2014

EGE ÜNİVERSİTESİ
EGE MESLEK YÜKSEKOKULU
MEKATRONİK PROGRAMI

DOĞRU AKIM DEVRELERİ

DERS NOTU

ÖĞR. GÖR. SERKAN PINAR

Bornova İzmir

İÇİNDEKİLER

1-DİRENÇ, OHM KANUNU, İŞ VE GÜÇ

1.1. ELEKRİK ENERJİSİ ve ÖZELLİKLERİ

Bugün elektrik çağında yaşamaktayız. Kullandığımız enerjinin büyük bir bölümü elektrik enerjisidir. Evlerde ve iş yerlerinde elektrik enerjisini ışık enerjisine çevirerek, aydınlatma amacıyla kullanmaktayız. Yine elektrik enerjisini ısı enerjisine kolayca çevirebilen, elektrik ocakları ve sobaları, kullanılmasının basit ve temizliği nedeniyle vazgeçilmez durama gelmiştir. Ülkemizin çoğu bölgesinde buna ilaveten kullanılması kolay ve elektrik ocaklarına oranla elektrik tüketimi daha az olan elektrik enerjisinden yararlanılarak klimalar son yıllarda yerlerini almıştır.

En ileri düzeydeki haberleşme cihazlarının çalıştırılmasında elektrik enerjisinden yararlanılır. Radyo, televizyon, telefon, hesap makineleri ve bilgisayar gibi birçok cihaz, elektrik enerjisinden başka bir enerji çeşidi ile çalışmazlar. Yine evlerde kullanılan süpürge, çamaşır, bulaşık makinesi ve diğer birçok küçük cihazlarda mekanik enerjinin elde edilmesinde, elektrik motorlarının kullanılması kaçınılmazdır. Elektrik motorlarının diğer motorlara göre daha küçük boyutta yapılabilmesi çalıştırılıp durdurulmasının basit bir anahtarla mümkün olması, özel bir bakım gerektirmemesi ve sessiz çalışmaları, ev cihazlarında elektrik enerjisinin kullanılmasının en önemli nedenlerindendir.

Elektriğin sanayide kullanılma yerleri de sayılmayacak kadar fazladır. Elektrik makinelerinin verimlerin yüksek olması, yani kaybın minimum olması, kumandalarının kolaylığı ve yapılarının basit olması, diğer enerji makineleri yanında ön sırayı almalarına neden olmuştur. Elektrik enerjisinin ısı etkisinin diğer bir uygulama alanı da endüksiyon fırınlarıdır. Bu fırınlarda ısı enerjisi, ısıtılacak olan maddenin her yerinde aynı ölçüde meydana getirildiğinden, her yeri aynı anda pişer veya ergir. Örneğin bir endüksiyon fırınında pişen ekmeğin, her tarafı aynı anda ısınıp pişeceğinden kabuk oluşmaz. Bunlara evlerde kullandığımız mikrodalga fırınlarını da örnek gösterebiliriz.

Kullanılacağı yere kadar en az kayıp götürülebilen en uygun enerji, elektrik enerjisi, yine diğer çeşitlerine en kolay çevrilebilen bir enerjidir. Elektrik santrallerinde üretilen elektrik enerjisi, binlerce kilometre uzaklıktaki yerleşme merkezlerine, iletim hatları ile kolayca iletilebilir. Kullanma amacına uygun olarak mekanik, ısı veya ışık ve kimyasal enerjilere kolaylıkla çevrilir.

Elektrik enerjisi, akümülatörlerde kimyasal enerjiye dönüştürülerek depo etme olanağı bulunduğu gibi, küçük de olsa, elektik enerjisi kondansatörlerde de doğrudan depo edilebilir.

Elektrik enerjisinin kimyasal etkisinden yararlanılarak, madenler üzerindeki yağlar gibi istenmeyen maddeler temizlenir. Maddelerin kaplanması ile ilgili bir dal olan galvonoteknik ve son zamanlarda gelişen galvonoplastik ile elektroliz yoluyla saf maden elde etme sanayileri, elektriğin kimyasal alandaki uygulamalarının başlıcalarıdır.

Elektrik enerjisinin özelliklerini yukarıda kısaca açıklamaya çalıştık. Elektrik enerjisi gelişen teknolojide görüldüğü kadarı ile her zaman. Yerini alacak ve biz bu özelliklerini açıklamaya devam etmek zorunda kalacağız

1.2. İLETKENLER, YALITKANLAR ve YARI İLETKENLER

Atomun dış yörüngesinde değişik sayıda elektron bulunabilir. Fakat bu elektronlar sayısı sekizden fazla olamaz. Dış yörüngede sekiz elektronu bulunan atomlar bir nevi kararlılık kazanmıştır. Sekiz elektronlu dış yörüngelere “doymuş yörünge” denir. Doymuş yörüngenin elektronları çekirdeğe daha sıkı olarak bağlıdırlar. Şu halde dış yörüngeleri doymuş olan atomlar, elektronlarını kolay kolay bırakmazlar ve dışarıdan elektron alamazlar. Bu bilgileri verdikten sonra serbest elektronları fazla olan maddelere, elektrik akımını iyi ileten anlamına gelen “**iletken**” denir. Bunlara örneklendirmek gerekirse bakır, alüminyum ve demir gibi. Bütün metaller iletkendir.

Serbest elektronları çok az olan maddeler, elektrik akımını iyi iletmezler veya hiç iletmezler. Böyle serbest elektronu az olan maddelere, elektrik akımını iletmeyen anlamına gelen “**yalıtkan**” sözcüğü kullanılır. Yalıtkanlara örnek olarak cam, kauçuk, pamuk, yağ ve hava gösterilebilir.

İyi bir iletken madde ile iyi bir yalıtkan madde arasındaki fark, bir sıvı ile bir katı arasındaki mekaniksel fark kadar büyüktür. Her iki özellikle, maddenin atom yapısı ile ilişkilendirilir. Akışkanlığı katılar ile sıvılar arasında bulunan maddeler olduğu bibi, elektrikte de iletken ve yalıtkan olan maddelerde vardır. Böyle maddelere “yarı iletken” denir. Bu maddelerin bulunması ve kullanılmaya başlamasıyla bugün elektroniğin hızlı gelişimini sağlamıştır. Bu maddeler germanyum, silisyum ve karbon gibi.

1.2.1. DİRENCİN FİZİKSEL BOYUTU

Direnci elektrik akımına gösterilen zorluk olarak tanımlamıştık. Bir iletkenin elektrik akımına gösterdiği zorluk (yani o iletkenin direnci), iletken içinde hareket eden elektronlarla, o iletken içindeki atom ve diğer parçacıklar arasındaki sürtünmelerden meydana gelir. Bu konuda, bir borudan akan suyun karşılaştığı zorluğu örnek olarak gösterebiliriz. Boru dar ve iç yüzeyi fazla girintili çıkıntılı ise suyun akışına karşı belli bir zorluk ortaya çıkaracaktır. Aynı şekilde borunun uzunluğu arttıkça, içinden geçen suya gösterdiği direnç artacaktır.

Bir iletkenin direnci de, o iletkenin boyuna, çapına cinsine göre değişir. Örneğin bir iletkenin uzunluğu ile direnci doğru orantılıdır. İletkenin uzunluğu arttıkça direnç de artar. Buna karşılık iletkenin kesiti ile direnç ters orantılıdır. Buna göre iletkenin kesiti arttıkça direnç azalır, kesiti azaldıkça direnç artar. Bunlardan başka, direnç, iletkenin cinsine göre de değişir. Örneğin aynı uzunlukta ve aynı kesitte bakır ile alüminyum iletkenin dirençleri birbirinden farklıdır. Burada öz direnç kavramı karşımıza çıkar. Özdirenç, 1 metre uzunluğunda ve 1 mm^2 kesitindeki bir iletkenin direncidir ve bütün iletkenin özdirençleri birbirinden farklıdır. Özdirenç ρ sembolü ile gösterelim ve ro olarak okunur.

Bütün bunlardan başka, ortamın sıcaklığı da iletkenin direncini etkileyen faktördür. Bu konu, ileride ayrı bir başlık altında incelenecektir.

Aşağıdaki tabloda, bazı iletkenlerin özdirençleri gösterilmektedir.

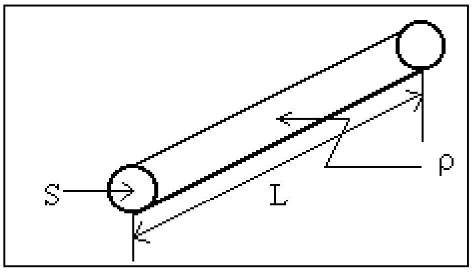
İLETKEN	**ÖZDİRENÇ(ρ)**
Gümüş	0.016
Bakır	0.017

Altın	0.023
Alüminyum	0.028
Demir	0.012

İletkenlerin özdirençleri
Bu tablodaki değerler, iletkenlerin oda sıcaklığındaki (20 C) özdirençleridir.
Bir iletkenin direnci aşağıdaki formülden hesaplanır.

$$R= (L / S). \rho$$

Bu formüldeki harflerin anlamı ve birimleri;



R: İletkenin direnci (ohm)
L: İletkenin uzunluğu (metre)
ρ : İletkenin özdirenci (ohm)
S: İletkenin kesiti (mm2)

Bir iletkenin direncini etkileyen faktörler

Örnek: Uzunluğu 20 metre, kesiti 2 mm2 olan bakır telin direncini hesaplayınız.
Çözüm: Bakırın özdirenci ρ =0.017 Ω
R= (L / S). ρ = (20/2)*0.017 = 0.17*0.017 = 0.17Ω

Örnek: Uzunluğu 50 metre, kesiti 3mm2 olan alüminyum telin direncini hesaplayınız.
Çözüm: Alüminyumun özdirenci 0.028 Ω dur.
R= (L / S). ρ = (50/3)*0.028 = 0,575 Ω bulunur.
Örnek:
Çapı 3 mm ve uzunluğu 50 km olan bakırdan yapılmış hattın direncini hesaplayınız. Bakırın özdirenci=0.017 dir.
Çözüm:Önce iletkenin kesitini bulalım daha sonra direnç formülünde yerine koyupbakır iletkenin direncini bulalım.

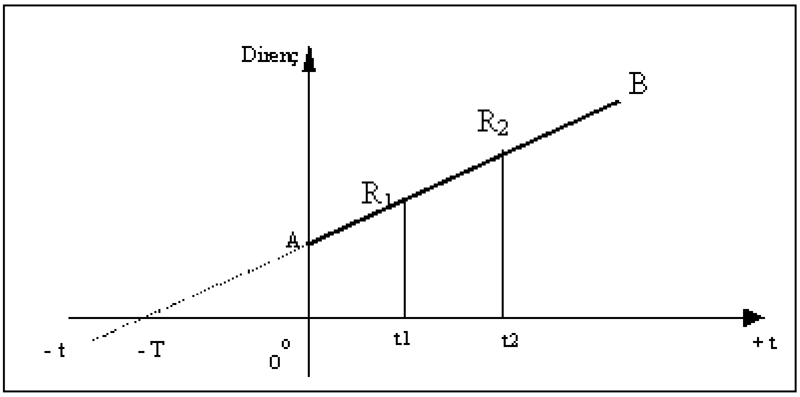
$$S=\frac{\pi d^2}{4}=\frac{3.13*3^2}{4}=7{,}065\text{mm}^2$$

R= (L / S). ρ = (50000/7.065)*0.017 ≅126,0Ω

1.2.2. DİRENCİN SICAKLIKLA DEĞİŞİMİ

İletkenin direnci, sıcaklıkla doğru orantılıdır. Buna göre sıcaklık arttıkça iletkenin direnci de artar. Devre dizaynlarında, dirençler bir bir hesaplanır öyle seçilir.Bu nedenle direnç çok hassas bir noktada bağlı ise ve içinden geçen akım sonucu ısınarak değeri değişmiş ise, devrenin çalışması etkilenebilir. Dirençlerin üzerinde belirtilen omik değer, oda sıcaklığındaki (20 Co) direnç değeridir.

Metallerin direnci, 0(sıfır) derece ile 100(yüz) derece arasında doğrusal olarak değişir. Aşağıdaki şekilde metallerin direncinin sıcaklıkla değişmesi görülmektedir.



Metalin direncinin sıcaklıkla değişimi

Yukarıdaki şekilde R_1 bir direncin t_1 sıcaklığındaki değeri, R_2 ise aynı direncin t_2 sıcaklığındaki değeridir. Görüldüğü gibi sıcaklık arttıkça direncin omik değeri artmıştır. Her metalin bir T katsayısı vardır. Bu, teorik olarak o direncin değerinin sıfır ohm olduğu sıcaklık değeri demektir. Aşağıdaki tabloda çeşitli iletkenlerin T katsayıları verilmektedir.

METAL	T, KATSAYISI
Kurşun	218
Gümüş	243
Bakır	235
Alüminyum	236
Çinko	250
Pirinç	650

Bir direncin değişik sıcaklık da ki değeri aşağıdaki formüllerle hesaplanır.

$$\frac{R1}{R2} = \frac{T+t1}{T+t2}$$

Bu formülde ki harflerin anlamlar;

T: Metalin katsayısı

t_1: Birinci sıcaklık

R_1: Direncin t_1 sıcaklığındaki değeri

t_2: İkinci sıcaklık

R_2: Direncin t_2 sıcaklığındaki değeri

Örnek: Bir bakır iletkeninin 20 derecedeki direnci 5 ohm dur. Bu iletkenin 50 derecedeki direncini bulunuz.

Çözüm: Bakırın T katsayısı 235 tir. Bu değerler formülde yerine konulursa;

$$\frac{R1}{R2} = \frac{235+t1}{235+t2}$$ formülünde R2 yi çekersek ;

$$R2 = \frac{R1*(235+t2)}{235+t1} = \frac{5*(235+50)}{235+20} = \frac{5*285}{255} = 5.58\Omega$$ bulunur.

Örnek: Bir alüminyum iletkenin 30 derecedeki direnci 10 ohm olduğuna göre bu iletkenin 100 derecedeki direncini hesaplayınız.

Çözüm: Alüminyumun T katsayısı 236 dır. Bu değerleri formülde yerine konulursa;

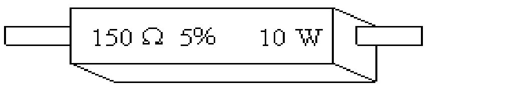
$$\frac{R1}{R2} = \frac{T+t1}{T+t2}$$ formülünde R2 yi çekersek ;

$$R2 = \frac{R1*(236+t2)}{236+t1} = \frac{10*(236+100)}{236+30} = \frac{5*236}{266} = 4.36\ \Omega$$ bulunur.

1.3. DİRENÇ RENK KODLARI

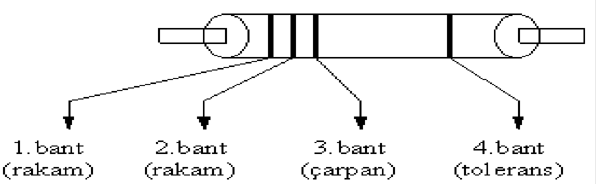
Dirençlerin iki önemli karakteristiği olduğunu biliyoruz. Bu karakteristikler;

a- Direncin omik değeri
b- Direncin gücü
Olarak tanımlanır ve devrede kullanılacak dirençlerin seçiminde bu büyüklükler dikkate alınır. Şimdi sırayla bu büyüklükleri inceleyelim.



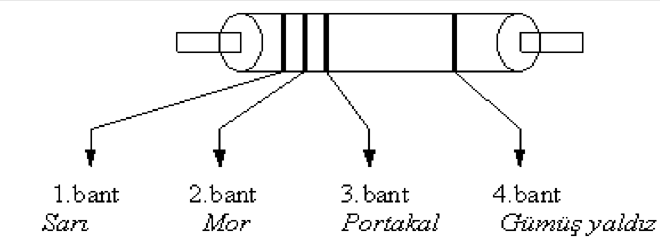
Şekil3.28 Değerleri üzerinde rakam yazılı dirençler

Diğer grup dirençler ise (genellikle 0,125 ve 0,25 wattlık dirençlerde) omik değer, direncin üzerindeki renk bantlarıyla ifade edilir. Genellikle, dirençlerin üzerinde dört (4) tane renk bandı bulunur. Bu bantların soldan üç tanesi direncin omik değerini; en sağdaki bant ise direncin toleransını verir. Aşağıdaki şekilde direncin üzerindeki bulunan renk bantları görülmektedir.



Direnç üzerindeki renk bantları

Örnek: Bir direnç üzerindeki renk bantlarının, soldan itibaren sarı, mor, portakal ve gümüş yaldız renginde olduklarını kabul edelim.



Buna göre en soldaki sarı 4 sayısını temsil ettiği için direnç değerinin rakamı 4 olur. Soldan 2.renk mor ve direnç değerinin 2. rakamı 7 olur. Böylece 47 rakamı bulunur. Soldan 3. renk portakaldır ve portakal rengi 3 rakamına karşılık geldiği için, 47 sayısının yanına üç tane 0(sıfır) konulur ve direncin omik değeri olarak 47,000 Ω veya 47 kΩ bulunmuş olur. Soldan 4. rengin toleransı gösterdiğini biliyoruz. Bu dirençte soldan 4. renk gümüş yaldız olduğundan, toleransı %10 olarak bulunur.
Buna göre bu direncin omik değeri;

$$R = 47\ k\Omega\ \pm \%10$$

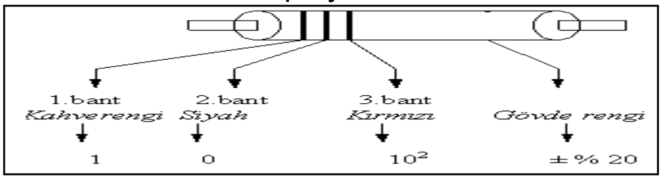
Toleransın %10 olması demek, bu direncin değeri, çevre şartlarına göre (örneğin ısı) %10 artabilir veya azalabilir demektir.
Aşağıdaki tabloda, direnç renk bantlarının karşılıkları olan sayılar görülmektedir.

RENK	SAYI	ÇARPAN DEĞERİ	TÖLERANS
Siyah	0	10^0	
Kahverengi	1	10^1	%1
Kırmızı	2	10^2	%0.1
Turuncu	3	10^3	%0.01
Sarı	4	10^4	%0.001
Yeşil	5	10^5	
Mavi	6	10^6	

Mor	7	10^7	
Gri	8	10^8	
Beyaz	9	10^9	
Gümüş Yaldız	-	10^{-1}	%10
Altın Yaldız	-	10^{-2}	%5
Renk Bandı Yok (Gövde Rengi)	-	-	%20

Direnç Renk Kodları

Örnek: Üzerindeki renk bantları, soldan itibaren kahve, siyah ve kırmızı olan direncin omik değerini ve toleransını hesaplayınız.



Renk bantlarını ve renklerin sayı karşılıklarını şekilde gösterdik. Burada dikkat edilirse 4.bant yok bunun anlamı toleransın % 20 olduğunu anlamamız gerekir. Buna göre verilen renk bantlarına göre direncin omik değerini bulursak;

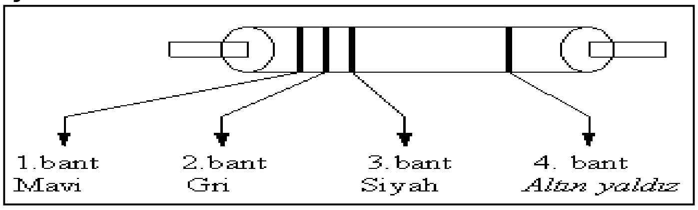
$10.10^2 \pm \% 20$

$=10^3\ \Omega\ \pm 0{,}2.10^3$

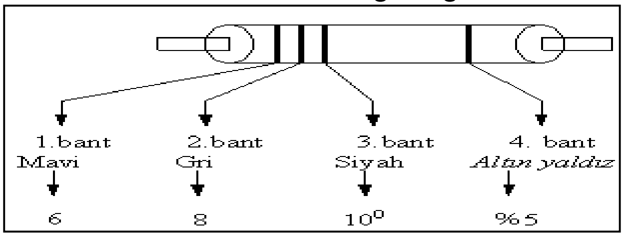
$= 1\ k\Omega\ \pm 200$

veya 800 ile 1.2 kΩ değerini gösterir.

Örnek: Şekilde bant renkleri verilen direncin omik ve toleransını bulunuz.



Çözüm: Direncin renk bantları verildiğine göre bu renklerin sayı değerlerini yazarsak;



$= 68\ \Omega\ \pm \% 5$

$= 68\ \Omega\ \pm 0.05\ (68)$

$= 68\ \Omega\ \pm 3{,}4\ \Omega$

omik değeri 64,6 ile 71,4Ω arasında değişir.

1.3.1 STANDART DİRENÇ DEĞERLERİ

Standart direnç değerleri ve % 5, % 10 tolerans değerlerinin verildiği bir tablo oluşturalım. Yukarda verilen örneklerde gördüğümüz gibi direncin üzerinde yazan değeri verdiği gibi tolerans değerleri aralığındaki değeri de alabilmektedir. Örneğin

1kΩ ± % 10 direncin değeri 1kΩ olabildiği gibi minimum 900 Ω veya maxmum1.1 kΩ da olabilir. Aşağıdaki tabloda koyu renkler standart renkleri açık renk deki değerler ise tolerans değerlerini vermektedir.

Direnç Değerleri (Ω)					**Kilo ohm (kΩ)**		**Mega ohm (MΩ)**	
0.01	1.0	10	100	1000	10	100	1.0	10
0.11	1.1	11	110	1100	11	110	1.1	11
0.12	1.2	12	120	1200	12	120	1.2	12
0.13	1.3	13	130	1300	13	130	1.3	13
0.15	1.5	15	150	1500	15	150	1.5	15
0.16	1.6	16	160	1600	16	160	1.6	16
0.18	1.8	18	180	1800	18	180	1.8	18
0.20	2.0	20	200	2000	20	200	2.0	20
0.22	2.2	22	220	2200	22	220	2.2	22
0.24	2.4	24	240	2400	24	240	2.4	
0.27	2.7	27	270	2700	27	270	2.7	
0.30	3.0	30	300	3000	30	300	3.0	
0.33	3.3	33	330	3300	33	330	3.3	
0.36	3.6	36	360	3600	36	360	3.6	
0.39	3.9	39	390	3900	39	390	3.9	
0.43	4.3	43	430	4300	43	430	4.3	
0.47	4.7	47	470	4700	47	470	4.7	
0.51	5.1	51	510	5100	51	510	5.1	
0.56	5.6	56	560	5600	56	560	5.6	
0.62	6.2	62	620	6200	62	620	6.2	
0.68	6.8	68	680	6800	68	680	6.8	
0.75	7.5	75	750	7500	75	750	7.5	
0.82	8.2	82	820	8200	82	820	8.2	

% 5 ve % 10 toleranslı ve standart direnç tablosu

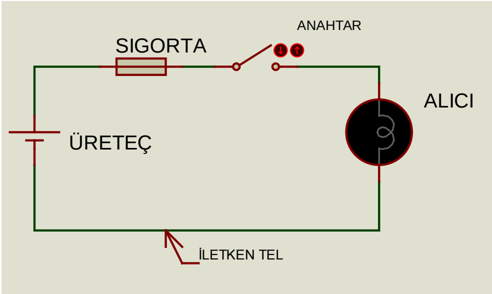
Yapacağınız devrede kullanacağınız dirençleri bu tablodan seçerek standart dirençler kullanabilirsiniz. Aksi taktirde standart olmayan dirençleri piyasadan bulmanız imkansızdır.

1.4. ELEKTRİK DEVRESİ ve KANUNU

Elektrik devresi, elektrik akımının yoludur diye tanımlanabilir. Elektrik akımını oluşturan elektrik yükleri, elektrik devresinden geçerek, üretecin elektrik enerjisinin alıcısı da başka bir enerjiye dönüşümünü sağlar. Bu bölümde elektrik devresi, özellikleri , çeşitleri, elektrik devrelerine uygulanan prensip ve uygulama örnekleri verilecektir.

1.4.1 ELEKTRİK DEVRESİ VE ELEMANLARI

Elektrik enerjisi ile çalışan herhangi bir aygıtın çalıştırılabilmesi için içinden sürekli elektrik akımı geçmesi gereklidir. Bu da ancak aygıtın devresine bağlanan elektrik enerjisi kaynağı ile temin edilebilir. Enerji kaynağının bir ucundan çıkan elektrik yükleri, bir yol takip ederek, diğer ucuna ulaşırlar. İşte bir elektrik enerjisi kaynağı yardımı ile, bir elektrik aygıtının çalıştırılabilmesi için sürekli elektrik akımının geçtiği yola "elektrik devresi" denir.



Üreteç: Her hangi bir enerjiyi, elektrik enerjisine dönüştüren aygıtta elektrik enerji kaynağı veya üreteç denir. Pil, akümülatör, dinamo, alternatör v.b.gibi;

Anahtar (Devre Kesici): İstenildiği zaman elektrik akımının geçmesini veya elektrik akımını keserek alıcının çalışmasını durduran devre elemanına denir.

Alıcı: Elektrik enerjisini istenilen başka bir enerjiye dönüştüren aygıtlara almaç veya alıcı denir. Elektrik sobası, elektrik motoru, elektrik ocağı gibi

Sigorta (Devre koruyucu): Elektrik devresinden geçen akım şiddeti bazen istenilmeyen değerlere yükselebilir. Bu gibi durumlarda devre elemanları zarar görür. Akım şiddetinin belli bir değerinin üstüne çıkmasını önlemek için elektrik devresini sigorta ile korunur.

İletken: Elektrik devre elemanlarının birbirine bağlantıları metal tellerle yapılır. Bu tellere uygulamada iletken denir. İletkenler, elektrik akımına karşı çok az zorluk gösteren bakır, alüminyum gibi metallerden, genellikle daire kesiti olarak yapılırlar.

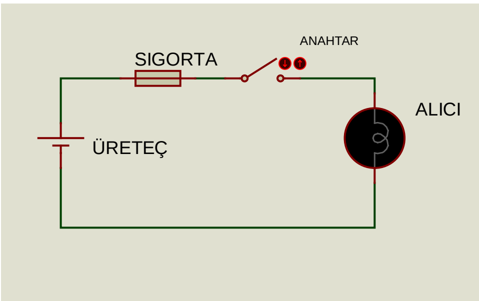
Elektrik devrelerinin özelliklerine ve amaçlarına göre değişik devre elemanları ve ölçü aletleri de aynı devreye ilave edilebilir. Bu elemanları ve ölçü aletleri olan Ampermetre, Voltmetre Wattmetre gibi; ileriki konularımızda ve sorularımızda sıkça kullanacağız.,

1.4.2. ELEKTRİK DEVRE ÇEŞİTLERİ

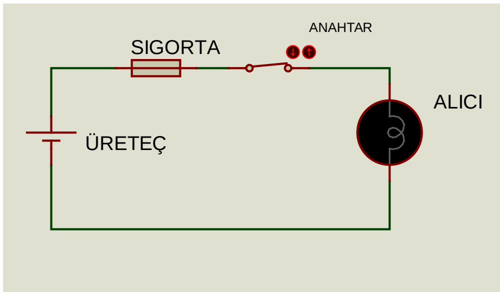
Elektrik devreleri, çalıştıkları alıcılara göre adlandırılırlar. Zil devresi, aydınlatma devresi, motor devresi, radyo devresi gibi.
Elektrik devreleri, uygulanan gerilim büyüklüklerine göre de adlandırılırlar. Alçak gerilim devresi, orta gerilim devresi, yüksek gerilim devresi v.b. gibi

Elektrik devresi, devreden geçen akımın şiddetine göre de adlandırılırlar. Hafif akım devresi, kuvvetli akım devresi v.b. gibi...
Elektrik devreleri, devreden geçen akımın, almaçtan geçmesine göre; açık devre, kapalı devre ve kısa devre olarak da adlandırılırlar.

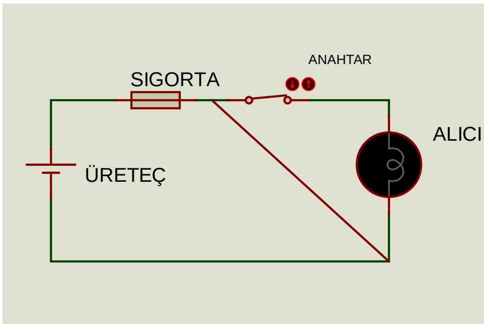
Açık devre: Devre akımının, isteyerek veya istemeden devreden geçmesini önlediği, devrenin bir noktadan açıldığı almacın çalışmadığı devrelerdir. Diğer bir tarifle direncin sonsuz olduğu durumdur. Bu durum karşımıza sıkça rastladığımız devrelerde araştırma yaparken çok dikkat etmemiz gereken durumdur. Bu durumu net bir şekilde tarif etmek gerekirse akımın 0 gerilimin olduğu durumdur.



AÇIK DEVRE



KAPALI DEVRE



KISA DEVRE

Kapalı Devre: Devre akımının normal olarak geçtiği, alıcının, normal çalıştığı devredir.
Kısa Devre: Devre akımının, almaca ulaşmadan kısa yollardan devresinin tamamlamasıdır. Genellikle istenmeyen bir devre çeşidi olup, yapacağı hasardan devre elemanlarının korunması için, mutlaka bir sigorta ile korunması gerekir. Diğer bir tarifle direncin sıfır olduğu duruma kısa devre denir.

1.5. ELEKTRİK AKIMI

Elektrik akımı, elektronların bir noktadan diğer bir noktaya akışıdır. Elektrik akımı birimi, iletkenin kesitinden bir saniyede geçen elektron miktarı olarak tanımlanır. Buna göre bir kesitten, bir saniyede $6,25.10^{18}$ elektron geçiyorsa bu akımın şiddeti 1 AMPER'dir. Formülle gösterirsek;

$$I = Q / t$$

Q:Elektrik yükü(kulon)
I=Akım(amper)
t=Zaman(saniye)

Örnek: Bir iletkenin kesitinden bir saniyede 12 kulonluk elektron akmaktadır. Geçen akımın şiddetini bulunuz.

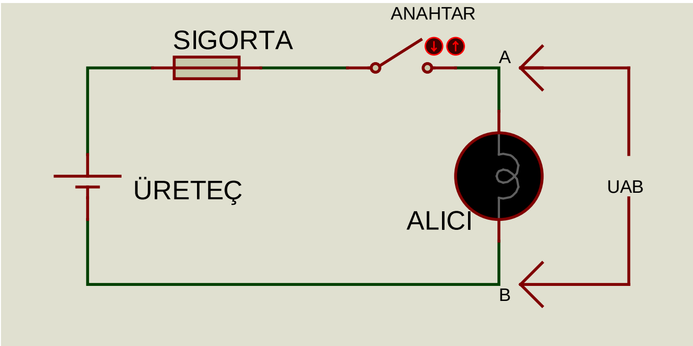
$$I = Q / t = 12\text{Culon} / 1\text{sn} = 12\text{A}$$

1.5.1. DOĞRU AKIM

Zamanın fonksiyonu olarak yönü ve şiddeti değişmeyen akıma doğru akım denir. Doğru akım, D.C gerilim kaynağı tarafından beslenen devrelerde oluşur. Doğru akım iletken içinde daima tek yönde ve aynı şiddette akan akımdır.

1.6. POTANSİYEL, GERİLİM, ELEKTROMOTOR KUVVET

Şekildeki elektrik devresinde elektrik akımı A noktasından B noktasına akmasının nedeni, bu iki noktanın zıt cins elektrik yüklere sahip olmasıdır. Dolayısıyla bu iki nokta arasında bir gerilim vardır. A ve B noktasının potansiyelleri U_A ve U_B ise, bu iki nokta arasındaki gerilim(potansiyel fark),



ŞEKİL 3.3

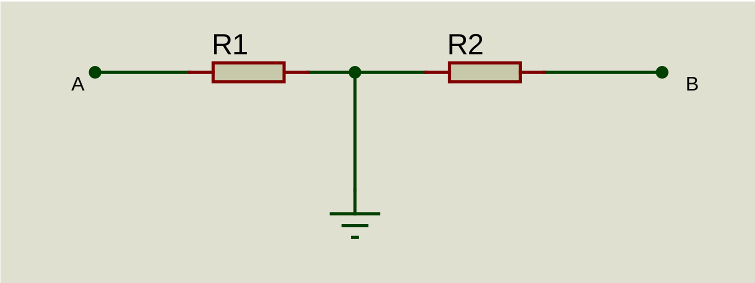
$U=U_{AB}=U_A-U_B$ Olur. Burada;

U_A=A noktasının potansiyeli (Volt)
U_B=B Noktasının potansiyeli (Volt)
$U=U_{AB}$=A ve B noktaları arasındaki gerilim (Volt)

A noktasının potansiyeli (U_A), A noktasını ile toprak arasındaki ölçülen gerilimdir. B noktasının potansiyeli (U_B) ise, B noktası ile toprak arasındaki ölçülen gerilimdir. Toprağın potansiyeli sıfır kabul edilir.

Üretecin sürekli olarak elektrik enerjisi veren ve bir kutbu elektron fazlalığı(negatif kutup), diğer kutbu da elektron azlığı(pozitif kutup) olan kaynaklardır. Üreteçler bir elektrik devresine bağlandıklarında, üretecin negatif(-) kutbundan çıkan elektronlar, elektrik devresi elemanlarından geçerek üretecin pozitif(+) kutbundan devresini tamamlarlar. Elektrik devresine akımın sürülmediği açık devre durumuna, üretecin uçlarındaki potansiyel farkına “Elektromotor kuvvet (EMK)” denir ve kısaca E ile gösterilir. Elektromotor kuvvet, elektrik yüklerini harekete geçiren kuvvet demektir. Gerçekte de EMK, devrede elektrik akımının doğmasına sebep olan kuvvettir. Fakat bu terimdeki kuvvet doğrudan, bu büyüklüğün fiziksel kuvvet cinsinden bir büyüklük olduğunun anlamı çıkarılmamalıdır. EMK birimi de VOLT’dur.

Şekildeki anahtar kapalı iken alıcı üreteç uçlarına bağlanmıştır. Bu durumda alıcının uçlarındaki potansiyel farkına “Gerilim düşümü” veya kısaca “Gerilim” denir üreteç uçlarına bir alıcı bağlı iken, üretecin iki ucu arasındaki potansiyel farkı da E olmayıp, U olur. Çünkü yukarıdaki belirtildiği gibi E, üretecin uçlarına alıcı bağlı değilken olan potansiyel farkıdır. Gerilimin üst katları Kilo,Mega volt askatları mili,mikro volttur. Birim dönüşümleri 1000'er 1000'er büyür ve küçülür.



