

III. 6 .ELEKTROMOTOR KUVVET VE DOĞRU AKIM DEVRELERİ.

III.6.01. ELEKTROMOTOR KUVVET VE ELEKTRİK DEVRESİ.

Bir iletken devamlı olarak akım tutabilmek için, iletkenin iki uçuna potansiyel farkı uygulanması gerekir. Bu potansiyel farkı ile oluşan elektrik alanı yükleri harekete geçirerek akımı oluşturacaktır. Diğer taraftan akımın devamı için uygulanan potansiyel farkı vasıtasıyla hareket ettirilen yüklerle iletken devamlı olarak enerji verilirse bu enerji iletken içinde " Joule ısınması ile " ısıya çevrilecektir. Bir iletken bu şekildeki ısı yayılması, geri dönüşümsüz bir işlemdir. Bu işlemde her ne kadar enerji korunursa da, yayılan bu ısının tamamının elektrik enerjisine çevrilmesi, olanaksızdır. Bu tür dönüşümsüz işlemlere *tersinmez* işlem adı verilir. *Tersinir* bir işlem ise, ard arda bir çok denge konumlarından geçen ve tersine dönülmesi mümkün olan bir işlemdir. Örnek olarak bir akü hem doldurulabilir hem de boşaltılabilir. Bir dinamo hareket ettirilirse elektrik enerjisi oluşturur veya bir motor gibi zıt yönde çalışır. Buradaki *teriyönelir* enerji dönüşümleri aşağıdaki gibi,

Elektrik Enerjisi \Leftrightarrow Kimyasal Enerji

Elektrik Enerjisi \Leftrightarrow Mekanik Enerji

dir. Bir dirençteki RI^2 şeklindeki elektrik enerjisinin ısı enerjisi şekline dönüşmesi *tersinmez* işlemdir. Elektrik enerjisi vererek bir iletkeni kolayca ısıtabiliriz fakat kapalı bir bakır halkada, bu halkayı düzgün olarak ısıtmakla bir elektrik akımı oluşturamayız.

Bir iletkende sürekli olarak akım tutabilmek amacıyla iletkenin iki noktası arasında devamlı olarak potansiyel farkı oluşturan, pil,akü ve dinamo gibi elektrik üreteçlerine, *elektromotor kuvvet (e.m.k.) kaynakları adı verilir*. Bir e.m.k. kaynağı, geleneksel akım yönüne göre, artı yükleri elektrik kuvvetlerine karşı alçak potansiyelli noktadan (e.m.k. nın - ucu), kaynak içerisinden, yüksek potansiyelli bir noktaya (e.m.k. nın + ucu) hareket ettirme işlemi yapar.Bu işlemci sanki bir su pompasına benzemektedir ve bu benzerlik nedeniyle e.m.k. kaynağına bazende *elektrik yükü pompası* denilmektedir. Buna göre,*başka bir enerji şeklini, elektrik yüklerini bir elektrik alana karşı hareket ettirmek suretiyle, elektriksel potansiyel enerjiye çeviren bir yük pompasına e.m.k. kaynağı* denir.

Bir üreticinin e.m.k. 'ı elektromotor kuvvet kaynağı tarafından artı yük taşıyıcıları üzerine yapılan dW işinin,devrenin bir kesitinden dt zamanda geçen yük ile oranına, yani

$$\varepsilon = \frac{dW}{dQ} \quad (01)$$

ye denir. SI birim sisteminde e.m.k. nın birimi *Joull / Coulumb = Volt* ' tur. *Bir üreticinin e.m.k ' i üreteç açık olarak devrede iken, yani hiçbir akım vermezken,kutupları arasındaki potansiyel farkına eşittir*. Bu potansiyel farkı üreticinin bu halde iken kutupları arasına bağlanan *voltmetre* adı verilen cihazla ölçülür. Voltmetreler, daima bir devrenin potansiyel farkı ölçülecek iki noktasına *paralel olarak bağlanarak* işlevlerini görürler.

Sürekli akım elde etmek için piller, aküler dinamolar ve alternatörler kullanılır. Devreden geçen akım hep aynı yönlü ise buna *doğru akım (D.A)* ve akımın yönü periyodik olarak değişiyorsa böyle akıma *alternatif akım (A.A)* denilmektedir. Akım şiddetleri,devrelere daima seri olarak bağlanan *ampermetre* adı verilen cihazlarla ölçülür.

(01) bağıntısından, elektrik devresinde harcanan veya üreteç tarafından oluşturulan enerji

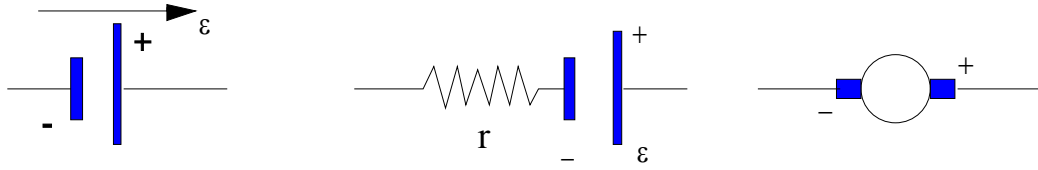
$$dW = \varepsilon . dQ = \varepsilon . I . dt \quad (02)$$

ve üreticinin gücünde

$$P = \frac{dW}{dt} = \varepsilon . I \quad (03)$$

olacaktır.

e.m.k. kaynakları Şekil 0 1 ' deki gibi gösterilirler. + işaretli uzun düşey çizgi, pilin yüksek potansiyelli + ucunu (+ kutbunu), - işaretli düşey kısa çizgide alçak potansiyelli - kutbunu gösterir. Her e.m.k kaynağının r ile gösterilen ve ihmal edilemeyen bir iç direnci vardır.



Şekil 0 1

Dış direnç diye isimlendirilen bir R direnci üretcin uçları arasına bağlandığında *kapalı elektrik devresi* elde edilir. Direnç değeri ayarlanabilen bir dirence *reosta adı verilmektedir*. Kapalı bir devrede geleneksel akım yönü bir okla gösterilir .Kapalı bir devrede e.m.k. bir üreteç gibi görev yapıyorsa ona *doğru e.m.k.* ve e.m.k kaynağı zıt yönde çalışıyorsa (elektrik motoru gibi) buna *zıt e.m.k.* denilmektedir. Zıt e.m.k nin devredeki gösterimi, devrenin geleneksel akım yönü ile ters yönlüdür.

