

III.5.ELEKTRİK AKIMI, DİRENÇ

III.5.01. GİRİŞ: ELEKTRİK AKIMI, AKIM ŞİDDETİ

Durgun elektrik yüklerinde gözlenmeyen bir çok olay hareketli yüklerde gözlenmektedir. Bunlar:

- 1) *Yükler ivmelenince manyetik alan doğması ,*
- 2) *İletkenin yük akışına gösterdiği direnç,*
- 3) *Hızlandırılan yüklerin enerji ışıması*

gibi olaylardır.

Akımların etkilerini inceleyebilmek amacıyla, yüklerin akış hızı olan *akım şiddeti* , iletkenin yük başına gösterdiği *direnç* ve iletkenin iki noktası arasında devamlı potansiyel farkı tutmak için yükler üzerine yapılan işin ölçüsü olan *elektro motor kuvvet* gibi yeni kavramları kullanmamız gereklidir. Ayrıca bir *direnç üzerindeki enerji kaybıda incelenecektir.*

Elektrik alanın etkisi altında kalan elektrik yükleri bir *elektrik akımı* oluşturur. Elektrik akımı farklı potansiyellerde bulunan iki cismin bir iletkenle birleştirilmesinde ortaya çıkar. Elektrik akımının,

- 1) Isıtma
- 2) Kimyasal
- 3) Manyetik etkiler

olmak üzere üç çeşit etkisi bulunmaktadır. Bir *elektrolit* ve *boşalma tüplerinde* hem artı hemde eksi serbest yükler (iyonlar) serbest olduklarından elektrik akımı, bu iyonların zıt yönde hareketlerinden doğar. Bir metal iletkendeki serbest yükler elektronlardır ve bunların akışı nedeniyle elektrik akımı doğar. Her iki haldede yüklerin akışının nedeni *elektrik alanıdır*. Bu elektrik alan, elektrolit, boşalma tüpleri ve iletken devrelerinin farklı iki noktasına bağlanan elektromotor kuvvet kaynağı olan, piller, aküler v.b, aracılığı ile elde edilir.

Genel olarak artı yüklü bir iletken eksi yüklü bir iletkene bir telle bağlanırsa, elektronlar eksi yüklü iletken den artı yüklü iletkene doğru akarlar. Oysa *akımın kabul edilen geleneksel yönü* , olarak artı yüklü parçacıkların hareket yönüdür. *Daha açık olarak ,akımın yönü,uygulanan elektrik alanının veya yüklü parçacıkların hareketini sağlayan potansiyel düşmesi yönünün aynısıdır.*

Kondansatörlerin plakalarını bir telle bağladığımızda elde edilen akım *geçici akım*'dir. Uygulanan elektrik alanın yönü hep aynı yönlü ise iletken den geçen akım hep aynı yönlü olur ve zamanla değişmez. Bu tür akıma *doğru akım* (D.A) veya *sürekli akım* adı verilir. Elektrik alanın yönü periyodik olarak değişiyorsa, yüklü parçacıkların yönleride periyodik olarak değişir ve böyle bir akıma *alternatif akım* (A. A) adı verilir.

İletkenlerde veya elektrolit tüpleri , boşalma tüplerinde akımın sürekli olabilmesi için, kutupları farklı potansiyellerde bulunan, *pil, akü ,dinamo ve alternatör* gibi elektrik üreteçlerine gereksinim vardır.

Aynı işaretli elektrik yükleri hareket ettiğinde bir akımın oluştuğu söylenir. *Belli bir S alanlı yüzeye dik olarak hareket eden yüklerin akış hızına akım denir.* Bir Δt zaman aralığında bu yüzeyden geçen yük miktarı ΔQ ise ortalama akım,

$$I_o = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (01)$$

dir. Ani akım da bu bağıntının limiti olarak

$$I = \frac{dQ}{dt} \quad (02)$$

tanımlanır.

S I birim sisteminde Q Coulomb ve t sn ile ölçüldüğünden, I akım şiddetinin birimi Amper (Amp) dir. (01) ve (02) bağıntılarındaki akım değerlerine sırasıyla ortalama akım şiddeti ve ani akım şiddeti denilir.

III.5.02. AKIM YOĞUNLUĞU, ELEKTRONLARIN İLETKEN İÇİNDEKİ ORTALAMA HIZI

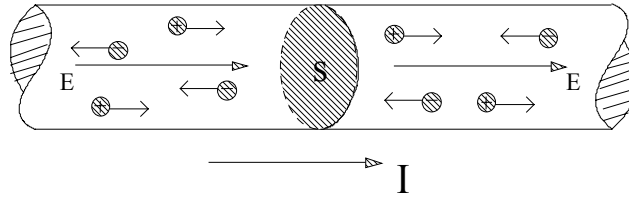
Şekil 01 'den görüleceği gibi hızları v olan yüklerin, kesiti s olan bir iletkenin m^3 başına n elektronunun olduğunu farz edelim. Yük t zamanda v hızı ile iletkenin içinde l yolu alırsa, bu iletkenin bir kesitinden geçen toplam yük

$$\Delta Q = n.e.l.s \quad (03)$$

ve akım şiddetide

$$I_o = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = n.e.v.s \quad (04)$$

dır. Burada e elektronun yükünü göstermektedir.



Şekil 01

İletkenin birim kesitinden geçen elektrik akımı şiddetine , *akım yoğunluğu* adı verilir. Buna göre akım yoğunluğu J

$$J = \frac{I}{s} = n.e.v \quad (05)$$

bağıntısıyla verilir.

