yardım almayınız.
➤ Uygulama faaliyetindeki performansınızı performans testini doldurarak kendi kendinizi değerlendiriniz.	➤ Performans değerlendirme testini, uygulama çalışmasındaki gerçek performansınıza göre yapınız.
➤ Elde ettiğiniz sonuçları arkadaşlarınızla tartışarak değerlendirme testi sonuçları ile birlikte öğretmeninize rapor ediniz.	➤ Ölçtüğünüz ölçüm sonuçlarını arkadaşlarınızla karşılaştırınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Çalışma ortamınızı faaliyete hazır duruma getirdiniz mi?		
2. Kullanacağınız araç gereci uygun olarak seçtiniz mi?		
3. Kullanacağınız malzemelerin güvenilirliğini kontrol ettiniz mi?		
4. Bağlantı aşamasında enerjinin kesik olmasını sağladınız mı?		
5. Ölçme işleminiz bittiğinde ilk olarak enerjiyi kestiniz mi?		
6. Devre bağlantısını şemasına uygun olarak yaptınız mı?		
7. Denediğiniz ölçme sonuçlarını aldınız mı?		
8. Kullandığınız malzemeleri tam ve sağlam olarak teslim ettiniz mi?		
9. Çalışma ortamınızı temizleyip, düzenlediniz mi?		

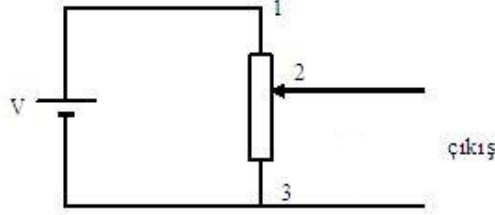
DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

Şekil 3.5'te görülen reosta 20 sarımlı krom-nikel direnç telinden oluşmuştur. Aşağıdaki soruları Şekil 3.5'e göre cevaplayınız.



Şekil 3.5

1. Kaynak gerilimi 20 volt, reosta hareketli kontağı 1-2 arası 8 sarım olacak konumdadır. Buna göre çıkış gerilimi kaç volt olur?
A)10 B)8 C)12 D)20
2. Kaynak gerilimi 50 volt, reosta hareketli kontağı 1-2 arası 8 sarım olacak konumdadır. Buna göre çıkış gerilimi kaç volt olur?
A)30 B)25 C)45 D)38
3. Kaynak gerilimi 50 volt, reosta hareketli kontağı 1-2 arası 12 sarım olacak konumdadır. Buna göre çıkış gerilimi kaç volt olur?
A)40 B)25 C)30 D)20
4. Kaynak gerilimi 50 volt, reosta hareketli kontağı 1-2 arası 12 sarım olacak konumdadır. Buna göre 2-1 terminalleri arasındaki gerilim kaç volt olur?
A)40 B)25 C)30 D)20
5. Kaynak gerilimi 50 volt, reosta hareketli kontağı 1 numaralı terminale en yakın konumdadır. Buna göre çıkış gerilimi kaç volt olur?
A)50 B)0 C)25 D)Devre kısa devre durumundadır.
6. Kaynak gerilimi 100 volt olduğunda, 75 volt çıkış gerilimi elde etmek reostanın 2-3 numaralı çıkış terminalleri arasında kaç sarım olması gerekir?
A)5 B)15 C)10 D)20
7. Kaynak gerilimi 200 volt olduğunda, 25 volt çıkış gerilimi elde etmek reostanın 2-3 numaralı çıkış terminalleri arasında kaç sarım olması gerekir?
A)10 B)7,5 C)5 D)2,5
8. Kaynak gerilimi 200 volt, reosta hareketli kontağı 3 numaralı terminale en yakın konumdadır. Buna göre çıkış gerilimi kaç volt olur?
A)200 B)100 C)0 D)Devre kısa devre durumundadır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-4

AMAÇ

Wheatstone köprüsü ile uygun ortam sağlandığında tekniğine uygun ve hatasız olarak çeşitli direnç değerlerini hatasız ölçme işlemi yapabileceksiniz.

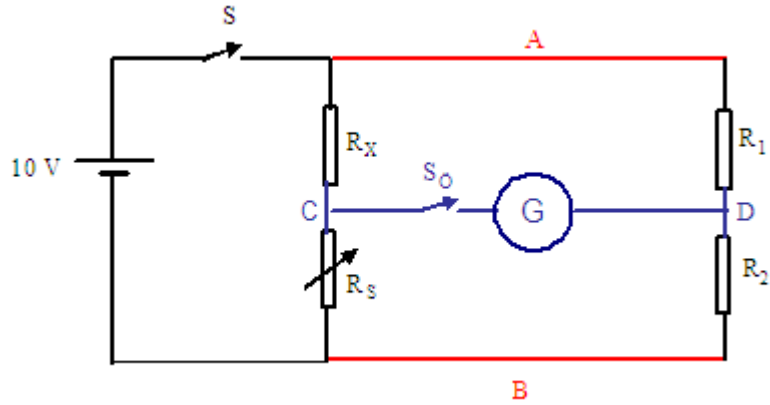
ARAŞTIRMA

- Okulunuz atölyesinde veya çevrenizdeki işletmelerde bulabileceğiniz bir wheatstone köprüsünün ön görünüşünü çizerek bu faaliyette öğreneceğiniz bilgi, uygulama ve araştırmalar doğrultusunda, çizdiğiniz wheatstone köprüsünün özelliklerini yorumlayınız ve arkadaşlarınızla tartışınız.

4. WHEATSTONE KÖPRÜSÜNÜN YAPISI VE KULLANIMI

4.1. Wheatstone Köprüsünün Yapısı ve Kullanımı

Wheatstone köprüsü genellikle yüksek hassasiyetli direnç ölçümlerinin gerekli olduğu durumlarda kullanılan bir direnç köprüsüdür.



Şekil 4.1: Wheatstone köprüsü

Wheatstone köprüsü ile direnç ölçme prensip olarak bilinmeyen bir direnci, bilinen direnç ile kıyaslama esasına dayanır.

Şekil 4.1’de görülen köprüyü inceleyelim: Bu devrede görülen, S anahtarı dirençlerden sürekli akım geçmesini önleyen kalıcı tip bir anahtardır. Bilinmeyen direnç köprüye bağlandıktan sonra kapatılır. Ölçme işlemi bittiğinde açılır.

S_0 köprüyü dengeye getirme işlemi sırasında kullanılan, galvanometreden sürekli akım geçmesini engelleyen bir butondur.

Birbirine seri, kaynağa paralel bağlı olan R_1 ve R_2 gerilim bölücü dirençlerdir. Genellikle bu iki direncin toplam değeri sabit tutulur ancak istenilen herhangi bir değer de seçilebilir.

R_x değeri bilinmeyip, ölçülmeye çalışılan dirençtir.

R_s köprüyü dengeye getirmek için kullanılan değeri bilinen değiştirilebilir değişken bir dirençtir.

A-B kaynağın bağlandığı, köprünün giriş uçlarıdır.

C-D galvanometrenin bağlandığı, köprünün çıkış uçlarıdır.

Galvanometre içerisinden geçen akıma bağlı olarak ibresi sapan bir miliampermetredir.

Köprü sistemini tanıdıktan sonra şimdi de çalışmasını, nasıl ölçme yapıldığını inceleyelim:

İlk olarak köprüdeki 4 direncin birbirine eşit olduğunu düşünelim. Bu durumda S anahtarı kapatıldığında kaynaktan gelen akım iki paralel kola eşit olarak bölünecektir. Çünkü paralel kollardaki seri dirençler ve bunların toplamı bir birine eşittir. Eşit dirençlerden eşit akımlar geçtiğine göre, bu dirençler üzerinde oluşan gerilim düşümleri de eşit olacaktır. Bizim verdiğimiz örnekte kaynak gerilimi 10V olduğuna göre dirençlerin her birisinde 5V gerilim düşümü oluşur. Bunun sonucu köprünün çıkış uçları olan C-D noktalarının potansiyelleri toprağa göre birbirine eşit ve 5V olacaktır. İki nokta arasında potansiyel farkı olmadığına göre S_0 ölçme butonuna basılsa bile galvanometreden akım geçmez ve dolayısı ile ibresi sapmaz. Galvanometre ibresinin sapmaması köprünün dengede olduğunu gösterir.

Wheatstone köprüsü ile bilinmeyen direnç hesabında,

$$R_x = R_s \cdot x \frac{R_1}{R_2} \text{ formülü kullanılır.}$$

Formül incelendiğinde R_1 ve R_2 birbirine eşit alınmış ise, köprünün denge durumunda bilinmeyen R_x direncinin, ayarlanan R_s direncine eşit olduğu görülecektir.

Şimdi $R_1= 1K$, $R_2= 2K$ seçildiğini, köprünün de $R_s= 4K$ yapıldığında dengeye geldiğini düşünelim. Kaynak gerilimi de bu kez 9V olsun.

Bu durumda R_1 üzerinde 3V, R_2 üzerinde 6V gerilim düşümü olacaktır. O halde D noktasının toprağa göre potansiyeli 6V’dur. Köprü dengede olduğuna göre C noktasının

potansiyeli de 6V dur. Bu da bize R_x üzerinde düşen gerilimin 3V, R_s üzerinde düşen gerilimin 6V olduğunu anlatır. R_x üzerinde düşen gerilim, R_s üzerinde düşen gerilimin yarısı olduğuna göre, R_x de, R_s nin yarısı, yani 2K olacaktır.