III.6.02. KAPALI ELEKTRİK DEVRESİ VE ONUN AKIM ŞİDDETİ

Şekil 0 2'de dirençli kapalı bir devre, ayrıca direnç ve *reosta* sembolleri gösterilmiştir. Kapalı devreden geçen akım I dir. Elektrik devresinde bulunan dirençte ısı enerjisi oluşur (Bu direnç bir elektrik ampulü olabilir). Enerjinin korunumu ilkesine göre, üreteç tarafından verilen güç, dirençte Joule etkisi ile oluşan ısı enerjisi toplam gücüne ($R I^2 + r I^2$) eşit olacaktır. Buna göre

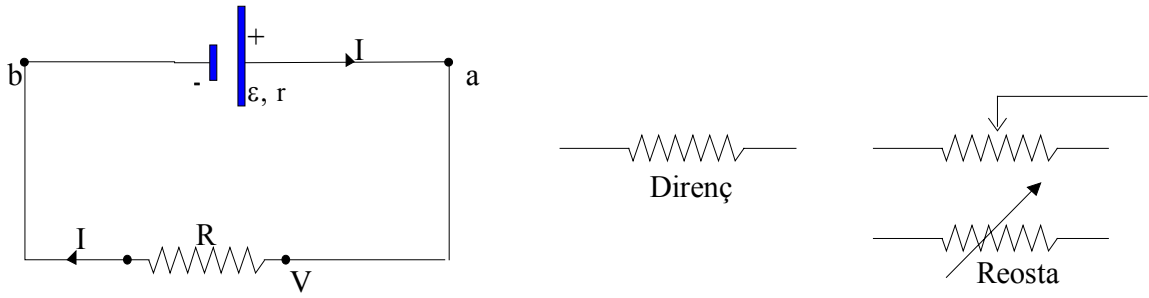
$$\varepsilon \cdot I = R \cdot I^2 + r \cdot I^2$$

ve buradan

$$\varepsilon = R \cdot I + rI = I(R + r)$$

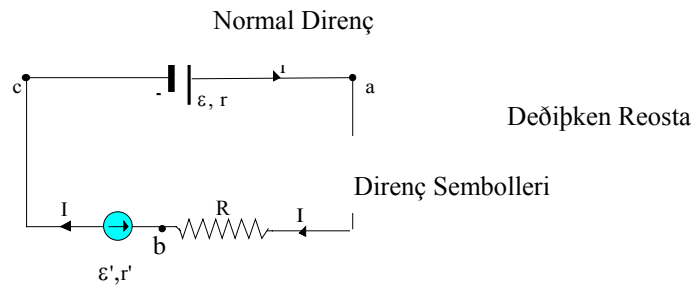
$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \quad (04)$$

elde edilir.



Şekil 0 2

Kapalı ve seri bir elektrik devresinde, bir üreteç, bir direnç ve bir motor bulunsun. Motorun, zıt e.m.k.'i ε' ile gösterelim (Şekil 03)



Şekil 03

Devredeki motor üreteç ile hareket ettirilerek motor'dan mekanik güç elde edilmektedir. Enerjinin korunumunu bu kapalı devreye uygularsak

$$\varepsilon \cdot I = \varepsilon' \cdot I + R \cdot I^2 + r \cdot I^2 + r' \cdot I^2$$

$$\varepsilon - \varepsilon' = R \cdot I + r \cdot I + r' \cdot I$$

$$I = \frac{\varepsilon - \varepsilon'}{R + r + r'} \quad (05)$$

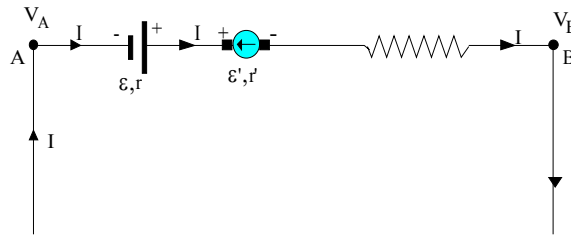
olacaktır. Tek bir kapalı seri devrede bir çok üreteç ve zıt e.m.k. 'li alıcılar varsa (05) bağıntısı genelleştirilerek

$$I = \frac{\sum \varepsilon}{\sum R} \quad (06)$$

elde edilir. Bu bağıntının kullanılabilmesi için bir işaretleme kuralı gerekir. En çok kullanılan kural, akım için bir dönme yönü seçilmesidir. Buna göre kapalı devrede akım yönünde dönülürken, bir e.m.k nin (-)kutbundan girilip (+)kutbundan çıkılıyorsa bu e.m.k. (+) tersi ise e.m.k (-) alınır.

III.6.03. BİR DEVRENİN İKİ NOKTASI ARASINDAKİ POTANSİYEL FARKI

Seri bir kapalı devrenin iki noktası arasındaki potansiyel farkını bulabilmek için bir bağıntı çıkaralım. Şekil 04'deki devrenin A ve B uçları arasında bir akım kaynağı aracılığı ile, $V_{AB} = V_A - V_B$ potansiyel farkı uygulandığında devreden geçen akım şiddeti I olsun. Devrede bir doğru e.m.k kaynağı (üreteç), bir zıt e.m.k kaynağı (mekanik güç veren elektrik motoru) ve Ohmik R direnci bulunsun. Bu devre parçasına verilen güç, devreyi besleyen kaynağın verdiği $V_{AB} \cdot I$ gücü ile geçen akımla aynı yönlü olan üretecin verdiği εI gücünün toplamına eşit olacaktır. Devrede harcanan güçte, $\varepsilon I + R I^2 + r I^2 + r' I^2$ olacaktır. Enerjinin korunumuna göre



Şekil 0 4

$$V_{AB} \cdot I + \varepsilon \cdot I = \varepsilon' \cdot I + (R + r + r') \cdot I^2$$

$$V_{AB} + \varepsilon = \varepsilon' + (R + r + r') \cdot I$$

ve

$$V_{AB} = \sum R \cdot I - \sum \varepsilon \quad (07)$$

bulunur. Bu ifade kullanılırken işaretleme kuralına uyulmalıdır. A dan B ye giden akım yönü daima artı alınmalı ve buna göre akım e.m.k.nın eksi kutbundan girip (+) kutbundan çıkılıyorsa, e.m.k. (+) , tersi ise e.m.k. eksi alınmalıdır.

III.6.04. BİR E.M.K KAYNAĞININ KUTUPLARI ARASINDA POTANSİYEL FARKI

Şekil 0 5 deki gibi, a ve b noktaları, e.m.k. kaynağının uçları olduna göre bu iki nokta arasındaki potansiyel farkı (07) bağıntısının özel şekli kullanılarak bulunur. Şekle göre akımın yönü için iki olası hal vardır, yani akım e.m.k. ile aynı yönlü veya zıt yönlü olabilir. A noktası daima e.m.k.nin (+) kutbunu B noktası'da daima (-) kutbunu gösterebilir. Buna göre Şekil 05. (a) .da, hem ε , hemde I negatiftirler ve

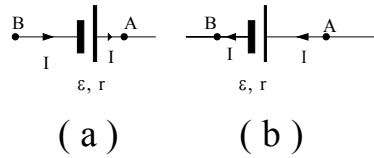
$$V_{AB} = V = \sum R.I - \sum \varepsilon \quad (08)$$

dir. Şekil 05. (b)'de, ε negatif fakat I pozitifdir. O halde

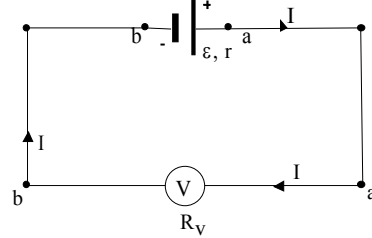
$$V_{AB} = V = r.I - (-\varepsilon) = \varepsilon + r.I \quad (09)$$

olacaktır.