İçinden akım geçen bir iletkenindeki elektronların hızını hesaplamaya çalışalım.Çapı 1 cm olan ve içinden 200 amp.lik akım geçen bir bakır iletkeni göz önüne alalım. Buna göre akım yoğunluğu

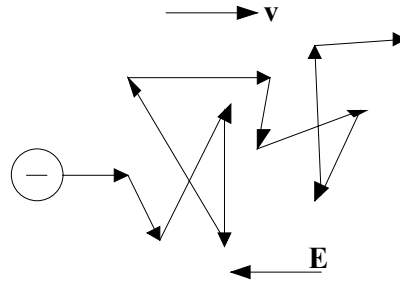
$$J = \frac{I}{s} = \frac{200}{\pi \cdot 0,005^2} = 2,54 \cdot 10^6 \text{ Amp} / \text{m}^2$$

dir. Diğer taraftan, iletken maddenin m_a atom kütlesi, ρ maddenin yoğunluğu ise hacim $V=m_a/\rho$ olacaktır. herbir madde atomunun maddeye bir serbest elektron katkıda bulunduğunu varsayarsak m^3 deki serbest elektron sayısını bulabiliriz. Örnek olarak bakır (Cu) için; N_0 Avagatro sayısı olmak üzere bir atom gram bakırda (63 , 54 gr.), $N_0 = 6, 023 \cdot 10^{23}$ adet atom vardır. Her atomda serbest bir elektron bulunduğuna göre, 1 m^3 bakırda, yani $8,89 \cdot 10^6$ gr . bakırda,

$$n = N \frac{\rho}{m} \text{ den yararlanarak}$$

$$n = 6,023 \cdot 10^{23} \frac{8,89 \cdot 10^6}{63,54} = 8,43 \cdot 10^{22} \text{ elektron/cm}^3 = 8,43 \cdot 10^{28} \text{ elek./m}^3$$

kadar serbest elektron vardır. Buna göre iletken içinde zik zak (Brown) hareketi yaparak ilerleyen elektronların (Şekil 02) ortalama hızı (sürüklenme hızı



Şekil 02

$$v = \frac{I}{n \cdot s \cdot e} = \frac{J}{n \cdot e} = \frac{2,54 \cdot 10^6}{8,43 \cdot 10^{28} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 1,9 \cdot 10^{-4} \text{ m/ sn}$$

veya yaklaşık olarak 0,02 cm/s dir.

Elektronların bir iletken içindeki hızı görüldüğü gibi oldukça küçüktür. Bu küçük hıza rağmen , anahtarı kapanır kapanmaz ampulün ışması ani olarak ortaya çıkar. Bunun nedeni ,iletkenin her yerinde serbest elektronların bulunması anahtar kapanınca elektrik alanının aniden tel boyunca yayılarak elektronları harekete geçirmesidir. Diğer taraftan *direç üzerinde potansiyel düşmesinden* yararlanılarak potansiyel bölücü cihazlar (reosta) yapılır.

III.5.03. DİRENÇ, ÖZDİRENÇ, OHM YASASI

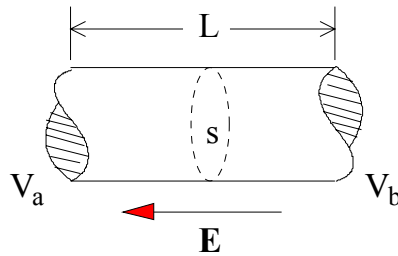
Elektrik akımını bir iletkenin içinde devamlı olarak tutabilmek için, iletkende bir elektrik alanı veya uçları arasında bir potansiyel farkının devamlı olarak olması gerekir. İletken malzemelerde, bunlara uygulanan belli bir elektrik alanı tarafından oluşturulan akım yoğunluğunun büyüklüğü, iletken malzemenin cinsine bağlıdır. Ele alınan iletkenin geçen akım I , iletkenin kesiti S ise iletkenin akım yoğunluğu $J = I / S$ olacaktır. İletkenin ele alınan kesitinden geçen elektrik alan şiddeti E ise, akım yoğunluğu elektrik alanla doğru orantılıdır. Buna göre,

$$J = \sigma \cdot E \quad (06)$$

olacaktır. Burada ki orantı sabiti σ değerine, *ele alınan malzemenin öz iletkenliği* adı verilir. Akım yoğunluğu yönü, elektrik alanla yönü ile aynı olan vektörel bir büyüklüktür, (06) bağıntısının vektörel şekli,

$$\mathbf{J} = \sigma \cdot \mathbf{E}$$

dir. Şekil 03 'den, iletkenin iki noktası arasındaki sabit potansiyel farkı V olduğuna göre, iletken boyunca sabit olan elektrik alan şiddeti $E = V / l$ olacaktır.



Şekil 03

Buna göre,

$$V = V_b - V_a = E \cdot l = \frac{J}{\sigma} l = \frac{I}{\sigma S} I \quad (07)$$