Aynı sonucu formül kullanarak da bulabiliriz:

$$R_x = R_s \times \frac{R_1}{R_2} \quad R_x = 4 \times \frac{1}{2} \quad R_x = 2K$$

UYGULAMA FAALİYETİ

Wheatstone Köprüsü ile Direnç Ölçmek

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Çalışma ortamınızı hazırlayınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ İş önlüğünüzü giyerek, çalışma masanızı düzenleyiniz.➤ Çalıştığınız deney masasının üzerinde deneyle ilgisi olmayan araç-gereç ve malzemeyi kaldırınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ İstek ve imkâna bağlı olarak 4-5 adet değişik değerde direnç seçerek, renk kodlarına göre okuyup tabloya yazınız.➤ Aynı dirençleri bir ohmmetre ile ölçerek aynı tabloya yazınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Malzeme deposu sorumlusuna, yoksa öğretmeninize başvurunuz.
<ul style="list-style-type: none">➤ Seçtiğiniz dirençleri sırası ile wheatstone köprüsüne bağlayın. R_1, R_2 direnç değerlerini seçerek tabloya yazınız.➤ Galvonometre ibresi sapmayınca kadar R_S direncini ayarlayın. Köprü dengeye geldiği anda ki R_S değerini tabloya yazınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ S anahtarını direnci köprüye bağladıktan sonra, S_0 butonunu ise sadece sistemi dengeleme işlemi yaparken kapatınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Formülü kullanarak aldığınız ölçme sonuçlarına göre R_X direncini hesaplayın, tabloya yazınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Üç yöntem ile bulduğunuz sonuçları karşılaştırınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Değerlendirme testini yapınız. Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Test sorularına kendi kendinize cevap veriniz. Herhangi bir yardım almayınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Uygulama faaliyetindeki performansınızı performans testini doldurarak kendi kendinizi değerlendiriniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Performans değerlendirme testini, uygulama çalışmasındaki gerçek performansınıza göre yapınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Elde ettiğiniz sonuçları arkadaşlarınızla tartışarak değerlendirme testi sonuçları ile birlikte öğretmeninize rapor ediniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Ölçtüğünüz ölçüm sonuçlarını arkadaşlarınızla karşılaştırınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Çalışma ortamınızı faaliyete hazır duruma getirdiniz mi?		
2. Kullanacağınız araç gereci uygun olarak seçtiniz mi?		
3. Kullanacağınız malzemelerin güvenilirliğini kontrol ettiniz mi?		
4. Değişik sayı ve değerde direnç kullandınız mı?		
5. Köprü kullanarak hesapladığınız direnç değerlerini, renk kodlarından okuduğunuz değerler ile karşılaştırdınız mı?		
6. Denediyden istenen ölçme sonuçlarını aldınız mı?		
7. Kullandığınız malzemeleri tam ve sağlam olarak teslim ettiniz mi?		
8. Çalışma ortamınızı temizleyip düzenlediniz mi?		

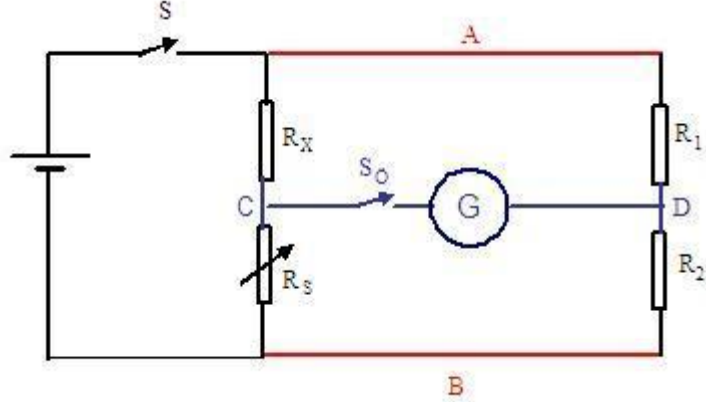
DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

Aşağıdaki soruları Şekil 4.2'ye göre yanıtlayınız.



Şekil 4.2

- Şekil 4.2'de verilen köprüde $R_1 = 1K$, $R_2 = 4K$ seçilmiştir. Köprü $R_S = 8K$ olduğunda dengeye gelmiştir. Buna göre R_X direnci kaç K'dır?
A)1 B)2 C)4 D)8
- Şekil 4.2'de verilen köprüde $R_1 = 4K$, $R_2 = 1K$ seçilmiştir. Köprü $R_S = 8K$ olduğunda dengeye gelmiştir. Buna göre R_X direnci kaç K'dır?
A)2 B)24 C)32 D)0,5
- Şekil 4.2'de verilen köprüde $R_1 = 2K$, $R_2 = 3K$ seçilmiştir. Köprü $R_S = 3K$ olduğunda dengeye gelmiştir. Buna göre R_X direnci kaç K'dır?
A)4 B)1 C)3 D)2
- Şekil 4.2'de verilen köprüde $R_1 = 2K$, $R_2 = 4K$ seçilmiştir. $R_X = 4K$ olduğu bilinmektedir. Buna göre köprü R_S direncinin hangi değerinde dengededir?
A)8K B)4K C)16K D)2K
- Şekil 4.2'de verilen köprüde $R_1 = 5K$, $R_2 = 2K$ seçilmiştir. $R_X = 10K$ olduğu bilinmektedir. Buna göre köprü R_S direncinin hangi değerinde dengededir?
A)50K B)4K C)5K D)25K
- Şekil 4.2'de verilen köprüde $R_1 = 10K$, $R_2 = 2K$ seçilmiştir. $R_X = 5K$ olduğu bilinmektedir. Buna göre köprü R_S direncinin hangi değerinde dengededir?
A)1K B)2K C)10K D)50K
- Şekil 4.2'de verilen köprü dengede iken $R_1 = 2K$, $R_S = 3K$, $R_X = 6K$ olduğu tespit edilmiştir. Buna göre R_2 direnci kaç K'dır?
A)0,5K B)1K C)6K D)3K

8. Şekil 4.2 de verilen köprü dengede iken $R_2= 2K$, $R_S= 3K$, $R_X= 6 K$ olduğu tespit edilmiştir. Buna göre R_1 direnci kaç K'dır?
A)1K B)2K C)3K D)4K

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-5

AMAÇ

Uygun ortam sağlandığında tekniğine uygun ve hatasız olarak akım, gerilim, direnç arasındaki bağıntıyı deneysel olarak açıklayabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Küçük güçlü ve düşük gerilimle çalışan bir gece lambası ampulünü 1,5-3-6-9 volt gibi gerilimlerle çalıştırarak parlaklığına her gerilim için dikkat ediniz. Gözlemediğiniz sonucu arkadaşlarımızla tartışınız.

5. OHM KANUNU

5.1. Ohm Kanunu

Elektrik devrelerinde karşılaştığımız akım, gerilim ve direnç kavramları birçok olayın açıklanmasında en çok söz edilen kavramlar, büyüklüklerdir. Bu üç büyüklüğün arasındaki bağıntı ohm kanunu ile açıklanır.

Ohm Kanunu: Bir elektrik devresinden geçen akım, devreye uygulanan gerilim ile doğru, devrenin direnci ile ters orantılıdır.

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

Akımın gerilim ile doğru orantılı olması, gerilim arttıkça akımında aynı oranda artacağı; gerilim azaldıkça, akımında aynı oranda azalacağı görülür.

Akımın direnç ile ters orantılı olması ise, direnç arttıkça akımın aynı oranda azalacağı; direnç azaldıkça, akımın aynı oranda artacağı anlamına gelir.

Aslında bu yeni yapılan bir tanım değildir. Çünkü biz daha önce gerilimi, “akımı meydana getiren kuvvet” olarak tanımladık. Bu tanımın da anlamı düşünüldüğünde Ohm Kanunu’nda yapılan tanımlı çıkarabiliriz. Mademki gerilim, akımı meydana getiren kuvvettir, o halde bu kuvvet yani gerilim çok olursa, onun etkisi, yani akım da çok olur.

Aynı mantıkla direncin tanımını düşünelim. Direnci “Akımın geçişine karşı gösterilen zorluktur.” şeklinde tanımladık. Direnç çok olursa, yani akımın geçişine karşı çok zorluk gösterilirse, akım az geçer.

İçerisinden belli bir basınçla su akan bir su borusu düşünelim Burada herhangi bir pompa ile suya uygulanan basınç gerilime karşılık gelir. Su ne kadar kuvvetli pompalanırsa o kadar çok akar. Suyun akışını da akıma benzetebiliriz. Bu suyun aktığı borunun çapını da dirence benzetebiliriz. Dar bir borudan çok su akmaz. Çünkü çok suyun akabilmesi için yol yeterli değildir. Çok direnç de, tıpkı dar boru gibi elektrik devresinden çok akım geçmesine izin vermez. Boru geniş olursa su daha rahat ve çok akacaktır. Elektrik devresinde de direnç az olursa, elektron akışı daha kolay olacağından, akım da çok olacaktır.

Konuya bir başka örnek verelim. Bir bisiklet sürücüsünün hızı nelere bağlıdır? Bisiklet sürücüsünün hızını akıma benzetelim. Hıza engel olan yani bisiklet sürücüsünün hızlanmasına engel olan sebepleri de direnç olarak düşünelim. Tabii ki sürücünün pedallara ayakları ile uyguladığı kuvvet de gerilime karşılık gelecektir. Olasılıkları düşünüp Ohm Kanunu ile bağıntı kurabilir, buna benzer örnekleri çoğaltabilirsiniz.

ÖRNEK

Aşağıdaki tabloda verilen büyüklüklere göre, Ohm Kanunu’nu kullanarak, bilinmeyenleri hesaplayalım.