Şekil3.4

Örnek:Şekildeki A noktasının potansiyeli 40 V, B noktasının potansiyeli 25V tur. A ve B noktaları arasındaki gerilim(potansiyel fark)'i bulalım.
Çözüm: A noktasının potansiyeli; U_A = 40 Volt ve
B noktasının potansiyeli, U_B= 25 Volt,
Değerler toprağa (0 noktasına) göre olan gerilimlerdir. A ve B noktaları arasındaki gerilim,
U_{AB}= U_A-U_B= 40-25= 15 Volt bulunur.

1.7. DİRENÇ ve OHM KANUNU

Bir elektrik devresinde, elektrik enerjisi başka bir enerjiye dönüştüren alıcı uçlarına uygulanan gerilimle, alıcı üzerinden geçen akım arasında şu bağıntı U/I oranı daima sabittir. Bir devrenin gerilimi hangi oranda artarsa, akımda o oranda artacaktır. Bu sabit sayıya "Elektrik Direnci" veya kısaca "DİRENÇ" denir. Direnç R harfi ile ifade edilir. Diğer bir tanımla akımın akışına zorluk gösteren elemandır.
Bu tanımlardan yola çıkarak;

$$R = U / I$$

formülü yazılabilir. Bu formüldeki harflerin anlamları ve birimleri,

R: Alıcının direnci (OHM)
I: Alıcının üzerinden geçen akım şiddeti (AMPER)
U: Alıcı uçlarına uygulanan gerilim (VOLT)
Burada ohm direncin birimidir. Ohm Ω (omega) sembolü ile gösterilir.

OHM: Bir iletkenin uçlarına bir voltluk bir gerilim uygulanır ve bu iletkenin üzerinden bir amperlik akım akıyorsa bu iletkenin direnci bir ohm denir. Ohm küçük bir birim olduğundan ast katları mevcut değildir. Bundan dolayıdır ki üst katarı vardır.
1 ohm =1.10^{-6} Mega ohm (MΩ)
1 ohm = 1.10^{-3} Kilo ohm (KΩ) dur.

Örnek: 100 ohm'luk direnci kohm'a dönüştürelim.
Çözüm: 100ohm= 100.10^{-3}= 1.10^{-1}=0.1 Kohm
Örnek: 1.2 kohm değerindeki direnci ohm değerine dönüştürelim

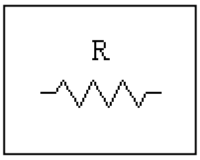
Çözüm: 1.2 kohm= $1.2.10^{+3}$ =1200 ohm bulunur.
Direncin tersine eşit olan,

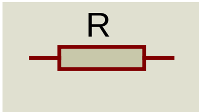
$$G = 1 / R$$

değerine iletkenlik denir. Formülde kullanılan harflerin anlamları ve birimleri;

G: İletkenlik (Siemens)
R: Direnç (Ohm)

İletkenliğin birimi direncin tersi olup 1/Ω'a eşittir. Bu durumda Ω'un tersi olan mho olarak adlandırılır. Fakat uygulamada pek kullanılmaz. Direncin sembolü karşımıza aşağıdaki şekillerde çıkmaktadır.



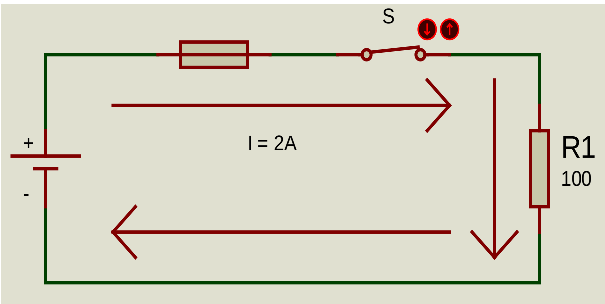


Direnç sembolleri

Formül R=U/I dan I=U/R ye dönüştürürsek burada alıcının içinden geçen akım şiddetinin alıcının uçlarına uygulanan gerilimle doğru, alıcının direnci ile ters orantılı olduğu görülür. Bu tanıma "OHM KANUNU" denir. Formülde görüleceği üzere elektrik devresinden geçen akım, gerilim büyüdükçe artar direnç büyüdükçe azalır.
Ohm kanunu formülünü incelemeye alırsak;
I = U / R
Direnç sabitken; gerilim büyüdükçe akım artar. Gerim küçüldükçe akım azalır.
Gerilim sabitken; direnç büyüdükçe akım azalır. Direnç küçüldükçe akım artar

1.7.1 OHM KANUNU İLE GERİLİMİN BULUNMASI

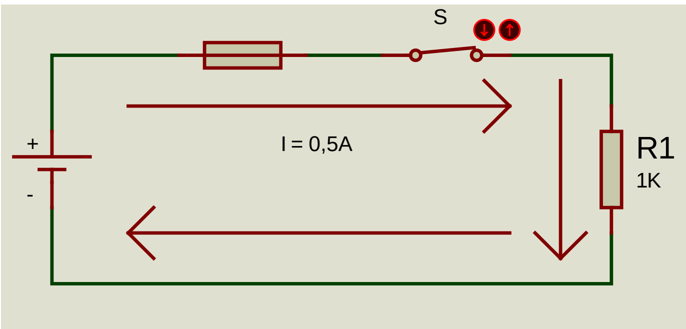
Örnek: U= I.R formülünden yaralanarak şekildeki devrede gerilim kaynağının değerini bulalım.



Şekil3.5

Çözüm: U = I.R = 2.100 = 200 Volt bulunur.

Örnek: Şekildeki devrede bilinmeyen kaynak gerilimini ohm kanunundan yararlanarak bulalım.

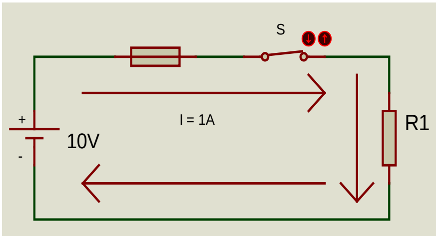


Şekil3.6

Çözüm: U=I.R formülünde verilen değerler yerine konulursa;
1kΩ= 1.10^{+3} =1000 Ω birim dönüşümünden sonra,
U= 0,5A.1000Ω = 500 Volt bulunur.
Ohm kanunu ile kapalı bir devrede gerilim değerlerini bu şekillerde bulunabilir. Bu bir direnç üzerinde düşen gerilim düşümü de olabilirdi. Bu tür soruları kitabın ilerleyen sayfalarında bulabilirsiniz.

1.7.2 OHM KANUNU İLE DİRENCİN BULUNMASI

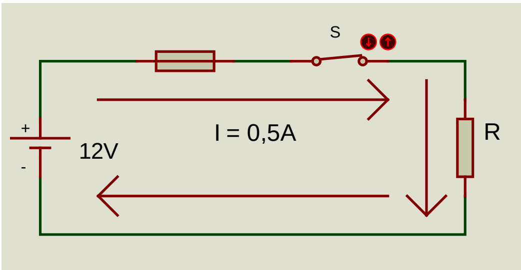
Örnek: Aşağıdaki şekildeki devrede verilen değerler yardımı ile bilinmeyen direnç değerini bulalım.



Çözüm: Ohm kanunu formülünde verilen değerler yerine konulursa, devreye bağlı olan üzerinden 1 Amperlik akım akıtan direnç değeri;

R= U/I = 10V / 1A = 10Ω

Örnek: Aşağıdaki şekildeki devrede verilen değerler yardımı ile bilinmeyen direnç değerini bulalım.



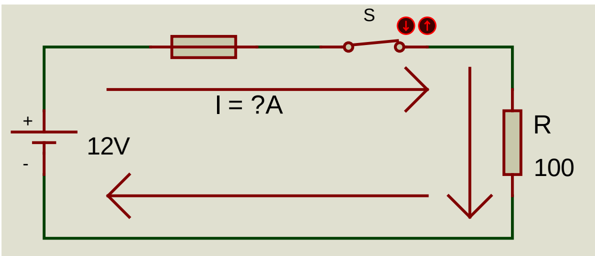
Şekil3.8

Çözüm: Değerler yerine konularak,

R = U / I = 12V / 0.5A = 24Ω

1.7.3 OHM KANUNU İLE AKIMIN BULUNMASI

Örnek: Aşağıdaki şekilde verilen değerler yardımı ile kaynaktan çekilen akımı bulalım.

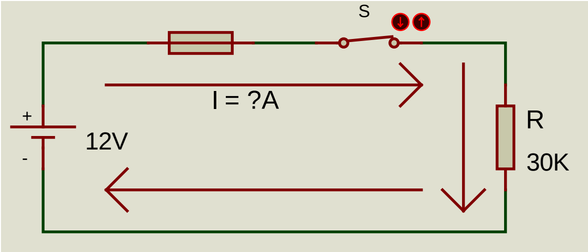


Şekil3.9

Çözüm: Şekilde de görüldüğü gibi bilinmeyen I değeri, bu değeri de bulmak için, formülde yerine konulduğu taktirde kaynaktan çekilen akım bulunur.

I = U / R = 12V / 100 = 0.12A veya 120mA bulunur.

Örnek: Aşağıdaki şekilde verilen değerler yardımı ile kaynaktan çekilen akımı bulalım.



Şekil.3.10

Çözüm: Formülde yerine konmadan önce birim dönüşümü olup olmadığına bakmak gerekir. Dikkat edilirse R değeri KΩ cinsinden verilmiş. Bunu formülde yerine koymadan Ω'a dönüştürürsek;

R= 30 kΩ = 30.10+3=30.000 Ω

I = U / R = 12V / 30K = 0.004A = 4 mA bulunur.

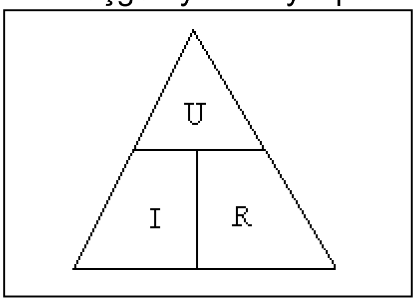
Örnek: Bir elektrik motoru 220 Voltluk bir gerilimle çalışmakta ve direnci ise 10 Ω dur. Bu elektrik motoru hattan ne kadar'lık bir akım çektiğini bulalım.

I = U / R = 220V / 10Ω = 22A bulunur.

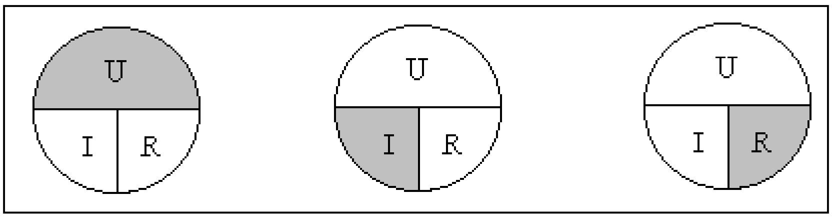
1.7.4. GRAFİKLE OHM KANUNUNUN GÖSTERİLMESİ

10 ohm'luk bir direnç elemanı gerilim değeri 10 volttan 10'ar volt yükseltilerek 100 volt direç uçlarına uygulandığında bu değerler ışığında bu direnç üzerinden geçen akım değerleri not edilir ve I (akım), U(gerilim) eksenleri doğrultusunda 10 ohm'luk direncin grafiği çıkartılır. Bu durumu laboratuar da deneysel olarak kanıtlayabiliriz. R=10 OHM İçin U ve I değerleri I= U/R den I değeri bulunur ve tabloda yerine yazılır. Bu tablodaki değerleri grafiğe dökersek 10 ohm luk direncin grafiğini çıkarmış oluruz.

Dikkat edilirse ohm kanunu formülü nedenli doğru olduğu görülmektedir.
Ohm kanunu formüllerini bir üçgen yardımıyla pratik olarak birlikte yazabiliriz.



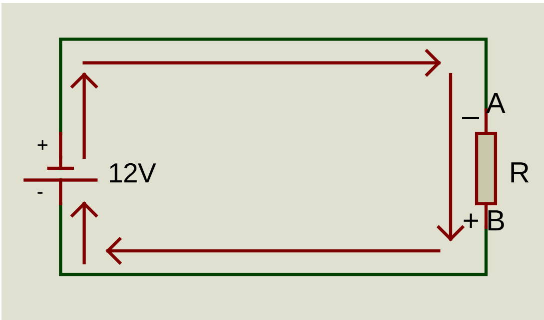
Burada hangi büyüklük hesaplanmak isteniyorsa o karakterin üzerini şekilde görüldüğü gibi kapatıyoruz. Aşağıdaki şekillerde, bu metotla akım, gerilim ve direnç değerini bulabiliriz.



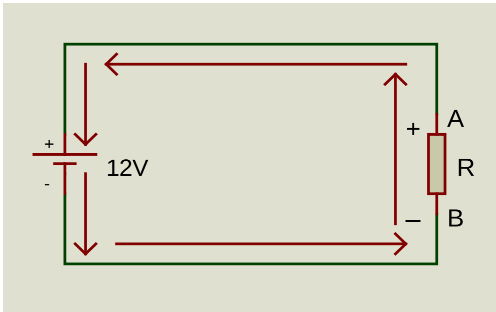
Şekil3.13 Gerilim, akım ve direnç veren formüller

1.8. AKIMIN ve GERİLİMİN YÖNÜ

Elektrik akım ve yönünün negatif (-) kutuptan, pozitif (+) kutba doğru olarak kabul edilir. Günümüzde özellikle elektronik alanında yazılmış kitaplarda kabul edilen akım yönüdür. Ancak devre şemalarında akım yönünün sembolik olarak gösterilmesini etkiler, teorik hesaplamalarda ve pratik uygulamalarda sonuçları etkilemez. Bu sebeple alınan sembolik yön pratikte negatife veya negatiften pozitife akması hiçbir değer değişikliğine sebebiyet vermez.



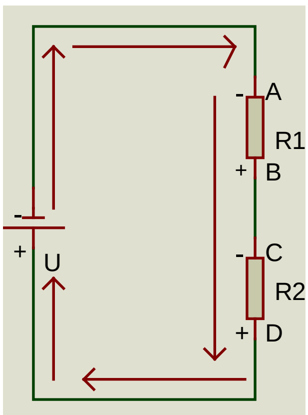
Bir direnç üzerinde gerilimin yönü
Şekil3.23(a)



Bir direnç üzerinde gerilimin yönü
Şekil3.23(b)

Yukarıdaki görülen şekil3.23(a)daki devrede akım, gerilim kaynağının (-) kutbundan çıkarak R direncinin A ucundan giriş yapmakta ve B ucundan çıkış yapmaktadır. Böylece, direncin A ucu (-), b ucu ise (+) olur. Direnç uçlarında düşen gerilim ölçülmek istenirse D.C Voltmetrenin (-) ucu direncin a ucuna, (+) ucu ise direncin B ucuna paralel bağlanmalıdır.

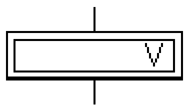
Bir elektrik devresinde iki direncin seri olarak bağlandığını düşünelim. Bu durumda da her direnç ayrı ayrı ele alınır ve akımın giriş ve çıkış yönlerine göre o direnç uçlarında düşen gerilimin kutupları belirlenir. Aşağıdaki şekilde seri bağlı direnç üzerinde düşen gerilimlerin yönleri görülmektedir. Devreyi iyi bir şekilde incelersek akımın ve gerilimin uçlarında nasıl bir durum oluşuyor onu net bir şekilde görebiliriz.



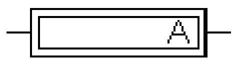
Şekil3.24 Seri bağlı direnç üzerinde düşen gerilimlerin yönü

Yukarıdaki şekil3.24de akım R_1 direncinin ucundan giriş B ucundan çıkış yapmaktadır. Bu direncin A ucu (-), B ucu (+) olur. R_2 direncinin C ucundan giren akım D ucundan çıkmaktadır. Buna göre R_2 direncinin C ucu (-), D ucu (+) olur.
R_1 direnç uçlarında düşen gerilim bir D:C voltmetre ile ölçülmek istendiğinde, voltmetrenin (-) ucu R_1 direncinin A ucuna, (+) ucu ise direncin B ucuna bağlanmalıdır. R_2 direnci uçlarında düşen gerilimi ölçmek istendiğinde ise voltmetrenin (-) ucu R_2 direncinin C ucuna, (+) ucu ise D ucuna bağlanmalıdır.

D.C akım devrelerinde akım D:C ampermetrelerle, gerilim ise D:C voltmetrelerle ölçülür. Bunların bir arada olan aletlere multimetre veya AVO (AMPER, VOLT ve OHM) denir. Aşağıdaki şekillerde D.C Ampermetre ve D.C Voltmetre şekilleri görülmektedir.

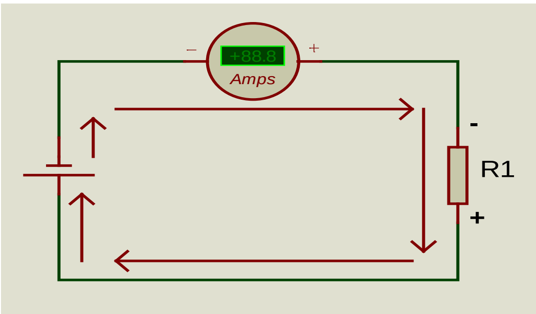


Voltmetre sembolü



Ampermetre Sembolü

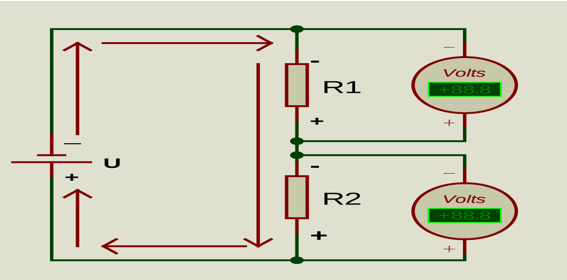
D:C ampermetreler devreden geçen D:C akımı ölçer ve devreye seri bağlanır. D.C ampermetrelerin (+) ve (-) uçları vardır. Devreye bağlanırken ampermetrenin (-) ucunun akımın giriş yaptığı noktaya, (+) ucunun ise akımın çıkış yaptığı noktaya bağlanması gerekir. Aşağıdaki şekilde D.C ampermetrenin devreye bağlanması görülmektedir.



Şekil3.26 D.C. ampermetrenin devreye bağlanması

D.C. Voltmetreler iki nokta arasında D.C. gerilim ölçer. D.C. Voltmetreler, gerilimi ölçülecek elemana paralel olarak bağlanır. D.C voltmetrenin bir ucu (-) diğer ucu ise (+) dır. Gerilim ölçerken, voltmetrenin (-) ucu gerilimin (-) ucuna, voltmetrenin(+) ucu ise gerilimin (+) ucuna bağlanır. Aşağıdaki şekilde D.C voltmetre kullanılarak direnç uçlarında düşen gerilimlerin ölçülmesi görülmektedir.

Burada R_1 direncinin uçlarındaki gerilim düşümünü bir voltmetre, R_2 uçlarındaki gerilim düşümünü ise diğer voltmetre ölçmektedir.



Şekil3.27 D.C voltmetrenin devreye bağlanması

1.9. ENERJİ ve GÜÇ

Giriş: Günlük yaşantıda kullanılan enerji üreten sistemler ve bu enerjiyi kullanan cihazlarda istenen en büyük özellik herhangi bir enerjinin diğer enerjilere kolaylıkla dönüştürülebilmesi ve bu dönüşüm sırasında kayıpların en az olmasıdır. Elektrik enerjisi ve elektrikli cihazlarda bu özellik diğer enerji şekillerine ve cihazlarına oranla daha üstün özellikler gösterir. Bu bölümde, elektrik işi, gücü ve uygulamaları anlatılacaktır.

1.9.1 İ Ş VE ENERJİ

Etrafımızda oluşan değişimleri iş, bu işi oluşturan yetenekleri de enerji olarak tanımlamıştık. Örneğin bir elektrik motorunun dönmesi ile bir iş yapılır, ve bu işi yaparken de motor bir enerji kullanır.

Mekanik İş : bir cismin, F kuvveti etkisi altında L uzunluğuna gitmesi ile yapılan iş olup,

W = F . L

formülü ile hesaplanır. Bu formülde;

F = Kuvvet
L = Alınan yol
W = İş ‘tir

MKS birim sisteminde, uzunluk metre (m), kuvvet newton (N) alındığından iş birimi de newton metre (Nm) veya kısaca joule (jull) olur. Ve (J) ile gösterilir.

Uçlarındaki gerilim U volt ve içerisinde t saniye süresince Q kulonluk enerji miktarı geçen bir alanda görülen iş ;

W = U . Q

Q = I . t yerine kullanılırsa;

W = U . I . t formülü bulunur.

W = elektrik işi (enerji) (joule)
U = alıcı gerilim (volt)
I = alıcı akım (amper)
‘t = alıcının çalışma süresi (saniye) dir.

Bu üretecin verdiği iş ise aynı yoldan

W = E . I . t formülü ile bulunur.

W = Üretecin verdiği iş (joule)

E = Üretecin EMK sı (Volt)
I = Üretecin verdiği akım (amper)
t = üretecin çalışma süresi (saniye)
Elektriksel iş birimi Volt Amper saniye (kısaca V .A s) dir. Doğru akımda 1 VA= 1 Watt alındığında elektrikteki iş birimi de Watt .saniye (Ws) veya joule olur.

3600 Ws = 1 Watt saat (1 Wh)
3600000 Ws = 1000 Wh = 1 kiloWatt saat (1kWh) uygulamada çok kullanılır.
Örnek: 110 voltluk bir doğru akım şebekesinden 2A çeken bir cihazın bir günde sarf ettiği işi(enerji) bulalım

W = U . I .t
= 110 . 2 . 24 = 5280 = 5,28 kWh bulunur.

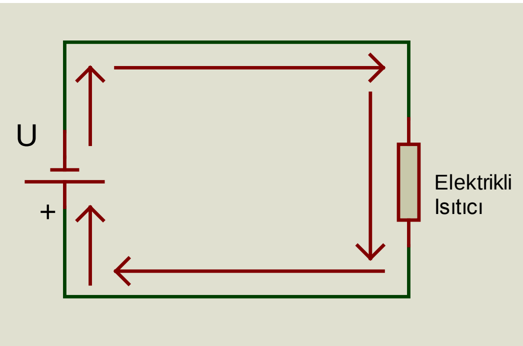
1.9.2. DİRENCİN GÜCÜ

Direncin gücü, üzerinde ısı olarak harcayabileceği güç demektir. Dirençlerin gücü, boyutları ile doğru orantılıdır. Buna göre direncin boyutları büyükse gücü yüksek, boyutları küçükse gücü düşük demektir. Direnç üzerinde harcanan güç, dirençten geçen akımla, üzerinde düşen gerilimin çarpımına eşittir. O noktaya bağlanacak direncin gücü buna göre seçilmelidir. Direncin gücü, üzerinde ısı olarak harcanacak güçten daha küçük direnç seçilirse o direnç aşırı ısıdan dolayı yanar.

Piyasada, 0.125(1/8)Watt, 0.25(1/4) Watt, 0.5(1/2) Watt, 1 Watt, 5 Watt ve daha yukarı güçte dirençler bulunabilmektedir. Dirençlerin gücünün omik değerle bir ilişkisi yoktur. Buna göre omik değeri düşük fakat gücü yüksek dirençler bulunduğu gibi bunun tersi, omik değeri yüksek, gücü düşük direnlerde vardır.

Bir cihaz veya malzemenin büyüklüğü hakkındaki bilgi verebilmek,yapabileceği işi ne kadar sürede yapabileceğini söyleyebilmek için, birim zamanda yaptığı işin bilinmesi gerekir. İşte birim zamanda yapılan işe güç denir. (P) ile gösterilir ve

P = W / t veya P = (U* I *t) / t = U * I
Buradan;



Şekil3.30

Dikkat edilirse gerilim U= I . R' den güç formülünde yerine konulursa;
$P = U . I = (I . R) . I = I^2 . R$ Watt bulunur.

Eğer gerilim belli ise I=U/R formülünden güç formülünde yerine konulursa;

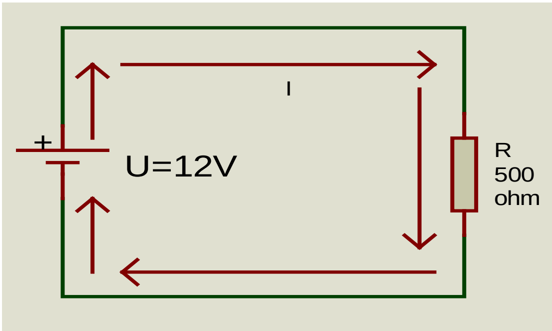
$P = U\ .\ (U / R) = U_2 / R$ Watt

olarak ta bir direnç üzerinde harcanan gücü bulabiliriz. Buradaki formülde;

P = cihazın gücü veya alınan güç (Watt)
U = uygulanan gerilim (Volt)
I = çekilen akım veya elemanın üzerinden geçen akım (Amper)
MKS birim sistemine göre (J/s) dir. Buna kısaca “Watt” denir W ile gösterilir. Bu birim as ve üst katları mevcuttur. Bunlar kendi aralarında biner biner büyür biner biner küçülür.

1W = 1000 mW 1000 W = 1 kW 10_6 W = 1 kW dır.

Örnek: Şekildeki devrede yukarıda anlatılan formülle devredeki direnç üzerinde harcanan gücü bulunuz.



Şekil3.31

Çözüm: I = U /R = 12V / 500Ω = 24mA

P = U.I = (12V).(24 mA) = (12V).(0,024A)= 0,288W=288 mW

Gerilim değeri kullanılmadan çözüm yapılabilir.

$P = I^2.R = (24.10^{-3} A)^2\ .500\ \Omega\ = 0,288$ W = 288 mW

Akım değeri kullanılmadan çözüm yapılabilir.

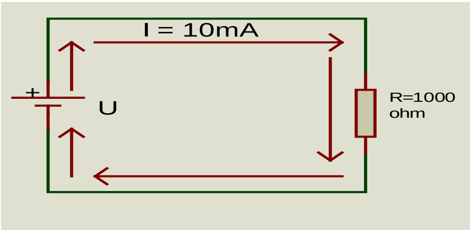
$P = U^2/R = 12V^2 / 500\ \Omega\ = 0.288$W bulunur.

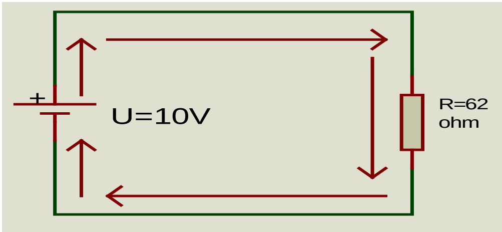
Örnek: Mersinde elektriğin kWh 100TL dir Bir evde kullanılan televizyonun gücü 500W ve 2 saat, müzik seti 75W 4saat, Klimanın gücü 1500W 30 dakika, elektrik ocağının gücü 2kW 45 dakika, çalıştığına göre harcanan toplam enerjiyi ve kaç liralık sarfiyat olduğunu bulunuz.

Televizyon : (0.5kW).(2 saat) = 1 kWh
Müzik seti : (0.075kw).(4saat) = 1.5kWh
Klima : (1.5kw).(0.5saat) = 0.75kWh
Elektrik ocağı : (2kw).(0.75saat) = 1.5kWh
Toplam yapılan iş : = 5.05kWh
Harcanan elektrik enerjisi :(5.05kWh) .(100 TL) = 505TL

Örnek: Aşağıdaki şekillerdeki devrelerde kullanılan karbon direncin üzerinden geçen akıma göre kaç watt’lık direnç kullanılması gerekir bulunuz.

a b





Şekil3.28

Şekil3.28 (a) daki direnç üzerinde harcanan güç;

$10mA = 10.10^{-3}$ A

$P = I .R = (10mA)^2 .(1000\Omega) = (10.10^{-3} A)^2 .(1000)$

P =0,1Watt veya P =100 mW

Bu devrede direncin üzerinden geçen akıma dayanabilmesi ve yanmaması için 1/8W(0.125W) lık direnç seçilmesi yeterlidir.

Şekil (b) deki direnç üzerindeki harcanan güç;
$P = U^2 / R = (10V)^2 / 62\Omega = 1.6$Watt

Bu devrede kullanılacak direncin gücü 2 W'lık seçilmesi gerekir. Aksi taktirde bu devre için daha küçük wattlı direnç seçilirse ısıdan dolayı yanar.

Örnek: Bir 200 Ω'luk ve 2 W'lık bir direncin üzerinden max. Geçen akımı bulunuz.
Çözüm:

$P = I^2.R \leq 2W$

$I^2.(200\Omega) \leq 2W$

$I^2 \leq 0,01A$

$I \leq 0.1A = 100mA$

bulunur. Bu direnç max. 100 mA'lik akıma dayanır. Bunun üzerindeki bir akım uygulandığı taktirde direnç aşırı ısıdan dolayı yanar. Bunun için direncin sadece omik değeri yeterli değil direnç seçilirken o direncin o devreye dayanıp dayanmayacağı da göz önünde tutulmalıdır.

2-SERİ DEVRELER VE KİRŞOFUN GERİLİM KANUN

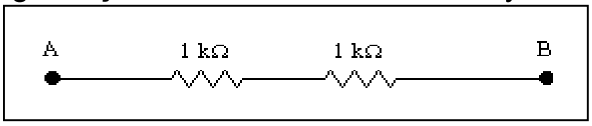
2-1 DİRENÇLERİN SERİ BAĞLANMASI

Devrelerde direnç sembolleri karşımıza aşağıdaki şekil 2.1 (a) ve (b) deki gibi karşımıza çıkmaktadır. Bu semboller devreler sıkça karşımıza çıkacak ve birimi ohm (Ω) olarak bilinecektir. Bu birimi önceki konularda açıklamasını yapmıştık. Tekrar bir hatırlatma yaparsak ohm küçük bir birim olduğu için askatları mevcut olmayıp üst katları vardır. Bunlar kilo ohm (kΩ) ve mega ohm (MΩ) dur. Bu birimler arası dönüşümler 1000'er 1000'er büyür 1000'er 1000'er küçülürler. Bu birim dönüşümlerini örneklersek;

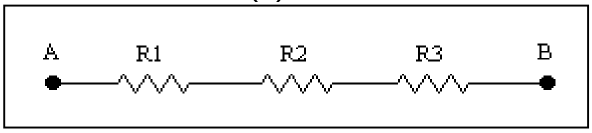
$1\Omega = 10^{-6}$ MΩ $\qquad$ $1\Omega = 10^{-3}$ KΩ

100Ω = ……..KΩ ? $\qquad$ 520KΩ=………..Ω?

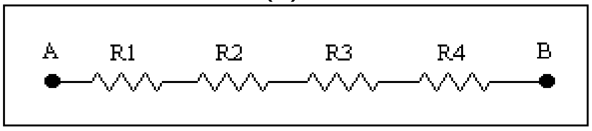
bunları çözersek; 100Ω = 0,1 kΩ, 520 kΩ = 520.000 Ω olduğunu görürüz. Bu direnç değerlerini teorik olarak bu şekilde yapıldığı gibi ölçü aleti ile de direncin değerinin kaç olduğunu da ölçerek bulabiliriz. Direncin değerini ölçmede kullanılan ölçü aletinin ismi ise OHMMETRE'dir. Bu açıklamalar ve hatırlatmalardan sonra dirençler tek bir şekilde devrede kullanıldığı gibi birden fazlası da aynı devrede kullanılabilir. Bu dirençlerin kendi aralarındaki biri birinin ucuna bağlantı şekillerine göre isimlendirilirler. Dirençlerin birinin çıkış ucunun diğerinin giriş ucuna o direncinde çıkış ucunun diğerinin giriş ucuna bağlanma şekline dirençlerin seri bağlanması denir. Kısaca akımın değişmediği aynı akımın tüm elemanların üzerinden geçtiği durumdur. Bu bağlantı şekline örnek verirsek daha iyi anlaşılır.



(a)



(b)

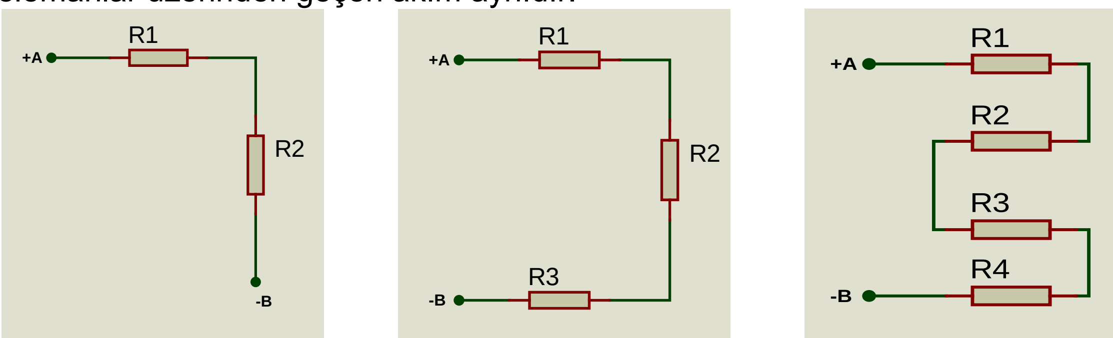


(c)

Şekil 2.1 Dirençlerin seri bağlantı şekli

Çeşitli Seri Direnç Bağlantısı

Direnç elemanı devrede şekil 2.1 deki gibi bağlandıkları gibi şekil 2.2 deki gibide bağlanır. Üzerlerinden dikkat edilirse aynı akım takip ettiği görülür. Seri bağlantıda elemanlar üzerinden geçen akım aynıdır.

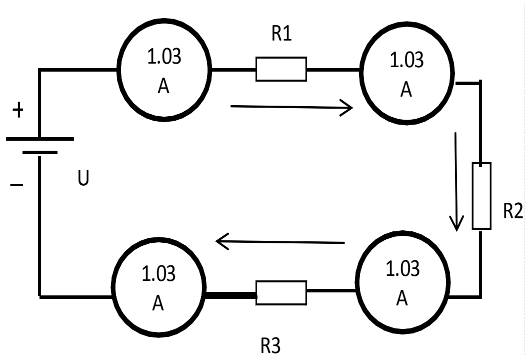


(a) (b)

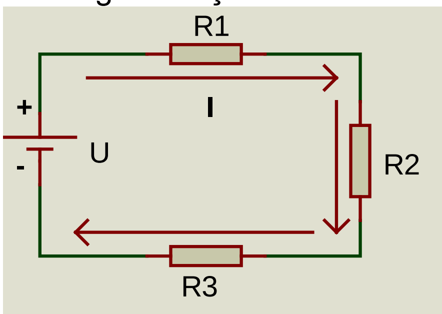
Şekil 2.2 Dirençlerin seri bağlanması ve akımın üzerlerinden geçişi

2.2 SERİ DEVREDE AKIM

Devreden akımın akması için direnç uçlarına bir gerilim kaynağı bağlanması gerekir. Şimdi dirençleri seri bağlayıp uçlarına bir gerim uygulayıp üzerlerinden geçen akımı inceleyelim.