$$R = \frac{l}{\sigma S} \quad \text{alınırsa}$$

$$V = RI \quad \text{veya} \quad R = \frac{V}{I} \quad (08)$$

bulunur. Buna göre iletken parçasının elektrik akımına karşı gösterdiği direnç,

$$R = \frac{1}{\sigma} \frac{l}{s} = \rho \frac{l}{s} \quad (09)$$

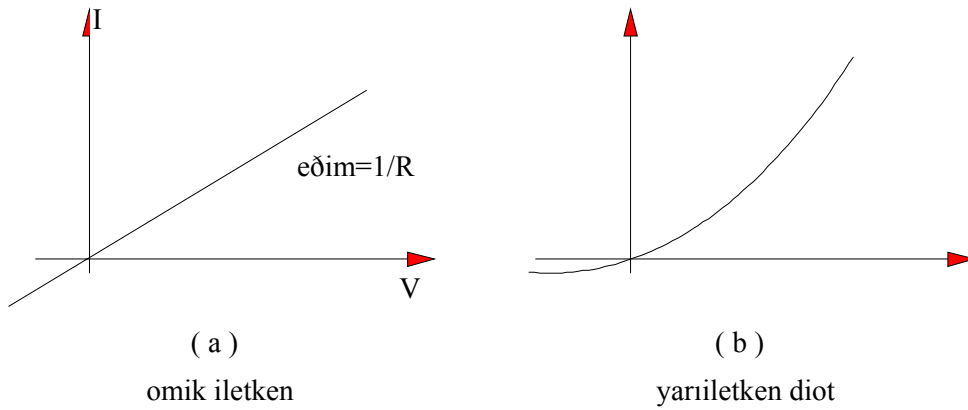
dır. $\rho = 1 / \sigma$ ya iletkenin *öz direnci* denilmektedir. Bazı maddelerin öz dirençleri 20°C deki öz dirençleri (ρ) taplo III.1 de gösterilmiştir. (0 8) bağıntısı fizikte *Ohm yasası* olarak bilinmektedir. Bu yasanın sözel açıklaması: " *Sabit sıcaklıktaki metal bir iletkenin iki noktası arasındaki potansiyel farkının, bu iletkenden geçen I akım şiddetine oranı sabittir. Bu sabite ele alınan iki nokta arasındaki parçanın R elektrik direnci adı verilir.*" Bu yasaya, birçok iletkenler, özellikle metaller geniş sıcaklık aralıklarına oldukça iyi uyarlar. Bunlara *Ohmik* iletkenler denir. Bir çok metal olmayan cisimler, özel olarak yarı iletkenler, *elektrik arki* ve *boşluk tüpleri* Ohm yasasına uymazlar. *Metal olmayan iletkenlerde akım şiddeti, potansiyel farkı ile orantılı değildir.* Örnek olarak boşluk tüplerinde, akım şiddeti ile potansiyel farkı arasındaki ilişki $I = cV^{3/2}$ gibidir.

TABLO III.1
BAZI MADELERİN ÖZDİREÇLERİ

Madde	öz direnç ($\Omega \cdot m$)	sıcaklık katsayısı $\alpha [(C^0)^{-1}]$
1. Gümüş	$1,59 \cdot 10^{-8}$	$3,80 \cdot 10^{-3}$
2. Bakır	$1,70 \cdot 10^{-8}$	$3,90 \cdot 10^{-3}$
3. Altın	$2,44 \cdot 10^{-8}$	$3,40 \cdot 10^{-3}$
4. Alüminyum	$2,82 \cdot 10^{-8}$	$3,90 \cdot 10^{-3}$
5. Tungsten	$5,60 \cdot 10^{-8}$	$4,50 \cdot 10^{-3}$
6. Demir	$10,00 \cdot 10^{-8}$	$5,00 \cdot 10^{-3}$
7. Platin	$11,00 \cdot 10^{-8}$	$3,92 \cdot 10^{-3}$
8. kurşun	$22,00 \cdot 10^{-8}$	$3,90 \cdot 10^{-3}$
9. Nikrom	$150,00 \cdot 10^{-8}$	$0,40 \cdot 10^{-3}$
10. Karbon	$3500,00 \cdot 10^{-8}$	$-0,50 \cdot 10^{-3}$
11. Germanyum	0,46	$-48,00 \cdot 10^{-3}$
12. Silisyum	640	$-75,00 \cdot 10^{-3}$
13. Cam	$10^{10} - 10^{14}$	
14. Sert plastik	$\approx 10^{13}$	
15. Kükürt	10^{15}	
16. Kuarts (erimiş)	$75 \cdot 10^{16}$	

Galen, selenyum, germanyum, silisyum, bakır oksit, demir oksit ve demir piritleri yarı iletken cisimlerdir. Bu tip iletkenler Ohm yasasına uymazlar. Bütün yarı iletkenler, n- tip ve p- tip yarı iletkenler adı altında iki grupta toplanırlar. p- tip yarı iletkenlerde (p artı demek) serbest elektronlar yoktur ve akım artı taşıyıcılarla oluşur. n-tip yarı iletkenler (n eksi demek) akım, metallerde olduğu gibi serbest elektronlarla oluşur. Yarı iletkenler her türlü elektronik alet ve cihazlarda bol miktarda kullanılır.

Şekil 4.a.b de omik bir iletkenle yarı iletken bir diot için akım voltaj eğrileri çizilmiştir.



Şekil 4.a.b

Şekil 04.a'dan görüldüğü omik iletken için akım voltaj eğrisi doğrusal (Lineer) dir ve eğim iletkenin direncini verir. Şekil 04.b'de yarıiletken için doğrusal olmayan Akım - Gerilim eğrisi gösterilmiştir. Diot ohm yasasına uymamaktadır.

