

15. ÜNİTE

DİRENÇ ÖLÇMEK

KONULAR

1. Direnç Ölçmenin Önemi
2. Katı Dirençlerin Ölçülmesi

15.1.DİRENÇ ÖLÇMENİN ÖNEMİ

15.1.1.Direnç ve İletken

En basit ifade ile direnç elektrik akımına karşı gösterilen zorluk olarak ifade edilebilir. Direnci teknik olarak tanımlayacak olursak: 1 mm² kesitinde, 106,3 cm boyunda cıva silindirin 0°C'deki direncine 1 ohm (Ω) denir. Bir elektrik devresine gerilim uygulandığında, alıcıdan akım geçmektedir. Geçen akımı sınırlayan etken ise alıcının direncidir. Buradan şu sonuca varabiliriz. Eğer iletkenin direnci fazla ise geçen akım miktarı az, iletkenin direnci az ise geçen akım miktarı fazladır.

Direnç birimlerinin ast katları pek kullanılmamakta olup ohm ve üst katları kullanılmaktadır. Bunlar: Ohm (Ω) < Kiloohm (k Ω) < megaohm (M Ω) < Gigaohm (G Ω)

15.1.2. İletken Direncini Etkileyen Faktörler

Bir iletkenin direnci "R" (ohm), iletkenin boyu "l" (metre), kesiti "S" (mm²) ve iletkenin yapıldığı malzemenin öz direnci olan " φ " (Ω .mm²/m) ya bağlıdır. Direncin, boy kesit ve öz dirençle arasındaki bağıntıyı veren formül:

$$R = \frac{\varphi \cdot l}{S} \text{ dur. Burada } K = \frac{1}{\varphi} \text{ olduğundan formül } R = \frac{1}{KS} \text{ ohm } (\Omega)$$

$$R = \frac{1}{KS} \text{ ohm } (\Omega) \text{ şeklinde ifade edilir.}$$

- R: İletken direnci, ohm (Ω)
- l: İletkenin boyu, metre (m)
- S: İletkenin kesiti (mm²)
- K: İletkenin yapıldığı malzemenin öz iletkenliği (m/ Ω .mm²)
- φ : iletkenin yapıldığı malzemenin öz direnci (Ω .mm²/m)

Özdirenç:

Birim uzunluk (1 metre) ve birim kesitteki (1 mm²) iletkenin direncine özdirenç denir. Özdirenç " φ " ile gösterilir.

Öziletkenlik:

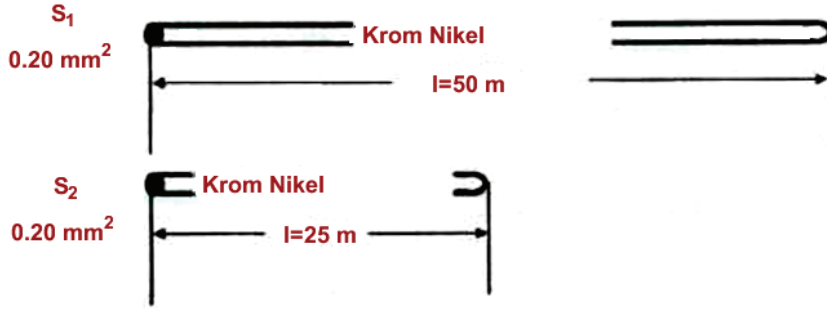
Özdirençin tersine öziletkenlik denir. "K" harfi ile gösterilir. Yukarıdaki formülde görüldüğü gibi:

- İletkenin boyu uzadıkça direnci de artar, boyu kısaldıkça direnci azalır. Özetle boy ile direnç doğru orantılıdır.

- İletkenin kesiti artıkça direnci azalır, kesit azaldıkça direnç artar. Özetle kesit ile direnç ters orantılıdır.
- Özdirenç iletkenin iletkenlik kalitesini gösterir. İletkenin yapıldığı metalin özdirenç değeri küçük ise direnç küçük, özdirenç değeri büyük ise direnç değeri büyüktür. Özetle özdirenç ile direnç doğru orantılıdır.

15.1.2.1. Direnç Değerinin İletkenin Boyu ile Değişimi

Bu değerlendirmede; kesitleri ve cinslerinin aynı, boyları farklı iki iletkenin direnç değerindeki boy farkından kaynaklanan değer bulunarak, iletken boyunun değişimi ile direnç değerinde oluşan fark incelenecektir.



Şekil 15.1: Kesit ve cinsleri aynı, boyları farklı iki iletken

$$S_1 = 0,20mm^2 \quad S_2 = 0,20 mm^2$$

$$l_1 = 50 m \quad l_2 = 25 m$$

$$\varphi = 1,1 \quad \varphi_2 = 1,1$$

$$R_1 = ? \quad R_2 = ?$$

$$R_1 = \frac{\varphi \cdot l_1}{S_1} = \frac{1,1 \cdot 50}{0,20} = \frac{55}{0,2} = 275\Omega$$

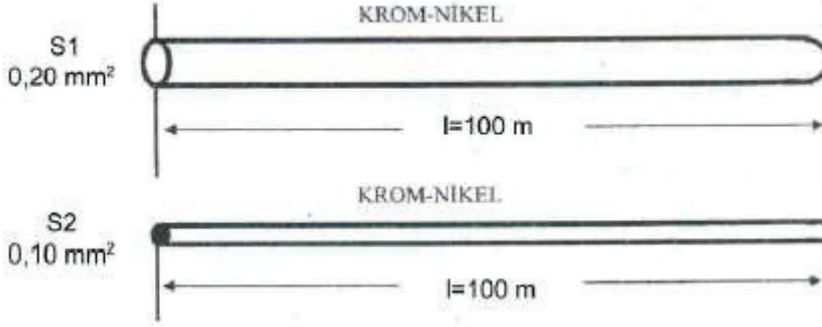
$$R_2 = \frac{\varphi \cdot l_2}{S_2} = \frac{1,1 \cdot 25}{0,20} = \frac{27,5}{0,2} = 137,5\Omega$$

Bu sonuç bize gösteriyor ki uzunluk ile direnç değeri arasında doğru orantı vardır. Kesiti ve cinsi değişmeyen bir iletkenin uzunluğu artarsa direnç değeri artar (R_1), kısalsa direnç değeri azalır (R_2).

15.1.2.2. Direnç Değerinin İletkenin Kesiti ile Değişimi

Bu değerlendirmede; boyları ve cinsleri aynı, kesitleri farklı iki iletkenin direnç

değerindeki kesitlerine göre bulunup kesitin değişimi ile direnç değerinde oluşan fark incelenecektir.



Şekil 15.2: Boyları ve cinsleri aynı, kesitleri farklı iki iletken

$$S_1 = 0,20 \text{ mm}^2 \quad S_2 = 0,10 \text{ mm}^2$$

$$l_1 = 100 \text{ m} \quad l_2 = 100 \text{ m}$$

$$\varphi = 1,1 \quad \varphi_2 = 1,1$$

$$R_1 = ? \quad R_2 = ?$$

$$R_1 = \frac{\varphi \cdot l_1}{S_1} = \frac{1,1 \cdot 100}{0,20} = \frac{110}{0,2} = 550 \Omega$$

$$R_2 = \frac{\varphi \cdot l_2}{S_2} = \frac{1,1 \cdot 100}{0,10} = \frac{110}{0,1} = 1100 \Omega$$

Bu sonuç bize gösteriyor ki kesit ile direnç değeri arasında ters orantı vardır. Boyu ve cinsi değişmeyen bir iletkenin kesiti artarsa direnç değeri azalır (R_1), kesit azalır direnç değeri artar (R_2).