Şekil 2.3 (a) Seri bağlı dirençlerin üzerinden geçen akım

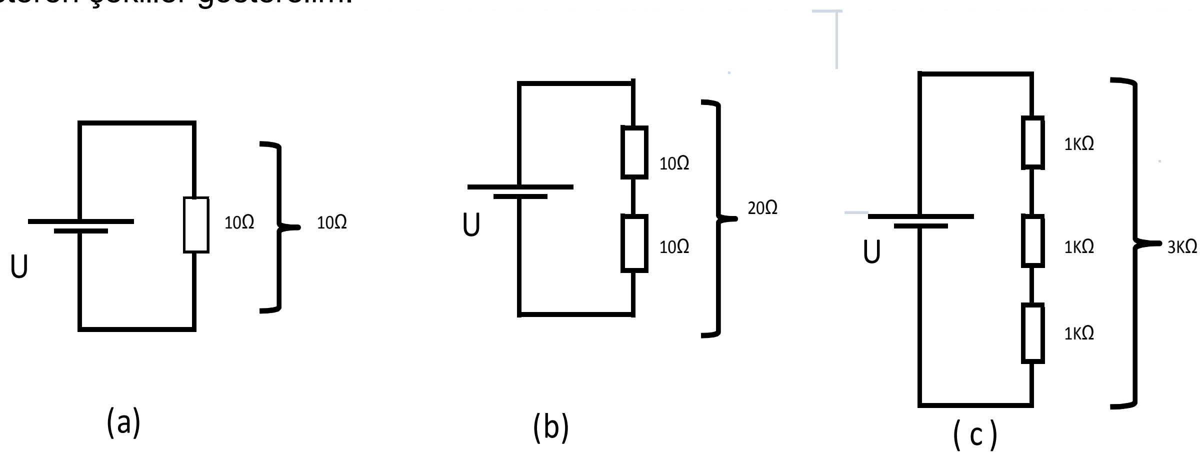


Şekil2.3 (b)

Dikkat edilirse dirençler seri bağlanıp ve bu direnlerin uçlarına bir güç kaynağına bağlanmış bu elemanlar üzerinden bir akım şekilde görüldüğü gibi geçmekte. Bu akımda devreye seri bağlanan ampermetre ile kaynaktan ve dirençlerden geçen akımları şekil 2.3 (a) da görüldüğü gibi ölçülür. Bu ölçülen akıma bakarsak kaynaktan çekilen akım devrede bağlı olan direnç üzerlerindeki ile aynı değeri göstermektedir. Seri bağlamada kaynaktan çekilen akımla elemanlar üzerinden geçen akım aynıdır. Bu seri devre özelliklerinden bir tanesidir.

2-3 TOPLAM (EŞDEĞER) DİRENÇ

Dirençler (pasif eleman) bir veya n tanesini seri bağlayabiliriz. Bu bağladığımız seri bağlı dirençlerin tek bir direnç haline getirme işlemlerine toplam veya eşdeğer direnç bulma denir. Dirençlerin seri bağlanması ve toplam direnç değerlerini üzerinde gösteren şekiller gösterelim.



Şekil 2.4 Dirençlerin seri bağlanması ve Eşdeğeri

Şekil 2.4 de dirençler bir, iki, ve üç tanesi kendi aralarında seri bağlanmış yanlarında ise bu dirençlerin toplam değerleri bulunmuştur. Görüldüğü üzere n tane direnç de olsa şekil 2.4 (a)deki devrede olduğu gibi tek bir direnç şekline getirilir. Bu hale getirmek için dirençler seri bağlı ise bu dirençlerin omik değerleri kendi aralarında tek tek toplanır. Bunu formül haline getirsek;

RT veya Reş = R1 + R2 + R3 +.........+Rn

$$R_T \text{ veya } R_{eş} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots\dots + R_n$$

genel formülü ortaya çıkar. Bir devrede 4 tane direnç seri bağlanmışlarsa;

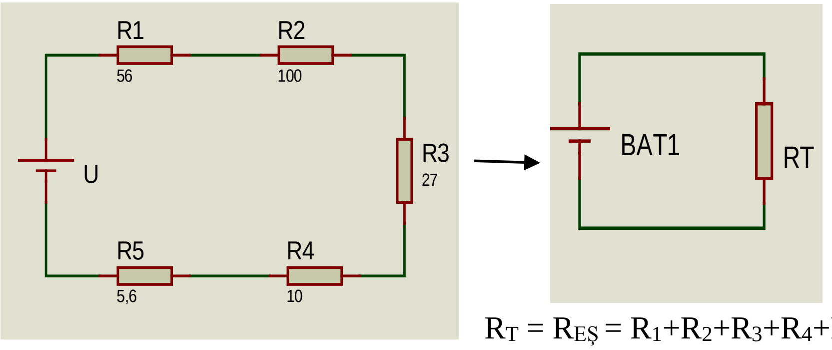
$$R_T = R_{EŞ} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

Eğer devrede 6 tane direnç seri bağlanmış ise;

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6$$

gibi direnç değerleri kendi aralarında skalar olarak toplanır. Bu formüllerin hepsi genel formülden çıkmaktadır. Eğer dirençler birbirleri ile seri bir şekilde bağlanmışsa bu değerler toplanacak tek bir direnç haline getirilecektir.

Örnek 2.1: Şekil 2.5 deki devrede verilen dirençlerin eşdeğerini bulunuz.



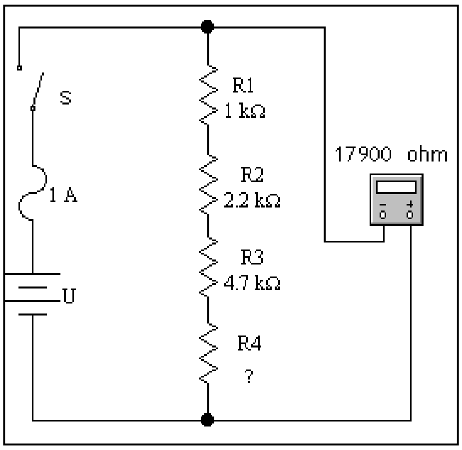
Şekil 2.5

$$R_T = R_{EŞ} = R_1+R_2+R_3+R_4+R_5$$

R_T = 56 +100+27 +10+ 5,6

R_T = 198,6Ω bulunur. 5 tane direnç yerine aynı işi yapan R_T bağlamamız yeterli olur.

Örnek 2.3: Aşağıdaki şekil 2.7 deki devrede ohm metrenin gösterdiği değer 17900 Ω olduğuna göre R_4 direncinin değeri kaç kΩ dur.



Şekil 2.7

Devrede görüldüğü gibi dirençler üzerinden herhangi bir akım akmadığı ve direnç uçlarında gerimin olmadığı gözüküyor. Devredeki S anahtarı devreyi kesmektedir. Eğer S anahtarı devreyi kesmemiş olsa bu bağlantı ve ölçülen değer yanlış olurdu. Direnç ölçerken direncin uçlarında ve üzerinden herhangi bir akım akmaması gerekir. Dirençlerin tam değerinin görülebilmesi için direnç uçlarında dirençlere seri veya başka tür bir bağlantı olmaması gerekir. Şekil 2.7 de olduğu gibi. Devre de ölçüm hatası olmadığı tespitini yaptıktan sonra R_4 direncini bulalım. Ohmmetrenin gösterdiği bağlantı şekline göre toplam direnci vermektedir. Buna göre;

$R_T = R_{EŞ} = R_1+R_2+R_3+R_4$
$17{,}9K\Omega = 1\ K\Omega + 2{,}2\ K\Omega + 4{,}7\ K\Omega + R_4$ R_4 ' ü çekersek;
$R_4 = 17{,}9\ K\Omega - (1\ K\Omega + 2{,}2\ K\Omega + 4{,}7\ K\Omega)$
$R_4 = 10\ K\Omega$ bulunur.

Aynı Değerli Dirençlerin Seri Bağlanması

Dirençler farklı değerlerde seri bağlanabildikleri gibi aynı değerli dirençlerde birbirleri ile seri bağlanabilirler. Bunlarda tek bir direnç haline aldırılabilir. Bu gibi durumda aşağıdaki formülü kullandığımız taktirde eşdeğer direnç değerini bulabiliriz.

$R_{EŞ} = R_T = Nr$

$$\boxed{R_{EŞ} = R_T = nR}$$

Bu konuyu örnek vermek gerekirse; 22 Ω'luk sekiz adet direnci seri bağladığımızda eşdeğer direncin değerini bulalım.

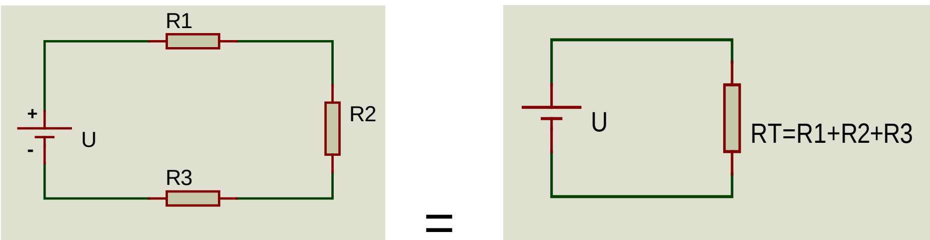
$R_T = nR = 8.22\,\Omega = 176\,\Omega$

bulunur. Bu örneğimizi dirençlerin seri bağlama formülü ile bulmuş olsaydık, işlem kalabalığı daha fazla olacaktı.

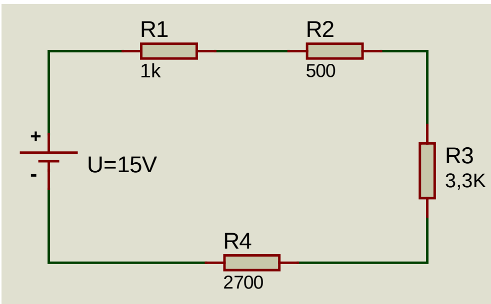
2-4 SERİ DEVREDE OHM KANUNU

Ohm kanunu tek bir dirençte uygulanabildiği gibi n tane direncin seri bağlanmasında da kullanılabilir. Şimdiye kadar seri bağlanan dirençlerin eşdeğerini bulduk, fakat bu dirençler gerilim kaynağı bağlayıp bu dirençler üzerlerinden geçen akımları, direnç uçlarındaki gerilim düşümlerini bulmadır. Ohm kanununda görmüş olduklarımızı seri devrede kullanalım ve devrenin analizini yapalım. Aşağıdaki devre üzerinde ohm kanunu tekrar hatırlayalım.Şekil 2.8 de dirençlerin seri ve o dirençlerin eşdeğerini göstermekte ve eşdeğer direnç değeri $R_T = R_1+R_2+R_3$ olduğunu şekil üzerinde nasıl bulunduğunu gördük. devreden geçen toplam akım ise;

$$I_T = \frac{U}{R1+R2+R3} = \frac{U}{RT} \quad \text{aynı sonucu verecektir.}$$



Örnek 2.4: 15 Voltluk bir gerilim kaynağının uçlarına 1 kΩ, 500Ω, 3,3 kΩ ve 2700Ω dirençleri seri bağlanıyor. 3,3 kΩ direncin üzerinden geçen akımı bulunuz.



Şekil 2.9

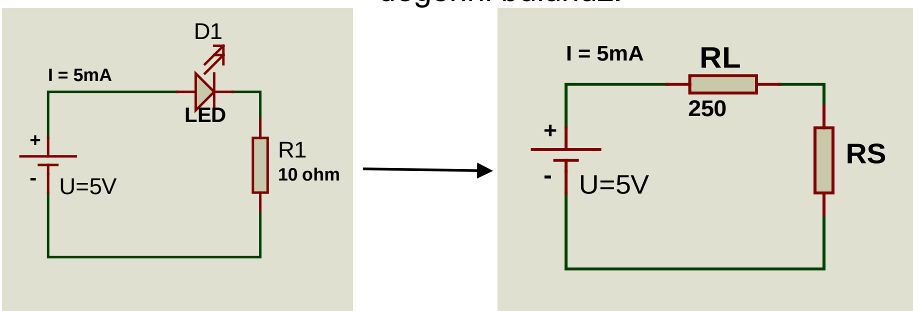
Devrede elemanlar seri bağlandıkları için toplam direnç formülünü kullanırsak;

RT = REŞ = 1kΩ + 0,5kΩ + 3,3kΩ + 2,7kΩ = 7,5KΩ

Kaynaktan çekilen akım, aynı zamanda 3,3 kΩ dan da geçen akımdır. Bunu bulmak için ohm kanununu kullanırsak;

$I_T = I_{3,3k} = \frac{15V}{7,5K\Omega} = \frac{15V}{7500} = 2.10^{-3}A = 2mA$ bulunur.

Örnek 2.6: Aşağıda şekil 2.12 de LED (ışık veren elektronik eleman) 5V'luk bir kaynağa seri bir dirençle bağlanıyor. Led üzerinden 5mA'lik bir akıma ve 250 Ω'luk bir direnç özelliği gösteren bir elemandır. Buna göre led'e seri bağlanacak direncin değerini bulunuz.



Şekil 2.12

Çözüm 2.6: İlk yapmamız gereken toplam direnci bulmak.

$R_T = R_S + R_L = R_S + 250\Omega$

$R_S = R_T - 250\Omega$

Burada R_S ve R_T değerleri belli değil R_T'yi akım ve gerilim değerleri belli olduğu için o değerlerden faydalanarak bulabiliriz.

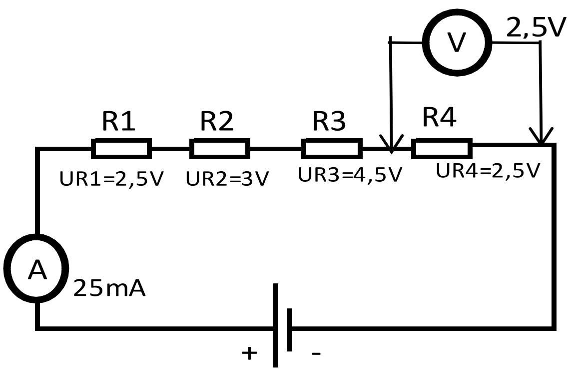
$R_T = U / I_T = 5V / 5\ mA = 1K\Omega = 1000\Omega$

bu değer toplam direnç yerine yazılırsa led'e seri bağlanacak direnç değeri bulunur.

Rs = RT - 250Ω

Rs =1000 - 250 750 direnç lede seri bağlanması gerekir.

Örnek 2.7: Şekil 2.13 deki devrede bağlı olan voltmetre 2.5V'tu devredeki ampermetre ise 25mA'i gösterdiğine göre; direnç değerlerini bulunuz.



Şekil 2.13

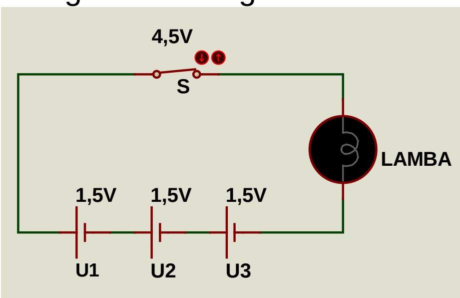
$R_1 = U_1 / I = 2,5V / 25mA = 2,5V / 25.10^{-3}A = 100\Omega$

$R_2 = U_2 / I = 3V / 25mA = 3V / 25.10^{-3}A = 120\Omega$

$R_3 = U_3 / I = 4{,}5V / 25mA = 4{,}5V / 25.10^{-3}A = 180\Omega$
$R_4 = U_4 / I = 2{,}5V / 25mA = 2{,}5V / 25.10^{-3}A = 100\Omega$
direnç değerleri bulunur. Bu devreyi **Proteus ISIS** programı ile deneyip görebilirsiniz. Dikkat edilirse dirençler seri bağlanma durumunda kaynaktan çekilen (ampermetrenin gösterdiği değer) akım elemanlar üzerinden aynen geçmektedir. İlerleyen konularda seri devrede akımın aynı gerilim değerlerinin değiştiğini göreceğiz.

2-5 GERİLİM KAYNAKLARININ SERİ BAĞLANMASI

Dirençlerde olduğu gibi gerilim kaynakları da seri bağlanabilir. Gerilim değerlerini yükseltmek için veya gerilim değerini düşürmek istendiğinde kaynakları seri bağlayabiliriz. Aşağıdaki şekil 2.14 de üç adet pil birbirleri ile bağlanmış ve uçlarına bir lamba bağlanmıştır. Bu gerilimin eşdeğerini inceleyelim bu lambanın uçlarına kaç volt gerilim gelmektedir görelim.

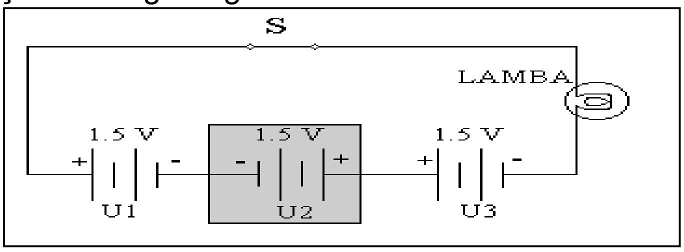


Şekil 2.14

Dikkat edilirse seri bağlamada kaynaklar (+) çıkan diğer kaynağın (-) ucuna bağlanmıştır. Kaynakları seri bağlamak için bu şekilde yapmak gerekir. Şekildeki gibi bağlantı yapıldığı taktirde lambanın uçlarındaki gerilim;

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = 1{,}5V + 1{,}5V + 1{,}5V = 4{,}5Volt$$

gerilim değeri bulunur. Şekil 2.15 daki devrede bağlantı şekline göre lambanın uçlarındaki gerilim kaç volt olduğunu görelim.



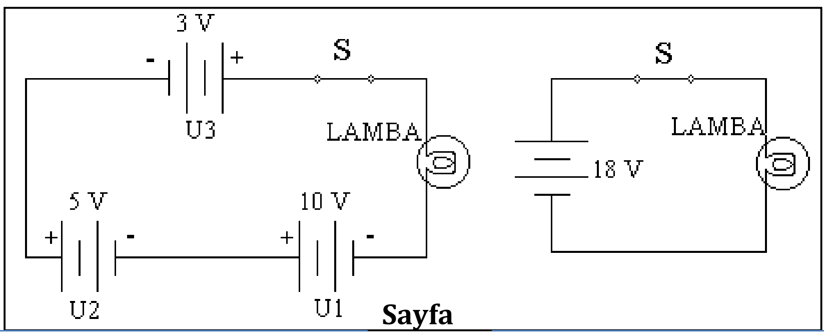
Şekil 2.15

$U = U_1 - U_2 + U_3 = 1{,}5V - 1{,}5V + 1{,}5V = 1{,}5Volt$ değeri bulunur.

Örnek 2.8: Aşağıda şekil 2.16 de verilen elektrik devresine bağlı gerilim kaynaklarının toplam değerini ve bu kaynak yerine kaç voltluk tek bir kaynak bağlasak aynı işi yapar bulunuz.

Çözüm 2.8: Şekil 2.16 deki devre incelenirse kaynaklar birbirlerine seri olarak bağlanmış bu durumda kaynakların değerlerinin toplamı bize lambanın uçlarındaki gerilim değerini ve eşdeğer kaynağın değerini verecektir.

Şekil 2.16

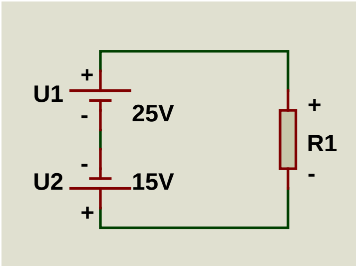


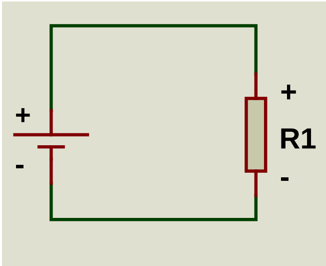
$U = U_1 + U_2 + U_3 = 10V + 5V + 3V = 18Volt$

bulunur. Bu üç kaynağın yerine tek bir 18 Voltluk kaynak şekil 2.16 deki gibi bağlayabiliriz. Tabi ki vereceği gücü de uygun olması şartıyla.

Örnek 2.9:

Şekil 2.17 deki devrede gerilim veya direnç uçlarındaki gerilim değerini bulalım ve aynı görevi yapacak eşdeğer kaynağı direnç uçlarına bağlayalım.





Şekil 2.17

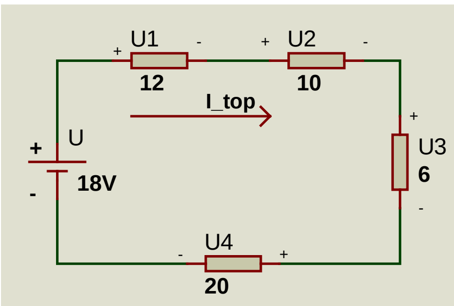
Çözüm 2.9:

Şekil 2.17 deki kaynaklar birbirlerine bağlanmış bağlantıda elemanlar (-) uçları birbirine (+) uçları birbirlerine bağlanmış bu durumda büyük değerli olan kaynaktan küçük değerlikli kaynağın değerini çıkarıp büyük değerlikli kaynağın yönü alınır. Bu direnç uçlarında (+), (-) olarak belirtilmiştir. Direnç uçlarındaki gerilimi bulursak;

$$U = U_2 - U_1 = 25V - 15V = 10V$$

bulunur. Bu kaynağın aynı görevini yapacak şekil 2.17 de gösterilmiştir.

Örnek 2.10: Şekil 2.18 da verilen devrede direnç uçlarında gerilim düşümlerini bulunuz.



$R_T = R1 + R2 + R3 + R4$

$R_T = 12 + 6 + 10 + 20$

$R_T = 48\Omega$

$I_T = U / R_T = 18V / 48\Omega = 0,375A$

Şekil2.18

Direnç uçlarındaki gerilim düşümlerini bulursak;

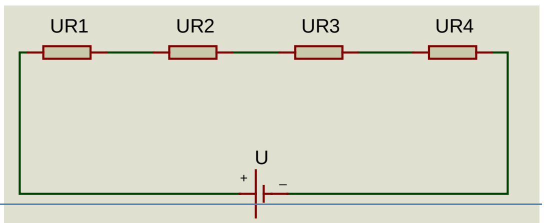
$U1 = I.R1 = 0,375A.12\Omega = 4,5V$ $U3 = I.R3 = 0,375A.6\Omega = 2,25V$

$U2 = I.R2 = 0,375A.10\Omega = 3,75V$ $U4 = I.R4 = 0,375A.20\Omega = 7,5V$

direnç uçlarındaki gerilim düşümleri bulunur. Bu gerilim düşümleri toplamı dikkat edilirse kaynak gerilimine eşittir. Bu ileriki konuda bir kanun adı altında incelenecektir.

2.6 KIRCHHOFF'UN GERİLİMLER KANUNU

Kapalı bir elektrik devresinde, seri bağlı dirençlerin üzerinde düşen gerilim düşümlerinin toplamı devreye bağlanan gerilim kaynağının uçlarındaki gerilime eşittir.Bu ifade ettiğimiz tanımı bir devre üzerinde gösterirsek;



$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots\dots\dots U_n$$

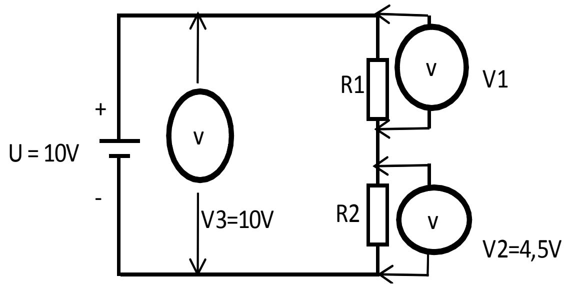
Şekil 2.19

Kirchhoff'un gerilimler kanunu formülünü genellenmiş olarak ortaya çıkar.

Kirchhoff'un gerilimler kanunun başka bir tarifi, kapalı bir elektrik devresinde gerilimlerin toplamı sıfıra eşittir.

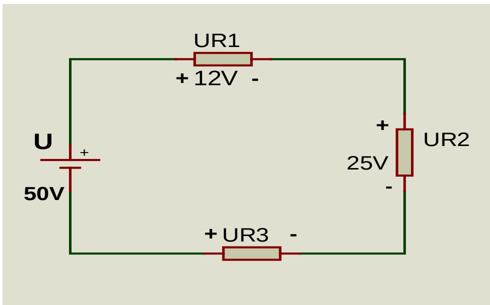
$$U - U_{R1} - U_{R2} - U_{R3} - U_{R4} = 0$$

Kırchhoff'un ikinci tanıma göre formülü ortaya çıkar bu formülü ilerleyen konularımızda sıkça kullanılacaktır. Kanunun laboratuar ortamın da kanıtlanması için şekil 2.21 deki gibi bağlantı yapılırsa voltmetrelerin gösterdiği değerlere bakarak kanunun nedenli doğru olduğu gözükür.



Şekil 2.21

Örnek 2.12: Şekil 2.23 deki devrede U_3 gerilim değerini kirchhoff gerilimler kanunundan yararlanarak bulunuz.



Şekil-2.23

Çözüm 2.12: Kirchhoff'un gerilimler kanunun ikinci bir tanımlanmasını yapmıştık. Kapalı bir devrede gerilimlerin toplamının sıfıra eşit olduğunu söylemiştik. Buna göre R_3 direncinin uçlarındaki gerilim düşümünü bulursa;

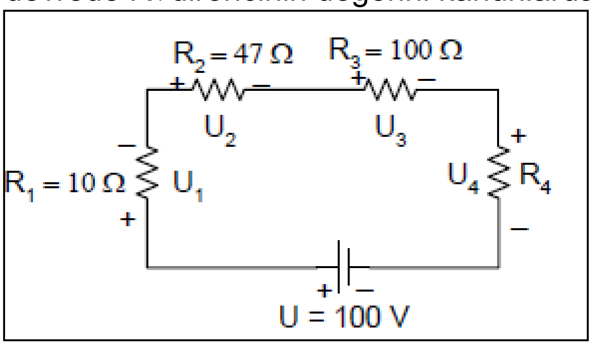
U – UR1 – UR2 – UR3 = 0

50V – 12V – 25V – UR3 = 0

UR3 = 13V bulunur.

Örnek 2.13:

Şekil2.24 deki devrede R_4 direncinin değerini kanunlardan yararlanarak bulunuz.



Şekil 2.24

Çözüm 2.13: Ohm kanunundan yararlanarak direnç uçlarındaki gerilim düşümlerini bulalım.

$$U_1 = I.R_1 = (200mA).(10\Omega) = 2V$$
$$U_2 = I.R_2 = (200mA).(47\Omega) = 9{,}4V$$
$$U_3 = I.R_3 = (200mA).(100\Omega) = 20V$$

direnç uçlarında ki gerilim düşümü bulunur. Daha sonra kirchhoffun gerilimler kanunundan yararlanarak R4 direnci uçlarındaki gerim düşümünü bulalım.

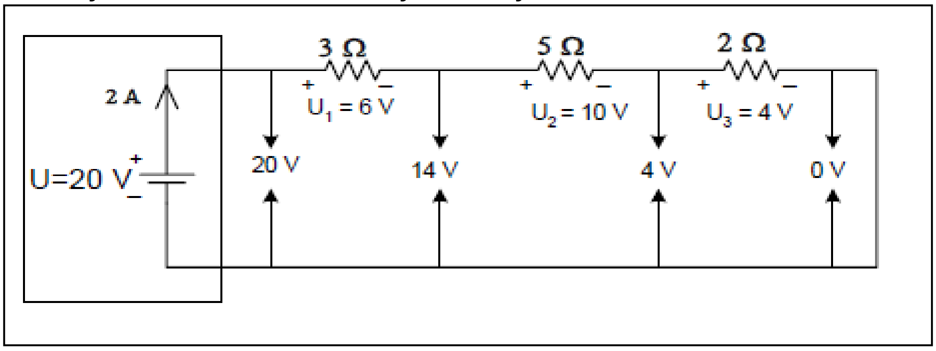
$$U - U_1 - U_2 - U_3 - U_4 = 0$$
$$100V - 2V - 9{,}4V - 20V - U_4 = 0$$
$$68{,}6V - U_4 = 0V \text{ dan} \qquad U_4 = 68{,}4V \text{ bulunur.}$$

R4 direnci uçlarındaki gerilim düşümünü ve üzerinden geçen akım seri olduğu için aynı akım R4 üzerinden de geçtiğinden ohm kanununu bu direnç için uygularsak;

$$R_4 = \frac{U_4}{I} = \frac{68{,}6V}{200mA} = 343\Omega \quad \text{bulunur.}$$

bu direnç değeri standart direnç değeri değildir. Bu direnç değerine en yakın %5 toleranslı 330 ohm'luk direnç bağlayabiliriz.

Örnek 2.14: Şekil 2.24 deki devreyi ele alalım. ohm kanunu ve kirchhoffun gerilimler ka nunundan yararlanarak bu devreyi inceleyelim.



Şekil 2-25

Çözüm 2.14: Şekil 2.25 deki devre seri bir devre olduğu için toplam direnç formülünden;

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 = 3\Omega + 5\Omega + 2\Omega = 10\Omega$$

toplam direnç bulunur. Kaynaktan çekilen akım;(kaynağın gerilim değeri verilmiş)

$$I = \frac{U}{R_4} = \frac{20V}{10\Omega} = 2 \text{ Amper kaynaktan çekilen akım bulunur.}$$

Bu bulunan akım elemanlar seri olduklarından tüm direnç üzerinden aynı akım geçeceğinden, direnç uçlarındaki gerilim düşümleri;

$$U_1 = 3\Omega.2A = 6V$$
$$U_2 = 5\Omega.2A = 10V$$
$$U_3 = 2\Omega.2A = 4V$$

direnç uçlarındaki gerilim değerleri bulunur. Şekil üzerinde de gösterildiği gibi 3ohm'luk direnç üzerinde 6 V'luk gerilim düşümü olmuş diğer dirençlere kalan gerilim ise;

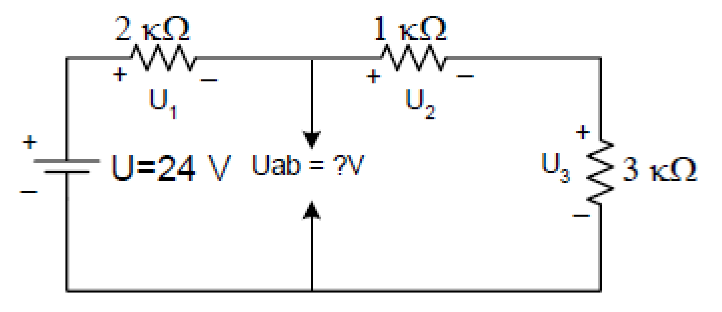
$$U - U_1 = 20V - 6V = 14V \text{ kalmıştır.}$$

İkinci direnç olan 5 ohm'luk direnç 10 V'luk gerilim düşümüne sebebiyet vermiş geriye R_3 direncine kalan gerilim ise;

$$U - U_1 - U_2 = 20V - (6V + 10V) = 4V$$

üçüncü(2 ohm) dirence kalan gerilim değeridir. Dikkat edilirse kapalı bir devredegerilimlerin düşümü kaynak gerilimine eşitliği görülmektedir. Kirchhoffun kanunu tekrar bu devrede de kanıtlanmış oldu.

Örnek 2.15: Şekil2.26 deki devrede ab uçlarındaki gerilimi kirchhoffun gerilimler kanunundan faydalanarak bulunuz.



Şekil 2-2 6

Çözüm 2.15: ab uçlarındaki gerilimi bulmak için önce eşdeğer direnci ve kaynaktan çekilen akımı bulmamız gerekir.

$$R_{EŞ} = R_1 + R_2 + R_3 = 2k\Omega + 1k\Omega + 3k\Omega = 6k\Omega = 6.000\Omega$$

kaynaktan çekilen akım;

$$I = \frac{U}{R_{EŞ}} = \frac{24V}{6k\Omega} = 4mA$$

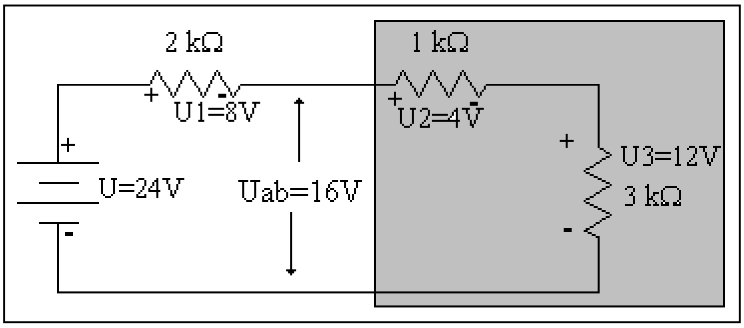
bulunur. Bu akım seri devrede tüm elemanlardan akacağından R_1 elemanı üzerindeki gerilim düşümü;

$$U_1 = R_1.I = 2k\Omega.4mA = 2.10^3\Omega.4.10^{-3}A = 8V$$

bulunur. Bu değeri kaynak geriliminden çıkartırsak ab uçlarındaki gerilimi buluruz. Veya ab uçlarındaki gerilim ve R_1 elemanı üzerindeki gerilimin toplamı kaynak gerilimini vereceğinden;

$$U = U_1 + Uab$$
$$24V = 8V + Uab \quad \text{den;} \qquad Uab = 24V - 6V = 16V$$

bulunur. Bu bulduğumuz gerilim değeri aşağıdaki şekil 2.27 de gösterildiği gibi bir kısmı R_2 direnci diğer kalan kısmı ise R_3 direnci üzerinde gerilim düşümü olarak görünecektir.



Şekil 2.27

2-7 GERİLİM BÖLÜCÜLER

Seri dirençlerden oluşan bir devrede akım sabittir. Yine seri bağlı dirençlerinuçlarında düşen gerilim, sabit olan bu akım ile her bir direncin çarpımına eşittir. Bunagöre her direncin uçlarında düşen gerilim o direncin değeri ile doğru orantılıdır. Seribağlı dirençlerden omik değeri yüksek olanın üzerinde (I x R) formülünden dolayı, omik değeri düşük olan direncine göre daha fazla gerilim düşer. Seri bağlı dirençler eşit ise üzerlerinde düşen gerilim de eşit olur.