Şekil 0 6 deki gibi bir e.m.k. kaynağının uçlarına paralel olarak bağlanan, direnci R_v olan bir voltmetre ile bu uçlar arasındaki potansiyel farkı ölçülebilir.



Şekil 05 a,b



Şekil 06

Şekil 06'daki kapalı devreden geçen akım şiddeti değeri

$$I = \frac{\varepsilon}{R_y + r}$$

ve kutuplar arasındaki potansiyel farkı da

$$V_{AB} = \varepsilon - r \left(\frac{\varepsilon}{R_y + r} \right) = \varepsilon \left(1 - \frac{r}{R_y + r} \right) \quad (10)$$

olacaktır. Eğer $R_v \gg r$ ise parantez içindeki terim bire çok yakındır ve *voltmetre*'de okunan değer (V_{AB}) hemen hemen üreticinin e.m.k.' sine eşittir. Dolayısıyla voltmetrelerin yüksek dirençli aletler olmasının nedeni anlaşılmış olur. Diğer taraftan, *kapalı bir devredeki üreticinin uçları arasındaki potansiyel farkı daima üreticinin e.m.k.'sinden küçüktür böylece bu üreticinin e.m.k'si üreticinin devrede değilken, uçlarına paralel olarak bağlanan voltmetre ile ölçülür.*

III.6.05. ELEKTRİK ŞEBEKELERİ. KİRCHHOFF YASALARI

Birden fazla devrenin oluşturduğu kolları üzerinde e.m.k. kaynakları ve dirençler bulunduran karışık elektrik devresine elektrik şebekesi (elektrik ağı) denilmektedir. Şebekede üç veya daha fazla iletkenin birleştiği noktaya da *düğüm noktası* denilmektedir. Böyle karışık bir devrenin incelenmesi, çeşitli kollardan geçen akım şiddetlerinin hesaplanması sadece Ohm yasasının uygulanması ile bulunamaz. Bu nedenle 1845 yılında Alman fizikçi G.H Kirchhoff tarafından kendi adı ile anılan iki yasa geliştirmiştir.

Kirchhoff'un Birinci yasası: Bir şebekenin herhangi bir noktasına doğru gelen akımların cebirsel toplamı sıfırdır.

$$\sum I = 0 \quad (11)$$

Kirchhoff'un İkinci yasası : Bir şebekenin herhangi bir kapalı devresindeki e.m.k.'lerin cebirsel toplamı ,aynı kapalı devredeki R.I çarpımlarının cebirsel toplamına eşittir.

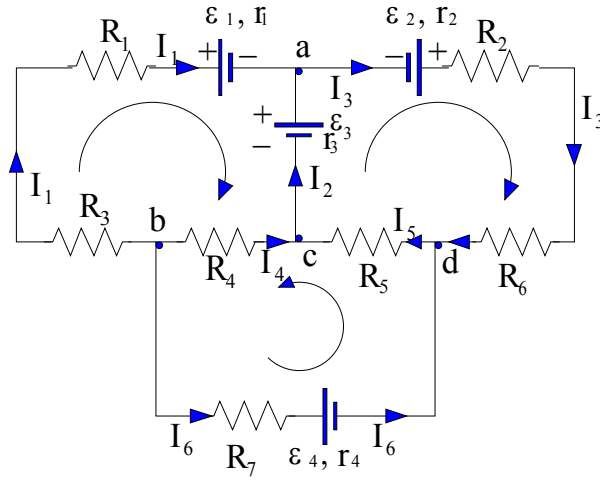
$$\sum \varepsilon = \sum R.I \quad (12)$$

Birinci yasa, bir düğüm noktasına gelen akım şiddetleri toplamının bu noktadan ayrılan akım şiddetleri toplamına eşit olduğunu belirtir. İkinci yasa ise, bir kapalı devrenin her hangi bir noktasından hareketle bu devre çevresinde dolaşıldıktan sonra aynı noktaya gelinirse, e.m.k.'lerin cebirsel toplamını devrenin dirençleri boyunca olan potansiyel düşmelerinin cebirsel toplamına eşit olacağını belirtir. Bu tanımlama enerjinin korunumunu içermektedir.

Kirchhoff yasalarını uygularken; ilk yapılacak iş, şebekedeki bilinmeyen bütün akımlara ve e.m.k.lara cinslerine uygun keyfi bir harf ve yön vermek ve bunları şebekenin şeması üzerinde belirtmektir. Şebekeye ait kapalı devrelerin her birinde yine keyfi olarak saat ibreleri yönünde veya tersinde bir dolanma yönü seçilir. Bu gözün çevresinde tam dolanmada seçilen yönle aynı

olan akım şiddetleri (+) , zıt yönde olanlarda (-) olarak seçilir. Bu dolanmada bir e.m.k. kaynağının *eksi* kutbundan girilip (+) kutbundan çıkılırsa bu e.m.k. (+) alınır, (+) kutbundan girilip (-) kutbundan çıkılırsa e.m.k. (-) alınır. Bütün bunlardan sonra Kirchoff'un birinci ve ikinci yasaları uygulanarak çözüme gidilir. Bir şebekede n tane düğüm noktası varsa matematiksel olarak bunlardan (n - 1) tanesine Kirchoff'un birinci yasası uygulanır. Yapılan hesaplamalar sonunda birçok yön keyfi seçildiğinden, örnek olarak akım şiddeti eksi olarak çıkabilir, buna göre keyfi olarak seçtiğimiz akım yönüne göre, gerçek akım yönü zıttır fakat sayısal değerimiz doğrudur.

Bu bilgilerimize göre bir örnek olmak üzere Şekil 07 deki şebekenin kollarından geçen akım şiddeti değerlerini hesaplıyalım.



Şekil 0 7

Bunun için bilinmeyen akımlardan her birine bir yön ve harf konur. Burda kabul edilen yönler tamamen keyfidir. Şebekenin sol üst kapalı devresi (gözü) için saat ibreleri yönünde bir dönme yönü, sağ göz için saat ibreleri yönünde bir dönme yönü ve alt göz içinde saat ibrelerinin tersi yönünde bir dönme yönü seçelim. Şekil 0 7 'de düğüm noktaları a.b.c ve d ile gösterilmiştir ve d noktasını kurala göre ele almassak

$$\text{a noktası için,} \quad I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

$$\text{b noktası için} \quad -I_1 - I_4 - I_6 = 0$$

$$\text{c noktası için} \quad I_4 + I_5 - I_2 = 0$$

bağıntılarını birinci yasaya göre yazabiliriz.