15.1.2.3. Direnç Değerinin İletkenin Cinsi ile Değişimi

Bu değerlendirmede; boyları ve kesitleri aynı, cinsleri (özdirençleri) farklı iki iletkenin özdirençlerine göre direnç değerleri bulunarak özdirenç değişimi ile direnç değerinde oluşan fark incelenecektir.

$$S_1 = 0,20 \text{ mm}^2 \quad S_2 = 0,20 \text{ mm}^2$$

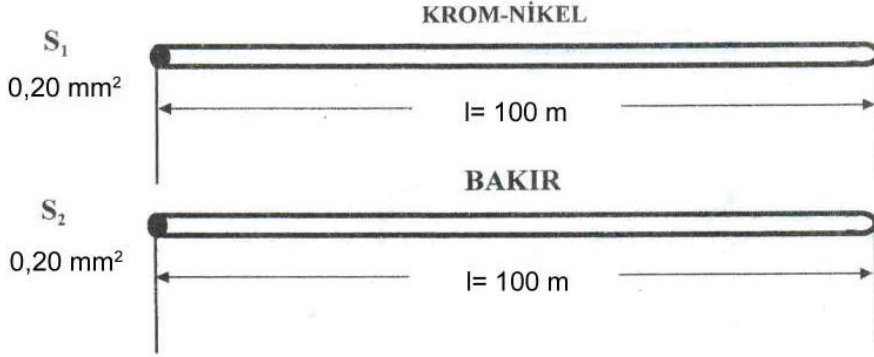
$$l_1 = 100 \text{ m} \quad l_2 = 100 \text{ m}$$

$$\varphi = 0,0178 (\text{Bakır}) \quad \varphi_2 = 1,1 (\text{Nikel})$$

$$R_1 = ? \quad R_2 = ?$$

$$R_1 = \frac{\varphi \cdot l_1}{S_1} = \frac{1,1 \cdot 100}{0,20} = \frac{110}{0,2} = 550 \Omega$$

$$R_2 = \frac{\varphi \cdot l_2}{S_2} = \frac{0,0178 \cdot 100}{0,20} = \frac{1,78}{0,2} = 8,9 \Omega$$



Şekil 15.3: Kesit ve cinsleri aynı, boyları farklı iki iletken

Bu sonuç bize gösteriyor ki iletkenin özdirenci ile direnç değeri arasında doğru orantı vardır. Boyu ve kesiti aynı olan iletkenlerden, özdirenci büyük olanın direnç değeri büyük (R_1), özdirenci küçük olanın direnç değeri küçüktür (R_2).

Tablo 15.1 de çeşitli iletkenler özdirençleri ve öziletkenlikleri verilmiştir.

İLETKEN CİNSİ	ÖZDİRENCİ(ρ) $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	ÖZİLETKENLİK(K)
BAKIR	0,0178	56
ALÜMİNYUM	0,0285	35
KROM-NİKEL	1,1	0,91
GÜMÜŞ	0,016	62,5
ÇİNKO	0,063	16

Tablo 15.1: Bazı iletkenlerin özdirenç ve öziletkenlikleri

15.1.2.4. Direncin Sıcaklıkla Değişimi

Tüm iletkenlerin dirençleri sıcaklık ile belirli bir miktar değişir. Bu değişim bazı metallerde direncin artması yönünde olurken bazı iletkenlerde de direnç değerinin azalması yönünde olur. Direncin, sıcaklık faktöründen dolayı değişmesi büyük akım değeri ile çalışan devrelerde çok önemli değildir.

Ancak özellikle elektronik devrelerde dikkate alınmalı ve dirençlerin sıcaklıktan dolayı değerindeki değişmeye bağlı olarak akımda da belirli bir miktar değişiklik olduğu unutulmamalıdır.

15.2.KATI DİRENÇLERİN ÖLÇÜLMESİ

Değer bakımından katı direnç, büyüklerine göre üçe ayrılırlar.

- Küçük değerdeki dirençler; sıfır ile bir om arasında değişen dirençten küçük değerdeki dirençler denir. Ampermetre ve şönt dirençleri, büyük güçlü dinamo endüvi dirençleri gibi...
- Orta değerdeki dirençler; 1 ilâ 100.000 om arasında değişen dirençlere denir. Uygulamada kullanılan bütün elektrik alıcılarının dirençleri bu guruba girmektedir.
- Yüksek değerdeki dirençler; 100.000 ohm'dan büyük olan dirençlere denir. Daha çok yalıtkan dirençler bu guruba girerler.

Şimdi, bu üç değerdeki dirençlerin nasıl ölçüldüğünü birkaç metotla açıklayalım. Bu ölçmelerde, iyi sıkıştırılmamış bağlantıların değme noktalarındaki dirençlerin araya girmesinden ölçmeler hatalı olur, ölçme yapanların bu hususa önemle dikkat etmeleri gerekir.

15.2.1.Ampermetre - Voltmetre Metodu ile Direnç ölçmek

Bu metodun adından da anlaşılacağı üzere devreye bir ampermetre, bir voltmetre bağlamak suretiyle, bilinmeyen R_x direncinin değerini, Ohm kanunundan faydalanarak ölçmektir.

Dirençten geçen akım, devreye bağlanan ampermetreden amper olarak, gerilim ise voltmetreden volt olarak okunur. Bu iki değerden R_x 'in direnci ohm cinsinden bulunmuş olur.

$$R_x = U/I \ (\Omega)$$

Bu ölçmede; ölçmek istediğimiz direnç, R_x direncinin değerine yakın olmakla beraber hakiki değeri değildir (yani bir hata vardır). Bu hata, her ampermetrenin bir direnci olduğu ve her voltmetrenin çalışabilmesi için bir miktar akım çekmeye ihtiyacı olduğundan ileri gelir. Diğer taraftan ölçü aletleri ne kadar hassas olursa olsunlar ve hatta okuma hatası dahi olmasa, yine ölçme hatalıdır; çünkü bağlantıda metot hatası vardır.

Onun için, ölçme yapanların bu hususa dikkat etmeleri gerekir. Bu sebepten, ampermetre - voltmetre metoduna göre direnç ölçmek için aletler devreye iki şekilde bağlanır. Ampermetre; voltmetreden önce bağlanmış ise " önce bağlama", voltmetreden sonra bağlanmış ise " sonra bağlama" yöntemi denir.