U (V)	I (A)	R (Ω)
100	2	$R = \frac{U}{I}$, $R = \frac{100}{2}$, R= 50
U= I x R, U=5 x 20 U=100	5	20
12	$I = \frac{U}{R}$, $\frac{12}{3}$, I=4	3

5.2. Ohm Kanunu Deneyi

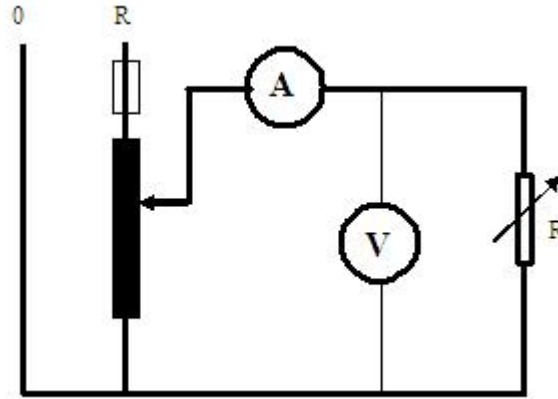
Ohm Kanunu deneyi, Ohm Kanunu ile açıklanan, akım, gerilim ve direnç arasındaki bağıntıların doğruluğunu görmek ve daha iyi anlamak için yapılır. Ohm Kanunu tanımına baktığımızda iki aşamalı olduğunu görürüz. Birincisi, akımın gerilim ile doğru orantılı olduğu, ikincisi ise, akımın dirençle ters orantılı olduğudur. Bu nedenle Ohm Kanunu deneyi de iki basamaklı yapılır. Bu basamaklar:

- Direnç sabit tutulur, gerilim değiştirilerek akımın buna bağlı değişimi gözlenir.
- Gerilim sabit tutulur, direnç değiştirilerek akımın buna bağlı değişimi gözlenir.

DİRENÇ SABİT		
U (V)	I (A)	R (Ω)
		↓

GERİLİM SABİT		
U (V)	I (A)	R (Ω)
↓		

Şekil 5.1: Ohm Kanunu deneyi alınan değerler tabloları



Şekil 5.2: Ohm Kanunu deney bağlantısı

UYGULAMA FAALİYETİ

Ohm Kanunu Deneyi

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Çalışma ortamınızı hazırlayınız.	➤ İş önlüğünüzü giyerek, çalışma masanızı düzenleyiniz.
➤ Deneye uygun ölçü aletlerini ve diğer araçları seçiniz.	➤ Malzeme deposu sorumlusuna, yoksa öğretmeninize başvurunuz. Seçtiğiniz ölçü aletlerinin uygunluğunu öğretmeninize kontrol ettiriniz.
➤ Ohm Kanunu deney bağlantısını yapınız.	➤ Bağlantıyı yaparken enerji olmamasına ve enerji bağlantısını en son yapmaya dikkat ediniz.
➤ Önce direnci sabit tutunuz. Gerilimi küçük değerden başlayarak kademe kademe arttırınız. Her kademedeki akım ve gerilim değerlerini tabloya yazınız.	➤ Sabit direnç için akım değeri uygun bir reosta, yoksa bir ampul kullanabilirsiniz.
➤ Devrenizin enerjisini keserek, kullandığımız direncin değerini bir ohmmetre ile ölçerek kullandığımız tabloya yazınız.	➤ Aldığınız ölçme sonuçlarının, Ohm Kanunu eşitliğini sağlayıp sağlamadığını kontrol ediniz. Direnç sabit iken, gerilim artınca akımında arttığını gözlemleyiniz.
➤ Bu kez gerilimi sabit tutup, kademe kademe devre direncini azaltarak deneyi tekrar ediniz.	➤ Direnç kademeleri için yine önce seri bağlı 4 ampul, sonraki kademelerde 3, 2, 1 ampul kullanabilirsiniz.
➤ Devrenizin enerjisini keserek, her kademe kullandığımız direnç değerlerini bir ohm metre ile ölçerek kullandığımız tabloya yazınız.	➤ Aldığınız değerleri kullanarak ohm kanunu eşitliğini kontrol ediniz. ➤ Direnç azaldıkça, akımın arttığını gözleyiniz
➤ Kullandığımız malzemeleri malzeme sorumlusuna geri teslim ediniz.	➤ Malzemelerin uygun yerlere yerleştirilmesini sağlayınız.
➤ Değerlendirme testini yapınız. Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız.	➤ Test sorularına kendi kendinize cevap veriniz. Herhangi bir yardım almayınız.
➤ Uygulama faaliyetindeki performansınızı performans testini doldurarak kendi kendinizi değerlendiriniz.	➤ Performans değerlendirme testini, uygulama çalışmasındaki gerçek performansınıza göre yapınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Çalışma ortamınızı faaliyete hazır duruma getirdiniz mi?		
2. Kullanacağınız araç gereci uygun olarak seçtiniz mi?		
3. Kullanacağınız malzemelerin güvenilirliğini kontrol ettiniz mi?		
4. Devreye enerji bağlantısını en son yapmaya dikkat ettiniz mi?		
5. Deneyde ölçü aletlerinin ölçme sınırlarına dikkat ettiniz mi?		
6. Deneyden istenen ölçme sonuçlarını aldınız mı?		
7. Kullandığınız malzemeleri tam ve sağlam olarak teslim ettiniz mi?		
8. Çalışma ortamınızı temizleyip düzenlediniz mi?		

DEĞERLENDİRME

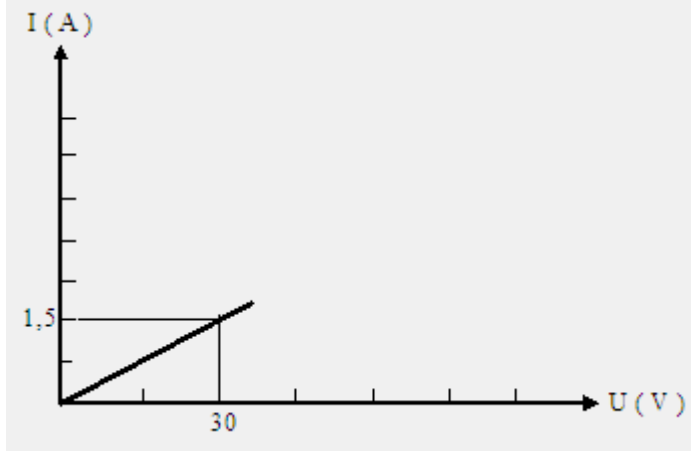
Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdaki ifadelerden hangisi **yanlıştır**?
A) Kapalı bir devreden geçen akım, devre direnci ile ters orantılıdır.
B) Kapalı bir devreden geçen akım, devre gerilimi ile doğru orantılıdır.
C) Kapalı bir devreden geçen akım, devre gerilimi ile ters orantılıdır.
D) Kapalı bir devresinde direnç artarsa, akım azalır.
2. Aşağıdaki ifadelerden hangisi doğrudur?
A) Kapalı bir devrenin direnci, devre akımı ile ters orantılı olarak değişir.
B) Kapalı bir devrenin akımı artarsa, gerilimi de artar.
C) Kapalı bir devrenin akımı azalırsa, direnci artar.
D) Kapalı bir devrenin direnci artarsa, akımı azalır.
3. 28 volt ile beslenen yolcu okuma lambalarından (passenger reading lighs) geçmesine izin verilen akım 0,1 amper olduğuna göre, lambaların direnci en az kaç ohm olmalıdır?
A) 28 Ω B) 280 Ω C) 2,8 Ω D) 2800 Ω
4. 115 volt gerilimle çalışan bir kahve makinası, direnci 20 Ω olduğuna göre kaç amper akım çeker?
A) 5,75 A B) 23 A C) 2,3 A D) 57,5 A
5. Kaç ohm'luk direnç 28 voltluk gerilimden 100 mA akım çeker?
A) 2,8 Ω B) 2800 Ω C) 28 Ω D) 280 Ω
6. 10 Ω değerindeki bir dirençten geçen akım 0,25 A olduğuna göre, direnç üzerinde oluşan gerilim düşümü kaç volt olur?
A) 250 V B) 25 V C) 2,5 V D) 0,25 V
7. Çalışan bir elektrik devresinin mevcut gerilimi iki katı arttırılır, direnci yarı yarıya azaltılırsa, devre akımında nasıl bir değişim olur?
A) Akımda değişme olmaz. B) Akım yarı yarıya azalır.
C) Akım iki katı çoğalır. D) Akım dört katı çoğalır.

Aşağıdaki grafiği tamamlayınız.



Şekil 5.3

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-6

AMAÇ

Uygun ortam sağlandığında tekniğine uygun ve hatasız olarak Kirşof Kanunları'nı deneysel olarak açıklayabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Çevrenizdeki elektrik malzemesi üretimi yapan işletmeleri ziyaret ediniz.

6. KİRŞOF KANUNLARI

6.1. Kirşof'un Gerilim Kanunu

Kirşof Akım ve Gerilim Kanunları, Ohm Kanunu ile birlikte elektrik-elektronik devrelerin çözümünde en çok kullanılan kanunlardır. Gerilim kanununu kısaca şöyle tanımlayabiliriz:

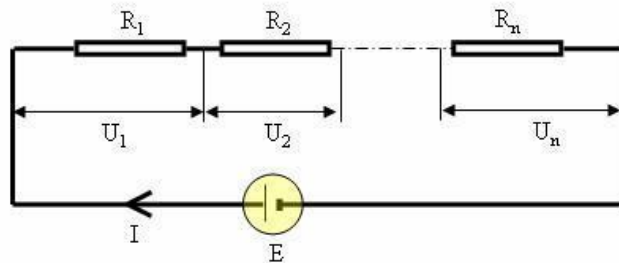
Kapalı bir elektrik devresine uygulanan gerilimlerin cebirsel toplamı, devredeki kol dirençleri üzerinde düşen gerilimlerin cebirsel toplamına eşittir.