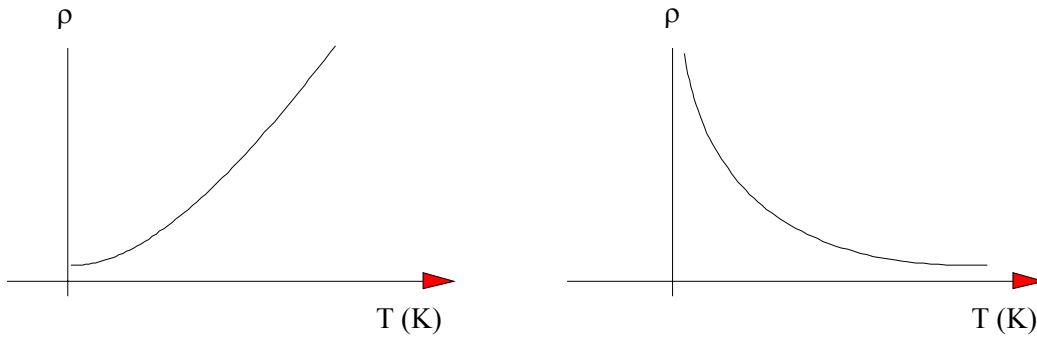
SI birim sistemine göre, (0 8) bağıntısından, V (Volt), I (Amper) ise R nin birimi Volt/Amper = Ohm olur. Direnç birimi Ohm ,Ω işareti ile gösterilir.

III. 5.04. SICAKLIĞIN DİRENCE ETKİSİ

Denklem (9) ve uygulamaların sonuçlarına göre, sabit sıcaklıktaki bir iletkenin direnci, iletkenin uzunluğu ile doğru ,kesiti ile ters orantılı olup bu da telin cinsine veya maddesine bağlıdır. Buna göre

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (10)$$

dır. Sıcaklık ve maddeye bağlı olan orantı katsayısı ρ' ya *özdirenç* adı verilmiştir. Bir metalik iletkenin direnci ve sonuçta direnci sıcaklıkla artar. Bir metal iletkene ait özdirençlerin sıcaklığa bağlı değişimi Şekil 05 'de gösterilmiştir. Burada, ρ_0 , 0°C deki özdirenç değerini ve ρ da $t^\circ\text{C}$ deki özdirenç değerini göstermektedir. Eğri sıcaklığın geniş bir aralığında doğrusal (lineer) dir ve artan sıcaklıkla ρ artmaktadır. T nin mutlak sifira ulaşması ile direnç sonlu bir ρ_0 değerine ulaşır. Şekil 05.b'de silisyum ve germanyum gibi saf bir yarıiletkenin özdirencinin sıcaklığa göre değişimi gösterilmiştir. yarıiletkenlerin özdirenci sıcaklık arttıkça azalır. Ohmik iletkenlerde ise sıcaklık arttıkça direnç artar.



Şekil 05.a.b

Şekil 05.a 'deki, özdirencin sıcaklığa göre değişimini veren eğrinin bağıntısı,

$$\rho = \rho_0 + at + bt^2 + \dots \quad (11)$$

dır. Çok büyük olmayan sıcaklıklar için t^2 terimi ihmal edilebilir ve

$$\rho = \rho_0 + at \quad (12)$$

yazılabilir. (12) bağıntısı

$$\rho = \rho_0 + \frac{\rho_0 at}{\rho_0}$$

veya

$$\sigma = \frac{a}{\rho_0} = \frac{\rho - \rho_0}{\rho_0 t}$$

şeklinde alınarak

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha t) \quad (13)$$

şekline getirilebilir. Verilen bir metalik iletkenin direnci, onun öz direnci ile orantılı olduğundan, (13) bağıntısı

$$R = R_0(1 + \alpha t) \quad (14)$$

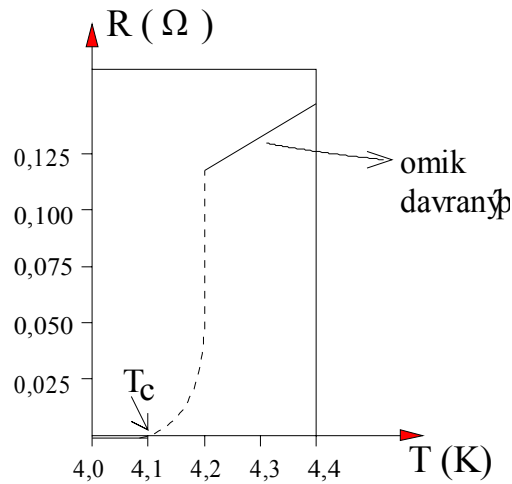
olarak yazılır. R_0 , 0°C daki direnç, R ise $t^\circ \text{C}$ deki direnç değeridir. α 'ya öz direnç sıcaklık katsayısı adı verilmektedir. α 'nın birimi $1 / ^\circ \text{C}$ ' dir. Referans sıcaklığı olarak 20°C olan oda sıcaklığı alınır, direncin herhangi bir sıcaklıktaki değeri için

$$R = R_{20} [1 + \alpha (T - T_{20})] \quad (15)$$

bağıntısı geçerlidir.

III.5.05. SÜPERİLETKENLER

Bir takım metaller ve bileşiklerin dirençleri, kritik sıcaklık (T_c) denilen belli bir sıcaklığın altında gerçek olarak sıfıra gider. Bu tür maddelere süperiletken madde adı verilir. Bir süperiletkenin direnç-sıcaklık değişimi T_c nin üzerindeki sıcaklıklarda normal bir metalinki gibidir Şekil 06. Sıcaklık T_c veya onun altındaysa öz direnç birden sıfıra düşer. Bu olay 1911 yılında Kamerlingh Onnes tarafından bulunmuştur. Örnek olarak Cıva $4,2^\circ \text{K}$ nin altında süperiletkendir. Son zamanlardaki yapılan ölçümlere göre T_c nin altında süper iletkenlerin öz dirençleri $4 \cdot 10^{-25} \Omega \cdot \text{m}$ den daha küçüktür. bu değer bakır (Cu) ın öz direncinden 10^{17} kez daha küçüktür ve pratikte sıfır



Şekil 06

olarak kabul edilebilir. Bugün binlerce süperiletken madde bilinmektedir. Çok bilinen metallerden Alüminyum, kalay, kurşun, çinko ve indiyum süperiletkenlerdir.