15.2.1.1.Önce bağlama

(Şekil 15.4- a) daki bağlantıda görüldüğü gibi devreye, önce ampermetre sonra voltmetre bağlanmıştır, ölçülecek direncin değeri ise:

$$R_X = \frac{U}{I_X} \text{ dir.} \quad (a)$$

Şekle dikkat edilirse ölçülmek istenen R_X direnci, voltmetre direnci ile paralel bağlı olduğu görülür. Bu sebepten ampermetre, yalnız R_X direncinden geçen akımı değil, voltmetreden geçen akımda birlikte gösterir.

$$I = I_V + I_X$$

O halde; R_X direncinden geçen gerçek akım, ampermetrenin gösterdiği değerden biraz küçüktür, yani:

$$I_X = I - I_V \quad \text{dir.} \quad (b)$$

(b) değerini (a) da yerine koyalım.

$$R_X = \frac{U}{I - I_V} \text{ olur.} \quad (c)$$

Bu formülle hesaplanan direnç; hakiki R_X direnci olduğu için, (a) da bulunan dan farklı çıkar.

Eğer, voltmetreden geçen I_V akımı bilinmiyorsa Ohm kanununa göre bunun değeri:

$$I_V = U/R_V \text{ dir.}$$

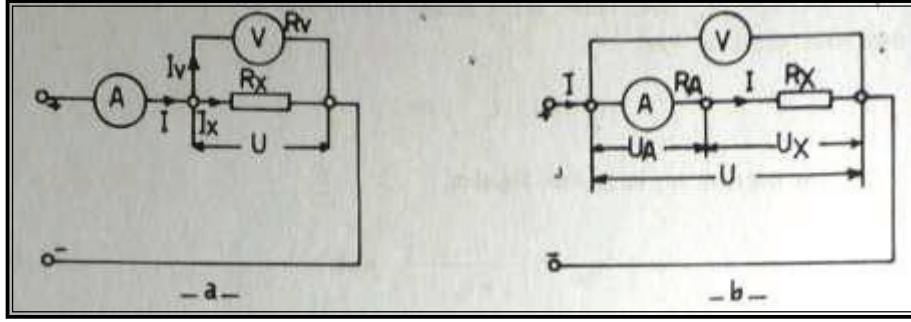
Bu değeri, (c) de yerine koyarsak R_X direncinin gerçek değerini bulmuş oluruz.

$$R_X = \frac{U}{I - \frac{U}{R_V}}$$

Bu formüldeki U ve I değeri, devredeki aletlerden okunur. M_p ise voltmetrenin iç direnci olup aletin üzerinde yazılıdır, değilse bir ommetre ile ölçülebilir.

Bu bağlantı ile ölçülecek R_X direnci, voltmetre direncinin yanında (1/100) den çok küçük ise hatada küçük olur. Yani I_V akımı, I_X akımının yanında ihmal edilebilir ($I_V \cong 0$). Bu durumda $I_X = I$ olacağından ölçülen direncin değeri de, $R_X = U/I$ formülü ile hesaplanır.

Sonuç olarak: Bu bağlantı küçük dirençlerin ölçülmesinde kullanılır (0 ilâ bir om arasında) Eğer kullanılan voltmetre elektostatik tipten ise ölçülen direnç hatasız çıkar.



Şekil 15.4 Ampermetre - voltmetre yöntemiyle direnç ölçmek.

15.2.1.2. Sonra bağlama

(Şekil: 15.4/b) deki bağlantı ile ölçülecek R_X direncinin değeri; Ohm kanununa göre:

$$R_X = \frac{U_X}{I} \quad \text{Formülü ile hesaplanır.} \quad (a)$$

Devredeki ampermetre, doğrudan doğruya R_X direncinden geçen gerçek I akımını gösterir. Voltmetre ise yalnız R_X direnci üzerinde düşen gerilimi değil, R_X direnci ile seri bağlı ampermetredeki, gerilimin düşümünü de birlikte gösterir.

$$U = U_A + U_X$$

Bu değere göre hesaplanan direnç, R_X direncinin gerçek olmayıp ampermetre direncinin değeri kadar fazla olur ($R = R_X + R_A$). Onun için, ampermetrede düşen gerilimi, voltmetreden okunan değerden çıkarmak lâzımdır. Yani,

$$U_X = U - U_A \quad (b)$$

(b) değeri, (a) da yerine konursa R_X direncinin değeri bulunmuş olur.

$$R_X = \frac{U - U_A}{I}$$


Ampermetrede düşen gerilimin Ohm kanununa göre değeri ise;

$$U_A = I \cdot R_A$$

dır. Bu değeri de (c) de yerine koyduğumuzda, R_X direncinin hakiki değerini bulmuş oluruz

$$R_X = \frac{U}{I} - R_A$$

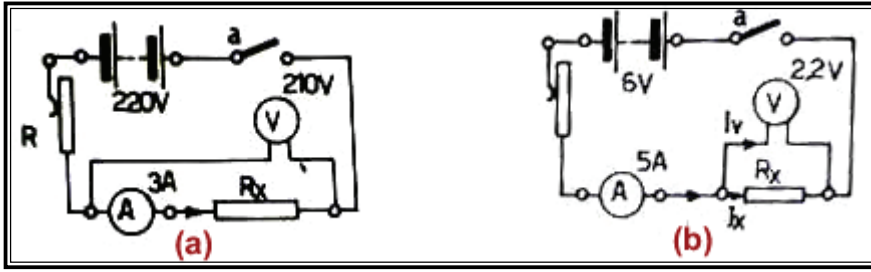
Eğer ampermetrenin R_A direnci, ölçmek istediğimiz R_X direncinin yanında (1/100 den) çok küçük ise, yani R_X direnci I_- 'nın 100 katından büyük ise böyle büyük bir değer yanında, ampermetredeki gerilim düşümü % 1 hata ile ihmal edilebilir

() yani, $U = U_X$ olur. Bu durumda aletlerde okunan değerlerden, R_X direncinin değeri bulunmuş olur.



O halde bu metot, büyük dirençlerin ölçülmesinde kullanılır.

Önce bağlama ile soma bağlama arsındaki farkı açıklayınız?



Şekil 15.5

ÖRNEK

(Şekil 15.5-a)'daki büyük değerli dirençlerin ölçülmesinde kullanılan montajı hazırlayarak bir elektrik ütüsünün dilencini hesaplayalım. Devredeki ampermetrenin direnci 0,04 ohm, 220 V'luk bir voltmetrenin direnci de 10 000 ohm olsun. Buna göre ütünün direnci ile % hata oranını bulalım.

Gerilimi, R_m sürgülü direnci ile ayarladığımızda; voltmetre 210 voltu, ampermetrede 3 A. i gösterebilir.

Bu durumda: ölçülen direnç,

$R_X = U_X/I = 210/3 = 70$ ohm 'dur. Ampermetrenin direnci dikkate alındığı zaman.

$$R_X = \frac{U}{I} - R_A, \quad 70 - 0,04 = 69,96 \Omega \text{ bulunur.}$$

Ölçüde yapılan hata değeri ise;

$$\Delta_b = \frac{70 - 69,96}{69,96} \cdot 100 = \%0,057 \text{ dir.}$$

Bulunan bu değer çok küçük olduğu için, ihmal edilebilir. Elimizdeki ütünün direncini bu kez, (Şekil 15.4- a)'daki küçük dirençlerin ölçülmesinde kullanılan bağ-

1. SINIF ELEKTRİK TESİSATÇILIĞI

ELEKTRİK MAKİNALARI VE LABORATUVARI

lantıyı kurarak ölçelim.