Bir gerilim kaynağı ve seri bağlı dirençlerden oluşan devreye gerilim bölücüolarak düşünülebilir. Her direncin üzerine düşen gerilim $I.R_x$ formülü ile hesaplandığını biliyoruz. Aynı şekilde devre akımı $I = U / R_{EŞ}$ formülü ile bulunduğunu biliyoruz. Burada akım değerini $U = I.R_x$ formülünde yerine yazarak seri bağlı herhangi bir direncin uçlarındaki gerilim düşümünü bulabiliriz.
Bu açıklamalardan sonra gerilim bölücü formülünü çıkartırsak;

$$U_X = I.R_X \text{ (1.Formül)} \qquad \text{kaynaktan çekilen akım} \quad I = \frac{U}{R_{EŞ}}$$

I akımı formül bir(1) de yerine konulursa;

$$U_X = \frac{U}{R_{EŞ}} \cdot R_X \quad \text{düzenlenir ise}$$

$$U_X = \frac{R_X}{R_{EŞ}} \cdot U$$

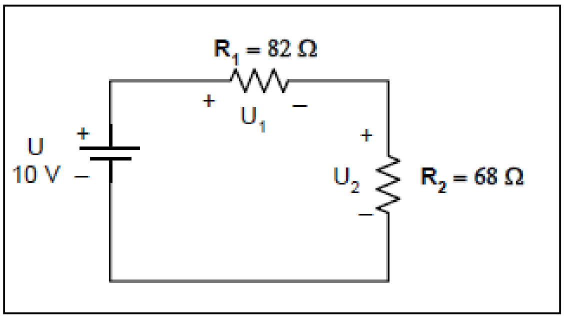
Gerilim bölücü formülü çıkar.

x: 1,2,3.......n , direnç sayılarıdır.

Bu formül doğrudan direncin üzerinde düşen gerilimi verir. Bu formülde kullanılan karakterlerin anlamı ve birimini açıklayalım.

U : Kaynak gerilimi (Volt)
$R_{EŞ}$: Eşdeğer(toplam) direnç (ohm)
R_X : Üzerinde düşen gerilimi hesaplanacak direnç (ohm)
U_X : R_X direnci üzerinde düşen gerilim (Volt)

Örnek 2.16: Şekil 2.28 deki elektrik devresinde kaynak gerilimi ve pasif elemanın omik değeri verilmiş, R_1 direnci uçlarındaki gerilim U_1, R_2 direncinin uçlarındaki gerilim(U_2) değerini gerilim bölücü formülünü kullanarak dirençlerin uçlarındaki gerilimi bulunuz.



Şekil 2.28

Çözüm 2.16: Gerilim bölücü formülümüzde devrede verilen değerleri yerine koyarsak;

$$R_{EŞ} = R_1 + R_2 = 82\Omega + 68\Omega = 150\Omega$$

$$U_1 = (\frac{R_1}{R_{EŞ}}).U = (\frac{82\Omega}{150\Omega}).10V = 5{,}47\,\text{Volt}$$

bulunur. R_2 uçlarındaki gerilimi şimdi önceki görmüş olduğumuz kirchhoffun gerilim kanunundan yaralanarak bulalım, daha sonra gerilim bölücü formülünden bulduğumuz değerle karşılaştıralım.

$U = U_1 + U_2$ den U_2'yi çekersek

$$U_2 = U - U_1 = 10V - 5{,}47V = 4{,}53V$$

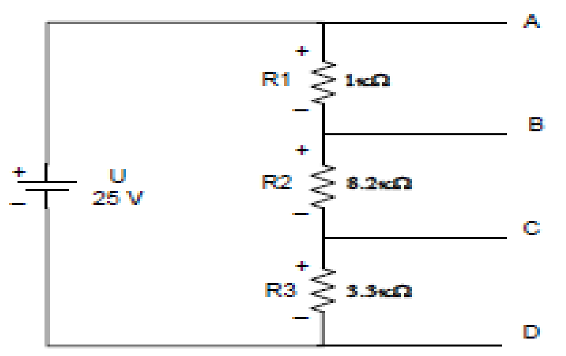
Bulunur. Gerilim bölücü formülünü kullanarak çözersek;

$$U_2 = (\frac{R_2}{R_{EŞ}}).U = (\frac{68\Omega}{150\Omega}).10V = 4{,}53V \qquad \text{bulunur.}$$

Dikkat edilirse her iki yöntemle de aynı sonucu verir. Bu da olması gereken bir durum.

Örnek 2.17: Aşağıda şekil 2.29 da verilen devrede gerilim bölücü formülünü kullanarak aşağıdaki şıklarda belirtilen gerilim değerlerini bulunuz.

(a) AB arası (b) AC arası (b) BC arası (c) BD arası (d) BD arası (e) CD arası



Şekil-2.29

Çözüm 2.17: Seri bağlı direnç elemanlarının eşdeğer direnç değerini bulursak;

$$R_{EŞ} = R_1 + R_2 + R_3 = 1k\Omega + 8{,}2k\Omega + 3{,}3k\Omega$$
$$R_{EŞ} = 12{,}5k\Omega = 12{,}5.10^3 = 12500\Omega$$

gerilim bölücü formülünde $R_{EŞ}$ değeri yerine konularak örnekteki şıkları cevaplandırabiliriz.

(a) $$U_{AB} = (\frac{R_1}{R_{(EŞ=T)}}).U = (\frac{1k\Omega}{12{,}5k\Omega}).25V = 2V$$

(b) Gerilim değeri AC arası istendiği, AC arasında R_1 ile R_2 seri bağlı olduğundan bu uçların gerilimi;

$$U_{AC} = (\frac{R_1 + R_2}{R_{EŞ}}).U = (\frac{9{,}2k\Omega}{12{,}5}).25V = 18{,}4V \text{ dur.}$$

c) BC uçlarında gerilim değeri sadece R_2 uçlarındaki gerilim, bu uçlardaki gerilim;

$$U_{BC} = (\frac{R_2}{R_{EŞ}}).U = (\frac{8{,}2k\Omega}{12{,}5k\Omega}).25V = 16{,}4V$$

(d) BD değeri arasındaki gerilim değeri R_2 ve R_3 dirençleri uçlarındaki gerilim düşümleri burada R_x değeri R_2 ile R_3 dirençlerinin toplamı olacaktır. Bu açıklamadan sonra U_{BD};

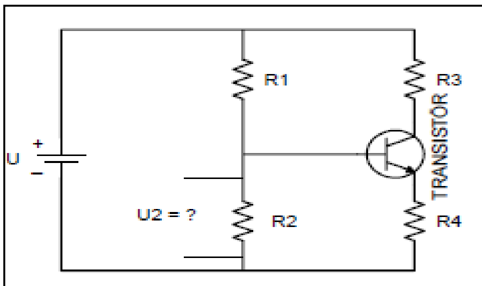
$$U_{BD} = (\frac{R_2 + R_3}{R_{EŞ}}).U = (\frac{11{,}5k\Omega}{12{,}5}).25V = 23V \text{ dur.}$$

(e) Son olarak CD arasındaki gerilim ise sadece R_3 uçlarındaki gerilim düşümüdür. Bu açıklamadan sonra U_{CD};

$$U_{CD} = (\frac{R_3}{R_{EŞ}}).U = (\frac{3{,}3k\Omega}{12{,}5k\Omega}).25V = 6{,}6V \text{ dur.}$$

Potansiyometre ile Gerilimin Bölünmesi

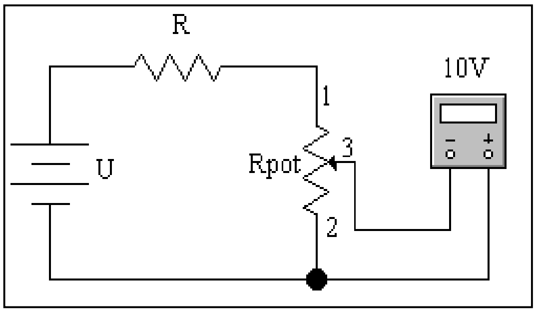
Şimdiye kadar sabit değerli dirençlerle kaynak gerilimini istediğimiz veya istemediğimiz değerlere böldük bu değerleri çeşitli elektronik devrelerde kullanıp çeşitli elemanları veya devreleri bölmüş olduğumuz gerilimle çalıştırabiliriz. En basitinden elektronik bir eleman olan transistörün Beyz-Emiter gerilimi gerim bölücü dirençlerle sürülmekte. Bu en basit örneklerden biri. Bu sabit direnç değerleri ile yapılmakta fakat düşünmek gerekirse bir güç kaynağının 0-30V arasında ayarlanması ve 1(bir) voltluk aralıkla gerilimin ihtiyaç olduğu durumda sabit değerli direnç bağlamak mantıklı olmasa gerek, bu işi yapacak olan potansiyometre kısaca pot dediğimiz elektronik elemanı kullanırız. Bu eleman üç bacaklı bir eleman olup elektronik devrelerde çok sık karşımıza çıkan bir elemandır. Görüldüğü gibi bu elemanda bir gerilim bölücü bir elemandır. Bu elemanın gerilimi nasıl böldüğü şekil2.31 de üç durumunda incelenmiştir.



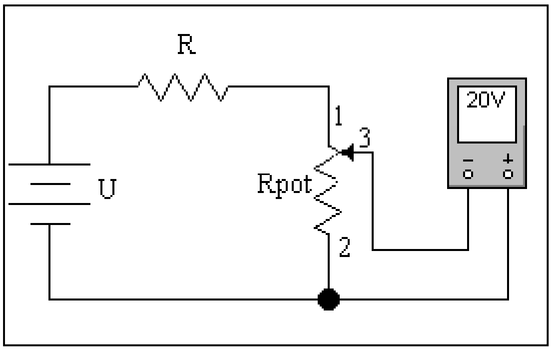
şekil 2.30

Şekil 4-30 şimdiye kadar anlatmaya çalıştığımız gerilim bölme işleminin elektronik devrede kullanıldığı en basit devre bu devredeki U_2 gerilimi;

$$U_2 = (\frac{R_2}{R_1 + R_2}).U$$

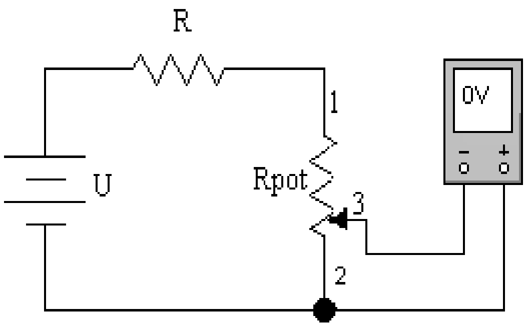


Yandaki şekilde üç bacaklı eleman olan potansiyometre (pot) orta noktasında iken voltmetrenin gösterdiği gerilim değerini görün.



Potun 3 nolu bacağı 1 nolu bacak tarafına getirilmiş halde voltmetrenin bu eleman üzerinde ölçtüğü değeri görün.

Potun hareketli ucu 2 nolu tarafa getirilmiş vaziyette iken voltmetrenin gösterdiği değeri görün.

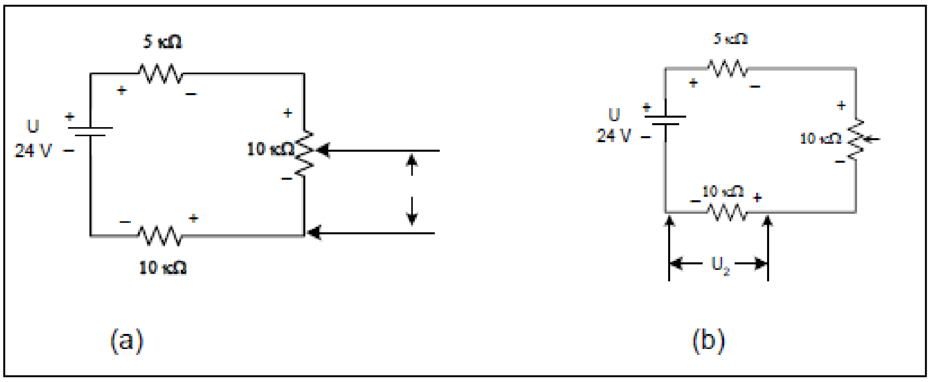


Şekil 2-31
Potansiyometre ile uçlarına uygulanan

gerilimi istediğimiz değerde lineer bir pot taktığımızda üç nolu bacaktan alma imkanımız yani istediğimiz gerilim değerini elde etme(gerilimi bölme) imkanına sahip oluruz. Bunu pratik olarak yapma imkanı olduğu gibi sabit dirençlerde teorik olaraktan yaptığımız gibi potla da teorik olarak yapabiliriz. Potla ilgili örnek, örnek 2.18 de verilmiştir.

Örnek 2.18: Şekil 2.32 deki lineer dirençlerin bağlı olduğu kapalı bir devrede 5kΩ ve 10kΩ sabit direnç ve 10kΩ'luk bir potansiyometre seri bağlanmış bu elemanlar 24V'luk kaynakla beslenmiştir. Potansiyometrenin uçlarındaki gerilimi potansiyometrenin 0 ve 10kΩ (min.-max) değere ayarlandığı durumdaki şekilde gösterilen;

- U_1'in (min-max) gerilim değerlerini (b) U_2'(min-max.) gerilim değerlerini



Şekil 2.32

Çözüm2.18

(a): Potansiyometrenin ayarının 10kΩ da iken ki gerilim değerine E diyelim ve potansiyometre uçlarındaki bu devre için gerilim değerini bulalım.

$$E = \left(\frac{10k\Omega}{5k\Omega + 10k\Omega + 10k\Omega}\right).24V = 9{,}6V$$

Potun max. Değerinde iken Bu devrede potansiyometrenin uçlarındaki gerilim düşümü

Pot değeri 10 kΩda iken U_1 geriliminin alacağı değer;

$$U_1 = \left(\frac{10k\Omega}{10k\Omega}\right).E = \left(\frac{10k\Omega}{10k\Omega}\right).9{,}6V = 9{,}6V$$

Pot değeri 0(sıfır)'a ayarlandığı zamanki U_1 değeri;

$$U_1 = \left(\frac{0\Omega}{10k\Omega}\right).9{,}6V = 0V$$

bu sonuçlara göre bu devre için U_1'in alacağı değer aralığı; $0 \leq U_1 \leq 9{,}6V$ aralığında istediğimiz gerilim değerini elde edebiliriz.

(b) Şekil 2.32(b) deki devrede istenen U_2 gerilimini bulmak için aşağıdaki işlemlerin sırayla yapılması gerekir;

10 kΩ'luk pot değeri 10 kΩ'a ayarlandığında potun uçlarındaki gerilim;

$$U_2 = \left(\frac{10k\Omega}{5k\Omega + 10k\Omega + 10k\Omega}\right).24V = 9{,}6V$$

10 $k\Omega$'luk pot değeri 0'a ayarlandıysa;

$$U_2 = \left(\frac{10k\Omega}{5k\Omega + 10k\Omega + 0\Omega}\right).24V = 16V$$

U_2 gerilimi bulunan değerlere göre alacağı sınırlar $9{,}6V \leq U_2 \leq 16V$ arasında olacaktır.

2-8 SERİ DEVREDE GÜÇ

Seri devrede elemanlar üzerinde harcanan güçlerin toplamı devredeki kaynakların harcadığı güce eşittir. Bu ifadeleri formül haline getirir ve genelleştirirsek aşağıdaki seri devre için güç formülümüz ortaya çıkar.

$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + ... P_n$

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + ... P_n$$

Seri devrede güç formülü

P_T :Kaynaktan çekilen güç (Watt)

$P_1, P_2, ... P_n$:Seri bağlı dirençler üzerinde harcanan güçler(Watt)

N tane direnç elemanı seri devreye bağlansalar bunların üzerlerinde bir güç harcaması olacaktır bu harcanan güçlerin toplamı devredeki kaynakların verdiği güce eşit olacaktır. Güç formülü güç konusunda verilmişti. Bu formülü akım, gerilim ve direnç değerlerinin belli olduğu duruma göre inceleyelim.

$$P_T = U.I$$

Kaynaktan çekilen akım ve Kaynağın uçlarındaki gerilim değeri belli ise bu formülden.

$$P_T = I^2.R_{EŞ}$$

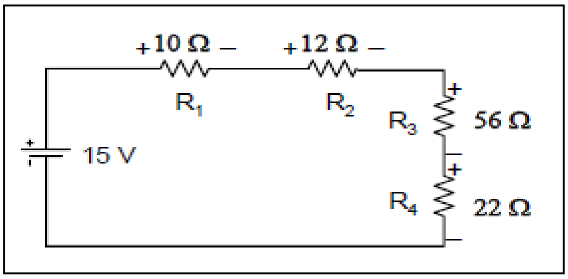
Akım ve Eşdeğer(toplam) direnç biliniyorsa kaynaktan çekilen güç

$$P_T = \frac{U^2}{R_{EŞ}}$$

Kaynak uçlarındaki gerilim değeri ve kaynağın bağlı olduğu dirençlerin değerleri biliniyorsa;

Bu bulduğumuz ve incelediğimiz kaynağın gücü, aynı formüllerden faydalanılarak eleman üzerlerinde harcanan $P_1, P_2, ... P_n$ güçlerini de bulmamıza yarar. Örneğin bir direncin uçlarındaki gerilimi ve üzerinden geçen akım biliniyorsa $P_1 = I_1.U_1$ gibi değerleri yazılıp o direncin harcadığı güç bulunabilir. Konunun daha iyi anlaşabilmesi için örnekler yapalım.

Örnek 2.19: Şekil 2.33 deki devrede kaynağın ve elemanların harcadığı güçleri bularak, dirençler üzerinde harcanan güçlerin toplamının kaynaktan çekilen güce eşit olduğunu gösterelim.



Şekil 2.33

Çözüm 2.19: Kaynaktan çekilen gücü bulmak için hangi formülü kullanacağımızın seçimini verilere bakarak karar vermeliyiz. Bu örnekte kaynak gerilimi verildiğine göre $P_T=U^2/R_{EŞ}$ formülünü kullanmamız çözümün daha hızlı bir şekilde yapılmasına olanak sağlayacaktır.

$$R_{EŞ}=R_1+R_2+R_3+R_4=10\Omega+12\Omega+56\Omega+22\Omega=100\Omega$$

$$P_T=\frac{U^2}{R_{EŞ}}=\frac{15V^2}{100\Omega}=\frac{2}{1}$$

bulunur. Elemanlar üzerinde harcanan güçleri bulmak için aynı güç formüllerini kullanmamız çözüme ulaştıracaktır. Burada elemanların değeri belli; ya akımı veya bu eleman uçlarındaki gerilime ihtiyaç var. En mantıklısı elemanlar seri bağlı oldukları için akımı bulmak, akımı bulduktan sonra güç formülü olan $P_x=I_x{}^2.R_x$ formülünden yararlanarak elemanlar üzerindeki güçleri bulabiliriz.

$$I=\frac{U}{R_{EŞ}}=\frac{15V}{100\Omega}=0{,}15A=150mA$$

Eleman üzerinden geçen akım, eleman değerleri belli bu değerleri güç formülünde yerine koyarak bulabiliriz.

$$P_1=(0{,}15A)^2.(10\Omega)=0{,}225W \qquad P_2=(0{,}15A)^2.(12\Omega)=$$

$$P_3=(0{,}15)^2.(56\Omega)=1{,}260W \qquad P_4=(0{,}15)^2.(22\Omega)=0{,}495W$$

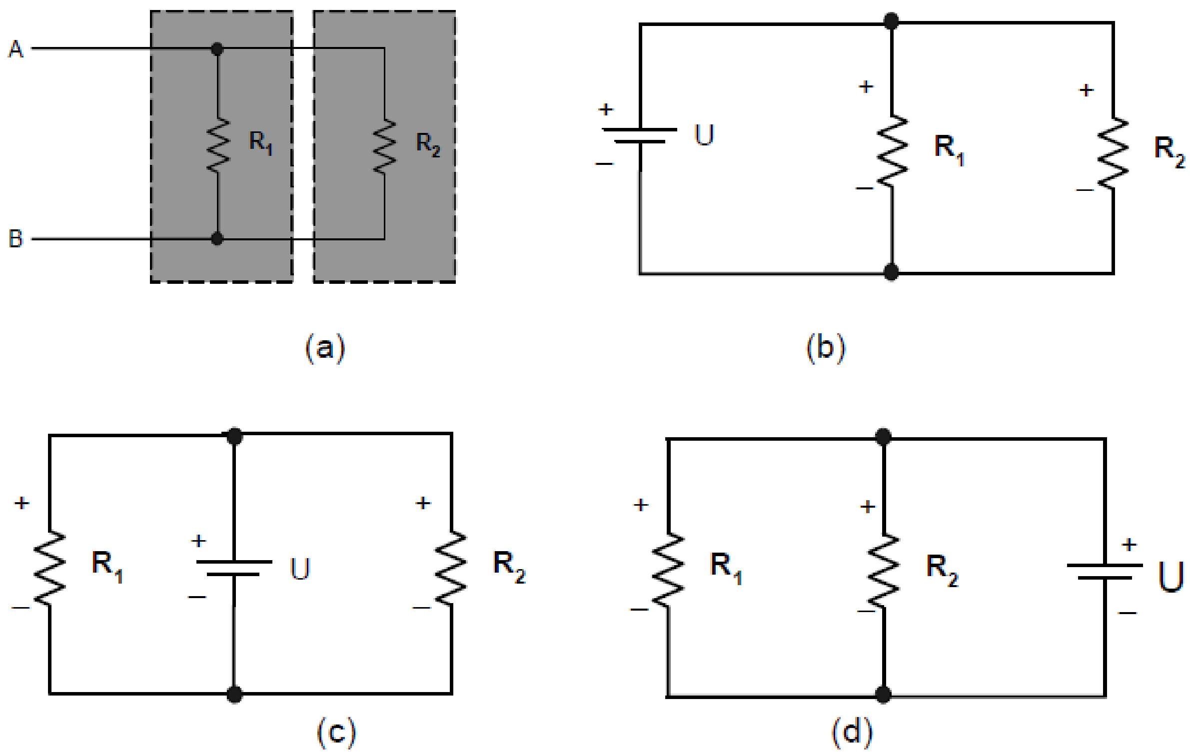
$$P_T=P_1+P_2+P_3+P_4=0{,}225W+0{,}270W+1{,}260W+0{,}495W=2{,}25W$$

eşit olduğu görülür.

3-PARALEL DEVRELER VE KİRŞOFUN AKIMLAR KANUNU

3.1 DİRENÇLERİN KENDİ ARALARINDA PARALEL BAĞLANMASI

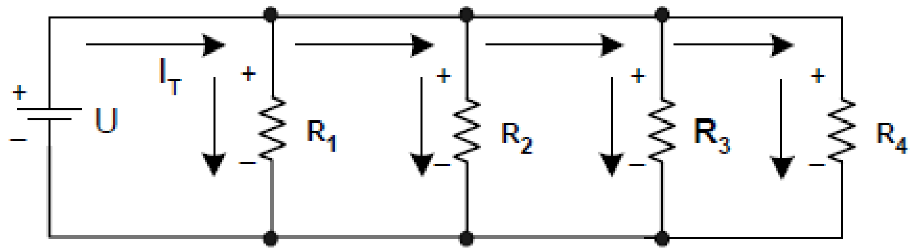
Birden fazla direncin uçlarına aynı gerilim uygulanıp, her birinden ayrı ayrı akım geçebilecek şekilde bağlanmalarına "Paralel Bağlama" denir. Paralel bağlantı; dirençlerin birer uçlarının birbirleri ile birleştirilmesi ile elde edilir. Bu bağlantı şekline akımın bu elemanlar üzerinden geçişleri aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 3.1

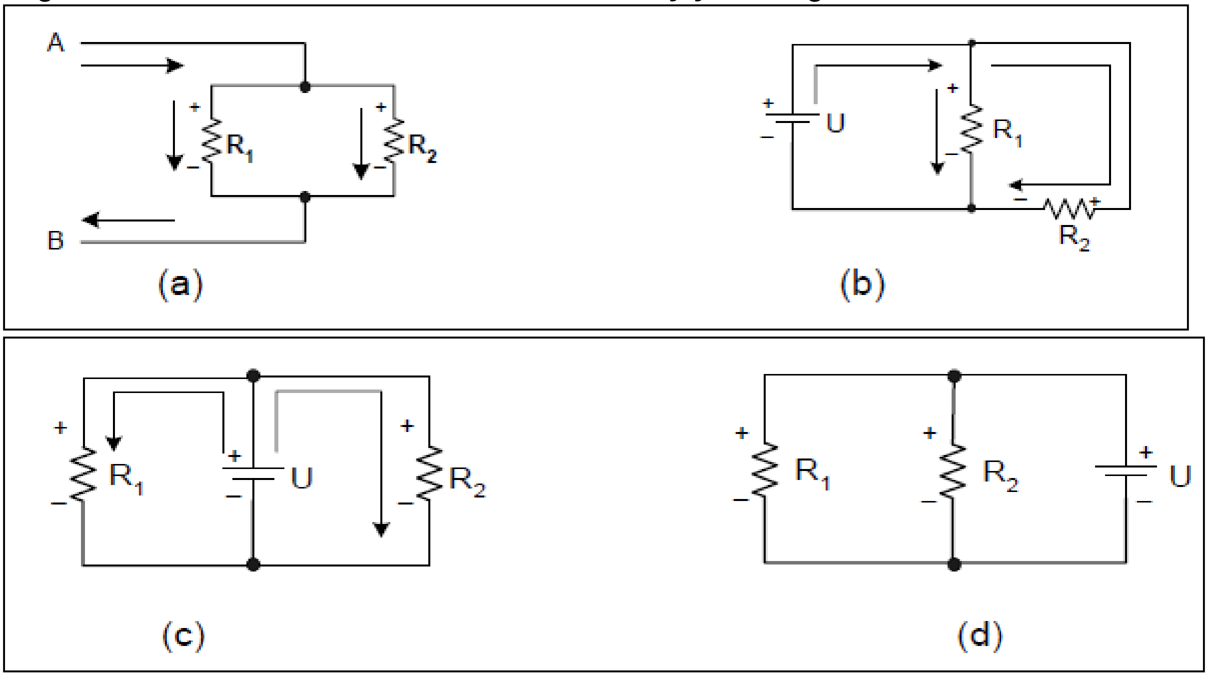
Şekil3.1 (a) deki devrede iki direnç uçları birbirine bağlanarak bir paralellik oluşturmuşlardır. Şekil5-1(b,c,d) ise bu paralel direnç uçlarına bir gerilim bağlanmış ve bu bağlantı şekillerinin değişik bağlama şekilleri gösterilmiştir.

Bu dirençler n tanesi birbirleri ile paralel bağlanabilir. Bunu şekil olarak bunu kağıt üzerinde göstermek zor olacağından n tene değil biz dört dirençli bir paralel bağlama yapalım ve akım yollarını da şekil üzerinde gösterelim.



Şekil3.2

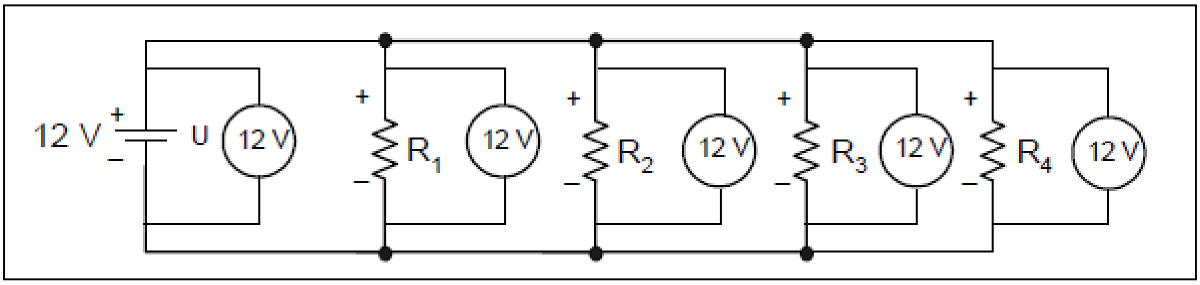
Şekil3.2 deki devre incelenirse kaynaktan çekilen akım direnç elemanlarının üzerlerinden nasıl bir yol takip ettiği daha iyi görülecektir. Şekil3.3 de de çeşitli paralel bağlama ve akımın bu elemanlar üzerinden akış şekilleri görülmektedir.



Şekil3.3

3.2 DİRENÇLERİN GERİLİM KAYNAĞINA PARALEL BAĞLAMA

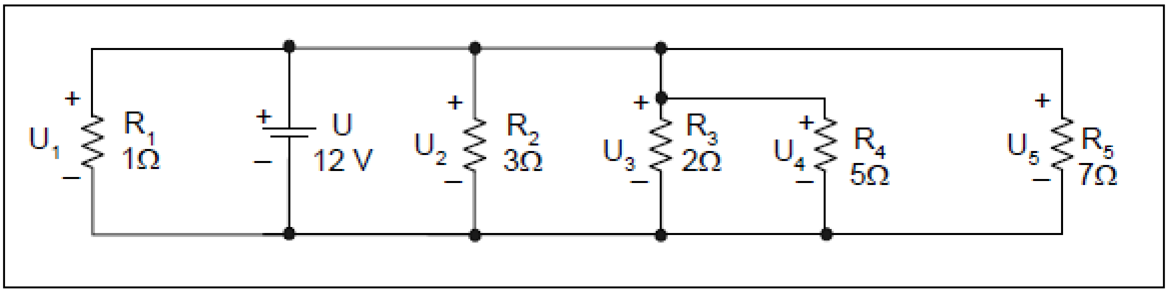
Paralel bağlamada kaynak gerilimine bağlanan bir direnç o bağlanan kaynağın gerilimine eşit olacaktır. Eğer n tane direnç bir gerilim kaynağına paralel bağlandığı taktirde kaynak uçlarındaki gerilim direnç uçlarında aynen görülecektir. Buradan anlaşılacağı üzere paralel bağlı dirençlerin uçlarındaki gerilim değerleri birbirlerine eşit fakat üzerinden geçen akımlar farklı olacaktır. Bu gerilimin eşitliğini şekil3.4 üzerindeki devrede bağlı olan voltmetrelerin gösterdiği değerlere dikkatli bakıldığında ifade edilen konu daha iyi anlaşılır.



Şekil3.4

Dirençlerin uçlarına bağlanan gerilim kaynağının değeri 12 V ölçülürken R_1, R_2, R_3 ve R_4 direnç uçlarında voltmetrenin gösterdiği gerilimde 12V dur. Bu durum paralel devre özeliklerinden bir tanesidir. Bununla ilgili sayısal bir örnek konunun daha iyi anlaşılmasını sağlar.

Örnek3.1: Şekil3.5 :R_4 direnci uçlarındaki gerilimi bulunuz.



Şekil3.5

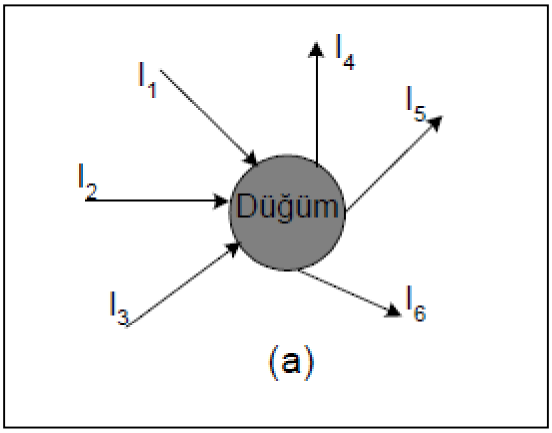
Çözüm3.1: Şekil3.5'e baktığımız da dirençlerin hepsi birbirlerine paralel bağlı olduğunu görüyoruz. Bu devrede sanki R_4 direnci paralel bağlı değil gibi görünse de o direnç de paralel bağlı bu durumda paralel devre özelliğinden kaynak gerilimi 12 V olduğuna göre R_4 elemanları uçlarında aynı gerilim görülür. Sadece bu direnç uçlarında değil tüm direnç uçlarında 12V görülür.

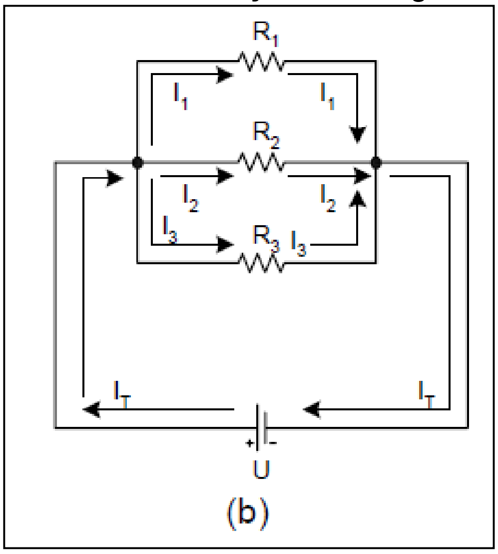
$$\boxed{U = U_1 + U_2 + U_3 + U_4 + U_5 = 12\ V}$$

3.3 KIRCHHOFF'UN AKIMLAR KANUNU

Elektrik devrelerinin çözümlerinde, özellikle karışık devrelerde ohm kanunun kullanılması yeterli olmaz. Bu tip devrelerde , devredeki çeşitli akım ve gerilimlerin hesaplanmasında kirchhoffun ikinci kanunu olan akımlar kanunu kullanılır. Kirchhoffun gerilimler kanununu seri devrelerde incelemiştik. Akımlar kanununu da şimdi inceleyelim.

Kirchhoffun akımlar kanunu *bir elektrik devresinde bir noktaya giren akımların toplamı, o noktayı terk eden yani çıkan akımların toplamına* eşittir. Bu tanımını diğer bir tarifle *giren akımların toplamı ile çıkan akımların cebirsel toplamı o(sıfır)'a eşittir.* Paralel bağlı devrelerde sıkça başvuracağımız bu tanımlama (akımlar kanunu) bize devrelerin çözümünde faydalı olacaktır. Bu tanımlamaları şekil3.6 da gösterilmiştir.