Süperiletkenlerin en önemli özelliklerinden biri bantlarda bir kez akım elde edildiğinde ($R \approx 0$ olduğundan) artık bu akım başka bir potansiyel farkı uygulanmaksızın devam etmektedir. Gerçektede süperiletkenlere, bu kararlı akımın hiç bir azalma göstermeden bir yıl devam ettiği gözlenmiştir.

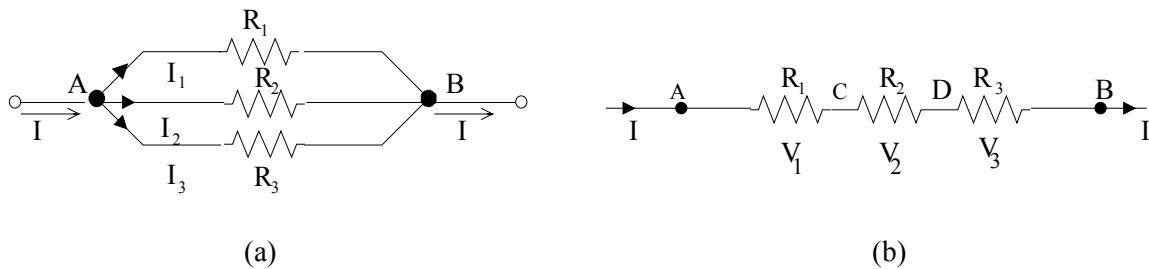
Bilim ve teknolojiye büyük bir yarış başlatan bu buluş, oda sıcaklığında bile süperiletken olan bir madde bulabilmek amacıyla binlerce araştırmacıyı bu araştırmaya yöneltmiştir. Böyle bir süperiletken madde bulunduğunda çok büyük enerji tasarrufları sağlanabilecek daha doğrusu elektriksel enerji iletiminde ve kullanımında %90'a varan verim elde edilebilecektir. ayrıca süperiletkenler normal elektromıknatıslardan yaklaşık on kat daha fazla süperiletken mıknatıslar yapılabilir. Böylece süperiletkenler enerji depolama sistemleri olarak düşünülmektedir.

III . 5 . 06. DİRENÇLERİN PARALEL VE SERİ BAĞLANMASI

Dirençlerde kondansatörlerde olduğu gibi seri ve paralel olarak bağlanırlar. Bu bağlanma sonunda bunların yerine bir tek *eşdeğer direnç* alınabilir.

1) Paralel Bağlama

İki veya daha fazla direnç, bir elektrik devresinin iki noktasına bağlandıklarında bu dirençler paralel bağlanmış olurlar (Şekil 0 7.a).



Şekil 07.a.b

Aydınlanma devrelerinde her ampul (ampul filemanı bir dirençtir.) ana şebekenin uçlarına paralel olarak bağlanır. Şekil 04.a' da görüldüğü gibi üç direnç bir devrenin A ve B uçlarına paralel olarak bağlanmışlardır. Paralel bağlamada, her direncin uçlarındaki potansiyel farkı aynıdır ve sistemin uçlarına uygulanan V_{AB} potansiyel farkına eşittir ve

$$V_{AB} = V_1 = V_2 = V_3$$

yazılır. Dış devreden geçen akım şiddeti kollardan geçen akım şiddetlerinin toplamına eşittir ve

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

dır. Buna göre ve $I = \frac{V_{AB}}{R}$, $I_1 = \frac{V_{AB}}{R_1}$, $I_2 = \frac{V_{AB}}{R_2}$ ve $I_3 = \frac{V_{AB}}{R_3}$ bağıntılarından

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = V_{AB} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

olur. Paralel bağlamanın *eşdeğer direnci* 'de

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

veya

$$\frac{1}{R} = \sum_i \frac{1}{R_i} \quad (16)$$

olarak elde edilir.

2) Seri Bağlama

Şekil 04.b' deki dirençlerin peş peşe bağlanmasına seri bağlama adı verilir. Burada üç direnç ele alınmıştır. Bu tür bağlamada her dirençten geçen akım şiddeti aynı ". $I = I_1 = I_2 = I_3$ " olacaktır. Sistemin uçları arasındaki potansiyel farkıda $V_{AB} = V_1 + V_2 + V_3$ dır . Buna göre, $V_{AB} = I R$, $V_1 = I R_1$, $V_2 = I R_2$ ve $V_3 = I R_3$ olacağından

$$V_{AB} = V_1 + V_2 + V_3 = I(R_1 + R_2 + R_3)$$

Seri bağlamanın eşdeğer direnci $R = V_{AB} / I$ olduğuna göre

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

veya

$$R = \sum_i R_i \quad (17)$$

elde edilir.