İkinci yasayı sırasıyla, sol üst göze, sağ üst göze ve alt göze uygularsak

$$-\varepsilon_1 - \varepsilon_3 = I_1 R_1 + I_1 r_1 - I_2 r_5 - I_4 R_4 + I_1 R_3$$

$$+\varepsilon_2 + \varepsilon_3 = I_3 r_2 + I_3 R_2 + I_3 R_6 + I_5 R_5 + I_2 r_3$$

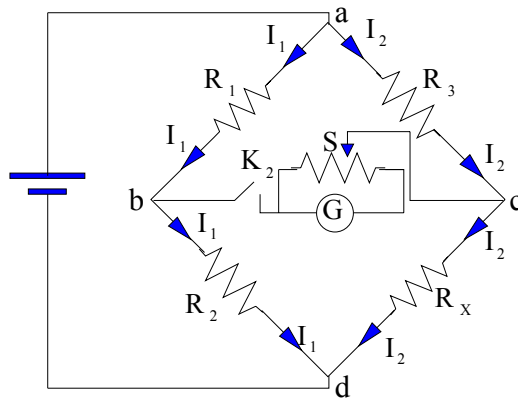
$$-\varepsilon_4 = -I_4 R_4 + I_5 R_5 + I_6 r_4 + I_6 R_7$$

yazılır. Bu şekilde altı bilinmeyene karşılık altı denklem elde ederiz. Bu denklemlerin çözümünden akım şiddetlerinin bilinmeyen değerleri hesaplanabilir. Altı bilinmeyen hepsinin akım şiddeti olması gerekmez, dördü akım şiddeti ve ikisi de e.m.k. değerleride olabilir.

III.6.06. WHEATSTONE KÖPRÜSÜ

Şekil 0 8'de gösterilen Wheatstone köprüsü devresi, bilinmeyen dirençlerin ölçülmesinde kullanılır. R_1, R_2 ve R_3 dirençleri daha önceden bilinen ve ayarlanmış olan dirençlerdir. R_x bilinmeyen dirençtir. Köprü kullanılırken K_1 ve K_2 anahtarları kapatılırlar ve R_3 direnci, (G) galvanometresi hiç sapma göstermeyinceye kadar ayarlanır. Bu anda $V_{ab} = V_{ac}$ ve $V_{bd} = V_{cd}$ olacaktır. Galvanometreden hiç akım geçmediğine göre (geçen akım sıfır), R_1 den geçen akım şiddeti, R_2 'den geçen akım şiddetiyle aynıdır (I_1) ve R_3 ' den geçen akım şiddetide R_x ' den geçenle aynıdır (I_2).

Şekil 0 8



$V_{ab} = V_{ac}$ olduğundan

$$I_1 R_1 = I_2 R_3$$

$V_{bd} = V_{cd}$ olduğundan

$$I_1 R_2 = I_2 R_x$$

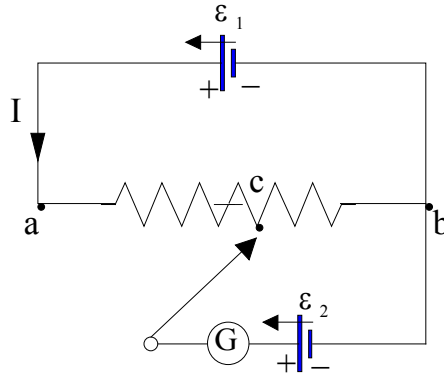
olacaktır. Bu iki bağıntı oranlanırsa

$$R_x = \frac{R_2}{R_1} \cdot R_3 \quad (13)$$

bulunur.

III.6.07. POTANSİYOMETRE

Potansiyometre, kaynaktan hiç bir akım çekilmeksizin bir kaynağın e.m.k.'ni ölçmek için kullanılan bir alettir. Potansiyometreler elektrik ve elektronik devrelerde çeşitli amaçlar için kullanılırlar. Potansiyometre bilinmeyen bir potansiyel farkını, bir potansiyel farkına karşı dengeler ve ölçebilir. Potansiyometre şematik olarak Şekil 09'da gösterilmiştir.



Şekil 09

Dirençli bir a b teli ε_1 e.m.k. li bir kaynağın kutuplarına devamlı şekilde bağlıdır. Bir c ayar kontağı, G galvanometresi arasından, ε_2 e.m.k. 'i ölçülecek olan ikinci bir pile bağlıdır. c kontağı, tel üzerinde hareket ettirilerek galvanometrenin sapma göstermediği konum elde edilir. Bu konum için $V_{ab} > \varepsilon_2$ veya $V_{ab} = \varepsilon_2$ olmalıdır. Alt kolda bir akım olmadığını düşünerek, V_{cb} 'yi üst yol ve alt yol için yazarsak

üst yol

$$V_{cb} = I \cdot R_{cb}$$

alt yol

$$V_{cb} = \varepsilon_2$$

elde edilir. Buna göre $I \cdot R_{cb}$ tam olarak ε_2 'ye eşittir. Devreden geçen akım I ve R_{cb} direnç değeri bilinirse ε_2 e.m.k.' i hesaplanır. Yüksek duyarlı (prezisyon'lu) potansiyometrelerle 10^{-6} V.'a kadar okunabilir.

III.6.08. RC DEVRELERİ

Şekil 10. daki RC devresinde anahtar kapatılınca kondansatör ani olarak dolmaz, kendi sığasına ve devrede bulunan direncin değerine bağlı bir hızla dolar. Şekil 10.da seri bağlı direnç ve kondansatör'lü (RC) devresinde a ve b uçlarına V_{ab} potansiyel farkı uygulanmıştır. Devredeki S anahtarı kapatılınca, belli bir zaman sonunda devreden geçen ani akım I , kondansatörün yükü de q olacaktır. a ve b noktaları arasındaki potansiyel farkı ve diğer ilişkiler

$$V_{ab} = V_{ad} + V_{db}$$

$$I = \frac{dq}{dt} \quad V_{ad} = \frac{q}{C} \quad V_{db} = IR$$

şeklindedir. Burada q ve I kondansatör yüklenirken yük ve akımın ani değerleridir. Son bağıntılardan

$$IR + \frac{q}{C} = V_{ab} \quad (14)$$

$$I + \frac{q}{RC} - \frac{V_{ab}}{R} = 0$$

$$\frac{dq}{dt} + \frac{q}{RC} - \frac{V_{ab}}{R} = 0$$

şeklinde yazılabilir. Bağıntı (14)'e göre akımın devredeki başlangıç değerini ve kondansatördeki maksimum yükü bulabiliriz. Anahtar kapanınca

$$I_0 = \frac{V_{ab}}{R} \quad (t = 0 \text{ da akım}) \quad (15)$$

akımın başlangıç değerini, yani maksimum değerini buluruz. Kondansatör q yüküyle yüklendikten sonra yük akışı durur, yani $I = 0$ olur ve bağıntı (14) bu durumda

$$q = V_{ab} C \quad (16)$$

olur.