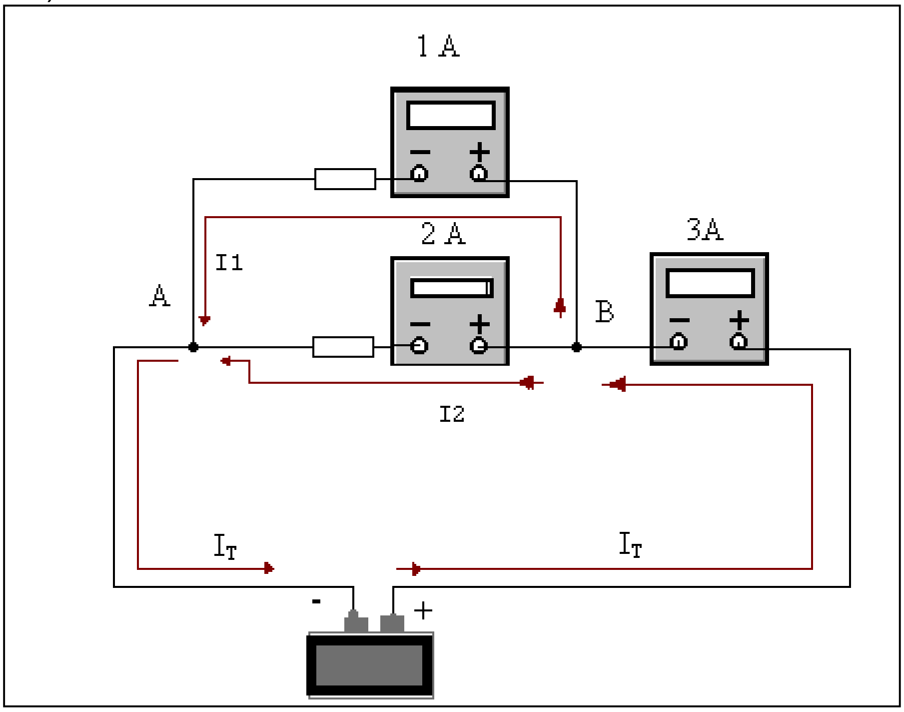
Şekil 3.6

Şekil 3.6 deki devrede gerilim kaynağından çekilen I_T akım paralel bağlı direnç üzerinden geçerek tekrar I_T olarak gerilim kaynağına değeri değişmeden girmektedir. Bu devrede nasıl giren akım çıkan akıma eşitse tüm paralel devrelerde aynıdır. Bu örneğimizden bu durumu formül haline aldırır ve bu formülü genelleştirirsek aşağıdaki formül oraya çıkar;

$$I_{G1} + I_{G2} + I_{G3} + \dots\dots + I_{G(n)} = I_{Ç1} + I_{Ç2} + I_{Ç3} + \dots\dots + I_{Ç(n)}$$

bu formüle kirchhoffun akımlar kanunu denir. Formüldeki harflerin anlamı;
I_G=Düğüme giren akım (Amper)
$I_Ç$=Düğümden çıkan akım (Amper)

Kirchhoffun akımlar kanununu bir devrede ölçü aletlerinin bağlanmış şekliyle bir devrede formülün doğruluğunu sayısal değer olarak şekil üzerinde gösterelim. (Şekil3.7)



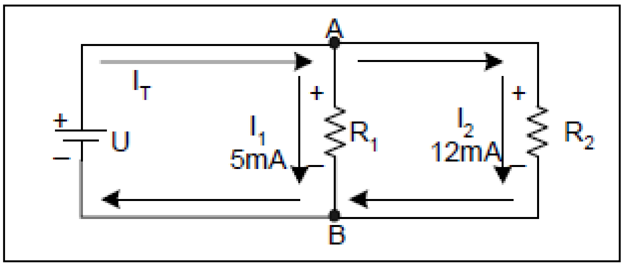
Şekil3.7

Şekil3.7 de kaynaktan çekilen akım I_T devreye seri bağlı ampermetre (akımı ölçen alet), 3A'i göstermekte bu akımın 1A'i direncin birinden diğer kısmı(2A) diğer direnç üzerinden geçmektedir. Bu akımlar elemanlar üzerinden geçtikten sonra tekrar 3A olarak kaynağa varmaktadır. Bu genel formülde yerlerine konularak formülün doğruluğu kanıtlanmış olur.

$$\boxed{I_T = I_1 + I_2 \quad \text{den} \quad 3A = 1A + 2A = 3A}$$

Paralel bağlı devrede kirchhoffun akımlar kanunu ile ilgili örnekler çözüp kanunun daha iyi anlaşılmasını sağlayalım.

Örnek3.2: Aşağıdaki şekil3.8 de verilen elektrik devresine A ve B noktalarındaki(düğümlerindeki) akımları kirchhoffun akımlar kanunundan faydalanarak bulunuz.



Şekil3.8

Çözüm3.2: A noktasına giren akım I_T çıkan akımlar ise I_1 ve I_2 dir. Buna göre A noktasına giren I_T akımını;

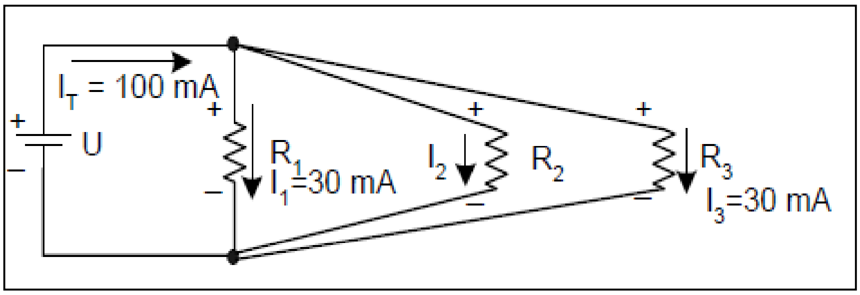
$$\boxed{I_T = I_1 + I_2 = 5mA + 12mA = 17\ mA}$$

bulunur. B noktasına ise giren akımlar I_1, I_2 ve çıkan akımlar ise I_T durumuna gelmiştir. Buradan şunu gözden kaçırmamak durumundayız. Bir düğümden çıkan durumunda iken diğer düğüme(noktaya) giren durumuna geçiyor. Bu açıklamayı yaptıktan sonra;

$$\boxed{I_T = I_1 + I_2 = 5mA + 12mA = 17\ mA}$$

Aynı akım değeri bulunur.

Örnek3.3: Şekil3.9 deki devrede R_2 direnci üzerinden geçen akımı kirchhoffun akımlar kanunundan yararlanarak bulunuz.



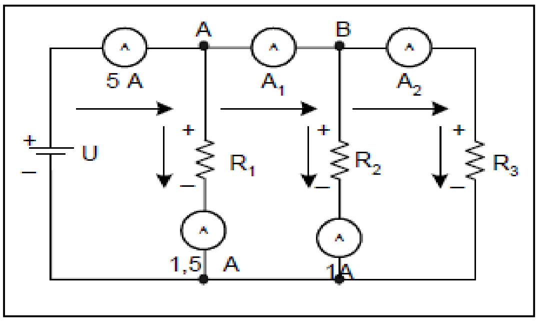
Şekil3.9

Şekil3.9 da görülen A noktasına 100 mA giriş yapıyor ve A noktasından çıkanlar ise 30mA, 20mA ve I_2'dir.

Kirchhoffun (kirşof) akımlar kanununu formülünü uygularsak;

$$\begin{array}{|l|} \hline 100mA = 30mA + I_2 + 20mA \quad I_2\text{'yi çekersek} \\ I_2 = 100mA - 30mA - 20mA \quad \text{den,} \quad I_2 = 50mA \quad \text{bulunur.} \\ \hline \end{array}$$

Örnek3.4: Kirchhoffun akımlar kanununu uygulayarak A_1 ve A_2 ampermetresinin göstermesi gereken değeri bulunuz.



Şekil3.10

Şekilde görülen A noktasına kaynaktan çekilen ve ampermetrenin gösterdiği değer 5A girmekte ve bu akımın 1,5A'i R_1 elemanı üzerinden, geçmekte diğer kalan akım ise A_1 ampermetresi üzerinde görülecektir. Bu değeri bulursak;

$$\boxed{5A = 1,5A - I_{A1} \Rightarrow I_{A1} = 5A - 1,5A = 3,5A}$$

A_1 ampermetresi gösterir.

B noktasına giren akım A_1 ampermetresindeki değer olacaktır. B noktasından çıkan A_2 ve R_2 elemanı üzerinden geçen 1A görüldüğüne göre kirchhoffun akımlar kanunundan faydalanarak A_2 ampermetresinin gösterdiği;

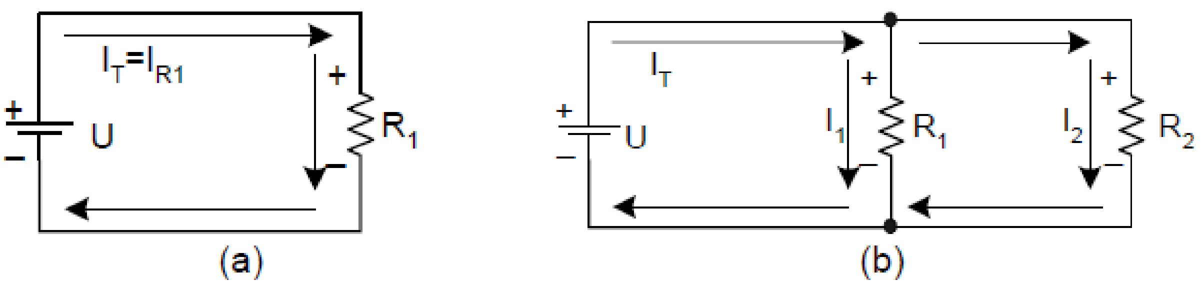
$$\begin{array}{|ll|} \hline 3,5A = 1A + I_{A2} & \textit{B noktsında(düğüm) akımlar} \\ I_{A2} = 3,5A - 1A = 2,5A & A_2 \textit{ ampermetresinin göstermesi gereken değer.} \\ \hline \end{array}$$

bulunur.

A_2 ampermetresinin gösterdiği bu değerde R_3 elemanı üzerinden geçen akımdır.

3.4 PARALEL DEVREDE TOPLAM(EŞDEĞER) BU DİRENÇLERE GERİLİMİN UYGULANMASI

Bu noktaya gelene kadar dirençleri tek ve birbirleri ile seri bağladır ve bu dirençlerin uçlarına bir gerilim uygulandığındaki durumlarını inceledik. Bu dirençler seri bağlanabildikleri gibi paralel bağlanabildiklerini şekillerle bağlantılarını yaptık. Bu bağladığımız paralel direnç uçlarına bir gerilim uygulandığında ne gibi durumların oluştuğunu şekillerle devreler üzerinde inceleyelim ve formülleştirelim.



Şekil3.11

Şekil3.11 (a) da tek bir dirence gerilim kaynağı bağlandığında bu direnç üzerinden kaynaktan çekilen (I_T) akımı aynı değeri R_1 direnci üzerinden geçmekte iken şekil3.11(b) de ise iki direnç paralel bağlandığında kaynaktan çekilen (I_T) akımı dirençlerin değerleri oranında bir kısmı(I_1) R_1 üzerinden diğer kısmı(I_2), R_2 direnci üzerinden geçmektedir. Anlaşılacağı üzere kaynaktan çekilen akım(I_T) kollara ayrılmaktadır. Bu akımların teori olarak bulmak istediğimizde şimdiye kadar görmüş olduğumuz ohm ve kirchhoffun akımlar kanundan faydalanarak bulalım.

$$I_T = I_1 + I_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots I_n \qquad \textit{Kirchhoff akımlar kanunu formülüydü}$$

Kaynak gerilimi U, paralel direnç uçlarında aynen görüleceğinden kaynaktan çekilen toplam akımı ve eleman üzerlerinden geçen akımları,

$$I_T = \frac{U}{R_{EŞ=T}} \qquad I_1 = \frac{U}{R_1} \qquad I_2 = \frac{U}{R_2} \quad \ldots\ldots\ldots\text{n tane yazabiliriz.}$$

Ohm kanunundan bulup kirchhoffun akımlar kanunu formülünde yerine koyarsak;

$$\frac{U}{R_{EŞ=T}} = \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots + \frac{U}{R_n} \quad \text{eşitliğin her iki tarafını U'ya bölersek}$$

$$\frac{1}{R_{EŞ=T}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots + \frac{1}{R_n} \quad \text{bu formül düzenlendiğinde;}$$

$$R_{EŞ=T} = \frac{1}{(\frac{1}{R_1}) + (\frac{1}{R_2}) + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots + (\frac{1}{R_n})}$$

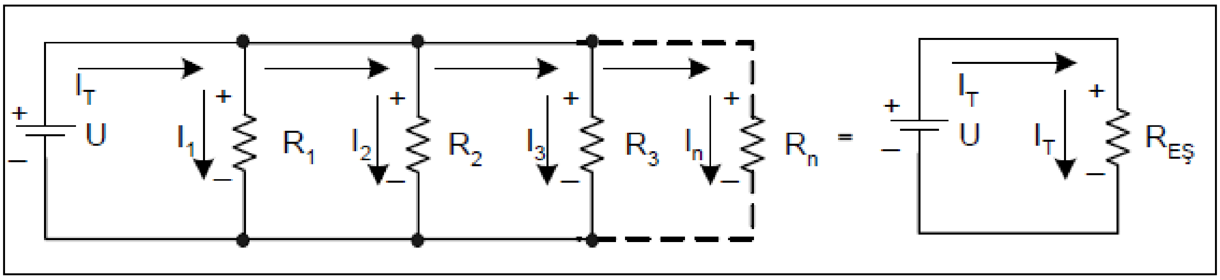
$$R_{EŞ-T} = \frac{1}{(\frac{1}{R_1}) + (\frac{1}{R_2}) + \dots\dots\dots\dots\dots\dots + (\frac{1}{R_n})}$$

formül bu hale gelir. Bu formül n tane paralel bağlı dirençlerin eşdeğer(toplam) direncin bulunmasındaki genel formüldür.

Direncin tersinin iletkenlik olduğunu önceki konularda öğrenmiştik. İletkenlik 1/Rx olduğuna göre; iletkenlik cinsinden eşdeğer direnç formülümüz iletkenlik belli ise aşağıdaki şekli alır. (x=1,2,.....n)

$$R_{EŞ=T} = \frac{1}{G_1 + G_2 + \dots\dots\dots\dots\dots\dots + G_n} \quad \text{(iletkenlik biliniyorsa)}$$

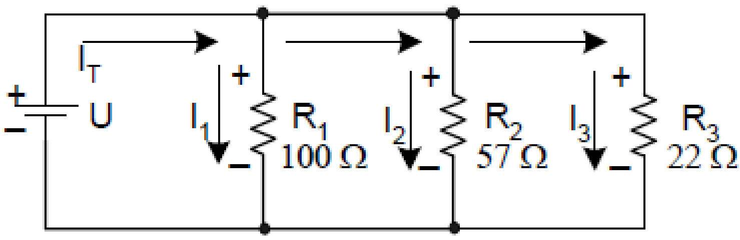
bu formülden de paralel bağlı dirençlerin eşdeğeri bulanabilir. Bu anlattıklarımızı bir devre üzerin de şekilsel olarak gösterelim.



Şekil3.12

Şekil3.12 deki devrede kaynaktan çekilen akımın direnç elemanları üzerinde nasıl bölündüğünü ve n tane direncin tek bir direnç haline getirilebildiği görülüyor. Bu eşdeğer direnç haline getirilmesine sayısal bir örnekle devam edelim.

Örnek3.5: Şekil3.13 deki devrede paralel bağlı dirençlerin yerine bunun eşdeğeri olan direnci bulunuz.



Şekil3.13

Çözüm3.5: Eşdeğer formülünü kullanarak;

$$R_{EŞ} = \frac{1}{(\frac{1}{R_1}) + (\frac{1}{R_2}) + (\frac{1}{R_3})} = \frac{1}{(\frac{1}{100\Omega}) + (\frac{1}{47\Omega}) + (\frac{1}{22\Omega})}$$

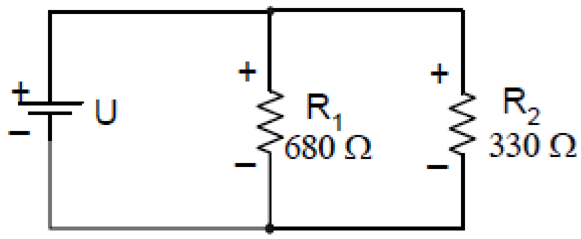
$$= \frac{1}{10 + 21{,}3 + 45{,}5} = \frac{1}{76{,}8} = 13{,}0\Omega \quad \textit{eşdeğer(toplam) direnç bulunur.}$$

Eğer devrede ikiden fazla direnç paralel bağlı değilse pratiklik açısından (genel formülden çıkarttığımız) iki direnç paralel bağlandığındaki formül;

$$R_{EŞ} = \frac{R_1 . R_2}{R_1 + R_2}$$

Bu formülü kullanarak bir örnek yapalım.

Örnek3.6: Şekil3.14deki devrede paralel bağlı dirençlerin eşdeğerini bulunuz.



Şekil 3.14

Çözüm3.6: İki direnç paralel bağlı durumundaki formülünde direnç değerlerini yerine koyarak;

$$R_{EŞ=T} = \frac{R_1.R_2}{R_1 + R_2} = \frac{(680\Omega).(330\Omega)}{680\Omega + 330\Omega} = \frac{224.000\Omega^2}{1.010\Omega} = 222\Omega$$

bulunur. Bu çözümü dirençlerin n tane bağlama durumundaki formülden yaralanarak sizler çözüp irdeleyiniz.

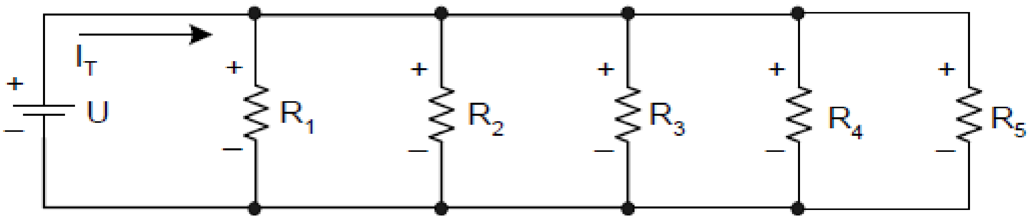
Eşit değerli dirençlerin paralel bağlanması durumunda;

Eğer n tane aynı değeri direnç paralel bağlandı ise kısa yoldan;

$$R_{EŞ=T} = \frac{R}{n}$$

bu formülle bulabiliriz. Bu formülü kullanacağımız bir örnek yaparsak;

Örnek3.7: Şekil3.15 deki devrenin toplam direncini eşit değerli direnç formülünü kullanarak bulunuz.



Şekil3.15

Çözüm3.7: 5 tane 100 ohm'luk direnç paralel bağlı olduğundan, bu değeri formülde yerine koyarak

$$R_{EŞ} = \frac{R}{n} = \frac{100\Omega}{5} = 20\Omega$$

bulunur. Sizlerde genel direnç formülünü kullanarak çözümü tekrarlayıp bulduğunuz sonucu bu değerle irdeleyiniz.

3.5 PARALEL DEVREDE OHM KANUNU

Bu kanunu paralel devrede de kullanabiliriz. Devrelerin analizini (akım, gerim ve güç) yaparken, bize bu değerleri bulmamıza yardımcı olur. Paralel devrede ohm kanununu kullanarak çeşitli örnekler yaparak bu kanunun paralel devrede ne denli önemli olduğunu gösterelim.

Örnek3.8: Şekil 3.16 deki devrede kaynaktan çekilen akımı bulunuz.

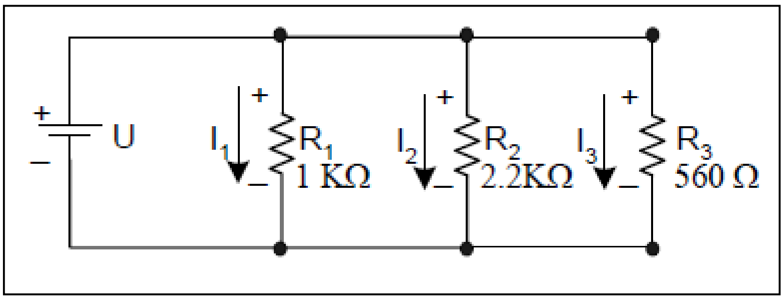
Çözüm3.8: Kaynaktan çekilen akıma sebebiyet veren R1 ve R2 dirençlerinin öncelikle eşdeğerini bulup, kaynağın gerilim değeri bilindiği için ohm kanunu formülünde değerler yerine konularak bulunur.

$$R_{EŞ} = \frac{R_1.R_2}{R_1 + R_2} = \frac{(100\Omega).(56\Omega)}{(100\Omega) + (56\Omega)} = \frac{5600\Omega^2}{156\Omega} = 35{,}9\Omega$$

Bu direnç uçlarına 100V gerilim uygulandığına göre I akımı;

$$I_T = \frac{100V}{35{,}9\Omega} = 2{,}79A \quad bulunur.$$

Örnek3.9: Şekil3.17 de verilen elektrik devresinde elemanlar üzerinden geçen kol akımlarını bulunuz.



Şekil3.17

Çözüm3.9: Elemanlar paralel bağlı olduğu için kaynak gerilimi aynı zamanda R1, R2 ve R3 direnç uçlarında da görünecektir.(Paralel devre özelliğinden dolayı) Eleman değerleri de belli olduğundan ohm kanunu formülünde bu değerler konularak;

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{20V}{1k\Omega} = \frac{20V}{1.10^3\Omega} = 20.10^{-3}A = 20mA$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{20V}{2{,}2k\Omega} = \frac{20V}{2{,}2.10^3\Omega} = 9{,}1.10^{-3}A = 9{,}1mA$$

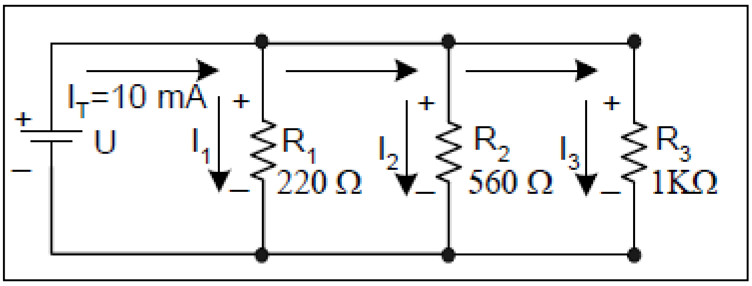
$$I_3 = \frac{U}{R_3} = \frac{20V}{560\Omega} = 35{,}7mA \text{ bulunur.}$$

Eğer kaynaktan çekilen akım da istenmiş olsaydı,

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 = 20mA + 9{,}1mA + 35{,}7mA = 64{,}8mA \ bulunurdu.$$

Sizlerde; kaynaktan çekilen akımı, kirchhoff kanunu ile bulduğumuz toplam akımı ohm kanunundan faydalanarak bulunuz.

Örnek3.10: Şekil3.18 de verilen değerler yardımı ile elemanlar üzerinden geçen akımları bulunuz.



Şekil3.18

Çözüm3.10: Şekil3.18 baktığımızda, direnç değerleri ve bu dirençlerin kaynaktan çektiği toplam akım verilmiş. Bu akımdan yararlanarak kaynağın gerilimini daha sonrada bu bulduğumuz gerilim aynı zamanda direnç uçlarındaki gerilim olacağından, eleman üzerlerinden geçen akım;

$$\frac{1}{R_{EŞ}}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}\ den,\ R_{EŞ}=\frac{1}{(\frac{1}{R_1})+(\frac{1}{R_2})+(\frac{1}{R_3})}$$

$$=\frac{1}{(\frac{1}{220\Omega})+(\frac{1}{560\Omega})+(\frac{1}{1k\Omega})}=\frac{1}{4{,}55mS+1{,}79mS+1mS}=136\Omega$$

(mS: G=1/R iletkenlik, biriminin Siemens(S) olduğunu önceki konularda öğrenmiştik. mS ise Siemens ise as katıdır. (1S=1000 mS))

$$U=I_T.R_{EŞ}=(10mA).(136\Omega)=(10.10^{-3}A).(136\Omega)=1{,}36V$$

$$I_1=\frac{U}{R_1}=\frac{1{,}36V}{220\Omega}=0{,}00618A=6{,}18mA$$

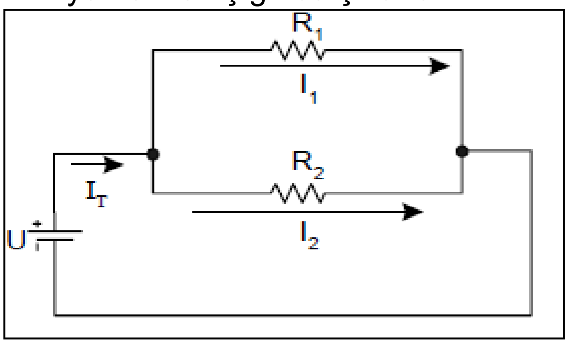
$$I_2=\frac{U}{R_2}=\frac{1{,}36V}{560\Omega}=0{,}0024A=2{,}4mA$$

$$I_3=\frac{U}{R_3}=\frac{1{,}36V}{1k\Omega}=\frac{1{,}36V}{1.10^3}=0{,}00136A=1{,}36mA$$

3.6 AKIM BÖLME KAİDESİ

Çoğu zaman paralel bağlı iki dirençten herhangi birisinden geçen akımın bulunması gerekebilir. Akım bölme kaidesi formülü, paralel uçlarda düşen gerilimin hesaplanmasına gerek olmaksızın paralel bağlı eleman üzerinden geçen akımları bulmamızı sağlar.

Paralel bağlı kollardan geçen akımlar, kollardaki dirençle ters orantılıdır. Buna göre küçük direnç üzerinden büyük akım, büyük direnç üzerinden ise küçük akım geçecektir. Bu ifade ettiklerimiz ışığında bir paralel bağlı devre üzerinde inceleyerek, gerilim bölme kaidesini nasıl formülleştirdiysek akım bölme kaidesinin de formülünü bu ana kadar öğrendiğimiz yöntemler ışığında çıkartalım.



Şekil3.19

Şekil3.19 de göründüğü gibi paralel bağlı direnç uçlarında bu devreye bağlı U kaynağının gerilimi direnç uçlarında aynen görülmekte. Buna göre kaynaktan çekilen akım ve kol akımları formülleri;

$$I_T = \frac{U}{R_{EŞ}}, \qquad I_1 = \frac{U}{R_1}, \qquad I_2 = \frac{U}{R_2}$$

bu formülleri önceki konularda görmüştük. bu hatırlatmadan sonra R yerine

$$R_{EŞ} = \frac{R_1.R_2}{R_1+R_2} \Rightarrow I_T \text{ yerine koyarsak } I_T = \frac{U}{\dfrac{R_1.R_2}{R_2+R_2}} \Rightarrow I_T = \frac{(R_1+R_2).U}{R_1.R_2}$$

U değerini çekersek; $U = \left(\frac{(R_1.R_2)}{R_1+R_2}\right).I_T$ bu bulduğumuz gerilim değerini

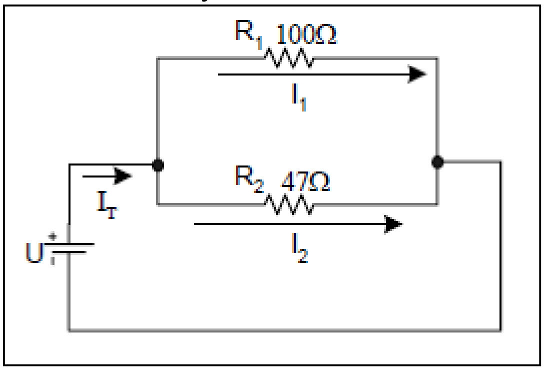
I ve I formülünde yerine koyarsak;

$$I_1 = \frac{\left(\frac{(R_1.R_2)}{R_1+R_2}\right).I_T}{R_1} = \boxed{\left(\frac{R_2}{R_1+R_2}\right).I_T} \mapsto R_1 \text{ direnci üzerinden geçen akım.}$$

$$I_2 = \frac{\left(\frac{(R_1.R_2)}{R_1+R_2}\right).I_T}{R2} = \boxed{\left(\frac{R_1}{R_1+R_2}\right).I_T} \mapsto R_2 \text{ direnci üzerinden geçen akım}$$

formüller bulunur. Bulmuş olduğumuz formüller akım bölme kaidesi formülüdür. Bu formülleri kullanabileceğimiz bir örnek yapalım.

Örnek3.11: Şekil 3.20deki verilerden yaralanarak I_1 ve I_2 akımını bulunuz.



Şekil3.20

Çözüm3.11: Verile baktığımızda kaynaktan çekilen toplam akım ve direnç elemanlarının değeri verilmiş. Burada düğüme gelen akım iki kola ayrılacaktır. Ayrılma değerlerini akım bölme kaidesinden bulalım.

$$I_1 = (\frac{R_2}{R_1 + R_2}).I_T = (\frac{47\Omega}{147\Omega}).100mA = 32{,}0mA$$

bulunur. Akımlar kanunundan bu değerlerin doğruluğunu gösterirsek;

$100mA = I_T = I_1 + I_2 = 32{,}0mA + 68{,}0mA = 100mA$ aynı değer görülür.

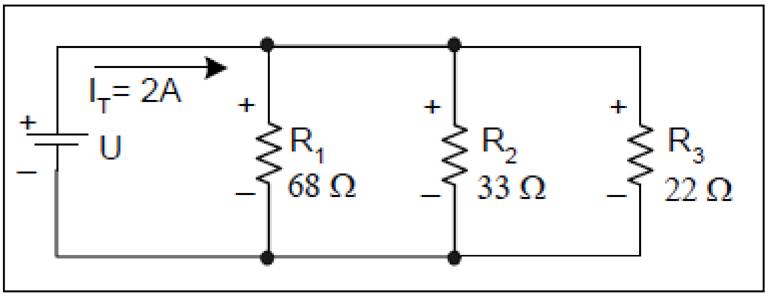
3.7 PARALEL DEVREDE GÜÇ

Paralel devrede kaynaktan çekilen güç elemanlar üzerinde harcanan güce eşittir. Bu seri devrede, paralel devre ve karışık devrede de aynıdır.

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \ldots\ldots\ldots\ldots + P_n$$

PT : Kaynağın devreye verdiği güç (Watt)
P1,P2,...Pn:Devredeki pasif elemanların harcadığı güç (Watt)
Güç formülleri seri devrede açıklamıştı. Bu formüller aynen paralel devre içinde geçerlidir. Bu konuyla ilgili örnekler yapalım ve konun anlaşılmasına yardımcı olsun.

Örnek3.12: Şekil3.21deki devrede kaynaktan çekilen güç ve dirençler üzerindeki güçleri bulunuz.



Şekil3.21

Çözüm3.12: Toplam kaynaktan çekilen akım 2A, bu akımın geçtiği elaman değerleri devrede görülüyor. Gücü bu iki değerden faydalanarak bulabiliriz.

$$R_{EŞ} = R_T = \frac{1}{(\frac{1}{68\Omega}) + (\frac{1}{33\Omega}) + (\frac{1}{22\Omega})} = 11{,}1\Omega$$

devrenin eşdeğer direncini bulduğumuza göre kaynağın bu elemanlara verdiği toplam gücü eşdeğer direnç ve toplam akımdan bulabiliriz.

$$P_T = I_T^2.R_T = (2A)^2.(11{,}1\Omega) = 44{,}4Watt$$

Kaynağın gerilim değerini bulup elemanlar paralel bağlı olduklarından eleman uçlarındaki gerilim kaynak gerilimine eşittir. Gerilim değerini bulduktan sonra Pn=U2/Rn formülünde değerler yerine konularak direnç uçlarındaki harcanan güçler bulunur.

$$U = I_T.R_{EŞ} = 2A.11{,}1\Omega = 22{,}2V$$

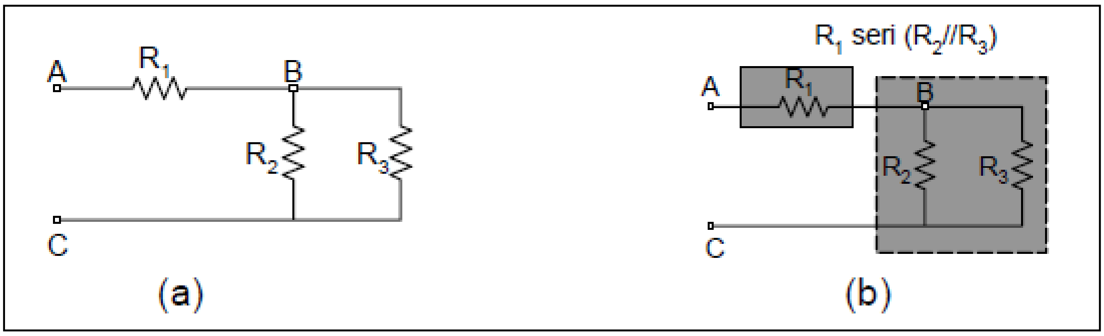
$$P_1 = \frac{(22{,}2)^2}{68\Omega} = 7{,}25W, \qquad P_2 = \frac{(22{,}2)^2}{33\Omega} = 14{,}9W$$

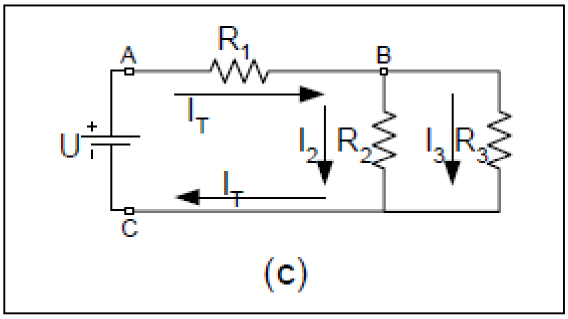
$$P_3 = \frac{(22{,}2)^2}{22\Omega} = 22{,}4W, \qquad P_T = 7{,}25W + 14{,}9W + 22{,}4W = 44{,}6W$$

4-SERİ-PARALEL (KARIŞIK) DEVRELER

4.1 DİRENÇLERİN SERİ-PARALEL BAĞLANMASI

Dirençler seri, paralel ve tek bağlanabildikleri gibi bu bağlama şekillerinin bir arada bulunmasına seri-paralel(karışık) bağlama denir. Şekil4.1de bu bağlamaları şekilsel olarak inceleyelim. Sonra bu bağlamalara dirençler bağlayarak karışıklık durumunu artıralım.

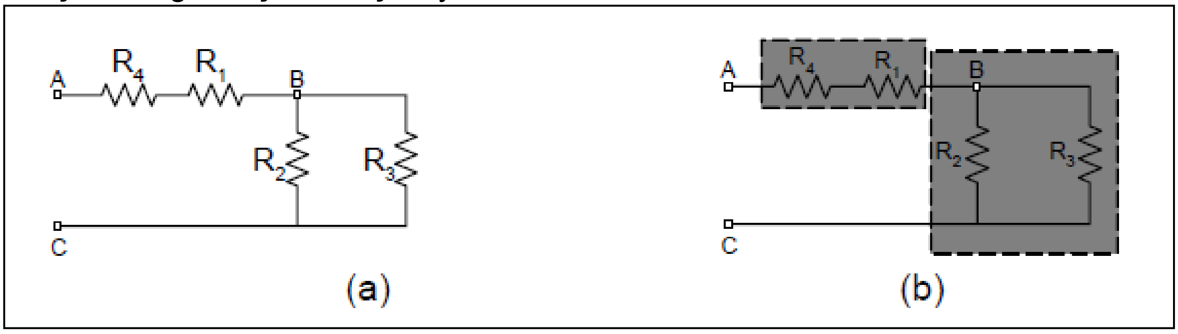




Şekil4.1

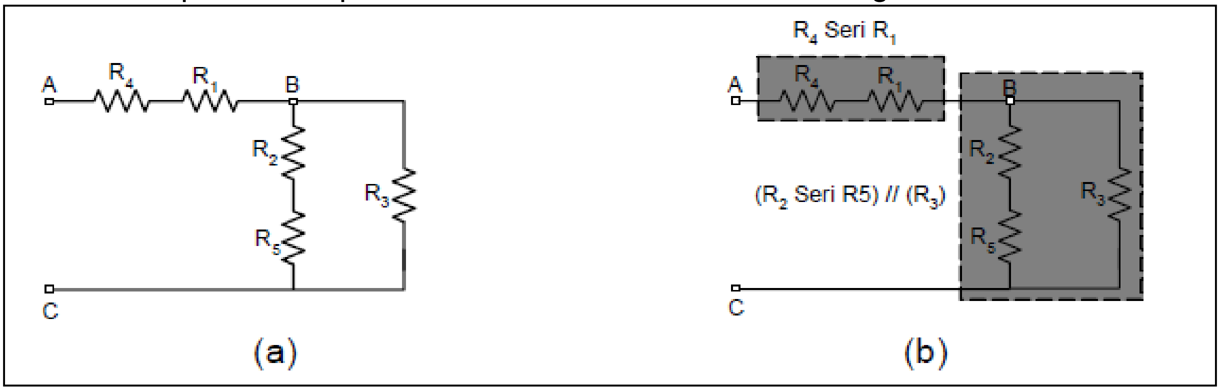
Şekil4.1(a) da üç direnç birbirleri ile karışık bağlanmıştır. Şekil4.1(b)deki şekilde bu dirençlerin nasıl birbirleri ile bağlantı durumunu şekil üzerinde gösterilmiştir. Devre üzerinde gösterildiği gibi R_1 direnci R_2 ve R_3 direncinin paralelliğine ($R_1+R_2//R_3$) seridir. Bu devreye bir gerilim kaynağı bağlandığında kaynaktan geçen akım seri eleman ve paralel bağlı eleman üzerinde akımın seri eleman üzerinden kaynaktan çekilen akımın aynen geçtiğini, paralel dirençler üzerinden nasıl kollara ayrıldığını şekil4.1(c) de gösterilmektedir. Bu bağlantı şeklini ne kadar şekilsel devre üzerinde inceler ve karışık hale getirirsek karışık bağlamayı baktığımız anda hangi direnç hangisi ile seri hangisi ile paralel olduğunu görmemiz daha hızlı olur. Şekil4.1deki devreye şekil4.2de gösterildiği gibi dirençler ekleyerek bu eklediğimiz dirençlerin bağlanma durumunu inceleyelim.