III. 5 .07 ELEKTRİK DEVRELERİNDE ENERJİ VE GÜÇ . JOULLE YASASI.

Bir iletken içindeki akımı tarif ederken,serbest elektronları hep sabit bir hızla hareket ediyormuş gibi ele almıştık.Esasında elektronlar hareket ederken bir ivme kazanırlar ve hızları zamanla artar ve bu hızlarla elektronlar duran parçacıklara çarparlar.Elektronlar bu çarpışmalar sırasında kinetik enerji kazanacaklar ve her çarpmada, kazandıkları kinetik enerjiyi çarptıkları duran parçacıklara verirler.Duran parçacıklar tarafından kazanılan bu enerji onların titreşim genliklerini artırır. Daha açık olarak bu enerji ısı enerjisine çevrilmiş olur.Bilindiği gibi ısı da bir enerji türü olup, ısı enerjisi birimi Kalori (Cal)olarak alınabilir. SI birim sistemindeki mekanik enerjiyle ısı enerjisi arasındaki bağıntı :

$$1 \text{ Cal} = 4,186 \text{ Joule} \quad (18)$$

şeklindedir ve buna *ısının mekanik eşdeğeri* adı verilir. Buna göre 4,186 J ‘lük bir mekanik veya elektrik enerjisi ısıya çevrildiğinde 1 gr. Suyun sıcaklığı 1 derece yükselecektir. SI birim sisteminde kullanıldığında ele alınan kütle kg olarak ele alındığından , 1 kCal = 4186 J değeri kullanılmalıdır.

Bir devrenin iki noktası arasına devamlı olarak potansiyel farkı uygulanmakta ve devredende geçen akım şiddeti I dir. Potansiyel farkı bulunan iki nokta arasına bir motor, direnç ,

doldurulacak bir akü veya başka bir alıcı bağlanmış bulunsun. Bu durumda bir $dQ = I dt$ elektrik yükü, yüksek potansiyelli noktadan alçak potansiyelli bir noktaya hareket ederse bu yük tarafından verilen enerji (elektrik potansiyel enerjide azalma) $V.dQ$ olacaktır. Enerjinin korunumu ilkesine göre bu elektrik enerjisi alıcıda başka bir tür enerjiye çevrilmiştir. Bir dt zaman biriminde başka enerjiye dönüşen enerji

$$dW = VdQ = VI dt \quad (19)$$

ve buna karşılık harcanan güç

$$P = \frac{dW}{dt} = VI \quad (20)$$

olacaktır. Ele alınan iki nokta arasında, bir elektrik motoru bağlanmışsa elektrik enerjisinin büyük bir kısmı *mekanik enerjiye* (motorca yapılan iş) çevrilir. Bu iki nokta arasında doldurulan bir akü varsa , elektrik enerjisi *kimyasal enerjiye* ve bu iki nokta arasında *ohmik bir direnç* varsa, elektrik enerjisi ısıya çevrilir. Bu çevrim akımın ısıtma etkisidir ve buna *Joulle etkisi* de denir. Ohm yasasına uyan bir iletkende $V = R I$ olacağından

$$dW = RI^2 dt \quad (21)$$

$$P = VI = RI^2 = \frac{V^2}{R} \quad (22)$$

elde edilir. *19 ve 20 bağıntıları bütün enerji transferlerinde kullanıldığı halde , oysa 21 ve 22 bağıntıları yalnız bir dirençte elektrik enerjisinin ısı enerjisine çevrilmesinde uygulanabilir.* Joullle yasasına göre bir telden (direnç'ten) yayılan ısı ;

$$W = R I^2 t \text{ Joule} = R I^2 t / 4,186 \text{ Cal.} = V^2 / R \text{ Joule} = V^2 / 4,186 .R \text{ Cal.} \quad (23)$$

Olur.

S I birim sisteminde; Q (C) , V (Volt) , I (Amp.) , t (sn) ve R (ohm) olduğundan, W işi (Joullle) ve P gücü (Joullle / sn = Watt) olacaktır. Elektrik enerji tüketimini hesaplamakta kullandıkları enerji birimi *kilowatt-saat*dir. Bir kilowatt-saat (kWsa), 1kW lık hızla bir saatte harcanan veya dönüştürülen enerjidir. 1kWsa,

$$1kWsa=10^3W.3600s=3,6.10^6 \text{ J}$$

dur.

III. 5 . 08 . ÖRNEK PROBLEMLER

1) Sıcaklığı $t = 0^\circ \text{C}$ iken bir iletken den geçen akım şiddeti 1,5 Amp. ve $t=200^\circ \text{C}$ iken 1 Amp.dir a - Bu iltken direncin ,özdirenç sıcaklık katsayısını bulunuz. b - Telin sıcaklığının 1250 $^\circ \text{C}$ olması için iletken den geçecek akım şiddetini hesaplayınız.

Çözüm : İletkene uygulanan potansiyel farkı sabit kalmaktadır. Buna göre,

$$R_t = \frac{V}{I} = R_0(1 + \alpha t)$$

a - 1,5 Amp. için direnç R_0 ve 1 Amp için direnç $R_0(1 + \alpha t)$ olacak ve

$$\frac{1,5}{1} = \frac{R_0(1 + \alpha t)}{R_0} = 1 + \alpha \cdot 200$$

$$\alpha = 0,0025 \text{ } 1/^\circ\text{C}$$

b- Akım şiddeti 1,5 Amp iken $R_0 = V / 1,5$ ve akım şiddeti I Amp. iken $R_0(1 + \alpha 1250) = V / I$ olacağından

$$\frac{1,5}{I} = 1 + \alpha \cdot 1250 = 1 + 0,0025 \cdot 1250$$

$$I = 0,364 \text{ Amp.}$$

2) 440 Watt'lık bir elektrik ısıtıcısı 220 volt'la çalışacak şekilde yapılmıştır. a - ısıtıcıdan geçen akım şiddetini, b - ısıtıcının direncini ve c - bir saatte yayılan ısıyı bulunuz.