Tanımda geçen sözcüklerin ve sözcük gruplarının anlamlarına açıklık getirelim:

Doğru akım elektrik devrelerine bir kaynak bağlanabildiği gibi birden fazla kaynaktaki bağlanabilir. Bir doğru akım kaynağı bağlandığında “**uygulanan gerilimlerin cebirsel toplamı**” sözcük grubunun burada, bir kaynaktan söz edildiği için işlevi yoktur. Birden fazla kaynak bağlandığında ise, kaynakların verdiği akım yönüne bakılır. Akım yönü aynı olanlar kendi arasında toplanır. Farklı yönde akım veren iki grubun toplamları birbirinden çıkarılır. Devreye uygulanan gerilim, büyük olanın yönünde ve ikisinin farkı kadar alınır.

“**Kol direnci**” ile anlatılmaya çalışılan ise, kaynaktan çıkan akımın değişik yollardan geçip tekrar kaynağa dönmesi için izlediği yollardan her birisidir.

“**Gerilimlerin cebirsel toplamı**” sözcük grubunda geçen cebirsel toplama işlemini de burada dikkate almayıp, matematiksel toplama yapacağız. Cebirsel toplama işlemi, bu kanunun RLC devrelere uygulanmasında anlam taşıyacaktır.



Şekil 6.1: Seri bağlı devrelerde Kirşof Gerilim Kanunu

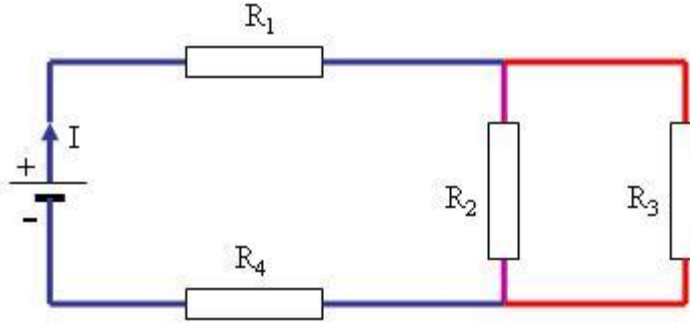
$$E = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

Yukarıdaki devreye uygulanan tek kaynak vardır. Bu nedenle E devreye uygulanan gerilim olarak alınmıştır. Devreye baktığımızda kaynağın + kutbundan çıkan akımın, kaynağın - kutbuna ulaşması için tek bir yol vardır. Akım bu yol üzerindeki bütün dirençlerden geçerek kaynağın - kutbuna ulaşır. Bu nedenle bütün dirençler üzerinde düşen gerilimler toplanır.

Burada dirençler üzerinde düşen gerilimleri ohm kanunundan yararlanarak bulabileceğimizi anımsamamız gerekir.

$$U_1 = I \times R_1 \quad U_2 = I \times R_2 \quad U_n = I \times R_n$$

Şimdi bir başka devre inceleyelim.



Şekil 6.2: Karışık bağlı devrede Kirşof gerilim kanunu

Burada ilk dikkatimizi çeken, akımın kaynağın + kutbundan çıkıp, - kutbuna ulaşması için iki yol vardır. Uygulanan gerilim, kol dirençleri üzerinde düşen gerilimlerin toplamına eşit olduğuna göre, burada da iki kol olduğuna göre, bu ikisi için ayrı ayrı eşitlik yazılabilir. Yani:

1- Akım + dan çıkar, R₁- R₂- R₄ üzerinden geçerek - kutba ulaşır. Bu durumda

R₁ üzerinde düşen gerilime U₁

R₂ üzerinde düşen gerilime U₂

R₃ üzerinde düşen gerilime U₃

R₄ üzerinde düşen gerilime U₄ adını verirsek,

$$U = U_1 + U_2 + U_4 \text{ eşitliğini yazabiliriz.}$$

2- Akım + dan çıkar, R₁- R₃- R₄ üzerinden geçerek de - kutba ulaşır. O halde bu kol içinde,

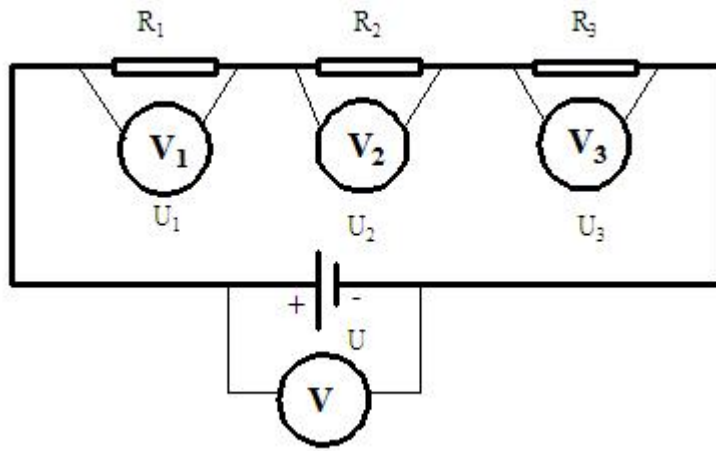
$$U = U_1 + U_3 + U_4 \text{ eşitliğini yazabiliriz.}$$

6.2. Kirşof'un Gerilim Kanunu Deneyi

Kirşof Gerilim Kanunu deneyi, kanunda ifade edilen tanımı deneysel olarak gözlemleyerek, daha iyi anlaşılması amacı ile yapılır. Bunun için aşağıdaki seri devre bağlantısı yapılır. Kirşof Gerilim Kanunu'na göre bu seri devrede bağlı dirençler üzerinde düşen gerilimlerin toplamı, devreye uygulanan gerilime eşit olmalıdır.

Yani, voltmetrelerden okunan değerlerin $U = U_1 + U_2 + U_3$ eşitliğini sağlaması gerekir.

Devreye uygulanan gerilim, ya da devredeki dirençler değiştirilerek, deney birkaç basamaklı yapılabilir (Dirençler yerine akkor flamanlı ampullerde kullanılabilir.).

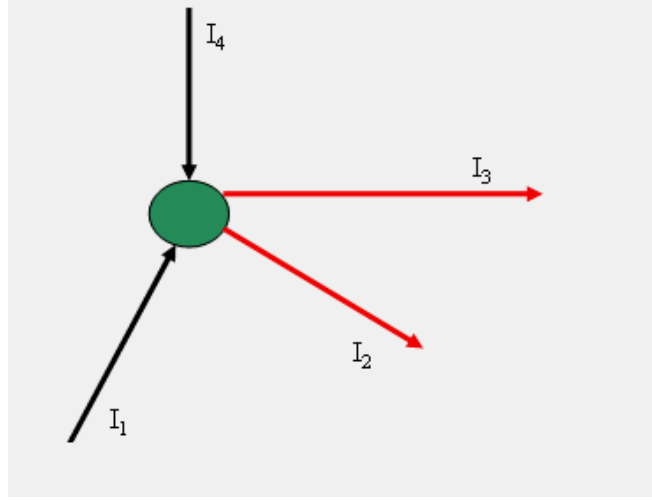


Şekil 6.3: Kirşof Gerilim Kanunu deney bağlantı şeması

U	U ₁	U ₂	U ₃	U ₁ +U ₂ +U ₃
100				
150				
200				

6.3. Kirşof'un Akım Kanunu

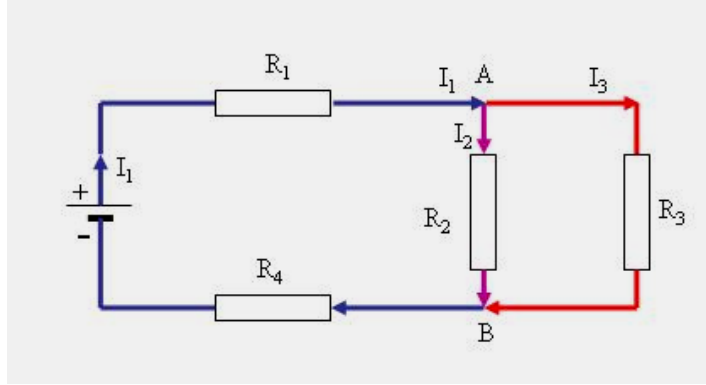
Bir düğüm noktasına gelen akımların toplamı, düğüm noktasından giden akımların toplamına eşittir. Kirşof Akım Kanunu'nu ifade eden bu tanım, basitliğine rağmen çok kullanılan bir kanundur. Bu tanımda açıklık getirilebilecek tek sözcük grubu "düğüm noktası"dır. Düğüm noktası, akımın kollara ayrıldığı ya da kollardan gelen akımların birleştiği bağlantı noktasıdır.



Şekil 6.4: Düzüm noktasına gelen-giden akımlar

Örnek şekilde düğüm noktasına bağlı 4 kol vardır. Bu kollar üzerindeki oklar aracılığı ile gösterilen akım yönlerine göre I_1 ve I_4 düğüm noktasına gelmekte, I_2 ve I_3 ise düğüm noktasından gitmektedir. Buna göre akım kanununu bu düğüm noktasına uygularsak,

$I_1 + I_4 = I_2 + I_3$ yazmamız gerekir.