Şekil4.2deki devrede şekil4.1(a)deki devreye R_4 direnci bağlanarak devre tekrar çizilmiş. Şekil4.2(b) deki şekilde ise bu bağlanan R_4 direncinin önceki dirençlere bağlantı şekli gösterilmiştir. Bu bağlanan direnç R_1 direncine seri (R_2,R_3) dirençlerine ise paraleldir. Bu devreye bir direnç daha bağlayalım ve bu bağlanan direncin önceki dirençlere bağlantı şeklini açıklayalım.



Şekil4.2

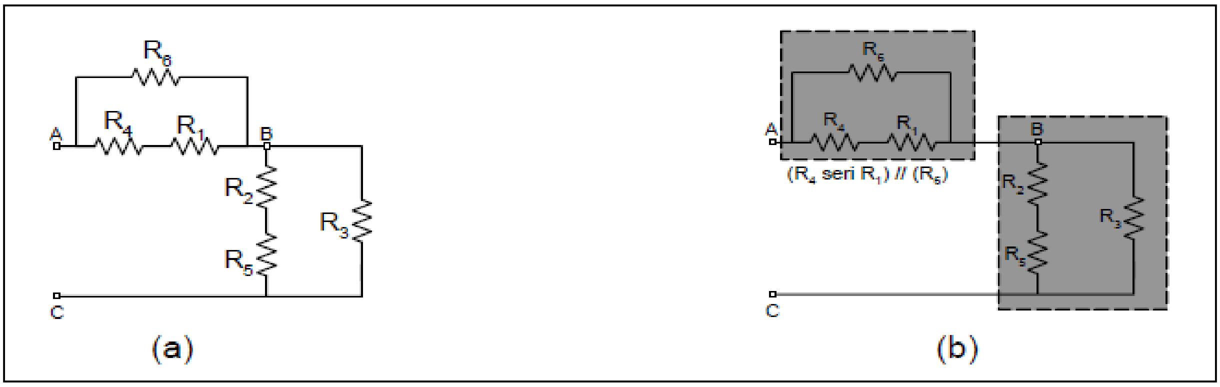
Devreye şekil4.3(a)da görüldüğü gibi R_5 direnci eklenmiş bu direnç R_2 ye seri R_3 direncine paralel, bu paralel blok R_4 ve R_1 direncine seri bağlı durumdadır.



Şekil4.3

Bu devreye R_6 direnci ekleyelim. Bu eklediğimiz direncin diğer dirençlere bağlantı şekli açıklayalım.

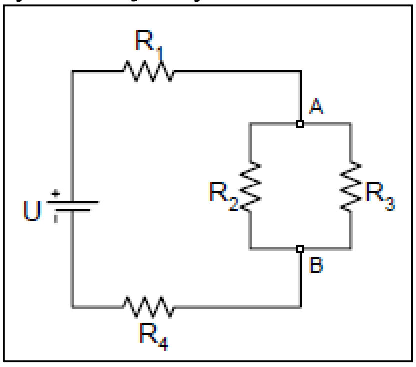
Şekil4.4(a) de gösterildiği gibi R_6 direnci, (R_4,R_1) dirençlerine paralel bu paralel blok, şekil4.4(b)de gösterildiği gibi (R_2 ile R_5 seri bu serilik R_3'e paralel) bu gruba seridir. Bu devreleri daha da karışık hale getirebiliriz bunun sonu yoktur. Önemli olan serimi, paralel mi anlamamız için akımın kollara ayrılıp ayrılmadığına bakmak gerekir bir devrede akım kollara ayrılmıyorsa bu elemanlar birbirleri ile seri kollara ayrılıyorsa bu dirençler birbirleri ile paralel bağlıdır.



Şekil4.-4

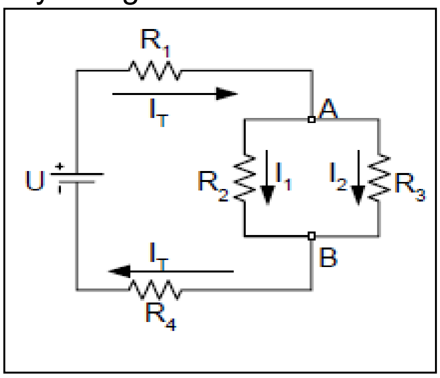
Bu konu ile örnekler yaparsak anlaşılması birazda artacaktır. Bu konu ilerleyen zamanlarda sürekli kullanılacağı için biraz daha anlamak için örnekleri çok yapmamız gerekir. Çünkü devrede elemanların birbirleri ile bağlantılarının durumunu göremezsek bulacağımız değerler baştan yanlış olacaktır. Teknik elemanın hatası ölümle sonuçlanacağından hatanın minimuma çekilmesi ölümcül hatalar yapılmaması gerekir. Bulacağınız gerilim 22V iken hata üzerine 220 V bulduğunuzu düşünün bu değerler üzerine yapacağınız aletin ve bu kullanıcın düşeceği durumu sizler taktir edin. Bunun için ilerleyen konularda bu devrelere bakıldığı an bağlantı şeklini görmeniz gerekir.

Örnek4.1: Şekil4.5 de devreye bağlı dirençlerin bağlantı şekillerini ve kaynaktan çekilen akımın takip edeceği yolları açıklayınız.



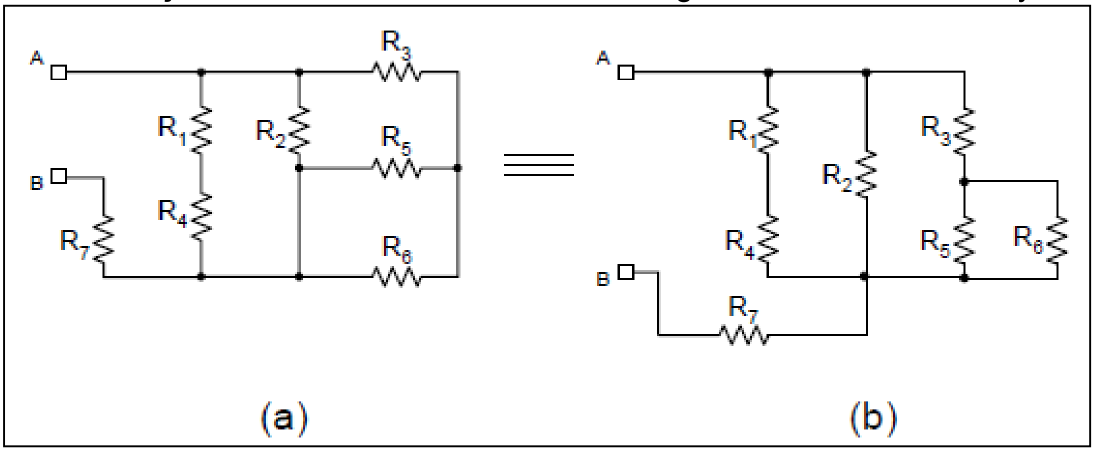
Şekil4.5

Çözüm4.1:R_1 direnci kaynağa seri bağlanmış ve kaynaktan çekilen akım aynı değeri değişmeden bu eleman üzerinden akar. R_2 ve R_3 dirençleri birbirleri ile paralel bağlanmış bu paralellik R_1 elemanına seridir. Kaynaktan çekilen akım R_1 elemanından aynen geçerek R_1 ve R_2 dirençlerinin oranları dahilinde bu elemanların üzerlerinden geçip kaynağa aynı değerde varmaktadır.



Şekil4.6

Örnek4.2: Şekil4.7deki devrede elemanların bağlantı durumlarını inceleyiniz.



Şekil4.7

Açıklama: Şekil4.7(a) deki devre karışık görünmekle birlikte son derece bağlantı şekilleri açıktır. Bu devreyi tekrar anlamanız için şekil4.7(b)deki gibi tekrar çizdiğimiz de görüldüğü gibi R_1,R_4 seri bu serilik R_2'ye ve (R_3 seri R_5,R_6 paralelliğine) parantez içindeki gruba paraleldir.

4.2 SERİ-PARALEL DEVRELERİN ANALİZİ

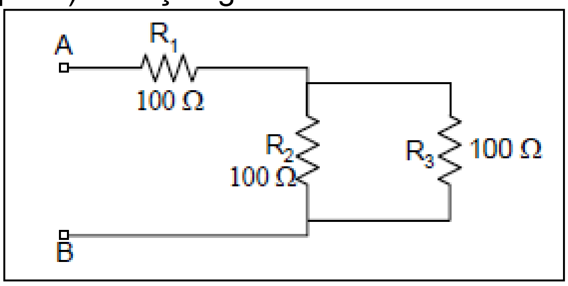
Bu konu başlığı altında;

- Toplam(eşdeğer) Direnç
- Toplam Akım ve Kol akımları
- Eleman Üzerindeki Gerilim Düşümleri incelenecektir.

4.2.1 TOPLAM(EŞDEĞER) DİRENÇ

Dirençlerin karışık bağlandıklarında bu direnç topluluğunun tek bir direnç haline aldırtmak gerekir. Bu eşdeğer direnç haline getirmek için seri, paralel devrelerde görmüş olduğumuz formüllerden faydalanmak gerekir. Eşdeğer haline getirilirken hangi noktalar arasında eşdeğer bulunacaksa; (her noktaya göre eşdeğerlik değişir, bunu da unutmamak gerekir) önce paralel kollarda seri direnç bağlantısı varsa bu seri devrede görmüş olduğumuz eşdeğer direnç formülü kullanılarak o koldaki direnç tek bir direnç haline getirilir daha sonra bu paralel kol, paralel devredeki eşdeğer direnç formülü kullanılarak tek bir direnç haline getirilir. Son olarak bu elemana seri eleman varsa seri devre olduğu gibi eşdeğer direnç bulunur.

Örnek4.3: Şekil4.8 deki verilen dirençler karışık bağlanmış, bu dirençlerin A-B uçlarındaki eşdeğer(toplam) direnç değerini bulunuz.



Şekil4.8

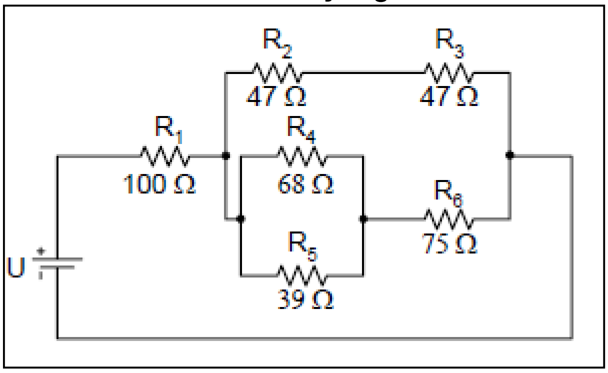
Çözüm4.3: Şekil4.8deki devrede R_2 ve R_3 dirençleri paralel bağlanmış ve bu dirençlerin omik değerleri eşit, $R_2//R_3$ paralelliği R_1 direncine seri olarak bağlıdır. $R_2//R_3$ paralel ve değeri eşit olduğu için, formülde değerler yerine konulursa paralelliğin eşdeğeri bulunur daha sonrada bu değer R_1'e seri olduğu için toplanır ve AB uçlarının eşdeğeri bulunur.

$$R_{2-3} = \frac{R}{n} = \frac{100}{2} = 50\Omega \text{ veya } R_{2-3} = \frac{R_1.R_2}{R_1 + R_2} = \frac{100\Omega.100\Omega}{100\Omega + 100\Omega} = 50\Omega$$

bulunur. Şimdi R_{2-3} ve R_1 seri

$$R_{AB} = R_{EŞ} = R_1 + R_{2-3} = 100\Omega + 50\Omega = 150\Omega \quad \text{bulunur.}$$

Örnek4.4: Şekil4.9daki elektrik devresinin eşdeğer direncini bulunuz.

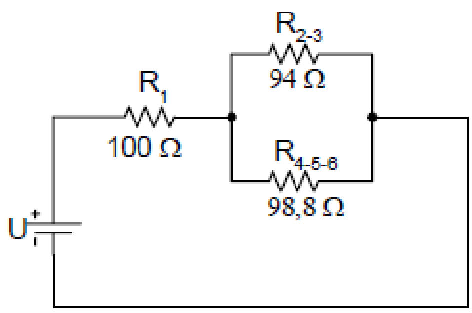


Şekil4.9

Çözüm4.4: Bu devrede R_2, R_3 seri, bu seriliğe $R_4//R_5+R_6$ grubu paraleldir. Bu paralellik R_1 direncine seridir. Bu açıklama ışığında eşdeğer direnç;

$$R_{2-3} = R_2 + R_3 = 47\Omega + 47\Omega = 94\Omega \,,\, R_{4-5} = \frac{R_4.R_5}{R_4 + R_5} = \frac{(68\Omega).(39\Omega)}{68\Omega + 39\Omega} = 48{,}4\,\Omega$$

$$R_{4-5-6} = R_6 + R_{4\text{-}5} = 75\Omega + 24{,}8\Omega = 99{,}8\Omega$$



Şekil4.10

$$R_{AB} = \frac{(R_{2-3}).(R_{4-5-6})}{(R_{2-3}) + (R_{4-5-6})} = \frac{94\Omega.99{,}8\Omega}{94\Omega + 98{,}8\Omega} = 48{,}4\Omega \quad \text{devrenin eşdeğer direnci}$$

$$R_{EŞ} = R_1 + R_{AB} = 100\Omega + 48{,}4\Omega = 148{,}4\Omega \quad \text{bulunur.}$$

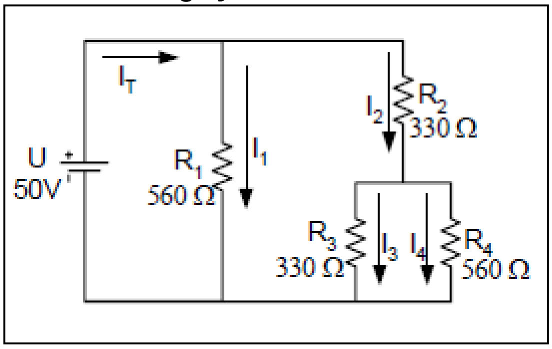
4.2.2 TOPLAM AKIM VE KOL AKIMLARI:

Toplam akımın buluna bilmesi için eşdeğer direnç ve kaynağın gerilim değeri Verilmiş olması gerekir. Kol akımları seri devrede ve paralel devrede görmüş olduğumuz kanununlardan çıkarılan formülleri kullanarak kol akımlarını ve kaynağın akımını bulabiliriz. Şekil4.19 daki devrede kaynağın gerilim değeri verilmiş olsaydı; $I_T=U/R_{EŞ}$ formülünden bulunurdu. Bu devre için kaynak gerilimi 30V olmuş olsa idi toplam akım;

$$I_T = \frac{U}{R_{EŞ}} = \frac{30V}{148{,}4\Omega} = 202mA$$

bulunurdu. Kol akımlarını akım bölme kaidesinden ve kirchhoffun gerilim kanunlarından yaralanarak bu değerlerle devredeki tüm dirençlerin üzerinden geçen akımları bulabilirdik. Bu işlemleri yapabileceğimiz bir örnek yapalım.

Örnek4.5: Şekil4.11deki karışık bağlı dirençlerin uçlarına bir 50V'luk bir kaynak bağlandığında R_4 direnci üzerinden geçen akımı bulalım.



Şekil4.11

Çözüm4.5: R_4 direnci üzerinden geçen akımı bulmak için bu elemanın üzerindeki gerilimi veya I_2 akımının bulunması gerekir. Her iki değerden de bulabiliriz. Şimdi I_2 değerini bularak çözüm yapılacaktır. I_2 akımını bulmak için R_2,R_3 ve R_4 dirençlerinin eşdeğerini bulup, kaynak bu kola paralel bağlandığından I_2 akımını buluruz. Sonra akım bölme kaidesi formülünden I_4 akımını buluruz. Bu ifadeler ışığında çözüm;

$$R_{(2-3-4)} = R_2 + \frac{R_3.R_4}{R_3+R_4} = 330\Omega + \frac{(330\Omega).(560\Omega)}{890\Omega} = 538\Omega$$

$$I_2 = \frac{U}{R_{(2-3-4)}} = \frac{50V}{538\Omega} = 93mA \qquad \text{o, koldaki toplam akım bulunur.}$$

Akım bölme kaidesinden, R_4 direncin den geçen akım;

$$I_4 = (\frac{R_3}{R_3+R_4}).I_2 = (\frac{330\Omega}{890\Omega}).93mA = 34{,}5mA \text{ bulunur.}$$

Örnekte istenmemiş ama R_3 direnci ve R_1 direncinin üzerinden geçen akımların da bulunması istenmiş olsaydı; o zaman R_3 direnci üzerinden geçen I_3 akımını akımlar kanunundan, I_1'i ohm kanunundan aşağıdaki gibi çözülürdü.

$$I_2 = I_3 + I_4 \text{ burdan } I_3 = I_2 - I_4 = 93mA - 34{,}5mA = 53{,}5mA$$

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{50V}{560\Omega} \cong 0{,}09mA$$

Sizlerde bu örneği şimdiye kadarki görmüş olduğumuz konulardan yararlanarak farklı yönden çözünüz.

4.2.3 ELEMAN ÜZERİNDEKİ GERİLİM DÜŞÜMLERİ

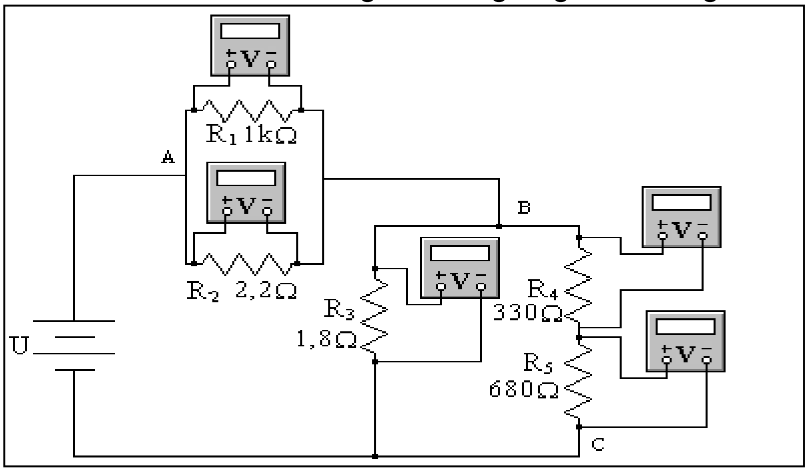
Dirençlerin karışık bağlantılarında gerilim düşümlerini bulmak için elemanların bağlantı şekillerini iyi görebilmek gerekir. Bu bağlantı şekillerini doğru gördükten sonra seri-paralel devreleri incelerken kullandığımız formülleri kullanarak karışık devrede bağlı direnç uçlarındaki gerilim düşümlerini doğru bir şekilde bulmuş oluruz. Bu konu ile ilgili şekil4.12 deki elektrik devresini inceleyelim.

1) V_1 ve V_2 voltmetresinin gösterdiği gerilim değerleri eşittir. Eşit olmasının nedeni R_1, R_2 dirençleri paralel bağlı.

2) V_3 voltmetresinin gösterdiği değer ise V_4+V_5 voltmetrelerinin gösterdiği değerlerin toplamına eşittir. Çünkü R_3 direnci R_4 ve R_5 direncine paralel bağlı, V_3 voltmetresinin gösterdiği gerilim aynı zamanda B-C uçlarının gerilimidir.

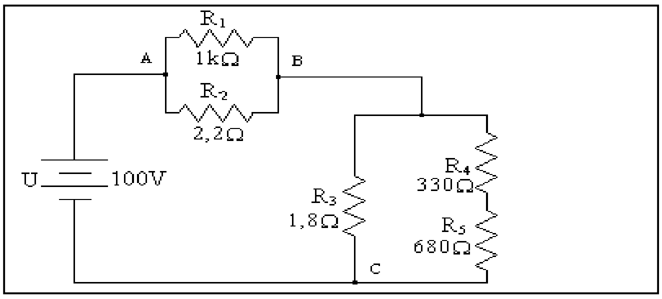
3) V_4 gerilimi ve V_5 gerilimini gösteren voltmetrelerin değerlerini gerilim bölme kaidesinden bulabiliriz.

4) V_1 ve V_3 voltmetrelerinin toplamı kaynak gerilimi U'ya eşit olacağını kirchhoffun gerilim kanununu hatırlarsak nedenli doğru olacağını görmemiz gerekir.



Şekil4.12

Örnek4.6: Şekil4.12deki devreyi şematik olarak çizelim ve bu voltmetrelerin gösterdikleri değerleri teorik olarak çözelim.



Şekil4.12

Çözüm4.6: A ve B uçlarındaki paralel dirençler R_1 ve R_2 dirençlerinin eşdeğeri(R_{AB});

$$R_{AB} = \frac{R_1.R_2}{R_1 + R_2} = \frac{(1k\Omega).(2,2k\Omega)}{3,2k\Omega} = 688\Omega$$

B-C uçlarındaki R_3 direnci R_4 ve R_5 dirençlerine paralel $(R_4+R_5)//R_3$;

$$R_4 + R_5 = 330\Omega + 680\Omega = 1010\Omega = 1,01k\Omega$$

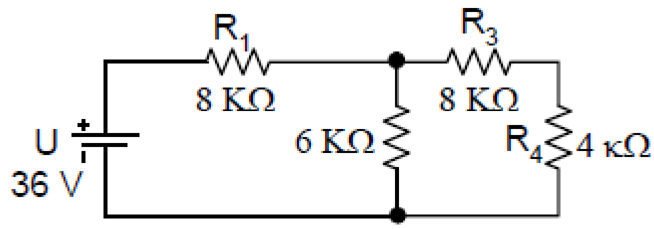
$$R_{BC} = \frac{R_3.(R_4 + R_5)}{R_3 + R_4 + R_5} = \frac{(1,8k\Omega).(1,01k\Omega)}{2,81k\Omega} = 647\Omega$$

$R_{(T=EŞŞ)} = R_{AB} + R_{BC} = 688\Omega + 647\Omega = 1335\Omega$ bulunur. Gerilim bölme kaidesini kullanarak

$$U_{AB} = (\frac{R_{AB}}{R_T})U = (\frac{688\Omega}{1335\Omega}).100V = 51,5V, \quad U_{BC} = (\frac{R_{BC}}{R_T}).U = (\frac{647\Omega}{1335\Omega}).100V$$

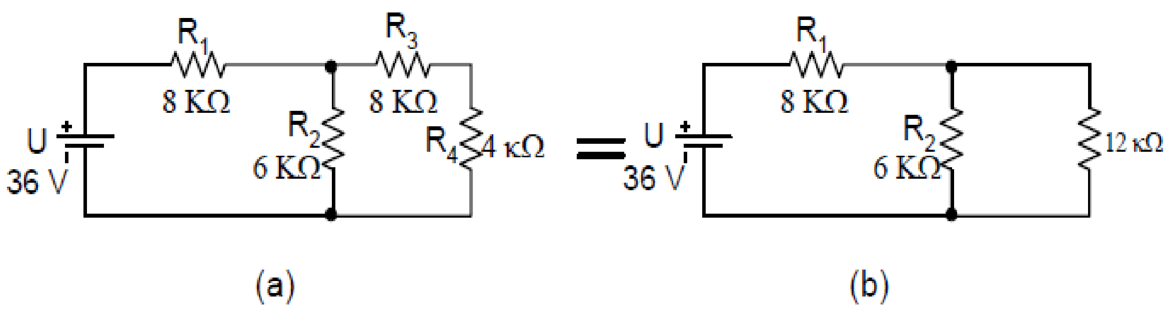
$U_1=U_2=U_{AB}=51,5V$ ve $U_3=U_{BC}=48,5$ V (Paralel olduklarından)

Örnek4.7: Şekil4.13deki devrenin analizini yapınız.

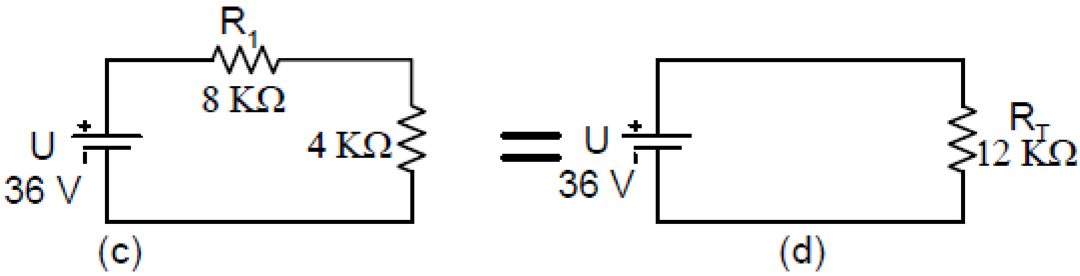


Şekil4.13

Çözüm4.7: Devrenin analizi akım, gerilim ve güçlerin bulunmasıdır. Bu analize devrenin eşdeğer direncini bularak başlayalım. Şekil4.13 deki devrede $R_1+(R_2//(R_3+R_4))$ bağlanmıştır. Bu devrenin eşdeğerini şekil4.14de ayrıntılı olarak şekiller üzerinde eşdeğer bulunmuştur.

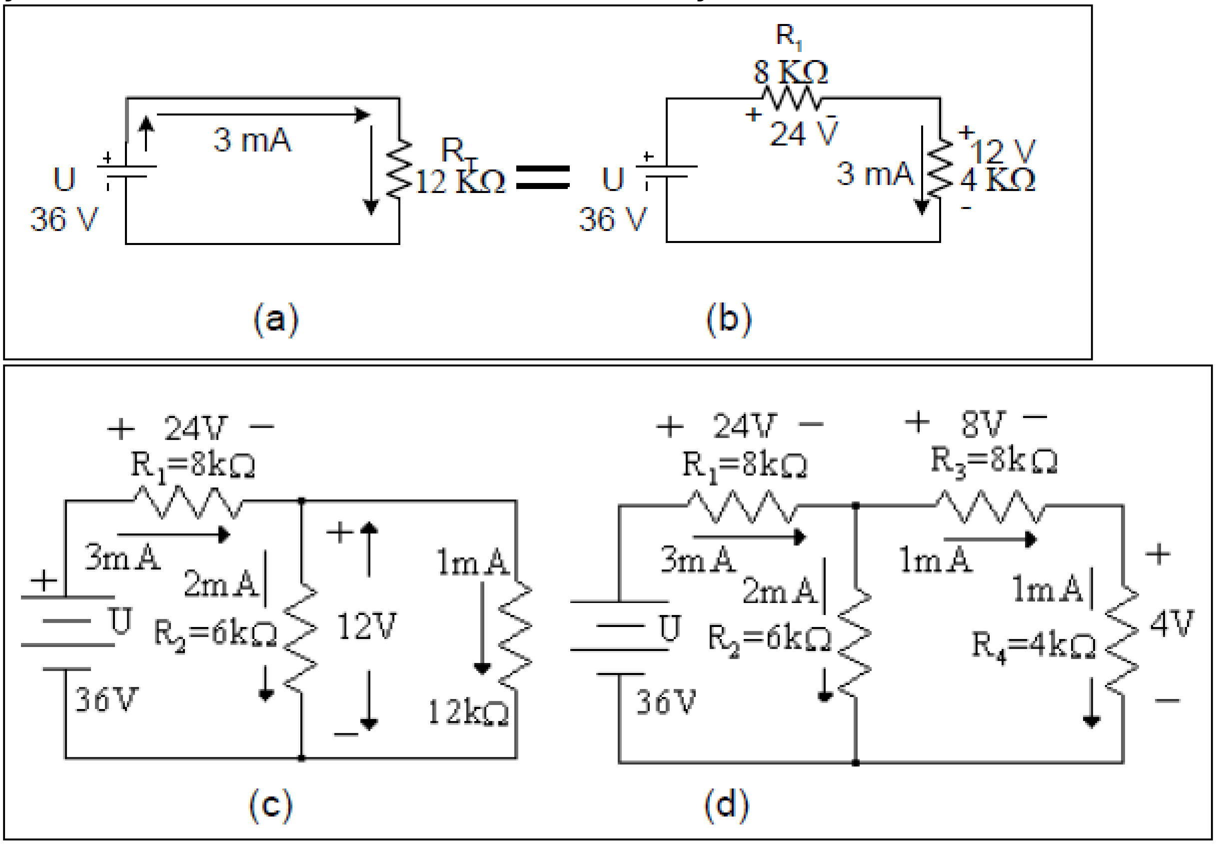


(a) (b)



Şekil4.14

Şekil4.15de ise eşdeğer dirençte olduğu gibi şekillerle kademeli olarak kaynaktan çekilen ve elemanlar üzerindeki akımlar bulunmuştur.



Şekil4.15

Şekil4.14(d)deki devrede eşdeğer direnç ve şekil4.15(a)da toplam akımı göstermektedir. Toplam akımı teorik olarak aşağıdaki şekilde;

$$R_{EŞ} = R_1 + \frac{R_2.(R_3 + R_4)}{R_2 + R_3 + R_3} = 8k\Omega + \frac{6k\Omega.(8k\Omega + 4k\Omega)}{6k\Omega + 8k\Omega + 4k\Omega} = 8k\Omega + 4k\Omega = 12k\Omega$$

$$R_{EŞ} = R_1 + \frac{R_2.(R_3 + R_4)}{R_2 + R_3 + R_3} = 8k\Omega + \frac{6k\Omega.(8k\Omega + 4k\Omega)}{6k\Omega + 8k\Omega + 4k\Omega} = 8k\Omega + 4k\Omega = 12k\Omega$$

$$I_T = \frac{U}{R_{EŞ}} = \frac{36V}{12k\Omega} = 3mA$$

bulunur. Şekil4.15(b)deki devrede gerilim kaynağına seri bağlı olan 8kΩ ve 4kΩ üzerinden bu toplam akım bu elemanlar üzerinden geçmekte ve bu akımın bu eleman uçlarında oluşturduğu gerilim düşümü;

$$U_{(8k\Omega)} = (3mA).(8k\Omega) = 24V \qquad U_{(4k\Omega)} = (3mA).(4k\Omega) = 12V$$

Şekil4.15©deki devrede görüldüğü gibi $U_{4k\Omega}$ uçlarındaki gerilim aynı zamanda 6kΩ ile 12kΩ direnç uçlarında paralel olmalarından dolayı görülecektir. Bu elemanların üzerinden geçen akım;

$$I_{(6k\Omega)} = \frac{12V}{6k\Omega} = 2mA \qquad I_{12k\Omega} = \frac{12V}{12k\Omega} = 1mA$$

Dikkat edilirse kirchhoffun akımlar kanunu yine bu devrede de kanıtlanmış oldu.
$I_{(8K\Omega)} = 3mA = I_{(6K\Omega)} + I_{(12K\Omega)} = 2Ma + 1mA = 3mA$ ile devrenin analizi yapılmıştır.

5-ELEKTRİK KAYNAKLARI

5.1 GERİLİM ve AKIM KAYNAĞI

5.1.1 BAĞIMSIZ GERİLİM KAYNAĞI

Gerilim kaynaklarını şimdiye kadar çeşitli devrelerde bağlama ve sembol olarak çok sık kullandır. Kullandığımız kaynakların hepsi bağımsız gerilim kaynağı ve sembolleriydi. Bağımsız gerilim kaynağını anlatmaya başlamadan bağımlı gerilim kaynağına biraz açıklık getirelim. Bağımlı gerilim kaynağı devrede herhangi bir parametreden etkilenen kaynaktır. Bu parametreye göre artar veya azalır. Örneğin U_1=k.R gibi; bağımsız gerilim kaynakları ise hiçbir şeyden etkilenmeyen devreye sürekli enerji pompalayan kaynaklardır. Aktif bir elemandır enerji verir. Üzerinden ne kadar akım çekilirse çekilsin uçlarındaki gerilim değeri değişmeyen kaynaklardır. Bu kabul ettiğimiz gerilim kaynağı ideal gerilim kaynağıdır. Gerçekte bu imkansızdır.
Nedenine gelince sonsuz akım verecek bir kaynak şu anda üretilmemektedir. Bunun nedenine gelecek olursak; bir kuru pilin gerilimi devresine verdiği akım arttıkça uçlarındaki gerilim değeri azalır. Bu sebeple bu bağımsız gerilim kaynağımız ideal bir kaynak değildir. Devrelerde kullanacağımız kaynakları ideal kaynak olarak düşünecek bu kaynakların U değeri değişmeden sonsuz akım ve sonsuz güce sahip olduğu kaynağa DC gerilim kaynağı olarak isimlendireceğiz. Pratikte bu ideal gerilim kaynağına en yakın üreteç, iç direnci çok küçük olan akümülatörlerdir. Çekilen akım küçük olduğunda da bağımsız DC gerilim kaynağı gibi çalıştıklarını yaklaşık olarak kabul edebiliriz. Şekil5.1de sembolleri görülmektedir.