Aletlerde okunan değerlerle bulunan direnç:

$$R_X = U/I = 210/3 = 70 \text{ Ohm' dur.}$$

Voltmetreden geçen akımın değeri de hesaba katıldığında hakiki direnç:

$$R_X = \frac{U}{I - \frac{U}{R_V}} = \frac{210}{3 - \frac{210}{10000}} = 70,49 \Omega \text{ bulunur.}$$

Burada yapılan hata ise;

$$\Delta_b = \frac{70,49 - 70}{70,49} \cdot 100 = \%5,24$$

Yapılan % 5,24 lük hata, büyük bir değer sayılır. Onun için, büyük değerli dirençler bu montajla ölçülmez.

ÖRNEK:

(Şekil 15.5 b) deki montaj ile R_X şönt direncinin değerini ölçmek için, devreye 6 voltluk bir üreteç bağlayalım. Bu değeri ölçen voltmetrenin iç direncide, 2000 ohm olsun. Sürgülü reosta ile gerilimi ayarlayarak voltmetre 2,2 voltu, iç direnci 0,2 ohm olan ampermetrede 5 A. i gösterecek.

Bu duruma göre;

Şönt direncinin değeri: $\frac{2,2}{5} = 0,44 \Omega$ bulunur. Voltmetreden geçen I_V akımı dikkate alındığında R_X direncinin gerçek değeri;

$$R_X = \frac{U}{I - \frac{U}{R_V}} = \frac{2,2}{5 - \frac{2,2}{2000}} = \frac{2,2 \cdot 2000}{10000 - 2,2} = \frac{4400}{9997,8} = 0,44009$$

Yapılan bağıl hata:

$$\Delta_b = \frac{0,44009 - 0,44}{0,44009} \cdot 100 = \%0,020 \text{ dir.}$$

Halbuki bu direnç (Şekil: 15.4 b)' deki bağlantı ile yapılsa idi, şöntün değeri:

Ampermetre direnci ile şöntün direnci birbirlerine seri olduklarından toplam direnç $= 0,44009 + 0,2 = 0,64009 \Omega$

Voltmetrenin yine 2,2V'u gösterdiğini kabul edelim. Bu durumda ampermetreden geçen akım $= \frac{2,2}{0,64009} \cong 3,43A$. olacak ve ampermetre bu değeri gösterecek-

tir. O halde, hesabımızda şöntün değeri 0,64009 çıktı, hâlbuki şöntün hakiki değeri: 0,44009 Ω dur.

Burada yapılan hata,

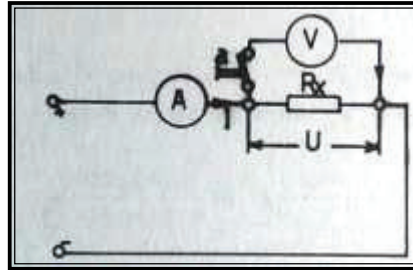
$$\Delta_b = \frac{0,64009 - 0,44009}{0,44009} \cdot 100 = \%45,44$$

Bu hata ise, oldukça büyüktür.

Özet olarak: Gerilim düşümü küçük, akım büyük ise önce bağlama, şayet gerilim düşümü büyük, akım küçük ise sonra bağlama yöntemi kullanılırsa da doğru bir ölçme için, bu yöntemler pek tavsiye edilmezler. Çünkü her iki halde de hata büyük oluyor, ölçü aletlerindeki bu hatalardan kurtulmak için (Şekil 15.6) deki bağlantı tertiplenerek aletler, ayrı ayrı kullanılır.

Voltmetre önüne konulan bir anahtar bu işi sağlar. Voltmetre anahtarı açık iken önce ampermetreden R_x direnci üzerinden geçen I akımı okunur. Sonra, voltmetre anahtarı kapatılarak R_x direnci üzerinde düşen U gerilimi okunur. Böylece R_x direncinin gerçek değeri bulunmuş olur.

$$R_x = U / I \Omega$$



Şekil 15.6

15.2.2. Ampermetre ve Voltmetre ile Direnç Ölçmek

Direnci bilinmeyen bir devrenin R_x direncini, ampermetre ve voltmetre ile ölçmek için (Şekil 15.7 a)'daki bağlantı tertiplenir. Ampermetre devrenin çekmiş olduğu I akımını, voltmetre ise devrenin P gücünü ölçer.

Ohm kanununa göre, devrenin gerilimi:

$$U = I \cdot R_x \text{ Volt (a)}$$

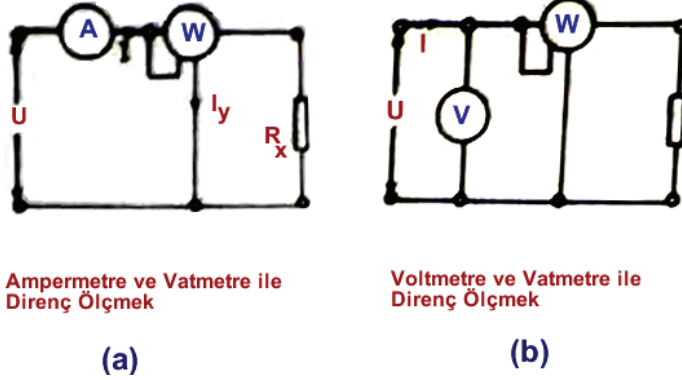
Voltmetrenin gösterdiği değer ise:

$$P = I \cdot U \text{ Vat (b)}$$

değerini, (b) de yerine koyalım.

$$P = I \cdot R_X \cdot I = I^2 \cdot R_X \text{ dir. Buradan } R_X \text{'in değeri,}$$

$$R_X = \frac{P}{I^2} \Omega \text{ bulunur.}$$



Şekil 15.7

15.2.3. Voltmetre ve Vatmetre ile Direnç ölçmek

Bu metotla da direnç ölçmek için (Şekil 15.7 b)'deki montaj kurulur. Devrenin uçları arasındaki gerilimi voltmetreden, gücünü de vatmetreden okuruz.

Ohm kanununa göre, devreden geçen akım :

$$I = U/R_X \quad (a)$$

Vatmetrenin gösterdiği değer:

$$P=U \cdot I \quad (b)$$

$$P = U \cdot \frac{U}{R_X} = \frac{U^2}{R_X} \text{ buradan, } R_X \text{ in değeri,}$$

$$R_X = \frac{U^2}{P} = \Omega \text{ bulunur.}$$

Vatmetrenin aracılığı ile direnç ölçme metodu; orta değerdeki dirençlerin kabaca ölçülmesinde kullanılır. Çünkü ölçü aletlerindeki kayıplardan dolayı araya bazı hatalar girer. Buna rağmen ölçmenin hassasiyeti aşağıdaki faktörlere bağlıdır.

- Ölçü aletlerinin duyar olmasına,
- Vatmetrenin gerilim bobininden geçen $\frac{U}{R_X}$ akımının ihmal edilecek kadar

- küçük olmasına (a bağlantısı),
- Vatmetrenin akım bobininde düşen gerilim, devre gerilimi yanında ihmal edilecek kadar küçük olmasına (b bağlantısı),
- Devre geriliminin sabit olmasına.

Wattmetre aracılığı ile direnç ölçme hangi değerdeki dirençlerde kullanılır?