Şekil 6.5: Paralel kolları akımın bölünmesi

Yukarıda verilen örnek şekilde ise A ve B gibi iki adet düğüm noktası vardır. Kaynağın + kutbundan çıkan I_1 ana akımı, R_1 direnci üzerinden geçerek A düğüm noktasına gelir. A düğüm noktasına gelen I_1 akımının kaynağın - kutbuna ulaşabilmesi için iki yol vardır. Bu nedenle I_1 akımı ikiye ayrılır. Bir kısmı R_2 direnci üzerinden (I_2), bir kısmı da R_3 direnci üzerinden (I_3) geçerek yoluna devam eder. Burada anlaşılacağı gibi I_1 , A düğüm noktasına gelen akım, I_2 ve I_3 ise A noktasından giden akımlardır. O hâlde A düğüm noktası için;

$I_1 = I_2 + I_3$ eşitliğini yazabiliriz.

A düğüm noktasından gelen I_2 ve I_3 akımları B düğüm noktasında birleşerek, kaynağın kutbuna doğru yola devam ederler. O halde B düğüm noktası için de

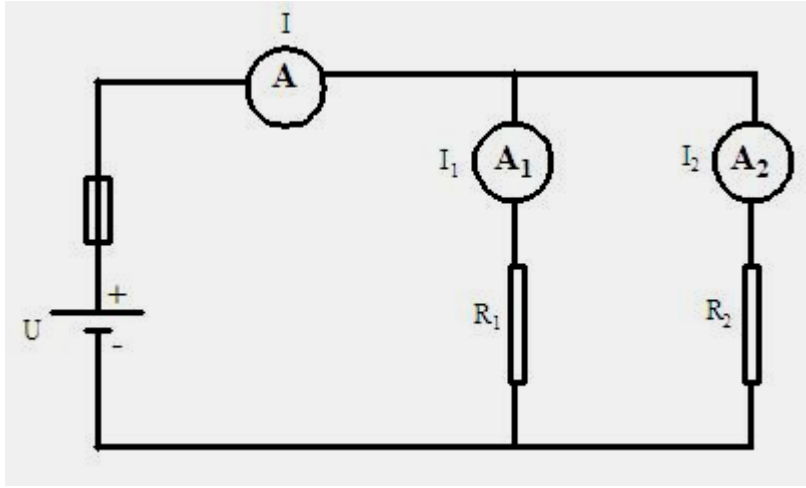
$$I_1 = I_2 + I_3 \text{ eşitliğini yazabiliriz.}$$

A noktasına göre tek fark, I_1 B düğüm noktasından giden akım, I_2 ve I_3 ise B düğüm noktasına gelen akımdır.

6.4. Kirşof'un Akım Kanunu Deneyi

Kirşof Akım Kanunu deneyi, akım kanunu ile açıklanan, bir düğüm noktasına gelen akımların toplamının, giden akımların toplamına eşit olduğunu görmek ve daha iyi anlamak için yapılır. Yapılacak bağlantıda akımın kollara ayrılması için devredeki dirençlerin paralel bağlı olması gerekir.

Deney bağlantısının yapılmasından sonra yapılan ölçümler sonucu ampermetrelerden ölçülen akım değerlerinden $I = I_1 + I_2$ eşitliğinin sağlandığı gözlenir. Yine gerilim kanunu deneyinde olduğu gibi, devreye uygulanan gerilimi değiştirmek ya da kollarındaki dirençleri değiştirerek deney birkaç basamaklı yapılabilir.



Şekil 6.6: Kirşof Akım Kanunu deney bağlantı şeması

UYGULAMA FAALİYETİ

Kirşof'un Gerilim Kanunu Deneyi

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Çalışma ortamınızı hazırlayınız.	➤ İş önlüğünüzü giyerek, çalışma masanızı düzenleyiniz. ➤ Çalıştığınız deney masasının üzerinde deneyle ilgisi olmayan araç-gereç ve malzemeyi kaldırınız.
➤ Deneye uygun ölçü aletlerini ve diğer araçları seçiniz.	➤ Malzeme deposu sorumlusuna, yoksa öğretmeninize başvurunuz. Seçtiğiniz ölçü aletlerinin uygunluğunu öğretmeninize kontrol ettiriniz.
➤ Kirşof gerilim kanunu deney bağlantısını yapınız.	➤ Bağlantıyı yaparken enerji olmamasına ve enerji bağlantısını en son yapmaya dikkat ediniz.
➤ Devrenizi kontrol ederek, enerji veriniz. Ölçü aletlerinden okuduğunuz değerleri tabloya yazınız.	➤ Devreye uyguladığınız gerilimi en az üç kez değiştiriniz.
➤ Ölçme işlemlerinizi bittiğinde, önce devre enerjisini kesiniz.	➤ Kurduğunuz devreye sökmeye önce kaynak bağlantısı ile başlayınız.
➤ Kullandığımız malzemeleri malzeme sorumlusuna geri teslim ediniz.	➤ Malzemelerin uygun yerlere yerleştirilmesini sağlayınız.
➤ Uygulama faaliyetindeki performansınızı performans testini doldurarak kendi kendinizi değerlendiriniz.	➤ Performans değerlendirme testini, uygulama çalışmasındaki gerçek performansınıza göre yapınız.
➤ Elde ettiğiniz sonuçları arkadaşlarınızla tartışarak değerlendirme testi sonuçları ile birlikte öğretmeninize rapor ediniz.	➤ Ölçtüğünüz ölçüm sonuçlarını arkadaşlarınızla karşılaştırınız.

UYGULAMA FAALİYETİ

Kirşof'un Akım Kanunu Deneyi

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Çalışma ortamınızı hazırlayınız.	➤ İş önlüğünüzü giyerek, çalışma masanızı düzenleyiniz. ➤ Çalıştığınız deney masasının üzerinde deneyle ilgisi olmayan araç-gereç ve malzemeyi kaldırınız.
➤ Deneğe uygun ölçü aletlerini ve diğer araçları seçiniz.	➤ Malzeme deposu sorumlusuna, yoksa öğretmenimize başvurunuz. Seçtiğiniz ölçü aletlerinin uygunluğunu öğretmenimize kontrol ettiriniz.
➤ Kirşof Akım Kanunu deney bağlantısını yapınız.	➤ Bağlantıyı yaparken enerji olmamasına ve enerji bağlantısını en son yapmaya dikkat ediniz.
➤ Devrenizi kontrol ederek, enerji veriniz. Ölçü aletlerinden okuduğunuz değerleri tabloya yazınız.	➤ Devreye uyguladığınız gerilimi en az üç kez değiştirerek, akımların değişmesini sağlayınız.
➤ Ölçme işlemleriniz bittiğinde, önce devre enerjisini kesiniz.	➤ Kurduğunuz devreye sökmeye önce kaynak bağlantısı ile başlayınız.
➤ Kullandığınız malzemeleri malzeme sorumlusuna geri teslim ediniz.	➤ Malzemelerin uygun yerlere yerleştirilmesini sağlayınız.
➤ Her iki uygulama faaliyetindeki performansınızı performans testini doldurarak kendi kendinizi değerlendiriniz.	➤ Performans değerlendirme testini, uygulama çalışmasındaki gerçek performansınıza göre yapınız.
➤ Elde ettiğiniz sonuçları arkadaşlarınızla tartışarak değerlendirme testi sonuçları ile birlikte öğretmenimize rapor ediniz.	➤ Ölçtüğünüz ölçüm sonuçlarını arkadaşlarınızla karşılaştırınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Çalışma ortamınızı faaliyete hazır duruma getirdiniz mi?		
2. Kullanacağınız araç gereci uygun olarak seçtiniz mi?		
3. Kullanacağınız malzemelerin güvenilirliğini kontrol ettiniz mi?		
4. Devreye enerji bağlantısını en son yapmaya dikkat ettiniz mi?		
5. Deneyde ölçü aletlerinin ölçme sınırlarına dikkat ettiniz mi?		
6. Deneyden istenen ölçme sonuçlarını aldınız mı?		
7. Kullandığınız malzemeleri tam ve sağlam olarak teslim ettiniz mi?		
8. Çalışma ortamınızı temizleyip düzenlediniz mi?		

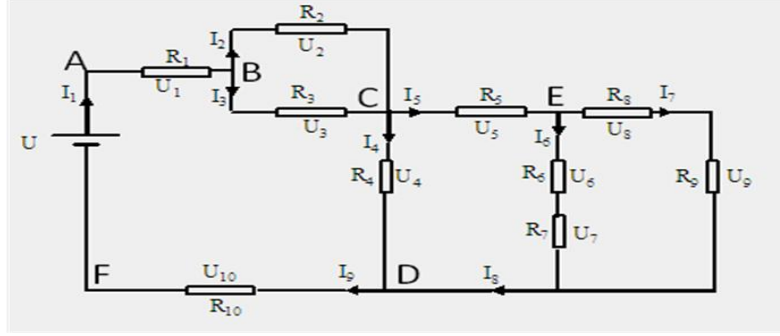
DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

Not: Soruları şekil 6.7'ye göre cevaplandırınız.



Şekil 6.7

- Devredeki en büyük akım hangisidir?
A) I_1 B) I_3 C) I_4 D) I_7
- Aşağıdaki yargılardan hangisi kesin olarak doğrudur?
A) U_1 gerilimi U_2 geriliminden büyüktür.
B) U_1 ve U_2 gerilimleri birbirine eşittir.
C) I_1 akımı I_2 akımından büyüktür.
D) I_6 ve I_7 akımları birbirine eşittir.
- Aşağıdaki yargılardan hangisi kesin olarak **yanlıştır**?
A) I_1 akımı, I_2 ve I_3 akımlarının toplamına eşittir.
B) $U_6 + U_7 = U_8 + U_7$
C) A-B noktaları arasındaki gerilim, U_1 gerilimine eşittir.
D) I_8 akımı, I_9 akımından büyüktür.
- $I_1 = 6$ A, $I_2 = 2$ A ise; I_3 akımı kaç amperdir?
A) 2A B) 3A C) 4A D) 8 A
- $U_6 = 10$ V, $U_7 = 20$ V, $U_8 = 5$ V ise, U_9 kaç voltur?
A) 20V B) 25V C) 30V D) 35V

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-7

AMAÇ

Ohm ve Kirşof Kanunları'nı birlikte kullanarak hatasız olarak elektrik devrelerinde akım, gerilim, direnç hesaplamaları yapabilecektir.