Ayrıca (14) eşitliğinin t ye göre türevi alınırsa, V_{ab} sabit olduğundan $d V_{ab} / dt = 0$ olur ve böylece

$$\frac{d}{dt} \left(V_{ab} - \frac{q}{C} - RI \right) = 0$$

$$0 - \frac{1}{C} \frac{dq}{dt} - R \frac{dI}{dt} = 0$$

bulunur. $I = \frac{dq}{dt}$ olduğundan, yukardaki ifade son olarak aşağıdaki gibi düzenlenir ve

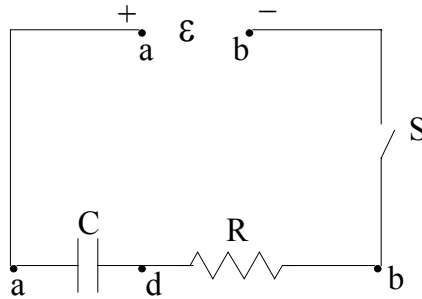
$$\frac{dI}{dt} = -\frac{1}{RC} I$$

olarak yazılır. son olarak (R ve C sabit değerler.) $t = 0$ ve $I = 0$ başlangıç şartlarını kullanırsak

$$\int_{I_0}^I \frac{dI}{I} = \frac{1}{RC} \int_0^t dt$$

$$I = I_0 e^{-\frac{t}{RC}} = \frac{V_{ab}}{R} e^{-\frac{t}{RC}} \quad (17)$$

şeklinde RC devresindeki akım değişimini veren bağıntı bulunur.



Şekil 10

kondansatörün üzerindeki yükün zamanın fonksiyonu olarak bulmak için (15) bağıntısında I yerine dq/dt konulursa

$$\frac{dq}{dt} = \frac{V_{ab}}{R} \quad \text{ve} \quad dq = \frac{q}{RC} dt$$

olur. Burada $t = 0$ da $q = 0$ olduğundan

$$\int_{Q_0}^Q \frac{dq}{q} = \frac{1}{RC} \int_0^t dt$$

$$Q = Q_0(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \quad Q = V_{ab}C(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \quad (18)$$

Konsansatörün tam yükü Q olduğunda, $Q = V_{ab}C$ olacaktır. Buna göre son bağıntı

$$q = Q(1 - e^{-t/RC}) \quad (18.a)$$

olarak yazılabilir.

(18.a) bağıntısının zamana göre değişimi Şekil 11.a'da gösterilmiştir. Burada kondansatör tam dolu Q yükü değerine sonsuz bir zaman sonra yaklaşabilecektir. Bununla birlikte, yükün son değerinin belirli bir kesrini alması için geçecek zaman oldukça belirgindir ve pratikte R ve C nin seçilen değerlerine göre yükün son değerine varılması için gerekli zaman çok kısadır.

Son Q yükü ile herhangi bir t anındaki q yükü arasındaki fark (18.a) bağıntısına göre

$$Q - q = Q e^{-t/RC}$$

olacaktır. Bağıntılardaki $R.C$ çarpımının zaman boyutunda olması gereklidir (çünkü boyutlu üstel terim olamaz) ve buda ancak $t = R.C$ olması ile mümkündür. Son bağıntıda $Q - q = Q/e$ yazarsak $t = R.C$ olduğunu görürüz, daha açık olarak $R.C$ çarpımı, kondansatördeki yükün, onun tam dolu son yükü değerinin $1/e$ ($1/2,71 = 0,363$) katı kadar bir değere çıkması için gerekli zamanı eşittir. RC 'ye *zaman sabiti* denilmektedir.

$R.C$ devresinde, direnç değeri büyük olduğunda $\tau = R.C$ zamanı uzun, direnç değeri küçük olduğunda bu zaman kısa olacaktır ve (18.a) bağıntısına göre R küçük olunca q değeri son yük Q

değerine çabuk yükselecek, R büyük olunca yavaş yükselecektir. Örnek olarak, $C = 1 \mu F = 10^{-6} F$ ve $R = 1 M \Omega = 10^6 \Omega$ luk bir R C devresinin zaman sabiti

$$RC = 10^6 \cdot 10^{-6} = 1s$$

dir, daha açık olarak kondansatör 1 sn'de son yük değerinin ($1 - 0,369$) veya yaklaşık % 63 'ünü kazanır. Eğer sığa aynı fakat $R = 1000 \Omega$ ise

$$RC = 0,001 s$$

olacaktır (Şekil 11.b)

(17) bağıntısına göre, $t = 0$ anındaki başlangıç yük akımı, devrede yalnızca direnç varkenki ile aynıdır ve akımın zamanla azalma şekli, yükün artma şekliyle aynı olup zaman sabitesine eşit bir zaman sonra ilk değerinin $1/e$ katına düşer.

Yüklü kondansatör devreden çıkarılır ve uçları, bir R direnci arasından birbirine bağlanırsa, bir t zaman sonunda levhalardan birinde kalan yük q , Q ilk yük olduğuna göre

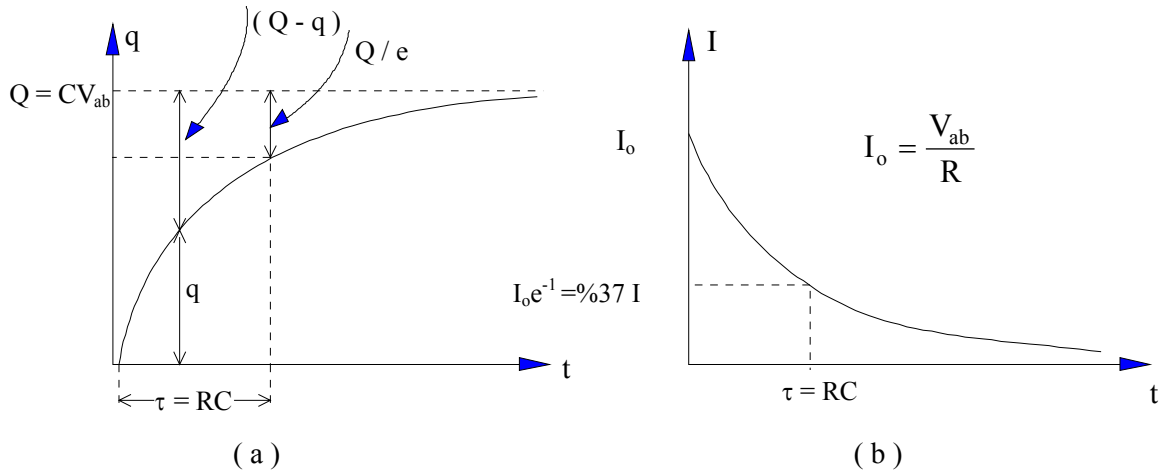
$$q = Q e^{-t/RC}$$

olur. Kondansatörün levhaları arasındaki ilk potansiyel farkı V_{ab} ise, kondansatörün boşalma akımı (17) eşitliğine göre

$$I = I_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$I = \frac{V_{ab}}{R} \cdot e^{-t/RC}$$