Çözüm :

a- $I = \frac{P}{V} = \frac{440}{220} = 2 \text{ Amp.}$

b- $R = \frac{V}{I} = \frac{220}{2} = 110 \Omega$

c- $W = Pt = 440 \cdot 3600 = 158,4 \cdot 10^4 \text{ Joule.}$

veya

$$W = \frac{158,4 \cdot 10^4}{4,186} = 378404,2 \text{ Cal.}$$

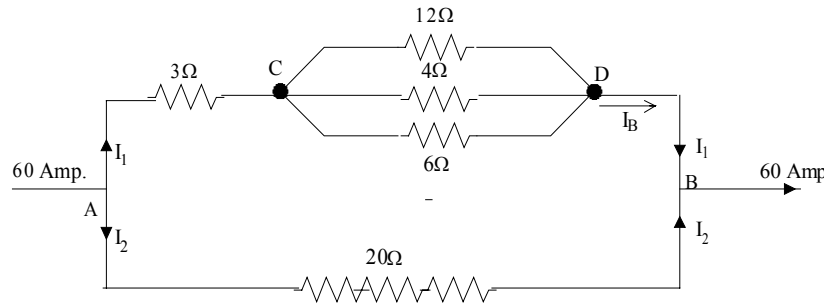
3) Şekil 0 8 'deki,

a- C D ve A B arasındaki eşdeğer direnci,

b- A B ve C D noktaları arasındaki potansiyel farklarını,

c- 6Ω 'luk dirençten geçen akım şiddetini bulunuz.

Çözüm :



Şekil 0 8

a- C D arasındaki eşdeğer direnç,

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{12} + \frac{1}{4} + \frac{1}{6} = \frac{6}{12} \quad R = \frac{12}{6} = 2\Omega$$

A B arasındaki eşdeğer direnç, üst kolun direnci $3 + 2 = 5\Omega$ ve alt kolunki 20Ω olduğundan

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{5} + \frac{1}{20} = \frac{5}{20} \quad R = \frac{20}{5} = 4\Omega \quad \text{olur.}$$

b - A B arasındaki eşdeğer direnç 4Ω olduğundan ve bu eşdeğer direkten 60 Amp. akım geçtiğine göre

$$V_{AB} = IR = 60 \cdot 4 = 240\text{Volt}$$

olur. Üst kolun eşdeğer direnci bu koldan geçen akım şiddeti $I_1 = 240 / 5 = 48\text{ Amp}$ dir. Üst koldaki 3Ω 'luk direncin uçları arasındaki potansiyel farkı

$$V_{AC} = V_{AB} - V_{CD} = 240 - 144 = 96\text{Volt}$$

olacaktır. Ayrıca CD arasındaki potansiyel farkı $V_{CD} = 2 \cdot 48 = 96\text{ Volt.}$ olarakta bulunur.

c - 6Ω 'luk dirençten geçen akım şiddeti , bu direncin uçları arasındaki potansiyel farkı 96 Volt olduğundan

$$I_6 = \frac{96}{6} = 16\text{Amp.}$$

dir.

III. 8 . 09 . PROBLEMLER

1) İletken telden 8 dakikada geçen yük miktarı 4800 Coulomb olduğuna göre, teldeki sabit akım değerini bulunuz.

Cevap : 10 Amp.

2) Bir oto aküsü tamamen boşalmadan önce, vereceği toplam yük miktarı çekilen akım şiddetine bağlı değildir. Buna göre ,40 Amp- Saat'lik bir oto aküsünden 40 satte 1 Amp.,20 saatte 2 Amp;,... lik akım çekilebilir. a - Böyle bir akünün kaç Coulomb luk yük verebileceğini, b - 5 saat süre ile vereceği akım şiddetini, c - otonun marş motoru 500 Amp. çektiğine göre dolu böyle bir akünün boşalınca kadar marş motorunu çalıştıracağı süreyi bulunuz.

Cevap : 1,44. 10^5 Coulomb

b- 8 Amp.

c - 4, 8 daki

3) Çapı 1 mm olan gümüş bir telde cm^3 başına $5,8 \cdot 10^{22}$ serbest elektron bulunmakta ve bu tel 1 saat 15 dakikada 90 C.luk yük taşımaktadır. a - telden geçen akım şiddetini b - teldeki elektronların ortalama hızlarını hesaplayınız c - Gümüşteki cm^3 başına serbest elektron sayısını hesaplayınız.

Cevap: a- 20 mAmp.

b- $2,75 \cdot 10^{-6}$ m / sn

c- III.5.02'ye bakınız.

4) Bir jenaratörün bakır olan bobinlerinin 25°C da ölçülen direnci 250Ω 'dur. Bu elektrik üreticinin çalışma sıcaklığı 90°C olunca bu bobinlerin direncini hesaplayınız.

Cevap: 314Ω .

5) İçinde 2 litre su bulunan bir su ısıtıcısı 5 dakikada içindeki suyu 20°C den kaynama noktasına kadar ısıtıyor. Besleme voltajı 220 Volt ve 1 KW - saat enerjinin fiyatı 2500 T.L'dır. a- Harcanan gücü , b - Çaydanlığın 6 defa kullanılmasındaki toplam parasal gideri c - ısıtma telinin direncini ve d - telden geçen akım şiddetini bulunuz.

Cevap : a - 2232,5 Watt.

b- 2800 T.L

c- 17,9 Ω

d- 11,2 Amp.

6) Seri bağlı üç direncin uçlarına bir potansiyel farkı uygulanınca toplam güç 10 Watt dır.Bu üç direnç paralel olarak bağlanır ve uçlarına yine aynı potansiyel farkı uygulanırsa bu seferki harcanan gücü bulunuz.