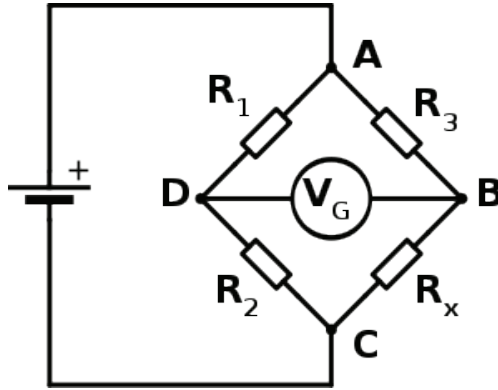
15.2.4.Köprülerle Direnç ölçmek

Değişik değerlerdeki dirençlerin, doğru olarak ölçülmesi gerektiği zaman, "ölçme köprüleri" kullanılır. Uygulamada çok kullanılan bu köprülerin en önemlileri şunlardır:

- Wheatstone (Veston) köprüsü
- Telli Veston köprüsü
- Thomson (Tomson) köprüsü

15.2.4.1.Veston köprüsü ile direnç ölçmek

Bu köprüler, daha ziyade orta değerdeki (10 ila 100 000 om arası) dirençlerin hassas olarak ölçülmesinde kullanılır.



Şekil 15.8 Veston Köprüsü

Bu sistemin esası; bilinen dirençlerle bilinmeyen direncin karşılaştırılmasıdır. Bu karşılaştırmanın yapılması için (Şekil 15,8) deki bağlantı kurulur. Bu köprü; ölçülecek R_x direnci, değerleri bilinen R_1 ve R_2 dirençleri ile her ayarda değeri okunan direnci; bir ABCD dörtgeni teşkil edecek şekilde tertiplenmiştir. Bağlantının AC

köşeleri arasına, genel olarak 4,5 V' luk bir pil bataryası ile BD arasına da bir G galvanometresi bağlanmıştır.

Galvanometre ve pil devresinde de, K_1 ve K_2 anahtarları konmuştur. K_1 ve K_2 anahtarları kapatıldığı zaman galvanometrenin göstergesi, geçen akım yönüne bağlı olarak herhangi bir yöne sapar. Bu farkı gidermek için R_1, R_2 ve R_3 direnci, değiştirilerek galvanometrenin göstergesi sıfırı gösterinceye kadar devam edilir ($I_g = 0$). Galvanometrenin sıfır göstermesinin anlamı şudur; köprü dengeye gelmiştir. Yani B ve D noktaları» eşit potansiyelde demektir.

Bu durumda:

R_1 den geçen akım, aynen R_X direncinden de geçer. Yani;

$$I_1 = I_X \quad (a)$$

Bunun gibi; R_2 direncinden I_2 akımı da, aynen R_3 direncinden de geçer.

$$\text{Yani; } I_2 = I_3 \text{ olur. } (b)$$

Diğer taraftan, AB arasındaki U_1 potansiyel farkı, AD arasındaki U_2 potansiyel farkına eşit olur. Yani;

$U_1 = U_2$ dir. (U_1 ve U_2 $U_1 = U_2$ dir. (U_1 ve U_2 'nin Ohm kanununa göre ifadesini yazalım.) (c)

$U_1 = I_1 \cdot R_1$ ve $U_2 = I_2 \cdot R_2$ $U_1 = I_1 \cdot R_1$ ve $U_2 = I_2 \cdot R_2$ bunları (c) de yerine koyalım.

$$I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2 \quad (d)$$

Bunun gibi; BC arasındaki U_X potansiyel farkı da, DC arasındaki U_3 potansiyel farkına eşittir. Yani;

$$U_X = U_3 \text{ dür. } (U_X \text{ ve } U_3 \text{ Ohm kanununa göre ifadesi ise) } (e)$$

$U_X = I_X \cdot R_X$ ve $U_3 = I_3 \cdot R_3$ $U_X = I_X \cdot R_X$ ve $U_3 = I_3 \cdot R_3$ bunları da (e) de yerine koyalım.

$$I_X \cdot R_X = I_3 \cdot R_3 \quad (f)$$

$$\frac{I_X \cdot R_X}{I_X \cdot R_X} = \frac{I_3 \cdot R_3}{I_3 \cdot R_3} \text{ in, (f) denkleminde bölümleri ile,}$$

$$\frac{R_X}{R_X} = \frac{R_3}{R_3} \text{ ve (b) eşitliğinden}$$

Bağlantısı bulunur. Buradan;

$R_X \cdot R_2 = R_1 \cdot R_3$ Bu denklemde de görüldüğü gibi köprüdeki; karşılıklı dirençlerin çarpımları, birbirine eşittir. Burada R_X arandığından

$R_X \cdot R_3 \cdot \frac{R_1}{R_2}$ bulunur.

Böyle bir köprü bağlantısı ile üç direnç bilirse, dördüncüyü bulmak mümkün olur.

Köprülerde direnç ölçmenin mantığı nedir?

- Köprülerle yapılan ölçmelerde dikkat edilecek hususlar:
- Fiş ve sürgü kısımlarının ayar esnasında iyi temas etmesi gerekir.
- Önce üreteç anahtarı kapatılır, sonra galvanometre anahtarı ölçme bitince bunun tersi yapılır.
- Dirençleri değiştirirken devreden akım geçirilmemeli.
- Kullanılan galvanometrenin iç direnci büyük olmalı.
- Dirençlerin ısınmasını önlemek için, ölçmeyi çok çabuk yapmalı.
- Bilinmeyen direnci ölçerken, köprünün dengeye getirilmesini çabuklaştırmak için, R_1/R_2 oranının bütün değerleri kullanılmalı.
- Ölçmenin hassas olup olmadığı kontrol edilmek istenirse, direnç değerleri değiştirilmeden üreteç ile galvanometrenin bağlantı köşeleri değiştirilir. Telli köprüde, bu bağlantı yerlerinin değiştirilmesi sakıncalıdır. Şayet buraya üreteç bağlanacak olursa telden ve sürgüden fazla akım geçeceğinden, sürgünün kaydırılması esnasında meydana gelebilecek ufak bir şerare temas direncini artırabilir. Onun için galvanometreyi daima, tel üzerinde kaydırılan sürgüye bağlamalıdır. Köprü dengede iken zaten bu koldan akım geçmez.

15.2.5.Ommetreler (OHM Metreler)

Doğrudan doğruya direnç ölçen ölçü aletlerine, ommetre denir. Ommetre esas itibariyle akım ölçen, döner bobinli bir ölçü aletidir. Aletin kadranı akım yerine, doğrudan doğruya direnci gösterecek şekilde Om (Ω), Kiloohm ($k\Omega$) veya megaohm ($M \Omega$) olarak bölümlendirilmiştir. Direnç ölçmede, çeşitli ommetreler kullanılırsa da uygulamada kullanılan ommetreler, genel olarak beş tiptir.