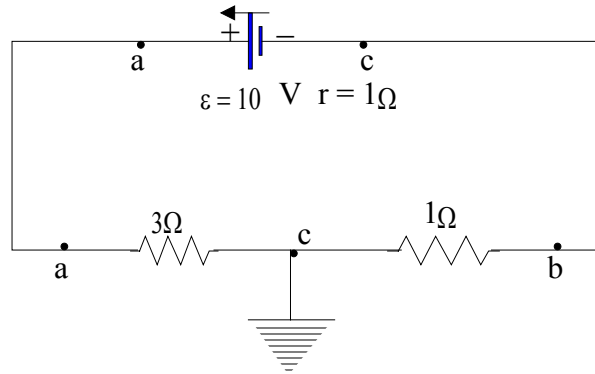
dır. Bağıntı 18.a ya göre şekil 11.a'da kondansatör yükünün zamana göre değişimi gösterilmiştir. Burada τ zaman sabiti kadar süre sonra CV_{ab} maksimum değerinin %63'ü olur. Yük maksimum değerine t sonsuza giderken yaklaşır. Şekil 11.b'de RC devresinin (17) bağıntısına göre akımın zamana göre değişimi gösterilmiştir. Akım $t=0$ da $I_0 = V_{ab}/R$ maksimum değerini alır ve t sonsuza yaklaşırken üstel (exponansiyel) olarak sifira düşer. Bir τ zaman sabiti süre sonra akım ilk değerinin %37 sine düşer. Şekil 11.b



Şekil 11.a.b

III.6.09. ÖRNEK PROBLEMLER

1) Pratik bakımdan bütün elektrik davrelerinde, gerek enerji dağıtım şebekelerinde gerekse radyo, televizyon gibi küçük ünitelerde, devrenin bir veya birkaç noktası, yere (toprak) 'a bağlanır. Potansiyel tanımındaki referans noktasının sonsuzda alınmasına karşılık, devreler incelendiğinde toprağa bağlanmış noktaların potansiyelleri sıfır kabul edilir ve devrenin bir başka noktasının potansiyelide buna göre belirlenir. Şekil 12'deki b noktası toprağa bağlandığına göre a ve c noktalarının potansiyelleri hesaplayınız.



Şekil 12

Çözüm : Devreden geçen akım saat ibreleri ile ters yönlüdür. Buna göre akım şiddeti

$$I = \frac{10}{3 + 1 + 1} = 2 \text{ Amp.}$$

dir. V_{ab} ve V_{bc} potansiyel farkları

$$V_{ac} = V_a - V_c = R \cdot I = 3 \cdot 2 = 6 \text{ V.}$$

$$V_{bc} = V_b - V_c = R \cdot I = 1 \cdot 2 = 2 \text{ V}$$

olacaktır. b noktası toprağa bağılı olduğundan, $V_c = 0$ olacağından

$$V_a = + 6 \text{ V.} \quad V_b = - 2 \text{ V.}$$

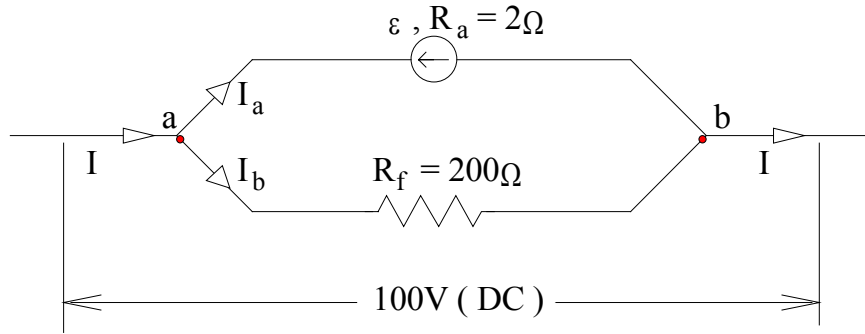
dır. Buna göre a noktasının potansiyeli toprağa göre 6 V. yukarda ve c noktası toprağın 2 V. altındadır. V_{ab} potansiyel farkında

$$V_{ab} = V_a - V_b = 6 - (-2) = +8 \text{ V.}$$

olacaktır. Bir kontrol olmak üzere, e.m.k. kaynağı içinden geçerek ve işaret kurallarına uyarak a dan c ye gidebiliriz:

$$V_{ac} = \sum RI - \sum e = -1 \cdot 2 - (-10) = +8 \text{ V.}$$

2) Şekil 13 'de bir paralel (Şönt) motorun şeması verilmiştir. Alt kol alan bobinlerinin (indüktör) sargılarını üst kol motorun hareketli dönen kısmı armatür (indüi)' dir. Motor döndüğünde zıt bir e.m.k. oluşturmaktadır. $I = 5,5 \text{ Amp.}$ ve $V_{ab} = 100 \text{ V}$ ise, a - motorun zıt e.m.k. değerini , b - motorun verdiği mekanik gücü , c - motorun verimini hesaplayınız.



Şekil 13

Çözüm : a - Alt koldan geçen akım şiddeti

$$I_b = \frac{100}{200} = 0,5 \text{ Amp}$$

dir. Kirchhoff'un düğüm yasasına göre

$$I = I_a + I_b \quad 5,5 = I_a + 0,5 \quad \text{ve} \quad I_a = 5. \text{ Amp}$$

ve zıt e.m.k.

$$V_{ab} = \varepsilon + I_a \cdot r = I_b \cdot 200 \quad \text{ve} \quad \varepsilon = 90 \text{ V}$$

b- bütün motora verilen toplam güç

$$P = I V_{ab} = 5,5 \cdot 100 = 550 \text{ Watt.}$$

Alan sargılarında ısı haline dönen güç

$$P_b = I_b^2 \cdot R_f = 0,25 \cdot 200 = 50 \text{ Watt.}$$

Armatürde ısıya dönüşen güç

$$P_a = I_a^2 R_a = 5^2 \cdot 2 = 50 \text{ Watt.}$$

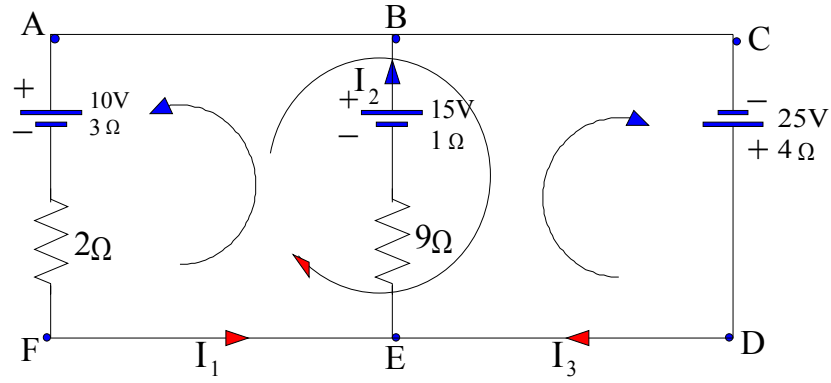
Elektrik enerjisinin mekanik enerjiye çevrilmesine ait (motorun verdiği mekanik güç) güç

$$P_\zeta = \varepsilon \cdot I_a = 90 \cdot 5 = 450 \text{ Watt.}$$

c- Motorun yataklarında sürtünmeler yoksa ve sargılarda kaçak yoksa, 450 Watt'lık mekanik güç motor tarafından dışarıya verilir. 450 Watt'ın bir kısmı ısıya dönüşerek ziyan olur buna göre motorun verimi

$$\eta = \text{motorca verilen} / \text{motorca alınan} = 450 / 550 = \% 82$$

3) Şekil 14'deki elektrik şebekesinin dirençlerinden geçen akım şiddetlerini hesaplayınız.