(a)İdeal Bağımsız DC Gerilim Kaynağı (b) İdeal Bağımlı DC Gerilim kaynağı

Şekil5.1

5.1.2 BAĞIMSIZ AKIM KAYNAĞI

Uçları arasından geçen akım kendi uçları arasındaki gerilimden etkilenmeyen bir akım kaynağıdır. Aktif bir elemandır. Akım pompalayarak enerji üretir. Gücü sonsuzdur. İ akımı sabit olan tiplerine bağımsız DC akım kaynağı, devrenin herhangi bir parametresinden etkilenen akım kaynağına ise bağımlı akım kaynağı denmektedir. Bu kaynakların sembolleri şekil5.2 de gösterilmektedir.

(a)İdeal Bağımsız DC Akım Kaynağı (b)İdeal Bağımlı Gerilim Kaynağı

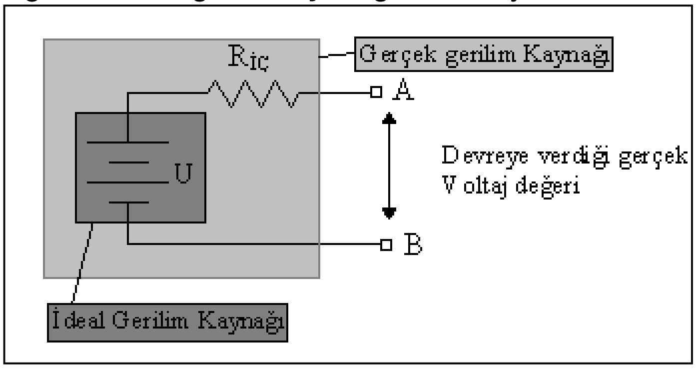
Şekil5.2

Bu kaynakların devrede bağlı olduğu durumlar için üç ana özellik vardır.

1- Bir gerilim kaynağını kendisine seri bağlı bir dirençle bir akım kaynağını da kaynağa paralel bir dirençle düşünülür.

2- İdeal bir gerilim kaynağına paralel bağlı dirençler ve akım kaynakları devre dışı

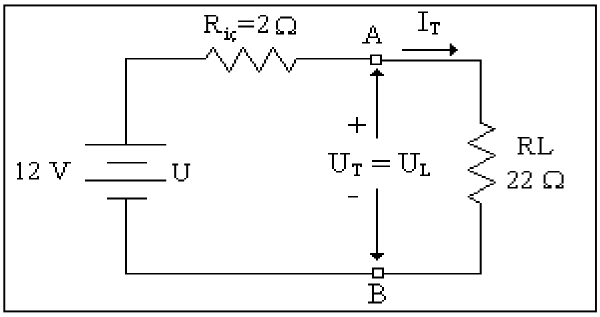
3- İdeal akım kaynağına seri bağlı direnç ve gerilim kaynakları devre dışı bırakılır.



Şekil5.3

Şekil5.3 de ideal ve gerçek gerilim kaynağının durumunu gösteriyor. Laboratuarınızdaki 12V'luk gerilim kaynağınızın iç dirençsiz hali ideal gerilim kaynağı ile isimlendirdiğimiz durum, iç dirençli hali ise gerçek de kullandığımız gerilim kaynağı halidir. Çünkü gerçekte kullanılan kaynakların azda olsa bir iç dirençleri mevcuttur. Genelde bu devre çözümlerinde ihmal edilir, sanki kaynağımız ideal kaynakmış gibi düşünerek devrelerin analizi yapılır. Aşağıda bu konu ile ilgi örnek5.1 verilmiştir.

Örnek5.1: Laboratuarınızda şekil5.4deki 12V'luk gerilim kaynağınızın iç direnci 2Ω olduğuna göre gerçek gerilim değerini(devreye verdiği gerilim) bularak bu gerilime 22Ω'luk bir yük direnci bağlayıp üzerinden geçen akımı bulunuz.



Şekil5.4

Çözüm5.1: Önce kaynağın dış devreye verdiği geçek gerilim değerini, daha sonra bu değerle R_L yük direncinin üzerinden geçirdiği akımı bulalım. Kaynağın iç direnci kaynağa seri ve aynı zamanda R_L direncine de seridir. Buna göre kaynağın dış devreye verdiği gerilim değeri;

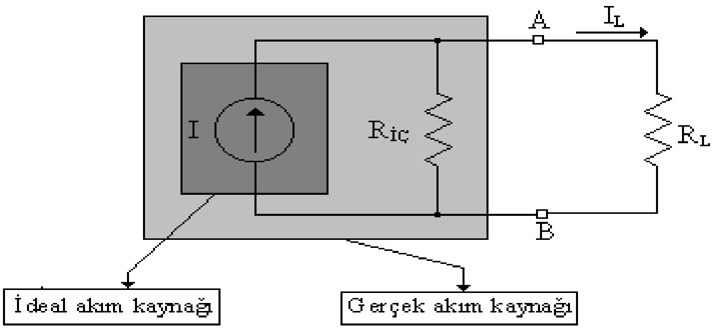
$$U_T = \left(\frac{22\Omega}{22\Omega + 2\Omega}\right).12V = 11V \qquad I_L = \frac{U_L}{R_L} = \frac{11V}{22\Omega} = 0,5A$$

bulunur. İdeal bir gerilim kaynağı olduğunu varsaymış olsaydık o zaman yük direnci R_L elemanı üzerinden geçen akım;

$$I_L = \frac{U}{R_L} = \frac{12V}{22\Omega} = 0,545A$$

değer sapması olacaktı. Küçük dirençler bağlandığında ölçülen değerle teorik olarak çözülen sonuçlarda küçükte olsa sapmalar olacaktır. Çünkü çözümlerde kaynağın iç direnci ihmal ediliyor. Kaynağa bağlanan direnç değerleri kΩ'lar ve daha yüksek değerlerde bu sapmalar biraz daha az olacaktır. *Burada bir gerilim kaynağı denildiği anda ona seri bir dirençle düşünmemiz gerekiyor*.

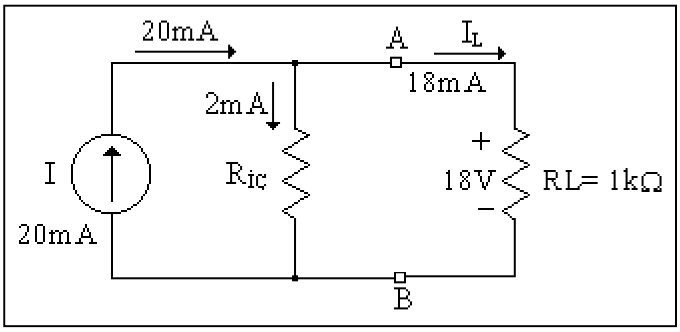
İdeal ve gerçek akım kaynağını da şekilsel olarak inceleyip bu konu ile de bir örnek yaparak bu konunun da anlaşılmasını sağlayalım.



Şekil5.5 Gerçek akım kaynağı

İdeal akım kaynağı durumu ve gerçek de kullandığımız akım kaynağının şeklini5.5de görmektesiniz. *Gördüğünüz üzere gerçek akım kaynağı ona paralel bir iç dirençle düşünmemiz gerekir*. Çünkü kaynağın azda olsa mutlak ve mutlak direnci vardır. Nedeni ise bu kaynaklarda iletkenler kullanılmakta, iletkenlerinde biz biliyoruz ki küçükte olsa bir direnç özelliği gösterir. Kaynağın iç direnci ideal kaynağa paralel bağlı olduğundan devreye bağlanan elemanlara paralel durumunda olacaktır. Akım kaynağı ile de bir örnek yaparak konun daha iyi anlaşılmasını ağlayalım.

Örnek5.2: Şekil5.6 deki devrede ideal akım kaynağının değeri 20mA yük direnci 1kΩ, kaynağın iç direncinin üzerinden geçen akım 2mAolduğuna göre akım kaynağının iç direncini bulunuz.



Şekil5.6

Çözüm5.2: Bu değerlere göre yükün üzerindeki gerilimi bulabiliriz.

$$U_L = I_L . R_L = 18mA . 1k\Omega = (18.10^{-3} A).(1.10^3 \Omega) = 18V$$

.

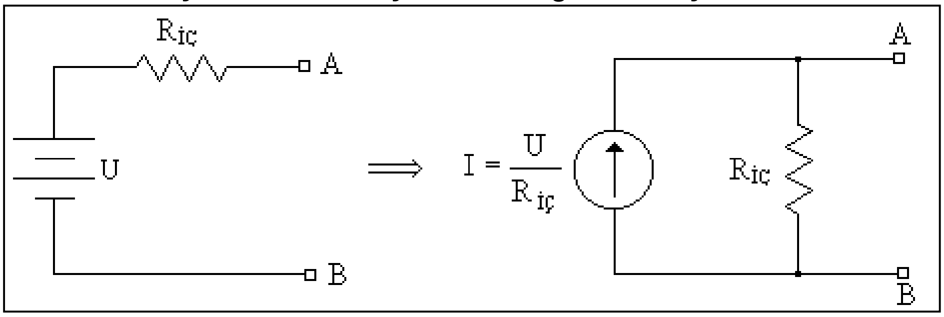
$$I_{iç} = 20mA - 18mA = 2mA$$

$$R_{iç} = \frac{U_L}{I_{iç}} = \frac{18V}{2mA} = \frac{18V}{2.10^{-3} A} = 9k\Omega$$

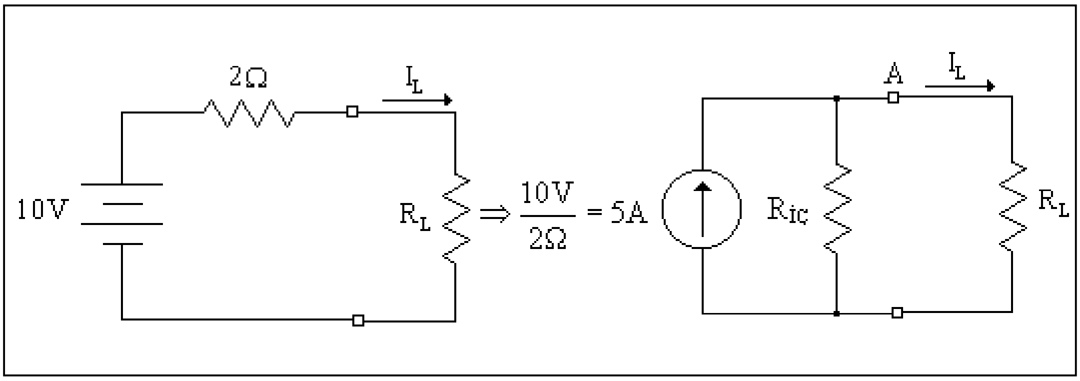
Şekli tekrar çizilmemesi için U_L ve $I_{iç}$ değerleri şekil5.6 üzerinde gösterilmiştir.

5.1.3: GERİLİM KAYNAĞINDAN AKIM KAYNAĞINA DÖNÜŞÜM

Gerilim kaynağını akım kaynağına dönüşüm yapılabilir. Bu dönüşüm esnasında kaynağın iç direncinin omik değeri değişmeden iç direnç gerilim kaynağına seri bağlı durumdayken akım kaynağına paralel bağlanır. Akım kaynağının akım değeri ohm kanunundan $I=U/R_{iç}$ formülünde değerler yerine konularak bulunur. Bu ifadelerimizi şekilsel olarak şekil5.7 de gösterilmiştir.



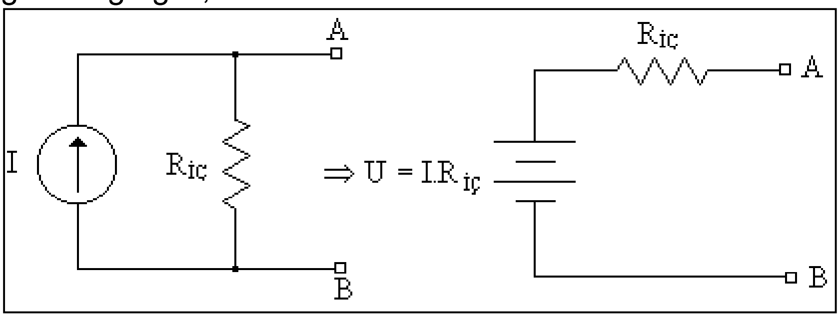
Şekil5.7 Gerilim kaynağından Akım kaynağına dönüşüm



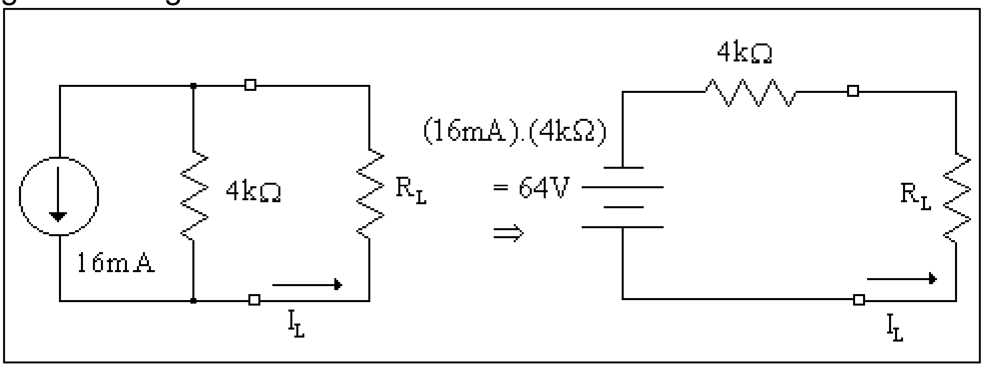
Şekil5.8 Gerilim kaynağından akım kaynağına dönüşüm değerin bulunması ve yük direncinin kaynaklara bağlantı durumu

5.1.4: AKIM KAYNAĞINDAN GERİLİM KAYNAĞINA DÖNÜŞÜM

Akım kaynağından gerilim kaynağına dönüştürülürken gerilim kaynağının değeri ohm kanunundan yaralanarak bulunur. Gerilim kaynağının iç direnci ise akım kaynağının iç direncine eşit olduğundan değeri aynı fakat bağlantı şekli seri olacaktır. Şekil5.9 da görüldüğü gibi;

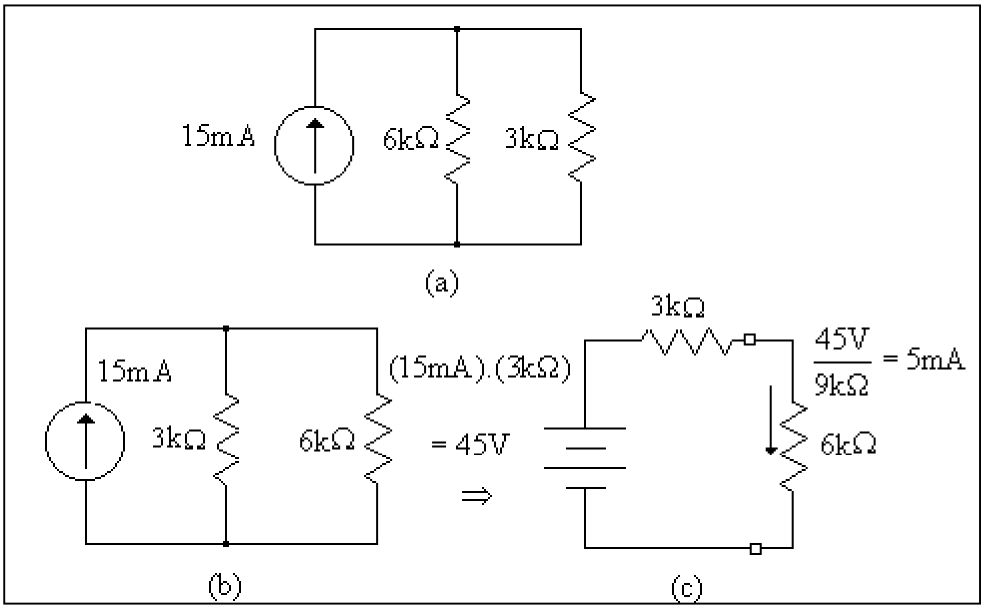


Şekil5.9 Akım kaynağından gerilim kaynağına dönüşüm ve ohm kanunundan gerilimin değerinin bulunması



Şekil5.10 Akım kaynağının gerilim kaynağına dönüşümü ve akım kaynağının yönü ile dönüşüm yapılırkenki gerilim kaynağının aynı yönde olması ve yük dirençlerinin üzerlerinden aynı şekilde akımın akışı

Örnek5.3: Şekil5.11 (a)deki devrede 6kΩ üzerinden geçen akım, akım kaynağını gerilim kaynağına dönüştürmek suretiyle bulunuz.



Şekil5.11

Şekil5.11 (a)daki devrede dirençler paralel bağlı olduğundan (b) deki gibi devreyi tekrar çizebiliriz. Buradaki 3kΩ'luk direnç kaynağın iç direnci olarak alıp bu akım kaynağımızı ohm kanunundan yaralanarak şekil5.11(c) de görüldüğü gibi;

$$\boxed{U = (15mA).(3k\Omega) = 45V}$$

bulunur. Şekil5.11 (c)deki devrede görüldüğü gibi gerilim kaynağı haline dönüştürdükten sonra elemanlar birbirine seri halini aldığından 6kΩ'luk direncin üzerinden geçen akım;

$$\boxed{I = \frac{U}{R_T} = \frac{45}{9k\Omega} = 5mA}$$

Örnek7-4: Şekil5.12(a)deki devre gerçek bir gerilim kaynağı ve akım kaynağı dönüşümü verildiğine göre, bu gerilim kaynağının;
(a) Gerilim kaynağının uçları kısa devre yapılması durumunda,
(b) Gerilim kaynağının uçları açık devre durumunda,
(c) Gerilim kaynağına 500Ω bağlandığı durumda şıklara göre gerilim kaynağının ve akım kaynaklarının şekillerini çizerek değerlerini bulunuz.

Çözüm5.4:
(a) Şekil 5.12(b) deki devrede görüldüğü gibi gerilim kaynağının uçları kısa devre edildiğinden dış devreye verdiği gerilim sıfır, gerilim kaynağından çekilen akım ise şekil üzerinde bulunan değer kadardır. Bu değer aynı zamanda gerilim kaynağından akım kaynağına dönüşümde akım değeridir. (I=15V/500Ω=30mA)
(b) Şekil5.12(c) deki devrede gösterildiği gibi dış devreye vereceği gerilim uçları açık devre durumunda, bu gerilim kaynağının olması gereken bir durumudur. Gerilim kaynağı boşta iken uçları açık devre durumundadır. Bu kaynaktan 0 akım çekilmektedir. Bu kaynağı akım kaynağına dönüştürdükten sonraki uçlarındaki gerilim değerini ohm kanunundan $U = (30mA).(500\Omega) =$ 15V ve akım kaynağının uçları açık devre durumundadır.

(c) Şekil5.12(d) de görüldüğü gibi gerilim kaynağına ve dönüşüm yapılan akım kaynağına bir 500 Ω değerinde bir direnç bağlandığı şekli görülmektedir. Bu elemanın üzerinden geçen akımı bulmak için önce bu direncin uçlarındaki gerilimi daha sonra üzerinden geçen akımı bulabiliriz.

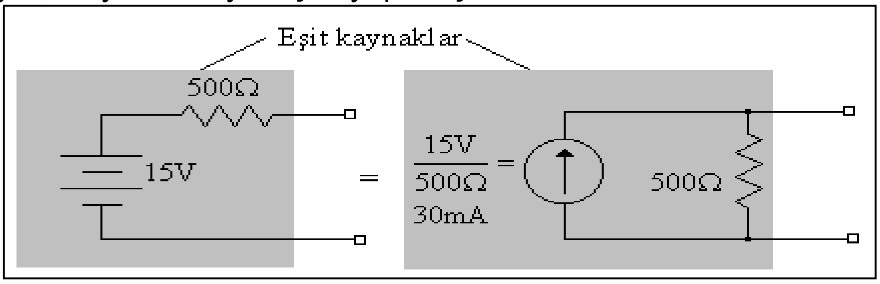
$$U_L = \frac{(500\Omega)}{(1000\Omega)}.15V = 7{,}5V \quad \text{yük direnci üzerindeki gerilim}$$

$$I_L = \frac{7{,}5V}{500\Omega} = 15mA$$

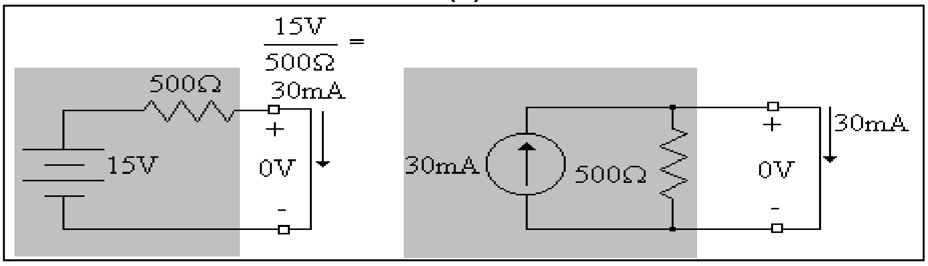
Gerilim kaynağını akım kaynağına dönüşüm yaptıralım ve bu yük direncini bu kaynağa bağlayıp üzerinden geçen akımı ve yük direnci uçlarındaki gerilimi tekrar bulalım. Direnç değerleri eşit ve dirençler paralel olduğundan akım kaynağının değerinin yarısı yük direnci üzerinden geçer, yük direncinin üzerinden geçen akımı bulduğumuza göre ohm kanunundan uçlarındaki gerilimi de aşağıdaki şekilde bulabiliriz.

$$I_L = (\frac{1}{2}).30mA = 15mA \Rightarrow U_L = I_L.R_L = 15mA.500\Omega = 7{,}5V$$

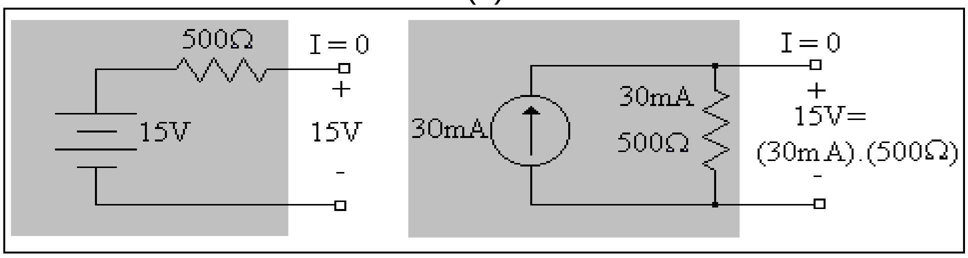
aynı değer bulunur. Bu beklediğimiz bir sonuç olması gerekir. Aksi taktirde farklı çıkmış olsaydı, bir yerlerde yanlışlık yapılmış olurdu.



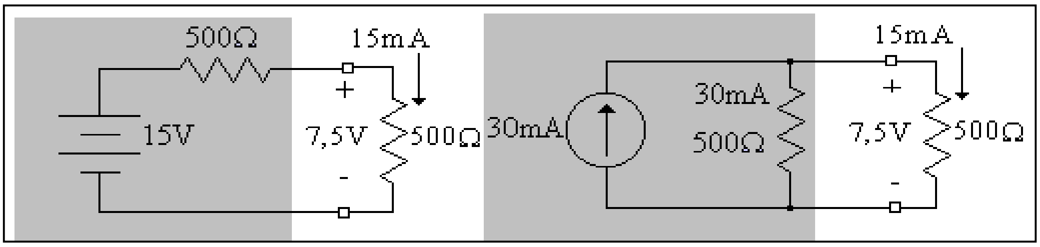
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil5.22

Sizlerde bu örnek için gerilim kaynağının direnci 1kΩ ve kaynağın voltaj değeri 10V durumuna göre örnek5.4'nin şıklarını yapınız.

6-DEVRE ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

DEVRE ANALİZİ YÖNTEMLERİ

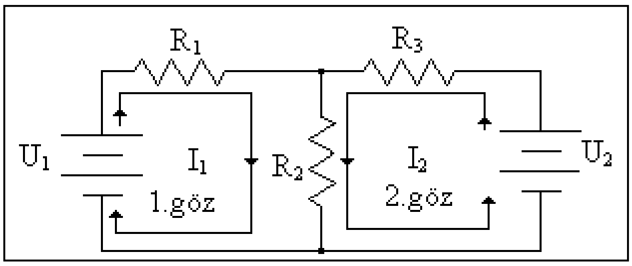
Devre analizi yöntemlerini incelemeden devenin analizinin ne anlama geldiğini hatırlayalım. Devre analizi elektrik veya elektronik devrelerde akım, gerilim ve güç hesaplama işidir. Tanımlanması en kısa ve en doğrusudur. Devre analizine geçmeden bu konuda kullanacağımız bazı tanımlamalar yapalım.

Düğüm:Üç veya daha fazla elemanın müşterek olarak bağlandığı noktadır.
Yol: Devrenin bir noktasından diğer bir noktasına kadarki elemanlar dizisidir.
Kol:Üzerinde bir tek elemanın bulunduğu en kısa yoldur.
Çevre: Bitiş noktası ile başlangıç noktası aynı olan kapalı yol.
Göz: İçinde bir kol bulunan en küçük kapalı yol.

Devrelerin analizi yapılırken bazen şimdiye kadarki görmüş olduğumuz kanunlar yeterli olmaz. Devrede çift kaynakla besleniyor ve birden fazla göz olduğunda kanunlar yeteli olmaz. Bu bölümde bu durumlarda bize yardımcı olacak yöntem çeşitlerini bu yöntemlerle nasıl çözüm yapılacağı anlatılacaktır.

6.1 ÇEVRE(İLMEK) AKIMLAR YÖNTEMİ

Çevre akımlar yönteminde devrenin her bir gözü için bir çevre akımı seçilir. Gözlerden seçilen çevre akımlarına göre kirchhoff(kirşof)un gerilimler denklemi, her göz için yazılır.göz adedi kadar bilinmeyen çevre akımı ve denklem bulunur. Denklem çözülerek her bir gözün çevre akımları hesaplanır. Çevre akımlarından kol akımları kolaylıkla bulunabilir. Bu konuda göz sayısı kadar denklem çıkacağından bu denklem çözüm yöntemlerinden yok etme veya matris, determinant çözümlerinin çok iyi bilinmesi gerekir. Bu konu matematik konusundan araştırılarak hatırlanması gerekir. Aksi taktirde çevre denklemlerinin bulunması bir işe yaramayacaktır. Şimdi şekil6.1 deki devreyi çevre akımlar yönteminin kurallarını uygulayarak ve anlatarak çevre akımlarını ve bu evredeki kol akımlarını bulalım. (Devrede bağlı akım kaynakları varsa bu kaynağın eşdeğeri gerilim kaynağına dönüşüm yapılarak devre Ç.Y. ile çözülür)



Şekil6.1

Şekil6.1 deki devrede iki göz vardır. Bu devre çözümü için iki adet denklem yazılacaktır. İlik yapmamız gereken her göz için kirşofun gerilimler kanunundan gözlerin denklemini oluşturmaktır. I_1 ve I_2 göz için seçtiğimiz göz akımlarıdır. Bu akımların dolaştığı yerleri şekilde gösterilmiştir. Bu akımların dolaştığı yerlere göre gerilimler denklemi;

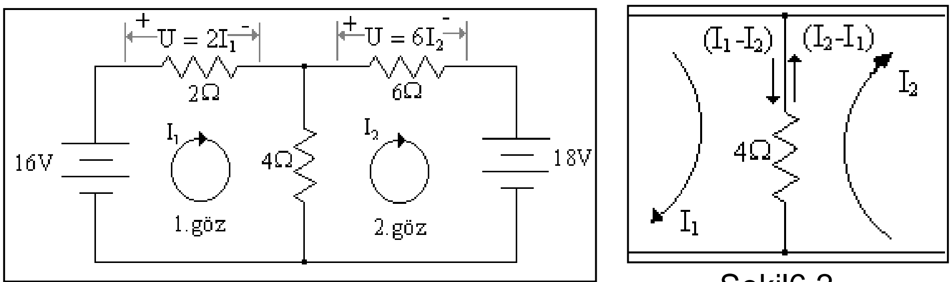
$$I_1.R_1 + (I_1 + I_2).R_2 = U_2 \quad \text{1.gözün gerilim denklemi}$$
$$I_2.R_3 + (I_2 + I_1).R_2 = U_1 \quad \text{2.gözün gerilim denklemi}$$

Matematiksel düzenlemeler yapılarak bu devre için gözlerin gerilim denklemleri çıkar.

$$\mathrm{I_1.(R_1 + R_2) + I_2.R_3 = U_1}$$
$$\mathrm{I_1.R_1 + (R_1 + R_2).I_2 = U_2}$$

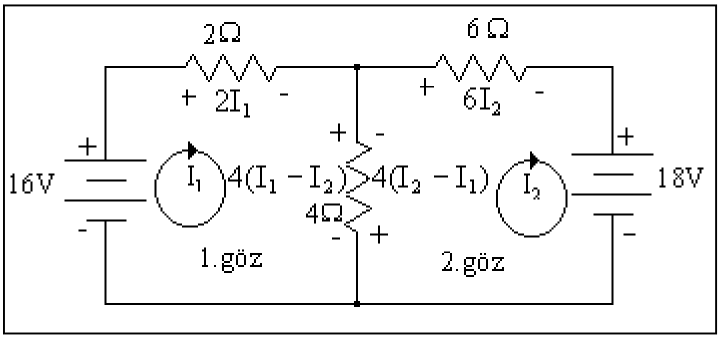
1.gözün ve 2.gözün denklemleri elde edilir. Bu devrede direnç ve gerilim değerlerinin verildiğini düşünerek göz akımları denklem çözümünden faydalanılarak I_1 ve I_2 akımları bulunur. Bu akımlar bizim için amaç değil sadece kol akımlarını bulmamız için araç görevini yaparlar. Göz akım değerleri bulunduktan sonra devreye baktığınızda 1.göz akımı R_1 üzerinden aynı değerde, R_3 üzerinden ise 2.göz akımı aynı değerde akmaktadır. Bu durumda R_1 elemanının akımı 1.göz akımına, R_3 elemanının akımı ise 2. göz akımına eşittir. Denklemi yazarken dikkat edilirse R_2 elemanının üzerinden 1.ve 2. göz akımlarının her ikisi de akmaktadır. Bu elemanın akımı, göz akımlarının yönleri aynı ise toplamı farklı ise göz akımlarının farkına, yönü sayısal değeri büyük olanın yönünü alması ile bulunur. Göz akımlarının yönlerini keyfi alabiliriz. Bu çözümü yapacak kişinin keyfine kalmış, fakat alınan yöne göre denklem doğru olarak oluşturulması gerekir. Denklem doğru bir şekilde oluşturulursa sonuçta hiçbir sayısal değişiklik olmaz sadece pozitif veya negatif değer çıkacaktır. Bu bulunan değerin mutlak değeri alınabilir. Çünkü akım sıkalar büyüklüktür. Değer negatif çıkmışsa sadece akım seçilen yönde değil tam tersi yönde akıyor anlamı çıkarılmalıdır. Bu açıklamalarımızı sayısal değerli bir örnek üzerinde göstererek anlaşılmasını sağlayalım.

Örnek6.1: Şekil6.2deki devrenin, çevre akımlar yönteminden yaralanarak göz, eleman(kol) üzerlerinden geçen akımları ve eleman uçlarındaki gerilim değerlerini bulunuz.



Şekil6.2

Şekil6.2 (a) deki devrede iki göz olduğundan bu gözün akımları I_1 ve I_2 olarak ve yönleri saat ibresi yönünde alınmıştır. Bu göz akımlarına göre 2Ω, direnç üzerindeki gerilim $(2\Omega)(I_1)=2I_1$ ve kutupları şekil üzerindeki gibi olur. 6 Ω direnç uçlarındaki gerilim de ohm kanununa göre $6I_2$ kutupları şekildeki gibidir. Bu dirençlerin göz akımlarının kol akımlarına eşit olduğunu görebilmeniz gerekir. 2Ω dirençten I_1 6Ω dirençten ise sadece I_2 akımları geçtiğinden göz akımı ile kol akımları eşittir. 4Ω direnç uçlarındaki gerilim bu eleman üzerindeki akım (I_1-I_2) dir. Çünkü 1.göz için bu eleman üzerinden devredeki kaynağın daha fazla akım akıttığı düşünülür. Bu göz için 4Ω üzerindeki gerilim $4(I_1-I_2)$, 2.göz için şekil6.2(b)de gösterildiği gibi akım değeri (I_2-I_1)den $4(I_2-I_1)$ olur.



(c)

Şekil6.2

Eğer akım yönleri farklı olmasaydı , farkları değil toplamları olurdu. Dikkat edilirse 4 Ω üzerinden her iki göz akımı da akmakta ve bu akımların yönleri farklı olduğu için birbirlerinden çıkartılmıştır. Farklı olmasaydı (I_1+I_2) gibi bir durum oluşurdu.Şekil6.2(c)de kaynakların ve bu kaynakların direnç uçlarındaki gerilim düşümlerinin kutuplarını bu şekil üzerinde gösterilmiştir. Bu açıklamalardan sonra her göz için gerilimler kanunu uygulayarak denklemlerini oluşturalım.

1.Göz	$2I_1 + 4(I_1 - I_2) \quad = 16$
2.Göz	$6I_2 + 4(I - I) + 18 = \quad 0$

denklemi elde edilir. 1.gözdeki denklemde 16V'a eşitken 2.gözde gerilimlerin toplamı 0'a eşit gösterilmiştir. Bunun nedeni 2.gözün akım yönü kaynağın devreye sürdüğü akımla ters olduğundandır. Her iki durumu görmeniz açısından bu tip örnek verilmiştir. Bu denklemi düzenleyerek tekrar yazalım.

$$\begin{aligned} 6I_1 - \quad 4I_2 &= 16 \\ -4I_1 + 10I_2 &= -18 \end{aligned}$$

denklem düzenlenir. Göz akımları bilinen bir matematiksel yöntemle çözülür. Burada çözüm matrisle yapılarak göz akımları aşağıdaki şekilde yapılacaktır.

Önce Δ'a bulunur.

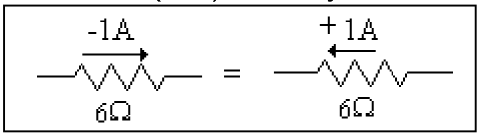
$$\Delta = \det\begin{vmatrix} 6 & -4 \\ -4 & 10 \end{vmatrix} = (6.10) - (-4.-4) = 44$$

göz akımlarını da gerilim değerlerini yerlerine koyarak matrisle çözersek;

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} 16 & -4 \\ -18 & 10 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{(16.10) - (-18.-4)}{44} = 2A$$

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 6 & 16 \\ -4 & -18 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{(6.-18) - (-4.16)}{44} = -1A$$

Bulunan göz akımlarının sonuçlarını irdelersek 1.göz akımı 2A çıkmış, pozitif değer olarak görülmektedir. Bunun anlamı alınan göz akımı yönü doğrudur. Bu kaynak devreye alınan yönde akım akıttığı görülüyor. Gerilim kaynağı artıdan eksiye doğru akım akıttığı için pozitif çıkacağını çözüm yapmadan da görebilirdik. Alınan yönün tersi alınmış olsaydı ve denklem doğru oluşturulursa sonuç skaler olarak değeri değişmeyecek sadece negatif olacaktı. Bunu 2.gözde görmekteyiz bu sonucu sayısal hiç değiştirmez. Sadece değeri negatif çıkar. Alınan yönde değil tersi yönde akımın aktığı düşünülmesi gerekir. Bu sonuçlara göre 2Ω üzerinden alınan yönde 2A, 6Ω üzerinden (-1A) alınan yönün tam tersi yönde akım akmaktadır.