- Seri tip ommetreler
- Paralel tip ommetreler
- Veston tipi ommetreler
- Tomson tipi ommetreler
- Çapraz bobinli ommetreler

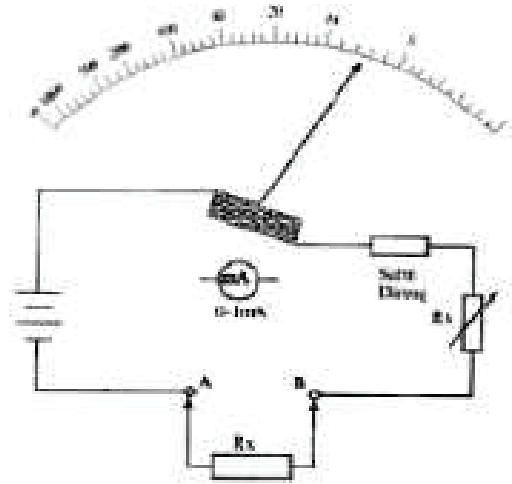
15.2.5.1.Seri tip ommetreler

En basit ommetre tipidir. Fazla doğruluk istenmeyen orta değerdeki dirençlerin kabaca ölçülmesinde, kısa ve açık devre kontrollerinde, elektrikli cihazların arızalarının tayininde çok kullanılırlar. Seri tip ommetreler, bir pil bataryası, seri bir reosta (ayar direnci) ve om taksimatlı döner bobinli bir mikro ampermetre (galvanometre) den meydana gelir. Bunlarda kullanılan gerilim kaynağı, genellikle 4,5 voltluk yassı bir pil bataryasıdır. Devredeki R_5 reostası, aletin sıfır ayarını yapmaya yarar, ölçülecek direnç, AB uçları arasında bağlanır (Şekil 15.9- b).

Devreden geçen I akım, devredeki dirençle ters orantılıdır.

$$I = E / R_S + R_X$$

R_5 direncinin değeri ayardan sonra sabit bırakıldığı için, aletin göstergesi R_X direncine bağlı olarak sapar. Bu duruma göre devreden geçen akım, bataryanın emki ile doğru, R_X direnci ile ters orantılıdır. R_X direnci küçüldükçe I akımı büyür, R_X büyüdükçe I akımı küçülür.



Şekil 15.9 Seri tip ommetre ve prensip şeması

Ölçmenin yapılışı: Ölçme yapmadan önce aletin AB uçları, direnci çok küçük bir iletkenle kısa devre edilir. Aletin göstergesi, kadran bölümlerinin sağ tarafındaki sıfır rakamını gösterecek şekilde R_5 reostası ile ayarlanır. Sonra kısa devre uçları açılıp, ölçülecek R_X direnci bağlanırsa gösterge, öncekine nispetle daha az sapar. Ve bize R_X in om cinsinden değerini doğrudan doğruya gösterir. R_X değeri ne kadar büyürse, göstergenin sapması da o nispette azalır (çünkü, geçen akım da azalmıştır). AB uçları açılırsa, devreden akım geçmediği için göstergede sol taraftaki sonsuz işareti üzerine gelir.

O halde; seri tip ommetrelerin sıfır rakamı kadranın sonunda (sağ tarafta), ∞ (sonsuz) rakamı da kadranın başında (sol taraftadır). Bu tip ommetrelerin kadran bölümlenmesi düzgün aralıklı olmayıp, kadranın başında geniş, sonsuza doğru gittikçe sıklaşır. (Şekil: 15.9- a) da seri tip bir ommetre gösterilmiştir. Seri tip ommetrelerin iç direnci ($R_i = R_s + r$), bir komütatör yardımı ile değiştirilerek, değişik kademeli ommetre yapılabilir.

Bu tip ommetrelerin bataryaları değiştirilirse, yeni batarya eskiye göre, göstergesi daha fazla saptırır. Onun için, ölçme yapmadan önce aletin uçları kısa devre edilerek, S_p reostası ile sıfır ayarını kontrol etmelidir, aksi halde ölçme hatalı olur. Alet birkaç kademeli ise, her kademe değişiminde sıfır ayarı yenilenmelidir.

15.2.5.2.Paralel (şönt) tip ommetreler

Paralel tip ommetreler daha ziyade küçük değerdeki dirençlerin ölçülmesinde kullanılır. Bu tip ommetrelerin teşkilinde kullanılan aletler bir evvelki montajdaki aletlerin aynısıdır. Yalnız ayarlı R_s ve ölçülecek R_x direnci alete, üreteçle birlikte paralel bağlanır (Şekil 15.10).

Alette okunan değerler, soldan sağa doğrudur. Yani sıfır rakamı; kadranın sol başında, sonsuz işareti ise sağ baştaadır.

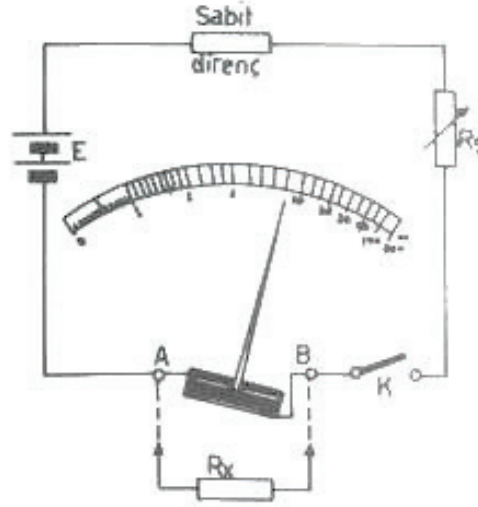
Çünkü aletle ölçme yapılmazken (AB uçları açık iken), galvanometreden azami akım geçer ve göstergede en büyük sapmayı yapar. Devreye ölçülecek direnç bağlanınca göstergenin sapma değeri azalır. R_x Direnci, sıfır değerinde ise, döner bobini kısa devre yapacağından gösterge hareket etmez, yani; sıfırı gösterir. Çünkü dış devre direnci ile aletin bobini paraleldir. Kısa devre üzerinde düşen gerilim ise sıfırdır (bobin dış devreye paralel olduğu için uçlarında sıfıra yakın gerilim bulunur). Bobinin direnci R_i

İse, üzerinden geçen akım:

$$I_V = \frac{U}{R_i} = \frac{0}{R_i} = 0 \text{ Amp olur.}$$

Paralel tip ohmmetrelerde sıfır rakamı neden kadranın sol başındadır?

Bu tip ommetrelerinde kadran taksimatı eşit aralıklı olmayıp baş tarafta geniş, sonsuza doğru aralıklar gittikçe sıklaşır.



Şekil 15.10 Paralel tip ommetre devresi

Ölçmenin yapılışı :

Aletin sıfır ayan yapıldıktan sonra ölçülecek R_x direnci AB uçları arasında bağlanıp K butonu kapatılırsa ommetre doğrudan doğruya R_x direncinin değerini gösterir. Bataryanın ömrünü uzatmak için, aletin K butonunu yalnız ölçme esnasında kapatılır ve bunlarda genellikle, 4,5 V. luk yassı bir pil bataryası kullanılır.

Paralel devreli ommetreler, çeşitli tiplerde imal edilirse de çalışma prensibi hep aynıdır.

15.2.5.3. Veston tipi ommetreler

Uygulamada direnç ölçmelerinde çok kullanılan bir ölçü aletidir. Galvanometresi, pili ve değeri bilinen standart dirençleri bir kutu içerisine yerleştirilerek portatif hale getirilmiş bir nevi telli veston köprüsüdür. Yalnız bu ölçü aletinde R_3 ve R_1/R_2 dirençlerinin ayar şekli değiştirilmiştir.