Şekil 14

Çözüm : Kollardaki akım şiddetlerini keyfi olarak I_1 , I_2 , I_3 ve yönlerini de şekildeki gibi yine keyfi olarak seçelim. 1.ci düğüm noktası yasasını E noktasına uygularsak

$$I_1 - I_2 + I_3 = 0 \quad (1)$$

2.c. yasayı EBAFE, EBCDE ve ACDF gözlerine keyfi dönme yönlerini de harf sıralamasına uygun olarak seçer uygularsak

$$\begin{aligned} \text{EBAFE gözü için} \quad 15 - 10 &= 9 I_2 + I_2 + 3 I_1 + 2 I_1 \\ 1 &= 2 I_2 + I_1 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{EBCDE gözü için} \quad 15 + 25 &= 9 I_2 + I_2 + 4 I_3 \\ 20 &= 5 I_2 + 2 I_3 \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{ACDF gözü için} \quad 10 + 25 &= 4 I_3 - 2 I_1 - 3 I_1 \\ 35 &= 4 I_3 - 5 I_1 \end{aligned} \quad (4)$$

üç bilinmeyen ve dört denklem elde ederiz. Bu denklemler birlikte çözülürse

$$I_1 = -3 \text{ Amp.} \quad I_2 = 2 \text{ Amp.} \quad I_3 = 5 \text{ Amp.}$$

bulunur.

III.6.10. PROBLEMLER

1) Şekil 15'teki devrede S anahtarı açık iken kuru pilin uçları arasına bağlanan bir voltmetreden 1,52 V. okunuyor. Anahtar kapanınca voltmetreden okununan değer 1,37 V.'a düşüyor ve devredeki ampermetreden 1,5 Amp. okunuyor. Pilin e.m.k.'ni, dış direnci hesaplayınız.

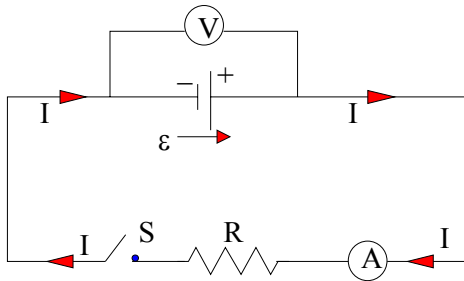
Cevap : 1,52 V. 0,1 Ω

2) İç direnci 0,02 Ω olan 6 V.'luk bir akü 50 Amp.lik akım veriyor. a-) Akünün uçları arasındaki potansiyel farkını, b-) kimyasal enerjinin elektriksel enerjiye dönüşme hızını, c-) Akü içinde ısıya dönüşen gücü , d-) alınan gücü hesaplayınız.

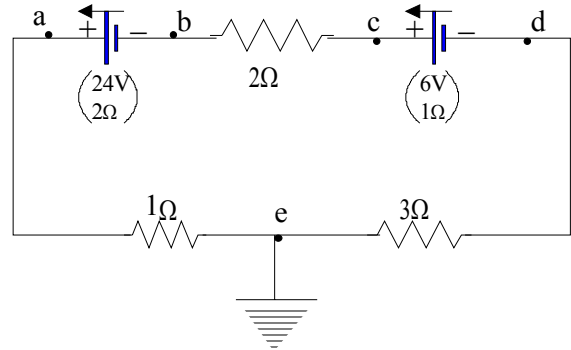
Cevap: a-) 5. V. b-))300 Watt. c-) 50 Watt. d-) 250 Watt.

3) Paralel bağlı 20 , 4 , ve 5 Ω 'luk üç direnç sistemine, 1,8 Ω 'luk bir direnç, e.m.k.'i 1' V. ve iç direnci 0,2 Ω olan bir akü seri bağlıdır. a - Devreden geçen toplam akım şiddetini , b - paralel dirençlerden geçen akım şiddetlerini , c- akünün uçları arasındaki potansiyel farkını hesaplayınız.

Cevap a-)3 Amp. b-) 0,3.; 1,5.; 1,2. Amp. c-) 11,4 V.



Şekil 15



Şekil 16

4) Şekil 16'daki, a-) Devredeki akımı, b-) a, b, c ve d noktalarındaki potansiyelleri, c-) üreteçlerin uçları arasındaki V_{ab} ve V_{dc} potansiyel farklarını bulunuz.

Cevap: a-) 3,3 Amp. b-) $V_a = 3.3$ V.; $V_b = -14$ V.; $V_c = -7,3$ V.; $V_d = -10$ V. c-) $V_{ac} = 17,3$ V. $V_{dc} = -2,7$ V.

5) Şekil 17'deki, a-) dış devreye eşdeğer direnci bulunuz, b-) A ampermetresi ve B voltmetresi ne gösterir?.

Cevap a-) $2,7 \Omega$ b-) 1 Amp. , 4 V.

5) Bir üreticinin dış direnci 3Ω ve üzerinden geçen akım şiddeti 5 Amp.dir.Dış devreye 5Ω 'luk direnç eklenince akım şiddeti 2,5 Amp:'e düşüyor, a-) Üreticinin e.m.k.'ni , b-) iç direncini bulunuz.

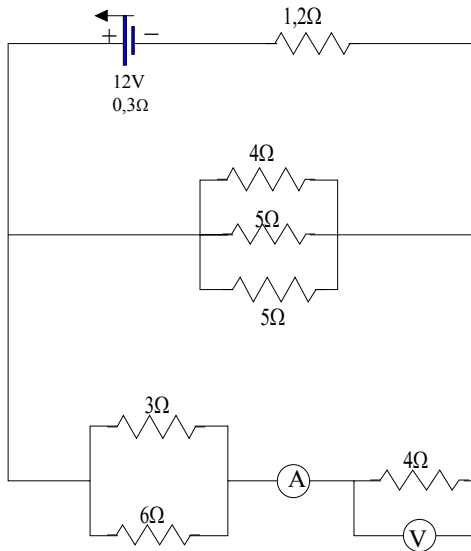
Cevap a-) 2 5 V. b-) 2Ω

6) Herbirinin direnci 10Ω olan beş direnç bir H harfi şeklinde bağlanmıştır. İç direnci $1,86 \Omega$ olan 2 V.'luk bir pil yukarı uçlar arasına ve direnci 5Ω olan bir ampermetrede alt uçlar arasına bağlanmıştır. Ampermetreden geçen akımı bulunuz.