ARAŞTIRMA

- Pil, akümülatör gibi elektrik kaynaklarının ısınma neden ve koşullarını araştırarak, izlenim ve bilgilerinizi arkadaşlarınızla tartışınız.

7. OHM VE KİRŞOF KANUNLARININ BİRLİKTE KULLANILMASI

7.1. Akım Hesaplamak

Elektrik-elektronik devrelerde bilinmeyen büyüklüklerin bulunmasında bilinen büyüklüklerden yararlanılır. Bu bilinenler ile Ohm ve Kirşof Kanunları çoğu zaman birlikte kullanılarak sonuca gidilir.

Akım hesabı yapılırken Ohm Kanunu'na göre akımın gerilimle doğru, dirençle ters orantılı olduğu bağıntısından $I = \frac{U}{R}$ ve Kirşof Akım Kanunu ile ifade edilen bir düğüm noktasına gelen akımların toplamının, giden akımların toplamına eşit olduğu bağıntısından yararlanılır.

7.2. Gerilim Hesaplamak

Bilinmeyen büyüklük gerilim olduğunda da Ohm Kanunu'na göre ($U = I \times R$) bağıntısından ve Kirşof Gerilim Kanunu'ndan birlikte yararlanılarak hesaplanır.

7.3. Direnç Hesaplamak

Elektrik-elektronik devrelerde bilinmeyen büyüklük direnç olduğunda akım ve gerilim belli ise direk olarak Ohm Kanunu'nda ifade edilen $R = \frac{U}{I}$ eşitliği ile hesaplanabilir.

Direnç hesaplanmasında Kirşof Kanunları direkt olarak kullanılamaz. Ancak direnç hesaplanması için gerekli olan akım ve gerilim değerleri Kirşof Kanunları ile bulunarak direnç hesaplanabilir.

7.4. Kaynak İç Direncinin Etkisi

Kaynak iç direnci devrelerde, devrenin toplam direncine seri bağlı bir direnç olarak düşünülebilir. Elektrik terminolojisi modülünde emk. nın gerilimden büyük olduğunu söylemiştik. İşte aradaki farkı doğuran kaynağın iç direncidir. Çünkü kaynak iç direncinden dolayı, kaynakta, çekilen akım ile kaynak iç direncinin çarpımı kadar gerilim düşümü oluşur. Bu gerilim düşümü de kaynağın elektro motor kuvveti ile, gerilimi arasındaki fark kadardır. Ancak çoğu zaman kaynak iç direnci, devre direncinin yanında çok küçük kaldığı için ihmal edilir ve sıfır kabul edilir.

Şimdi kısaca yaptığımız açıklamaları örneklerle açıklayalım.

ÖRNEK-1

Aşağıdaki tabloda üç basamakta verilen büyüklüklere göre, Ohm Kanunu'nu kullanarak bilinmeyenleri hesaplayalım.

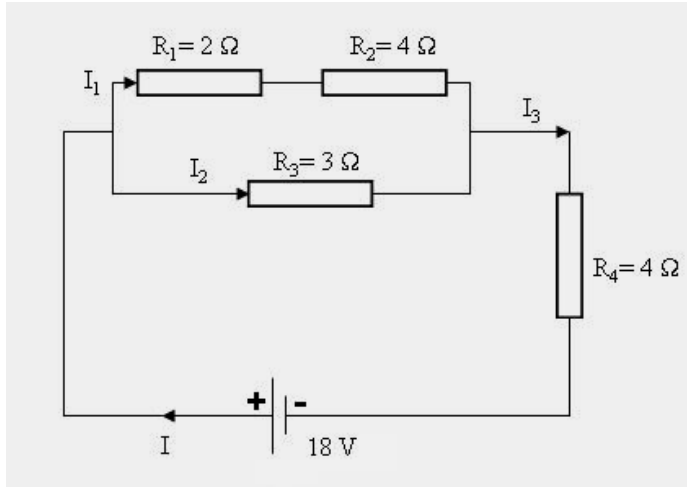
BASAMAK	U (V)	I (A)	R (Ω)
a	80	?	20
b	12	1,5	?
c	?	3	40

a. $I = \frac{80}{20}$ $I = 4A$ b. $R = \frac{12}{1,5}$ $R = 8\Omega$ c. $U = 3 \times 40$ $U = 120 V$

ÖRNEK-2

Aşağıdaki devrede koldan geçen akımları, devre akımını, devrenin toplam direncini, her bir direnç üzerinde düşen gerilimleri bulunuz.

$I = ?$, $I_1 = ?$, $I_2 = ?$, $I_3 = ?$ $U_1 = ?$, $U_2 = ?$, $U_3 = ?$, $U_4 = ?$, $R_T = ?$



Şekil 7.1: Karışık bağlı direnç devresi

ÇÖZÜM

Bütün dirençler belli olduğuna göre, önce devrenin toplam direncini bulalım.
 R_1 ve R_2 birbirine seri bağlıdır. Bunların toplamına R_{S1} adını verelim.

$$R_{S1} = R_1 + R_2 \quad R_{S1} = 2 + 4 \quad \mathbf{R_{S1} = 6 \Omega}$$

R_1 ve R_2 nin olduğu kolda R_{S1} olduğunu düşünürsek, R_3 direnci ile paralel olduğunu görürüz. Bu iki paralel direncin toplamına da R_{P1} adını vererek hesaplayalım.

$$R_{P1} = \frac{R_{S1} \times R_3}{R_{S1} + R_3} \quad R_{P1} = \frac{6 \times 3}{6 + 3} \quad R_{P1} = \frac{18}{9} \quad \mathbf{R_{P1} = 2 \Omega}$$

Buraya kadar toplamını bulduğumuz üç direncin yerinde R_{P1} olduğunu düşünürsek, bunun da R_4 ile seri bağlı olduğunu görürüz.

$$R_T = R_{P1} + R_4 \quad R_T = 2 + 4 \quad \mathbf{R_T = 6 \Omega}$$

Devreye uygulanan gerilim ve devrenin toplam direnci belli olduğuna göre devre akımını ohm kanunu sayesinde bulabiliriz.

$$I = \frac{U}{R_T} \quad I = \frac{18}{6} \quad \mathbf{I = 3 A}$$

Kaynaktan çıkan 3 amperlik I akımı düğüm noktasına gelir. Bir kısmı (I_1) R_1 ve R_2 nin olduğu koldan, diğer kısmı da (I_2) R_3 ün bulunduğu koldan geçer. Bu tip paralel kollardan geçen akımlar aşağıdaki gibi bulunur:

Bulunacak kol akımı = Ana akım x (Karşıdaki direnç / İki direncin toplamı)

$$I_1 = I \times \frac{R_3}{R_{S1} + R_3} \quad I_1 = 3 \times \frac{3}{3 + 6} \quad \mathbf{I_1 = 1 A}$$

Düğüm noktasına gelen akım 3 A, giden iki akımdan birisi 1A olarak bulunduğuna göre, düğüm noktasından giden ikinci akım, Kirşof Akım Kanunu uygulanarak kolayca bulunabilir.

$$I_2 = I - I_1 \quad I_2 = 3 - 1 \quad \mathbf{I_2 = 2 A}$$

Bu akımları mantık yürüterek bulmak da mümkündür. Bu iki paralel koldan birinin direnci 6Ω , diğerinin direnci 3Ω , yani birbirinin iki katıdır. Paralel kollarda gerilimler eşit olduğuna göre, dirençlere bağlı olarak bu kollardan geçen akımlarında birbirinin iki katı olması gerekir. Yani bir birim akım 6Ω 'luk direnç üzerinden geçiyorsa, 2 birimlik akım 3Ω luk direnç üzerinden geçmelidir. O hâlde ana akımı üçe bölmeliyiz. Örneğimizde ana akım 3A olduğuna göre bunun 1A'lık kısmı direncin büyük olduğu koldan, 2A'lık kısmı direncin

küçük olduğu koldan geçer. Örneğin, bu paralel kola gelen ana akım 9 A olsaydı, akımın kollara dağılımı 3 ve 6 A olacaktı.

İki paralel koldan geçen akım 2. Düğüm noktasında tekrar birleşir, yani I_3 akımı, I akımına eşittir. Bu akım da R_4 direnci üzerinden geçerek kaynağın eksi kutbuna ulaşır.

Şimdi de dirençler üzerinde düşen gerilimleri bulalım.

Bunun için dirençlerin değeri ve üzerlerinden geçen akımlar belli olduğuna göre Ohm Kanunu'ndan yararlanacağız.

R_1 direnci üzerinde düşen gerilime U_1 adını verelim,

$$U_1 = R_1 \times I_1 \quad U_1 = 2 \times 1 \quad \mathbf{U_1 = 2 V}$$

R_2 direnci üzerinde düşen gerilime U_2 adını verelim,

$$U_2 = R_2 \times I_1 \quad U_2 = 4 \times 1 \quad \mathbf{U_2 = 4 V}$$

R_3 direnci üzerinde düşen gerilime U_3 adını verelim,

$$U_3 = R_3 \times I_2 \quad U_3 = 3 \times 2 \quad \mathbf{U_3 = 6 V}$$

NOT: Paralel kollarda gerilimlerin eşit olduğunu biliyoruz. R_1 ve R_2 nin olduğu kolun gerilimi $U_1 + U_2$ ye eşittir. Bu da 6 V dur. R_3 bunlara paraleldir. O hâlde R_3 üzerinde düşen geriliminde 6 V olması gerekir ki, bizde 6 V bulduk.