Cevap: 90 Watt

7) Uzunluğu, dik kesiti ve yarıçapı iki katına çıkarılan bir telin direnci , ilk direncine göre nasıl değişir?.

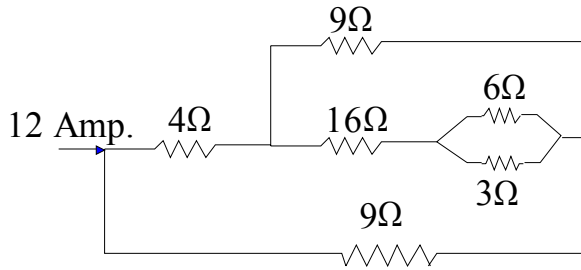
Cevap: İki katına çıkar.

Yarısına iner.

4 Kez azalır.

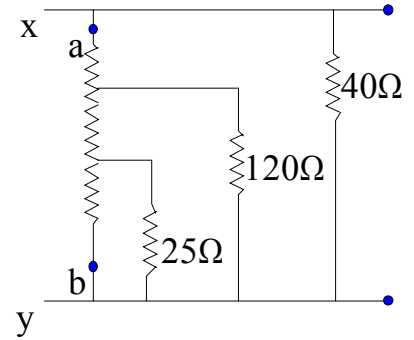
8) Şekil 06'daki devrenin eşdeğer direncini, her dirençten geçen akım şiddetini ve her direncin uçları arasındaki potansiyel farkını hesaplayınız.

Cevap: $7,5 \Omega$, $I_4 = 9 \text{ Amp}$. 36 Volt., $I_9 = 6 \text{ Amp}$. 54 Volt. , $I_{16} = 3 \text{ Amp}$, 48 Volt., $I_{16} = 3 \text{ Amp}$. 48



Volt, $I_3 = 2 \text{ Amp}$. 6 Volt , $I_{30} = 3 \text{ Amp}$. 90 Volt.

Şekil 07



Şekil 08

9) Şekil 07 'deki a ile b arasındaki direnç 300Ω dur ve bu direnç üçtebir noktalarından bağlanmıştır. a -x ile y arasındaki eşdeğer direnci bulunuz. b- x ile y arasındaki potansiyel farkı 320 Volt olduğuna göre b ile c arasındaki potansiyel farkını bulunuz.

Cevap : $R_{xy} = 32 \Omega$ b - 20 Volt.

10) 100 Watt'lık bir elektrik ampulünün 120 Volt'luk bir D.A güç şebekesindeki direncini hesaplayınız.

Cevap: 144Ω

11) Daldırmalı bir su ısıtıcısı 110 Volt uygulandığında 1000 cm^3 suyu 10 dakikada 19°C dan 99°C ye ısıtıyor. Isıtıcının direncini hesaplayınız.

Cevap: $21,8 \Omega$.

12) 40 Watt, 6 Volt'luk bir oto far ampulü 115 Voltluk bir potansiyel farkında kullanılmak isteniyor. Lambanın bozulmadan (yanmadan) bu potansiyel farkında çalışabilmesi için kendisine seri olarak kaç Ohm'luk direnç bağlanmalıdır ve bu dirençte harcanan güç ne kadardır?

Cevap: 16,35 Ω , 727 Watt.

13) Atom başına bir serbest elektron olduğunu kabul ederek altının m^3 başına düşen serbest elektron sayısını bulunuz.

Cevap: $5,9 \cdot 10^{28}$ elektron / m^3

14) Bir iletkenin geçen akım (A cinsinden) $I = 2t^2 - 3t + 7$ bağıntısına göre değişiyorsa ve t saniye cinsinden olmak üzere $t=2s$ ile $t=4s$ aralığında iletkenin kesitinden geçen yük miktarını bulun.

Cevap: 33,3 C

15) 1gr. bakırdan düzgün bir tel yapılmak istenmektedir. Bu telin direnci $R=5,0 \Omega$ olması için, a) telin boyunu b) telin çapını bulunuz.

Cevap: a) 1,82 m b) 280 μm

16) Aynı uzunlukta alüminyum ve bakır tellerin aynı dirençli oldukları bilindiğine göre bunların yarıçapları oranını bulunuz.

Cevap:

17) Hangi sıcaklıkta tungsten, 20^0C da bulunan bakırdan 4 kat daha fazla özdirence sahiptir?

Cevap: $67,6^0C$

18) 1,5 Amp lik akım çeken 300W'lık bir ısıtıcı yapılmak isteniyor bu durumdaki bobinin a) direncini bulunuz. b) kullanılan telin direnci $10^{-6} \Omega.m$ ve çapı 0,3 mm ise kullanılması gereken telin uzunluğunu hesaplayınız.

Cevap: a) 133 Ω b) 9,42 m

19) 110 Volt'luk şebekeden 1,7 Amp'lik akım çeken bir lambanın masrafını elektrik enerjisi fiyatı 6420 TL / kW ise hesaplayınız.

Cevap: 28783 TL / gün

20) Elektrikle çalışan bir oto $2 \cdot 10^7$ J'luk toplam enerjiyi 12 Volt'luk bir akü takımıyla sağlamaktadır. a:) Arabanın elektrikli motoru 8 kW'lık güç çekiyorsa motorun verdiği akımı hesaplayınız. b) Araba 72 km / saat gittiğinde elektrik motoru 8 kW çekiyorsa bu koşullarda arabanın aküleri boşalmadan gideceği yolu hesaplayınız.

Cevap: a) 667 Amp. b) 50 km