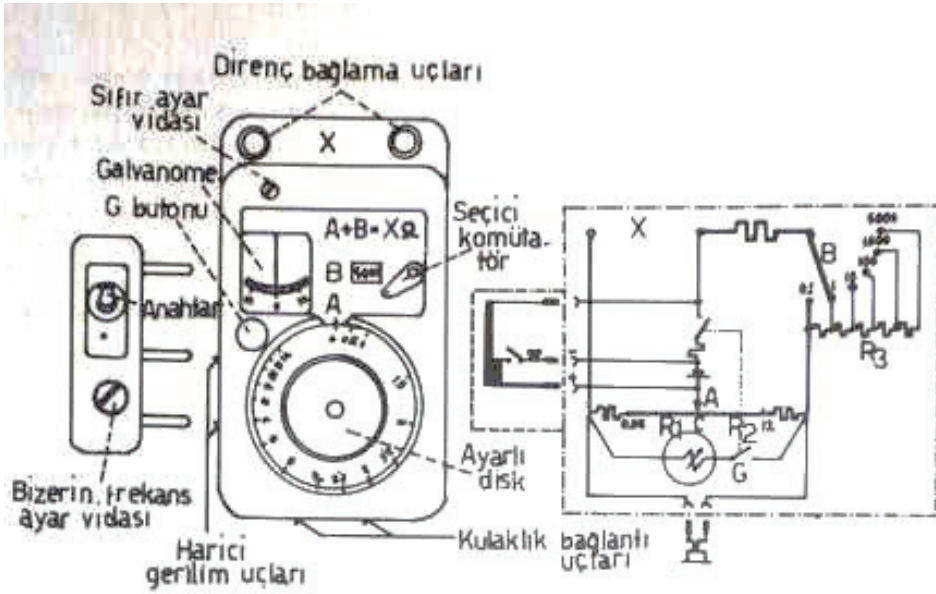
R_g direncinin ayarı fiş yerine, değeri üzerinde yazılı seçici bir komütatör anahtar ile yapılır, R_1/R_2 oranını değiştiren C kursorü ise, çevresi taksimatlandırılmış ayarlı bir diskten ibarettir. Bu aletlerle 0,05 Ω dan 60 000 Ω 'a ve hatta 11M Ω kadar olan direnç değerlerini, hiçbir tertip ve düzene lüzum görmeden, gayet kolaylıkla ölçebiliriz. Bu tip aletler genellikle 4,5 V. luk yassı bir pil bataryası ile çalışırlar ve bu batarya ekseriya aletin içinde bulunur.

Gerektiğinde dışarıdan uygulanacak gerilimlerle de çalışabilmesi için, üzerinde ve işaretli uçları dışarı çıkarılmıştır. Ayrıca bu aletlere bir kulaklık ve bir vibratör bağlanarak, alternatif akımla da ölçme yapılabilir.

Veston tipi ommetrelerle alternatif akımla ölçme nasıl yapılabilir?

(Şekil 15.11) de Norma firmasına ait böyle bir aletin, dıştan görünüşü ile iç bağlantısı görülmektedir. Bu aletle 0,08 Ω 'dan 60 000 Ω 'a kadar olan direnç değerleri ölçülebilir. R_3 dirençleri için verilen: 0,1 - 1 - 10 - 100 - 1000 ve 5000 gibi değerler, B ile gösterilen seçici bir komütatör anahtar ile değiştirilir. 0,8 den 12 e kadar bölümlendirilmiş A ayarlı diski ile de, R_1/R_2 veya oranı değiştirilir.

Bu ommetre ile ölçülen dirençlerin değerini bilmek için, köprü metotlarında olduğu gibi uzun bir hesaba gerek yoktur. $A \times B = x \Omega$ olarak, aletin üzerine pratik bir formül yazılmıştır. Bunun manası: ölçme yaparken aletin göstergesi, sıfırı gösterdiği an, A ve B de okunan iki değer in çarpımı bize ölçülen direncin değerini verir anlamındadır. Yani veston köprüsünde bulunan bağıntı, burada da aynen geçerlidir.



Şekil 15.11: Veston tipi ommetre ve iç bağlantısı.

Cihazın kullanılması:

Şimdi (Şekil 15.11) de gösterilen ommetrenin nasıl kullanıldığını kısaca açıklayalım.

- Ölçme yapmadan önce, alet göstergesinin sıfır noktasında durup durmadığına bakılır. Gösterge sıfır noktasında değilse, sıfır ayar vidası ile düzeltilir.
- B komütatörü, 5000 değeri üzerine çevrilip G butonuna basıldığında, göstergenin sona kadar sapıp saptığına bakılır. Sapmıyor ise pil bozuktur, değiştirilir.

- Ölçülecek direnç, (X) işaretli uçlara bağlanır.
- A ile B en büyük değere getirilir. Yani: A = 12 ve B = 5000 gösterecek şekilde.
- Aletin G butonuna basılıp, göstergenin saptığı tarafa bakılır. Meselâ, gösterge sağ tarafa sertçe çarpıyor ise, ölçülecek direncin değeri için B deki değer, büyük seçilmiştir. Onun için B komütatörü, kademe kademe küçültülür. Her kademe değişimin de G butonuna basılarak aletin göstergesi izlenir. Aynı zamanda her kademe değişiminde, A diski de çevrildiğinden göstergenin sıfıra gelmesi sağlanmış olur. Bu durumda A ve B de okunan değerlerin çarpımı, ölçülen direncin değerini verir.
- Bu tip ommetrelerin taşınmaları, kullanışlı olmaları ve bilhassa ölçmedeki doğruluk ve pratikliğinden laboratuvarlarda çok kullanılır. Veston tipi ommetrelerde fiziki bakımdan çeşitli şekillerde imal edilirse de çalışma ve ölçme prensipleri hep aynıdır.

15.2.5.4. Tomson tipi ommetreler

Önceden de açıkladığımız gibi küçük değerli şönt ve etalon dirençlerinin ölçülmesinde kullanılan Tomson köprüsü, kullanışlı bir muhafaza kılıf içerisine alınarak portatif hale getirilmiştir (Şekil 15.12).

Pontavi - Tomson adı verilen bu ommetrelerle çabuk ve kesin ölçmeler yapılır. Şekilde görüldüğü gibi aletin, 6 bağlantı ucu vardır. X_I ve X_E uçlarına ölçülecek X direnci, + ve - işaretli ucuna da 2 V'luk bir doğru akım kaynağı bağlanır, ölçme yapılırken alet 2,5 ampere yakın akım çeker.

W ile gösterilen seçici komütatör anahtar, 4 kademeli olup 0,001 — 0,01 — 0,1- 1 değerlerini, S ayarlı diski (kürsörü) ise 0,2 den 2,2 ye kadar bölümlendirilmiştir.

Bu ommetrenin ölçme sahası da : (00002 ile 2,2 Ω arasındadır. Aletin, Küçük bölümlerde yapılan ölçmedeki hatası \mp % 1, büyük bölümlerde ise \mp % 0,5 kadardır.