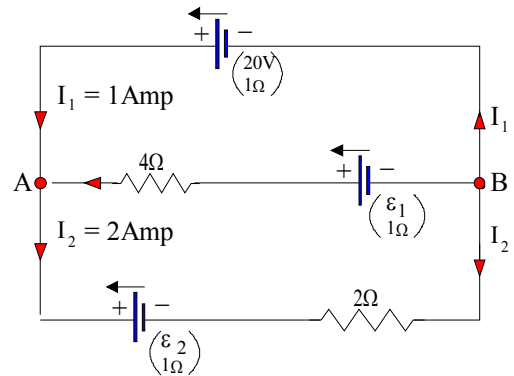
Cevap $I_a = 0,0197$ Amp.

7) Şekil 18 'deki devrede ε_1 ve ε_2 e.m.k. lerini ve A ile B noktaları arasındaki potansiyel farkını bulunuz.

Cevap : $\varepsilon_1 = 18$ V. $\varepsilon_2 = 7$ V. $V_{AB} = 13$ V.



Şekil 17



Şekil 18

8) Bir üreticinin eksi ucundan artı ucuna doğru geçen akım şiddeti 3 Amp. uçları arasındaki potansiyel farkı 8,5 V.'tur. Zıt yöndeki akım şiddeti 2 Amp. olunca potansiyel farkı 11 V. olmaktadır. Üreticinin iç direncini ve e.m.k'sini bulunuz.

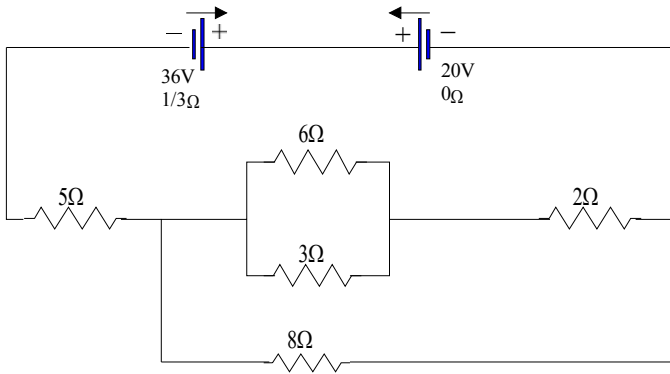
Cevap: $0,5 \Omega$, 10 V.

9) Şekil 19'daki devrede her dirençten geçen akım şiddetini ve potansiyel farkını bulunuz.

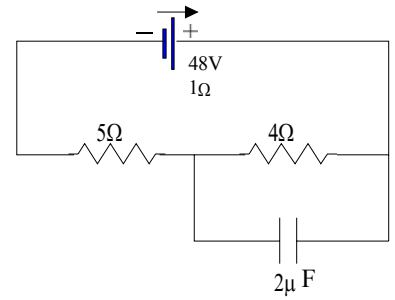
Cevap $I_8 = 1$ Amp, $V_8 = 8$ V; $I_2 = 2$ Amp., $V_2 = 4$ V; $I_3 = 4/3$ Amp, $V_3 = 4$ v; $I_6 = 2/3$ Amp, $V_6 = 4$ V; $I_5 = 3$ Amp., $V_5 = 15$ V.

10) Şekil 20'deki devrede 2μ F'lık kondansatörün elektrik yükünü bulunuz.

Cevap: $38,4 \mu$ C.



Şekil 19



Şekil 20

11) E.m.k.'i ε ve iç direnci r olan bir üreticinin bir R dış direncine maksimum güç verebilmesi için dış direncin üreticinin iç direncine eşit olması gerektiğini gösteriniz ve maksimum gücü bulunuz.

Cevap $P_{max} = \varepsilon^2 / 4r$.

12) e.m.k.'leri ε ve iç dirençleri r olan iki üreticinin bir R dış direncinin uçlarına paralel olarak bağlanmıştır. a - R 'nin hangi değeri için bu dirence verilen güç maksimum olur? , b - Bu maksimum güç ve R 'den geçen akım şiddetini bulunuz. , c - Bu iki üreticinin R dış direncinin uçları arasına seri bağlanması halinde R 'den geçen akım şiddetini hesaplayınız.

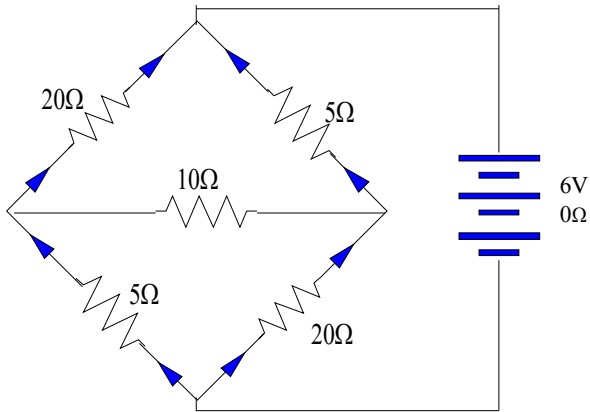
Cevap: $R = 1/2 \cdot R$; $P = \varepsilon^2 / 2r$; $I_{paralel} = 2 / (2R + r)$; $I_{seri} = 2 / (R + 2r)$.

13) Şekil 21'deki, a-) Üretecin verdiği akım şiddetini, b-) A C kolundan geçen akım şiddetini ve yönünü bulunuz.

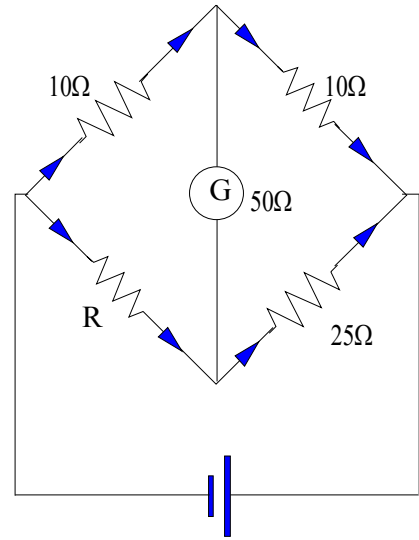
Cevap : a-) 0,15 Amp. b-) 0.05 Amp ve A dan C'ye doğru.

14) Şekil 22'deki dengelenmiş Wheatstone köprüsünde $R= 20$ veya 30Ω olduğuna göre 50Ω dirençli galvanometreden geçen akım şiddetini bulunuz. Üretecin e.m.k.'i 12 V. ve iç direnci ihmal edilmektedir.

Cevap : 0,0101 Amp., yukarı yönlü.



Şekil 21



Şekil 22