R_4 direnci üzerinde düşen gerilime U_4 adını verelim,

$$U_4 = R_4 \times I_3 \quad U_4 = 4 \times 3 \quad \mathbf{U_4 = 12 V}$$

U_4 gerilimini yukarıdaki gibi Ohm Kanunu'nu kullanarak bulduğumuz gibi, Kirşof Gerilim Kanunu'nu kullanarak da bulabiliriz.

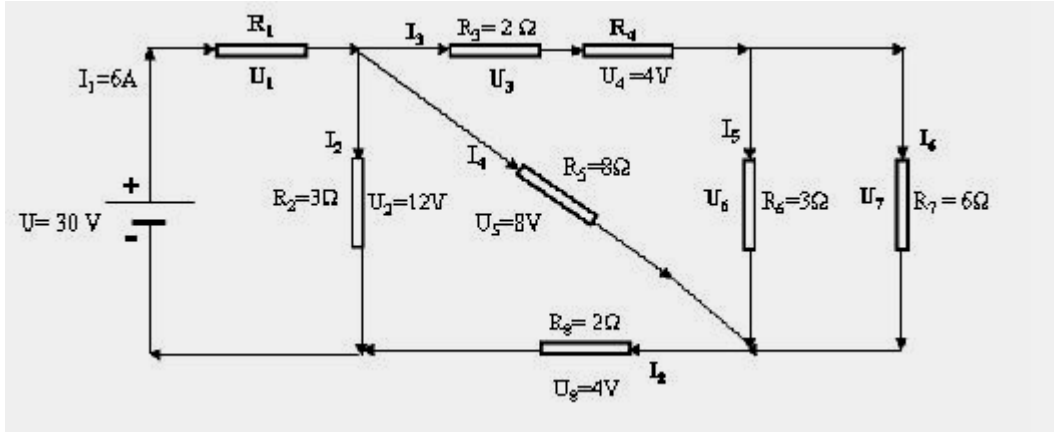
Şimdi bu devreye Kirşof Gerilim Kanunu'nu uygulayalım.

Üst kol için: Alt kol için:

$$\begin{array}{ll} U = U_1 + U_2 + U_4 & U = U_3 + U_4 \\ 18 = 2 + 4 + U_4 & 18 = 6 + U_4 \\ U_4 = 18 - 6 & U_4 = 18 - 6 \\ \mathbf{U_4 = 12 V} & \mathbf{U_4 = 12 V} \end{array}$$

ÖRNEK

Aşağıdaki devrede bilinmeyenleri bulunuz.



Şekil7.2: Karışık bağlı direnç devresi

ÇÖZÜM

$$R_T = \frac{U}{I_1} \quad R_T = \frac{30}{6} \quad R_T = 5 \Omega$$

$$U = U_1 + U_2 \quad U_1 = U - U_2 \quad U_1 = 30 - 12 \quad U_1 = 18 \text{ V}$$

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1} \quad R_1 = \frac{18}{6} \quad R_1 = 3 \Omega$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} \quad I_2 = \frac{12}{3} \quad I_2 = 4 \text{ A}$$

$$I_4 = \frac{U_5}{R_5} \quad I_4 = \frac{8}{8} \quad I_4 = 1 \text{ A}$$

$$I_3 = I_1 - (I_2 + I_4) \quad I_3 = 6 - (4 + 1) \quad I_3 = 1 \text{ A}$$

$$U_3 = I_3 \times R_3 \quad U_3 = 1 \times 2 \quad U_3 = 2 \text{ V}$$

$$R_4 = \frac{U_4}{I_3} \quad R_4 = \frac{4}{1} \quad R_4 = 4 \Omega$$

$$I_5 = I_3 \times \frac{R_7}{R_6 + R_7} \quad I_5 = 1 \times \frac{6}{3+6} \quad I_5 = 0,666 \text{ A}$$

$$I_6 = I_3 - I_5 \quad I_6 = 1 - 0,666 \quad I_6 = 0,333 \text{ A}$$

$$U_6 = I_5 \times R_6 \quad U_6 = 0,666 \times 3 \quad U_6 = 2 \text{ V}$$

$$U_7 = I_6 \times R_7 \quad U_7 = 0,333 \times 6 \quad U_7 = 2 \text{ V}$$

(U_6 ve U_7 birbirine paralel bağı olduğu için gerilimleri de eşittir.)

$$I_8 = \frac{U_8}{R_8} \quad I_8 = \frac{4}{2} \quad I_8 = 2 \text{ A}$$

Bu devrede Kirşof Akım Kanunu'na göre aşağıdaki eşitlikler yazılabilir. Bu eşitlikler sayesinde bulduğumuz sonuçların doğruluğunu da kontrol etmiş olalım.

$$I_8 = I_3 + I_4 \quad I_8 = I_4 + I_5 + I_6 \quad I_3 = I_5 + I_6 \quad I_1 = I_2 + I_3 + I_4$$

$$2 = 1 + 1 \quad 2 = 1 + 0,666 + 0,333 \quad 1 = 0,666 + 0,333 \quad 6 = 4 + 1 + 1$$

Kirşof gerilim kanunu ile ilgili yazılabilecek eşitlikler ise şöyledir:

$$U = U_1 + U_2 \quad U = U_1 + U_3 + U_4 + U_6 + U_8$$

$$30 = 18 + 12 \quad 30 = 18 + 2 + 4 + 2 + 4$$

$$U = U_1 + U_5 + U_8 \quad U = U_1 + U_3 + U_4 + U_7 + U_8$$

$$30 = 18 + 8 + 4 \quad 30 = 18 + 2 + 4 + 2 + 4$$

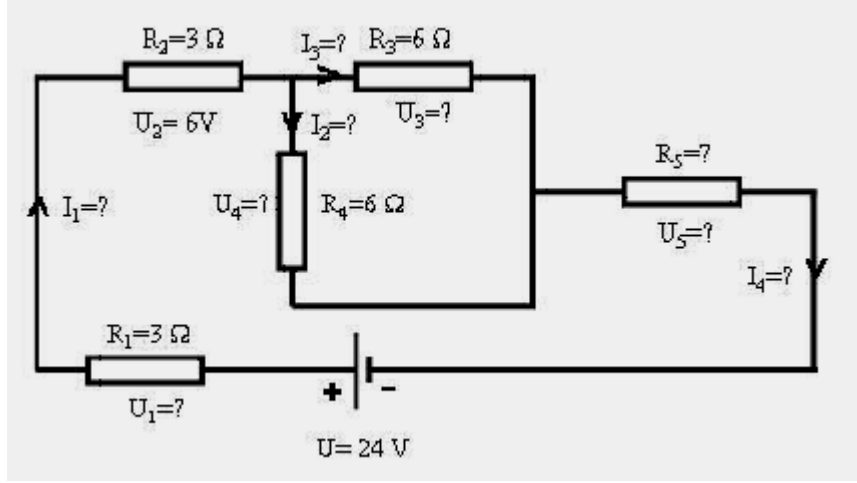
ÖRNEK

Aşağıdaki devrede bilinmeyenleri bulunuz.

ÇÖZÜM

Bu tip sorularda genellikle önce toplam direnç hesaplanarak işleme başlanır. Ancak bu devrede tüm direnç değerleri belli olmadığı için şu anda bunu yapamayız.

Bir diğer başlangıç noktası akım-gerilim-direnç değerlerinin üçünden ikisi belli olan dirençtir. Bu karışık bağı devreye baktığımızda R_2 direncinin direnç değeri ve üzerinde düşen gerilim değeri bellidir. Bu iki değer belli olduğuna göre, üçüncü değer olan üzerinden geçen akım bulunabilir. Bu akım da aynı zamanda (I_1) devre akımıdır.



Şekil7.3: Karışık bağlı direnç devresi

$$I_1 = \frac{U_2}{R_2} \quad I_1 = \frac{6}{3} \quad I_1 = 2 \text{ A}$$

Devre gerilimi ve akımı belli olduğuna göre artık devrenin toplam direncini bulabiliriz.

$$R_T = \frac{U}{I_1} \quad R_T = \frac{24}{2} \quad R_T = 12 \Omega$$

Devrenin toplam direnci bulunduğuna göre bilinmeyen R_5 direncini artık bulabiliriz.

R_3 ve R_4 paralel ve eşit olduğuna göre, ikisinin toplamına R_{P1} diyelim:

$$R_{P1} = \frac{R_3}{2} \quad R_{P1} = \frac{6}{2} \quad R_{P1} = 3 \Omega$$

R_3 - R_4 yerine R_{P1} olduğunu düşünürsek tüm dirençlerin seri bağlı halde olduğunu görebiliriz. O halde:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_{P1} + R_5$$

Burada belli olmayan tek direnç R_5 direncidir.

$$R_5 = R_T - (R_1 + R_2 + R_{P1}) \quad R_5 = 12 - (3 + 3 + 3) \quad R_5 = 3 \Omega$$

R_3 ve R_4 dirençleri birbirine eşit olduğuna göre, ikisinin de içerisinde geçen I_2 ve I_3 akımları birbirine eşittir. Bu akımların dağıldığı düğüm noktasına gelen akım, devrenin ana akımı olan 2 A değerindeki I_1 akımı olduğuna göre, I_2 ve I_3 akımları birer A'dir.