Ölçmenin yapılışı:

Ölçülecek X direnci, aletin üzerindeki X_I ve X_E işaretli uçlara bağlanır. Yalnız burada dikkat edilecek iki husus vardır. Bağlantı uçların birbirine temas etmemesi, 4 uçlu X direncinin, potansiyel klemensleri ile akım klemenslerine ait uçlarını birbirine karıştırmamak gerekir. Esas direnci ölçülecek kısmın akım klemensli uçları, X_I ye bağlanacağı yerde X_E uçlarına bağlanacak olursa ölçmede büyük hatalar olur. Ayrıca X direncinin, X_E ye bağlantısını temin eden iletkenler, gelişigüzel seçilmezler.

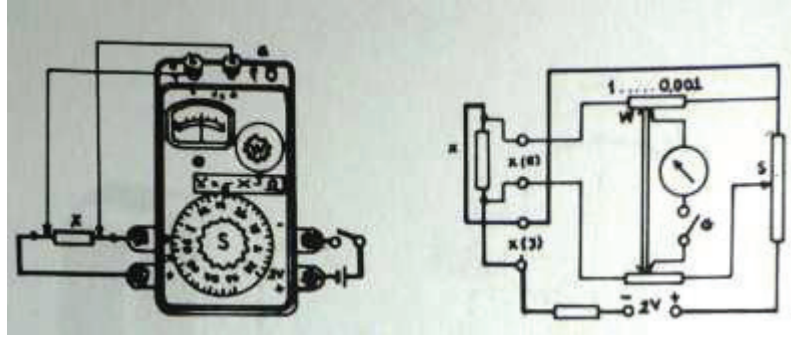
Bu irtibatlar için, özel olarak hazırlanmış direnç ve uzunlukları belli, bakır tel veya çubuklar kullanılır. Bunların boylan genel olarak; 100, 500, 1000 mm. olup, çap-

lan ise 1 ile 25 mm. arasındadır. Bu hususları dikkate aldıktan sonra G butonuna basılarak Veston tipi ommetrelerde olduğu gibi, seçici komütatör (W) ve ayarlı disks (S) ile galvanometre göstergesinin sıfıra gelmesi temin edilir.

Bu iki ayarın ölçüm sahasına giren değerlerin çarpılması ile X direncinin kıymeti bulunmuş olur. Meselâ: Köprü dengeye geldiği zaman, seçici komütatörün 0,01 rakamı ile taksimatlı diskin 1,4 rakamı ok işaretini gösteriyorsa:

$$X = 1,4 \cdot 0,01 = 0,014 \Omega$$

Bulunur. (Şekil 15.12- a)' da olduğu gibi.

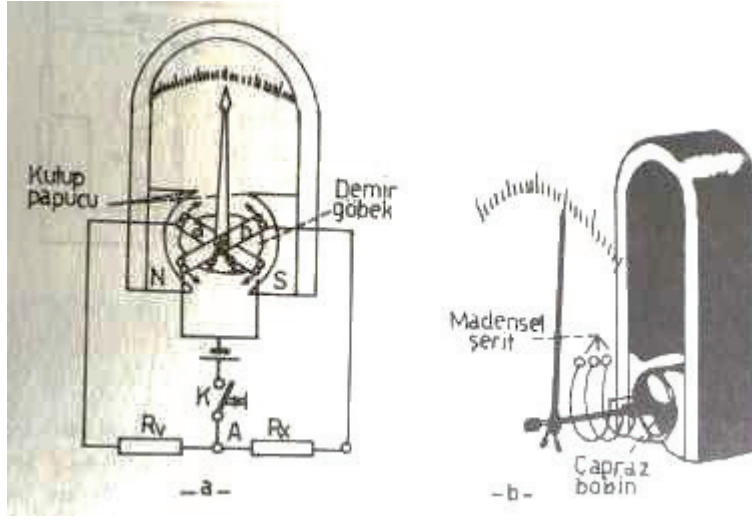


Şekil 15.12: Tomson tipi ommetre ve iç bağlantı şeması

Tomson tipi ommetrelerde ölçmenin yapılışını açıklayınız?

15.2.5.5.Çapraz bobinli ommetreler

BV aletle; 0,001 om dan 10 Mega om'a kadar direnç büyüklüklerini doğrudan doğruya ölçebiliriz. Yalnız 0,001 om'dan 100 om'a kadar dirençleri ölçmek için 2 voltluk bir pil bataryası kâfi geldiği halde 10 kiloomdan, 10 Mega om'a kadar dirençleri de ölçmek için 500 V'luk bir üreteç kullanmak gerekir.



Şekil 15.13 Çapraz bobinli ommetre.

Ölçmenin yapılışı:

Ölçmek istenilen R_X direnci, aletin AB uçlarına bağlanır. K butonuna basıldığı zaman, a ve b bobinleri, birbirlerine göre ters olduklarından meydana getirdikleri dönme momentleri de birbirine terstir. Yani a bobini sağa dönmek, b bobini sola dönmek ister. Bobinlerden, akımın geçmesi ile meydana gelen dönme momentleri, akımın şiddetine ve bobinlerin alan içinde buldukları duruma göre değişme gösterir, İki bobinin döndürme momentleri denge meydana getirdikleri anda, bu bobinlere tespitli gösterge de, kadranın belirli bir işaretini gösterir.

Üretcin emk.'i değişse bile her iki bobine de aynı derecede etki edeceğinden, bobinlerin denge durumunda bir değişiklik olmaz. Çünkü gösterge; bobinlerden geçen akımların oranına göre sapar. Bu oran ise dirençlerin oranına eşittir.

Yani; $R_X/R_V = I_V/I_X$ buradan

$$R_X = R_V \cdot I_V / I_X$$

R_V direncinin değeri sabit olduğuna göre, gösterge doğrudan doğruya R_X direncinin büyüklüğüne göre sapma yapar. Aletin kontrol yayı olmadığından, göstergenin kadran üzerinde belirli bir yeri yoktur.

Çapraz bobinli ommetreler ile ölçmenin yapılışını açıklayınız?

DEĞERLENDİRME SORULARI

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

1. () Direnç, iletkenen geçen akım miktarını etkileyen bir faktördür.
2. () Direncin üst katları küçükten büyüğe Ω , $K\Omega$, $G\Omega$, $M\Omega$ şeklindedir.
3. () Özdirenç her madde için değişken bir değerdir.
4. () Bir iletkenin yalnızca kesiti arttırılırsa direnç değeri azalır.
5. () Bir iletken tam ortadan kesilirse direnç değeri yarıya düşer.
6. () Özdirenci küçük olan maddenin direnç değeri, özdirenci büyük olana göre daha azdır.
7. () İletkenlerin direncine yalnız boyu kesiti ve cinsi etki eder.
8. () İletkenlerin direnci yalnız ohmmetre ile ölçülebilir.
9. () Ohmmetrenin pili söküldüğünde direnç ölçümü yapılabilir.
10. () Analog ohmmetrelerde direnç değeri, her zaman skaladan direkt okunarak belirlenir.
11. () Analog ohmmetrelerde kademe anahtarının olması gerekenden büyük ya da küçük kademe olması, ölçme sonucunu etkilemez.
12. () Dijital ohmmetrelerde değer ekranında 1 ifadesi varsa bu seçilen kademenin gerekenden küçük olduğunu gösterir.
13. () Dijital ölçü aletlerinde değer ekranında 0 ifadesi görüldüğünde kademe anahtarı küçültülür.