Kaynağa dönen I_4 akımı, kaynaktan çıkan akıma (I_1) eşit, 2 A'dir.
Şimdi de belli olmayan direnç gerilimlerini bulalım:

$$U_1 = I_1 \times R_1 \qquad U_1 = 2 \times 3 \qquad U_1 = \mathbf{6V}$$

U_3 ve U_4 gerilimleri, dirençler paralel bağlı olduğu için birbirine eşittir.

$$U_3 = U_4 = I_3 \times R_3 = I_2 \times R_4 \quad U_3 = U_4 = 1 \times 6 \qquad U_3 = U_4 = \mathbf{6V}$$

$$U_5 = R_5 \times I_4 \qquad U_5 = 3 \times 2 \qquad U_5 = \mathbf{6V}$$

UYGULAMA FAALİYETİ

Ohm ve Kirşof Kanunları Deneyi

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Çalışma ortamınızı hazırlayınız.	➤ İş önlüğünüzü giyerek, çalışma masanızı düzenleyiniz.
➤ Deneye uygun ölçü aletlerini ve 5-6 adet uygun değerde yük direncini seçiniz. Yük dirençlerinin değerini bir ohmmetre ile ölçerek tabloya yazınız.	➤ Malzeme deposu sorumlusuna, yoksa öğretmeninize başvurunuz. Seçtiğiniz ölçü aletlerinin uygunluğunu öğretmeninize kontrol ettiriniz. Yük direnci olarak akkor telli lamba da kullanabilirsiniz.
➤ 5 ya da 6 adet yük direncinin seri-paralel bağlanmasından oluşan bir devre çizin ve ölçü aletleri ile birlikte bağlayınız.	➤ Bağlantıyı yaparken enerji olmamasına ve enerji bağlantısını en son yapmaya dikkat ediniz.
➤ Dirençlerden üzerinde düşen gerilimleri ve devreye uyguladığınız gerilimi voltmetrelerden okuyarak tabloya yazınız. Kollardan geçen akımları ve kaynaktan çekilen akımı ampermetrelerden okuyarak tabloya yazınız.	➤ Devreye enerji vermeden önce son kez kontrol ederek, öğretmeninize bildirin ve onun gözetiminde enerji veriniz.
➤ Devrenizin enerjisini keserek, kullandığınız malzemeleri malzeme sorumlusuna teslim ediniz.	➤ Malzemelerin uygun yerlere yerleştirilmesini sağlayınız.
➤ Yük dirençleri üzerinde düşen gerilimleri ve kollardan geçen akımları Ohm ve Kirşof Kanunları'ndan yararlanarak hesap yöntemi ile bulunuz.	➤ Ölçü aletlerinden okuduğunuz sonuçları, hesaplama sonuçları ile karşılaştırarak, doğruluğunu kontrol ediniz.
➤ Değerlendirme testini yapınız. Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız.	➤ Test sorularına kendi kendinize cevap veriniz. Herhangi bir yardım almayınız.
➤ Uygulama faaliyetindeki performansınızı performans testini doldurarak kendi kendinizi değerlendiriniz.	➤ Performans değerlendirme testini, uygulama çalışmasındaki gerçek performansınıza göre yapınız.
➤ Elde ettiğiniz sonuçları arkadaşlarınızla tartışarak değerlendirme testi sonuçları ile birlikte öğretmeninize rapor ediniz.	➤ Ölçtüğünüz ölçüm sonuçlarını arkadaşlarınızla karşılaştırınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Çalışma ortamınızı faaliyete hazır duruma getirdiniz mi?		
2. Kullanacağınız araç gereci uygun olarak seçtiniz mi?		
3. Kullanacağınız malzemelerin güvenilirliğini kontrol ettiniz mi?		
4. Devreye enerji bağlantısını en son yapmaya dikkat ettiniz mi?		
5. Deneyde ölçü aletlerinin ölçme sınırlarına dikkat ettiniz mi?		
6. Deneyden istenen ölçme sonuçlarını aldınız mı?		
7. Kullandığınız malzemeleri tam ve sağlam olarak teslim ettiniz mi?		
8. Çalışma ortamınızı temizleyip düzenlediniz mi?		

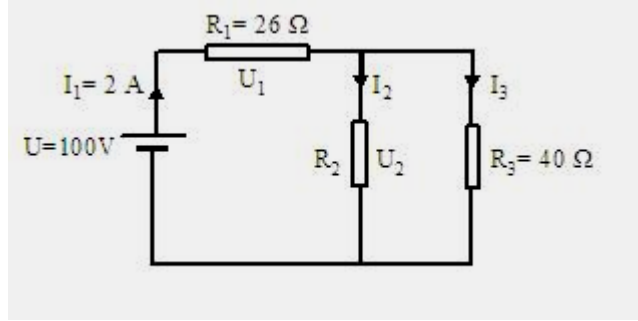
DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

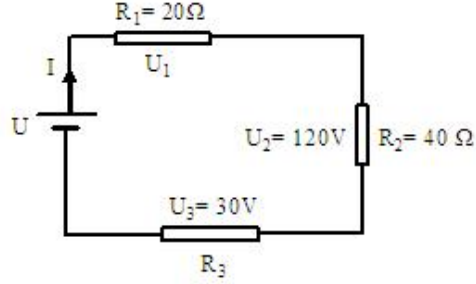
Aşağıdaki 6 soruyu Şekil 7.4'e göre cevaplandırınız.



Şekil 7.4

1. Devrenin eşdeğer toplam direnci kaç ohm'dur?
A)20 B)30 C)40 D)50
2. R_1 direnci üzerinde düşen U_1 gerilimi kaç voltur?
A)80 B)52 C)60 D)58
3. R_2 direnci üzerinde düşen U_2 gerilimi kaç voltur?
A)48 B)52 C)58 D)60
4. I_3 akımı kaç amperdir?
A)0,8 B)1 C)1,2 D)1,4
5. R_2 direnci kaç ohm'dur?
A)40 B)50 C)60 D)48
6. R_2 direnci üzerinden geçen I_2 akımı kaç amperdir?
A)0,8 B)1 C)1,2 D)1,4

Aşağıdaki soruları Şekil 7.5' e göre cevaplandırınız.



Şekil 7.5

7. Devre akımı kaç amperdir?
A)2 B)3 C)4 D)5
8. R_3 direnci kaç ohmdur?
A)5 B)8 C)10 D)20
9. U_1 gerilimi kaç voltur?
A)50 B)80 C)30 D)60
10. Devre gerilimi kaç voltur?
A)150 B)190 C)210 D)240

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. () Bir iletkenin direnci, iletkenin boyuyla ters orantılıdır.
2. () Bir iletkenin direnci, iletkenin öz direnci ile doğru orantılıdır.
3. () Ohm kanununa göre akım dirençle doğru orantılıdır.
4. () Westhane köprüsü ile direkt olarak direnç ölçülebilir.
5. () Potansiyometre ile reosta prensip olarak aynıdır.
6. () Reosta potansiyometreye göre daha güçlüdür.
7. () 100 ohm'luk bir dirence 200V gerilim uygulanırsa, dirençten 2 amper akım geçer.
8. () Paralel dirençlerde düşen gerilimler birbirine eşittir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	C
2	A
3	B
4	D
5	A
6	C
7	B
8	D
9	A
10	C

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	C
3	A
4	B
5	C
6	D
7	B
8	A

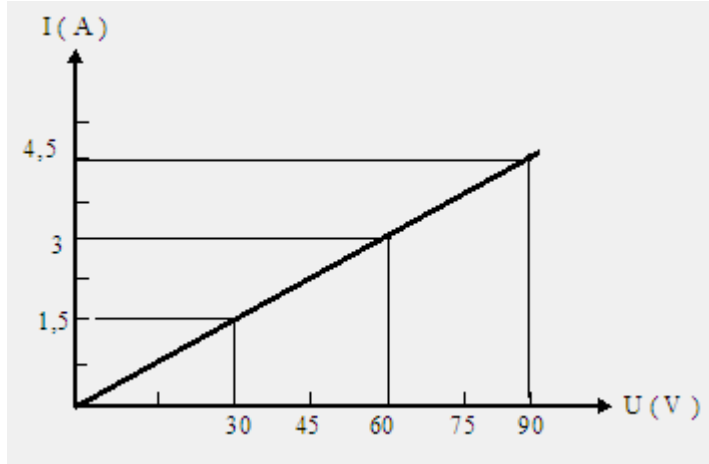
ÖĞRENME FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	C
2	A
3	D
4	C
5	A
6	B
7	D
8	C

ÖĞRENME FAALİYETİ-4'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	B
2	C
3	D
4	A
5	B
6	A
7	B
8	D

ÖĞRENME FAALİYETİ-5'İN CEVAP ANAHTARI



Şekil 5.4

1	C
2	D
3	B
4	A
5	D
6	C
7	D

ÖĞRENME FAALİYETİ-6'NİN CEVAP ANAHTARI

1	A
2	B
3	D
4	C
5	B

ÖĞRENME FAALİYETİ-7'NİN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	B
3	A
4	C
5	C
6	A
7	B
8	C
9	D
10	C

MODÜL DEĞERLENDİRME'NİN CEVAP ANAHTARI

1	Yanlış
2	Doğru
3	Yanlış
4	Doğru
5	Doğru
6	Doğru
7	Doğru
8	Yanlış

KAYNAKÇA

- GÜVEN M. Emin, İ. Baha MARTI, İsmail COŞKUN, **Elektroteknik Cilt I**, MEB Yayınları, İstanbul, 1997.
- TİRBEN Necmettin, Cemalettin SUNGUROĞLU, Ahmet ERKUŞ, Hüseyin ALAVURT, Temel ŞENER, Kenan YONAR, Ali HÜRER, **Elektrik Laboratuvar -1**, MEB Yayınları, Ankara, 2002.