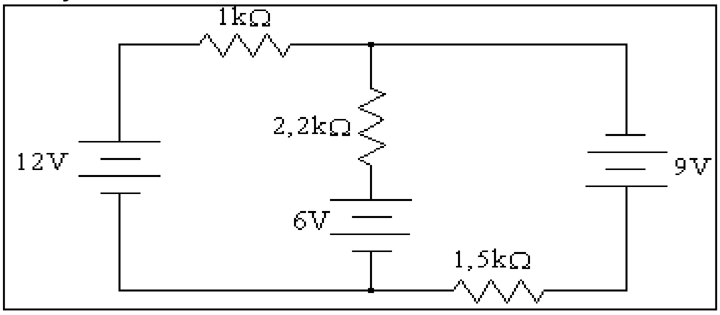


Devre üzerindeki 4Ω üzerindeki akım şekil6.2(b) deki şekil üzerinde gösterildiği her iki duruma göre bulursak;

$$I_{4\Omega} = I_1 - I_2 = 2A - (-1A) = 3A \qquad \text{veya}$$
$$I_{4\Omega} = I_2 - I_1 = (-1A) - (2A) = 3A$$

bulunur. Akım bu eleman üzerinden ↓ 1. göz akımı yönünde akmaktadır.

Örnek6.2: Şekil6.3 deki verilen devrede eleman uçlarındaki gerilim düşümünü çevre akımlar yönteminden yararlanarak bulunuz.



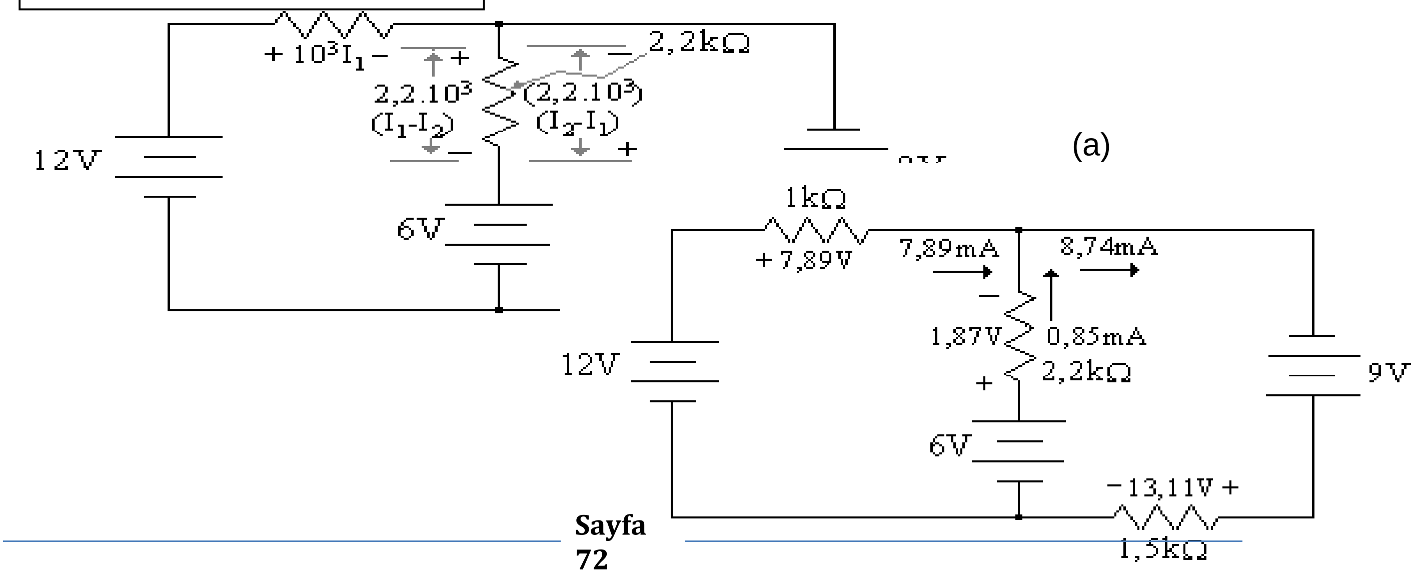
Şekil6.3

İki gözlü, iki göz akımı olacaktır. Bu akımlara göre gözlerin gerilim denklemi;

1.göz	$10^3 I_1 + 2{,}2.10^3 (I_1 - I_2) + 6 = 12$
2.göz	$1{,}5.10^3 I_2 + 2{,}2.10^3 (I_2 - I_1) = 6 + 9$

denklem düzenlenirse;

$$3{,}2.10^3 I_1 - 2{,}2.10^3 I_2 = 6$$
$$-2{,}2.10^3 I_1 + 3{,}7.10^3 I_2 = 15$$



(b)

Şekil6.4

Şekil üzerinde değerlerini ve kutupları gösterdiğimiz değerleri denklemi çözerek bulabiliriz.

$$\Delta = \det\begin{vmatrix} 3{,}2.10^3 & -2{,}2.10^3 \\ -2{,}2.10^3 & 3{,}7.10^3 \end{vmatrix} = (11{,}84 - 4{,}84).10^6 = 7.10^6$$

$$I_1 = \frac{\det\begin{vmatrix} 6 & -2{,}2.10^3 \\ 15 & 3{,}7.10^3 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{(22{,}2 + 33).10^3}{7.10^6} = 7{,}89\text{mA}$$

$$I_2 = \frac{\det\begin{vmatrix} 3{,}2.10^3 & 6 \\ -2{,}2.10^3 & 15 \end{vmatrix}}{7.10^6} = \frac{(48 + 13{,}2).^3}{7.10^6} = 8{,}74\text{mA}$$

göz akımları bulunur.bu göz akımlarından faydalanılarak $I_{2,2k\Omega}$ değerini bulursak;

$$I_{2,2k\Omega} = I_1 - I_2 = 7{,}89\text{mA} - 8{,}74\text{mA} = -0{,}85\text{mA}$$

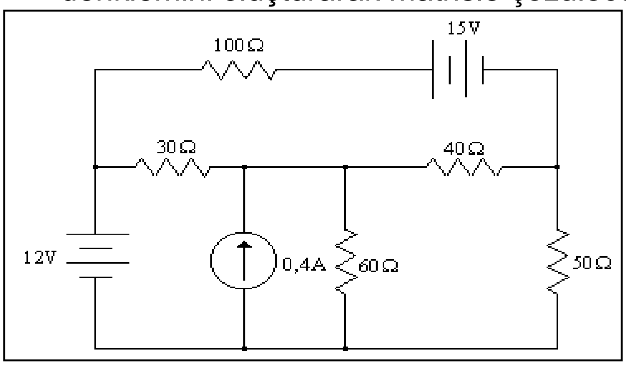
$$U_{2,2k\Omega} = (0{,}85\text{mA}).(2{,}2\text{k}\Omega) = 13{,}11\text{V}$$

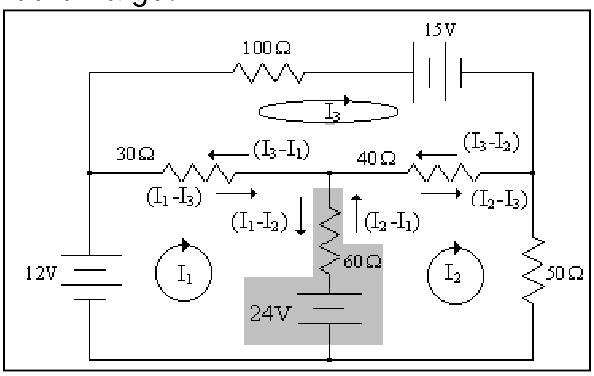
1kΩ üzerinden 1.göz 1,5kΩ üzerinden 2.göz akımı aktığından bu direnç uçlarındaki gerilim değerleri aşağıdaki şekilde bulunur.

$$U_{1k\Omega} = I_1.1k\Omega = (7{,}89mA).(1k\Omega) = 7{,}89V$$

$$U_{1,5k\Omega} = I_2.1{,}5k\Omega = (8{,}74mA).(1{,}5k\Omega) = 13{,}11V$$

Örnek6.3: Şekil6.5(a)deki devrenin her göz için gerilimler denklemini oluşturarak matrisle çözülecek duruma getiriniz.





(b)

Şekil6.5

Şekil6.5(a)deki devrede akım kaynağı olduğundan bu akım kaynağını gerilim kaynağına dönüştürerek şekil6.5(b) deki haline aldırıldı. Verilen üç gözlü devre ve üç göz akımı şekilde gösterildiği gibi yönler belirlenmiş kol akımlarının göz akımları karşılıkları şekil üzerinde gösterilmiştir. Bu gözlerin gerilim denklemini aşağıdaki şekilde oluşturabiliriz.

Akım kaynağı gerilim kaynağına dönüşüm yapılarak ohm kanunundan değeri bulunur.

$$U = (0{,}4A).(60\Omega) = 24V$$

Her gözün çevre denklemini kirşofun gerililer kanunundan oluşturulur.

$$\begin{array}{ll} \text{1.göz} & (I_1 - I_3)30 + (I_1 - I_2)60 + 24 = 12 \\ \text{2.göz} & (I_2 - I_1)60 + (I_2 - I_3)40 + 50I_2 = 24 \\ \text{3.göz} & 100I_3 + (I_3 - I_2)40 + (I_3 - I_2)30 + 15 = 0 \end{array}$$

bu denklem düzenlenirse;

$$\begin{array}{rrrl} 90I_1 & -60I_2 & -30I_3 & = -12 \\ -60I_1 & +150I_2 & -40I_3 & = 24 \\ -30I_1 & -40I_2 & +170I_3 & = -15 \end{array}$$

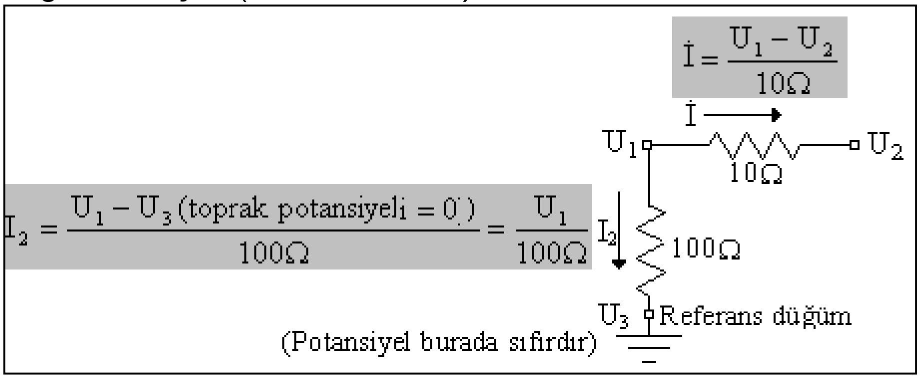
denklemi 3x1 matrisle değerlerini yazarak bulabiliriz veya yok etme metoduyla da çözülebilir. 3x1 matrisin değerleri denklemden yazalım;

$$\begin{bmatrix} 90 & -60 & -30 \\ -60 & 150 & -40 \\ -30 & -40 & 170 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -12 \\ 24 \\ -15 \end{bmatrix}$$

bu matris çözülürse göz akımları bulunur. Bu bulunan akımlarda yaralanarak kol akımlarının değeri de bulunmuş olur.

6.2 DÜĞÜM GERİLİMLERİ İLE DEVRE ANALİZİ

Düğüm gerilimleri ile devrelerin analizleri yapılabilir. Bu yöntemle devre analizi yapmak için analizi yapılacak devrede gerilim kaynakları bulunuyorsa bunun eşdeğeri olan akım kaynağına dönüşümü yapılıp devre tekrar düzenlenmesi gerekir. Yeni oluşacak devrede düğümler belirlenip, en kalabalık düğüm noktası referans düğüm tayin edilerek o düğüm topraklanması gerekir. Aktif düğümlere bir isim verilerek(U_1, U_2 veya U_A, U_B gibi) bu düğümlere kirşofun akımlar kanunu her düğüm için ayrı ayrı uygulanır. Düğüme giren akımları pozitif çıkan akımlara negatif mantığı düşünülürse; 1.düğümden çıkan akım diğer düğüme giren olduğunu unutmamak gerekir. 1.düğümde aynı akım negatif durumunda iken diğer düğüme girdiği için pozitif olacaktır. Düğümlere giren aktif elemanların yönleri giren, çıkan durumunda bağlı ise aynı yönü almak zorunluluğu vardır. Fakat bağımsız kol akımlarını istediğiniz yönde alabilirsiniz. O kollar için seçiminizi hangi yönlü kullanmış iseniz sürekli aynı yönü o devrede o kol için kullanmak zorundasınız. Kolların üzerinden geçen akımları düğüm gerilimleri eşitinden yazarak oluşturduğunuz denklemde yerine yazarak düğüm gerilimlerini matematik kuralları ile çözümü yaparsınız. Düğüm gerilimleri bulunduktan sonra kol akımları ve o kolun gerilimleri bu şekilde bulma imkanına sahip olursunuz. İki düğüm arasındaki bir direncin üzerinden geçen akım ile referans düğüm arasında kalan bir direncin üzerinden geçen akımı düğüm gerilimleri eşiti aşağıdaki şekilsel ve teorik olarak gösterilmiştir. ($U_1>U_2>........>0$)

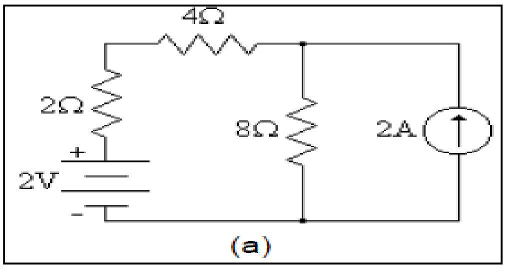


Şekil6.6

$10\,\Omega$ direncin bağlı olduğu düğümler U_1 ve U_2 düğümleri bu düğümlerin potansiyel farkı bu eleman üzerindeki gerilimi verir. Bu gerilimin direnç değerine bölümü(ohm kanunu) o kolun üzerinden geçen akımı verecektir. Burada dikkat edilirse 1.düğümün geriliminin yüksek potansiyelde olduğu kabul edilmiştir. Referans düğüm tayin ettiğiniz düğümü toprakladığınızdan o düğümün gerilimi sıfır olacaktır. Ondan dolayı $100\,\Omega$ direncin uçlarındaki gerilim sadece 1.düğümün gerilimine eşittir.

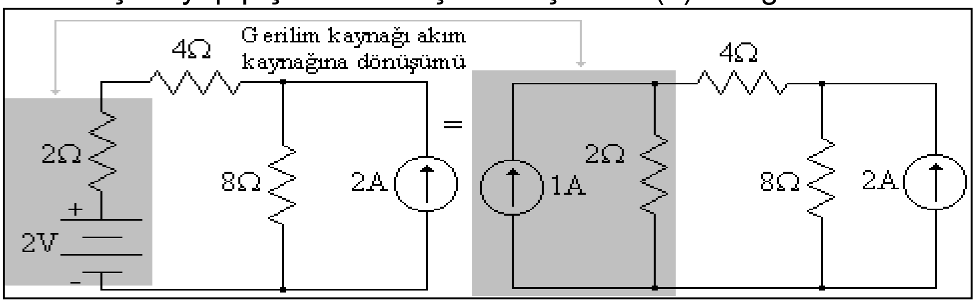
Bu sözle ifade ettiklerimizi bir örnek üzerinde uygulamasını yapalım.

Örnek6.4: Şekil6.7(a)de verilen elektrik devresinde kol akımlarını düğüm gerilimleri yöntemi ile bulunuz.

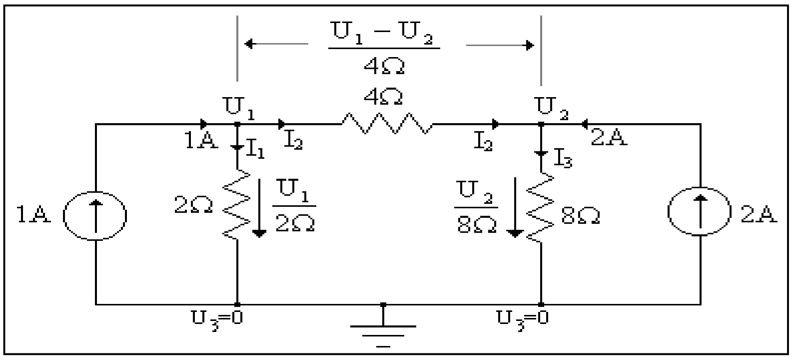


Şekil6.7

Çözüm6.4: Şekil6.7(a)daki devreye baktığınızda devrede iki aktif kaynak mevcut. Bu kaynağın birisi gerilim kaynağı. Bu kaynağı, çözüm düğüm gerilimleri yöntemi ile yapılacağından akım kaynağı eşdeğerine dönüştürülmesi gerekecektir. Akım kaynağına dönüşüm yapıp şekli tekrar çizilirse şekil6.7(b)deki gibi olacaktır.



(b)



(c)

Şekil6.7

Şekil6.7(c)deki devrede akım kaynağına dönüşüm yapıldıktan sonra devre üç düğümlü devre haline gelmiştir. En kalabalık düğüm noktası referans düğüm tayin edilmiş bu düğüm topraklanmıştır.(U_3 gerilimi sıfıra çekilmiştir.) referans düğümü seçimi çözümü yapan kişiye göre de değişebilir. Ancak kalabalık düğümü seçmede fayda vardır, bu düğüm topraklandığında bu noktanın potansiyelinin sıfır olacağı bilinmelidir. Bu açıklamalardan sonra dirençlerin üzerlerinden geçen akımları düğüm gerilimleri eşitinden yazalım.

$$I_1 = I_{2\Omega} = \frac{U_1}{2\Omega} \qquad I_2 = I_{4\Omega} = \frac{U_1 - U_2}{4\Omega} \qquad I_3 = I_{8\Omega} = \frac{U_2}{8\Omega}$$

bu eşitliği yazdıktan sonra aktif düğümlere kirşofun akımlar kanununu uygulamadan şekil6.7(c)deki devrede akım kaynaklarının yönleri hiç değiştirilmeden diğer kol akımları keyfi alınışı görülmektedir. Buradaki keyfilik ilk düğümde seçilen yön eğer çıkan alındı ise bu kol aktif ikinci düğümle ortaklaşa bağlı durumunda ise bu kolun üzerinden geçen akımı çıkan alınamaz bu düğüme giren olarak işaretlemek zorunluluğu vardır. (I_2 akımı 1.düğümden çıkarken 2.düğüme giren durumunda) Çünkü akım aynı elemanı terk ediyorsa diğer tarafa giriyor durumundadır. Akım yönleri belirlendikten sonra aktif düğümlere kirşofun akımlar kanunu uygulanır. Bu devrede giren akımlar pozitif çıkan akımlar negatif kabul edilmiştir.

$$1A - I_1 - I_2 = 0 \qquad \text{1.düğümün akımlar kanunu denklemi}$$
$$2A + I_2 - I_3 = 0 \qquad \text{2.düğümün akımlar kanunu denklemi}$$

denklem düzenlenirse;

$$I_1 + I_2 = 1A \quad \text{akımların düğüm ger.eşiti} \quad \frac{U_1}{2} + \left(\frac{U_1 - U_2}{4}\right) = 1A$$
$$I_2 - I_3 = -2A \qquad \text{"} \qquad \frac{U_1 - U_2}{4} - \frac{U_2}{8} = -2A$$

düğüm gerilimleri eşitini yazdığımız denklem düzenlenirse;

$$3U_1 - U_2 = 4A$$
$$2U_1 - 3_2 = -16A$$

aktif düğümlerin düğüm gerilimleri denklemi oluşturulmuş olur. Bu denklem matematiksel yöntemlerle çözülürse düğüm gerilimleri bulunur. Bu denklemi matris halinde göstererek, determinantla çözümü yapalım.(yok etme metodu ile de yapılabilir)

$$\begin{bmatrix} 3 & -1 \\ 2 & -3 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4 \\ -16 \end{bmatrix} \quad \Rightarrow \quad \det\Delta = \begin{vmatrix} 3 & -1 \\ 2 & -3 \end{vmatrix} = (3.-3)-(2.-1) = -7$$

$$U_1 = \frac{\begin{vmatrix} 4 & -1 \\ -16 & -3 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{(-3.4)-(-16.-1)}{-7} = \frac{(-12)-16}{-7} = \frac{-28}{-7} = 4V$$

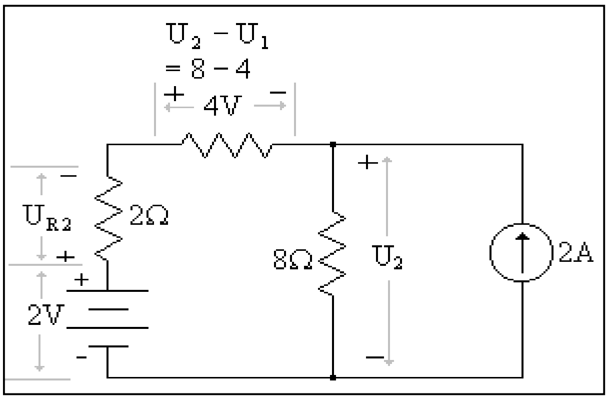
$$U_2 = \frac{\begin{vmatrix} 3 & 4 \\ 2 & -16 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{(3.-16)-(2.4)}{-7} = \frac{(-48)-8}{-7} = \frac{-56}{-7} = 8V$$

Düğüm gerilimleri bulunur. Bulunan gerilim değerleri $U_2 > U_1$ olduğuna göre 4Ω üzerinde 2.düğümden 1.düğüme doğru akmaktadır. Bu bulunan düğüm gerilimlerine göre kol akımları aşağıdaki gibi önceden yazmış olduğumuz kol akımlarını düğüm gerilimleri eşitinde değerleri yerine yazarak bulabiliriz.

$$I_1 = \frac{U_1 - 2V}{2\Omega} = \frac{4V - 2V}{2\Omega} = \frac{2V}{2\Omega} = 1A \qquad I_2 = \frac{U_1 - U_2}{4\Omega} = \frac{4V - 8V}{4\Omega} = -1A$$

$$I_3 = \frac{U_2}{8\Omega} = \frac{8V}{8\Omega} = 1A$$

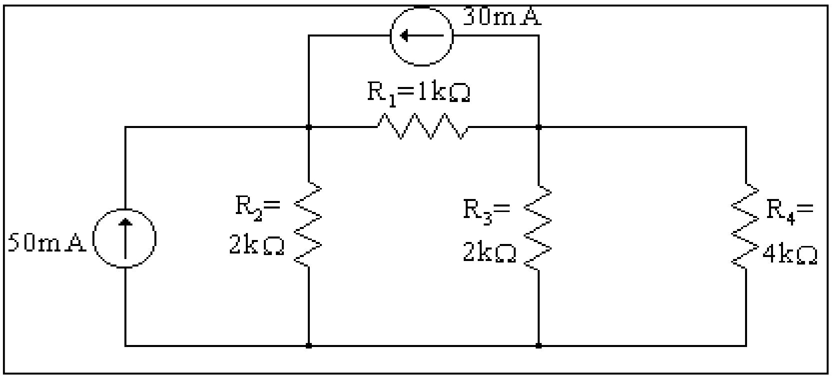
Bu değerler bulunur. Sonuçları irdelersek I_2 akımı (-1A) çıkmış olması neticeyi değiştirmez. Buradaki negatiflik akımın 1.düğümden 2.düğüme doğru değil tam tersi aktığını göstermektedir. Bunun olacağı $U_2 > U_1$ den görülmektedir. Çünkü U_2 potansiyeli U_1'e göre daha yüksek çıkmıştı. Bilindiği üzere akım potansiyeli yüksekten alçağa doğru akım akıtmaktadır. Diğer bir durum ise I_1 akımı bulunurken 2V'luk değerin gelmesi Örneğin şekli6.7(a)deki devrede gerilim kaynağının değeri 2V düğümün gerilimi ise 4V bulundu. Bunların farkı ise 2Ω direnç uçlarındaki gerilimi vereceğinden



Şekil6.8

Şekil6.8de görüldüğü gibi ($-4V + U_{R2} + 2V$) 2Ω direnç uçlarındaki gerilim $U_{R2} = 2V - 4V = -2V$ değeridir. Bu direncin üzerinden geçen akım bulduğumuz şekildedir. 2V'luk gerilim kaynağının yönü tersi durumunda tabi ki çıkarılmayacak toplanacaktır. Düğüm yönteminde bu durumlarla sıkça karşılaşılacağı için detaylı şekilsel olarak gösterilmiştir.

Örnek6.5: Şekil6.9(a)deki devrede $I_{4k\Omega}$ üzerinden geçen akımı düğüm gerilimleri yöntemi ile bulunuz.

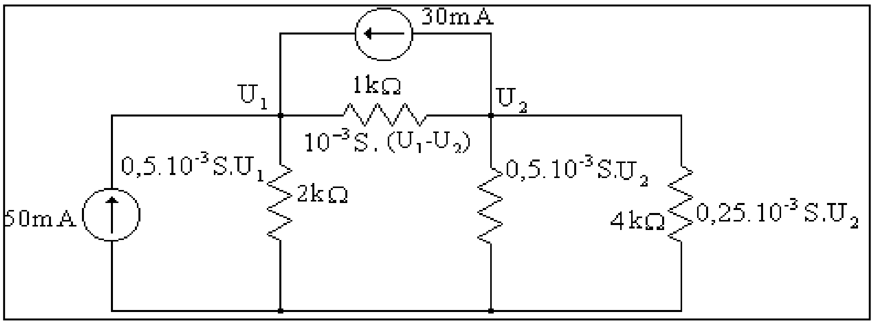


(a)
Şekil6.9

Çözüm6.5: Bu örneğimizin çözümünü de direnç değerleri ile değil de iletkenlik değerleri cinsinden yazarak bulalım direnç değerlerinin iletkenlik eşitlerini bulalım.

$$G_1 = \frac{1}{R_1} = \frac{1}{1.10^3\,\Omega} = 10^{-3}\,S(\text{siemens}) \qquad G_2 = \frac{1}{R_2} = \frac{1}{2k\Omega} = 0{,}5.10^{-3}\,S$$

$$G_3 = \frac{1}{R_3} = \frac{1}{2k\Omega} = \frac{1}{2.10^3\,\Omega} = 0{,}5.10^{-3}\,S \qquad G_4 = \frac{1}{R_4} = \frac{1}{4k\Omega} = 0{,}25.10^{-3}\,S$$



(b) Şekil6.9

Her düğüm için kirşofun akımlar kanunu uygularsak; şekil6.9(b)deki devrede elemanların üzerlerinden geçen akım, iletkenlik ve düğüm gerilimleri çarpı olarak gösterilmiştir. Giren akım çıkan akıma eşit olacağından;

$$50.10^{-3} + 30.10^{-3} = 0{,}5.10^{-3}.U_1 + 10^{-3}(U_1 - U_2) \qquad 1.\text{düğüm denklemi}$$

$$10^{-3}(U_1 - U_2) = 30.10^{-3} + 0{,}5.10^{-3}U_2 \qquad 2.\text{düğüm denklemi}$$

denklemleri düzenleyerek matrise değerleri yazıp determinantla düğüm gerilimlerini bulalım.

$$1{,}5U_1 - U_2 = 80$$

$$U_1 - 1{,}75U_2 = 30$$

$$\det\Delta = \det\begin{vmatrix} 1{,}5 & -1 \\ 1 & -1{,}75 \end{vmatrix} = -2{,}625 + 1 = -1{,}625$$

bu örnek için U_1 düğüm gerilimini bulmaya gerek yok çünkü R_4 direnci sadece U_2 düğümü ve referans düğüme bağlı durumda, bu elemanın üzerinden geçen akımı aşağıdaki şekilde bulunabilir.

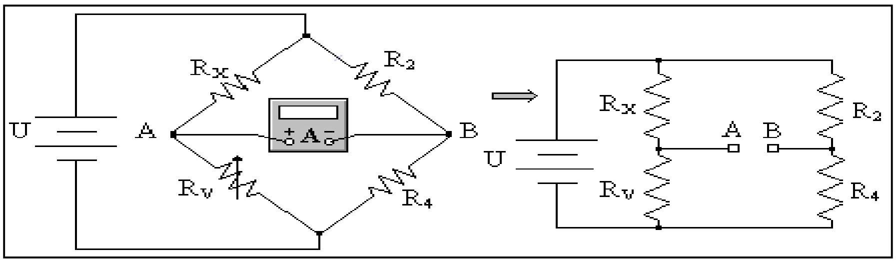
$$U_2 = \det\begin{vmatrix} 1{,}5 & 80 \\ 1 & 30 \end{vmatrix} = \frac{45-80}{-1{,}625} = 21{,}54\text{V}$$

$$I_{4k\Omega} = 0{,}25.10^{-3}U_2 = (0{,}25.10^{-3}\text{S}).(21{,}54\text{V}) = 5{,}39\text{V}$$

Sizlerde diğer kol akımlarını kol gerilimlerini ve bu elemanlarda harcanan güçleri bulunuz.

6-3 WHEATSTON(VESTON) KÖPRÜSÜ

Veston körüsü uygulamada değeri bilinmeyen dirençlerin değerini ölçerek ve teorik olarak bulmada çok kullanılan bir yöntemdir. Şekil6.10 da görüldüğü gibi bağlantısı yapılır. Devre üzerindeki R_X değeri bilinmeyen R_V ise AB uçlarının gerilimlerinin eşit olmasını sağlayan dirençtir. Köprüde ayarlanabilen R_V direnci sayesinde AB uçlarının gerilimini eşit oluncaya kadar ayarlanır bu eşitlik çok küçük akım ve gerilimleri ölçebilen galvanometre sayesinde görülür. Galvanometre üzerinde o(sıfır) akım değeri görüldüğü anda bu durumdan AB uçlarının gerilimlerinin eşit olduğu anlamamız gerekir. Aksi taktirde bir akım değeri görülürse bu uçların henüz gerilim değerlerinin eşit olmadığı ve R_V direncinin değerini azaltmak veya artırmak gerekebilir. Bu açıklamalar ışığında ve önceki bilgilerimizi hatırlayarak aşağıdaki işlemleri gerçekleştirirsek değeri bilinmeyen direncin değerini bulma formülümüzü oluşturabiliriz.



Şekil6.10

$U_A = U_B$

$I_1.R_X = I_2.R_2$ AB uçlarının

bu frmülü yazdıktan sonra R_v

$I_1.R_v = I_2.R_4$ bu iki formül t

$$\frac{R_X}{R_V} = \frac{R_2}{R_4} \Rightarrow R_X = R_V.(\frac{R_2}{R_4}) \quad \text{bulunur.}$$

$$\boxed{R_X = R_V.(\frac{R_2}{R_4})}$$

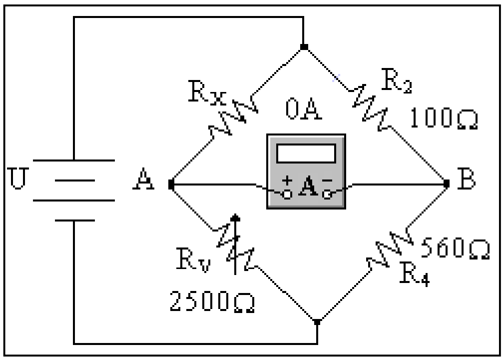
Veston köprüsü ile değeri bilinmeyen direncin değerini veren formül. Bu formülde kullanılan harflerin anlamları;

R_X :Omik değeri bilinmeyen direnç(ohm)

R_V.AB uçlarındaki gerilim değerini o volta ayarlamamızı sağlayan pot.

R_1 ve R_2:Omik değeri belli olan dirençler(ohm)

Örnek6.6: Şekil6.11deki devrede verilen değerler doğrultusunda Rx direncinin değerini bulunuz.



Şekil6.11

$$R_x = R_v.(\frac{R_2}{R_4}) = 2500\Omega.(\frac{100\Omega}{560\Omega}) = 446\Omega$$

7-DEVRE TEOREMLERİ

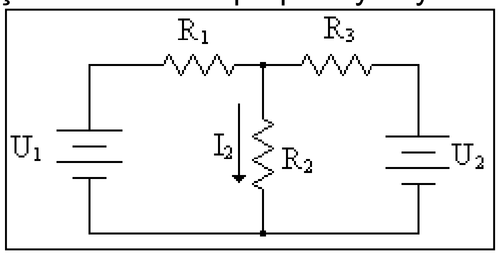
7.1 SÜPERPOZİSYON TEOREMİ

Birden fazla kaynak bulunan doğrusal ve çift yönlü bir elektrik devresinde herhangi bir koldan geçen akım veya kolun uçlarındaki gerilim süperpozisyon yöntemi ile bulunur.

Doğrusal ve çift yönü bir elektrik devresinde herhangi bir koldan geçen akım veya kolun uçlarındaki gerilim kaynaklardan her birinin ayrı ayrı bu koldan geçirdikleri akımların veya kolun uçlarında meydana getirdikleri gerilimlerin cebirsel toplamına eşittir.

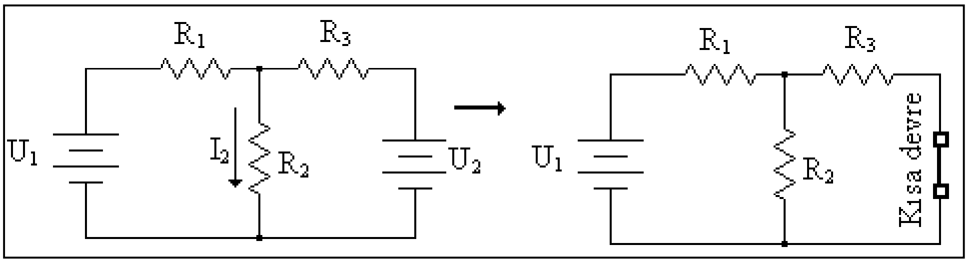
Bu yöntem, devre çözümlerinde çok işe yarar. Gerilim veya akım kaynakları ile beslenen lineer devrelere uygulanır. Devrede kaç aktif kaynak varsa, sıra ile kaynaklardan yalnız bir tanesi devrede bırakılarak diğerleri, gerilim kaynakları ise kısa devre, akım kaynakları ise açık devre yapılır. Örnek vermek gerekirse; kaynaklar gerilim kaynağı ise devredeki herhangi bir kolun akımı bulunması isteniyorsa sıra ile her gerilim kaynağının o koldan geçirdiği akımlar bulunur. Bu bulunan akımların cebirsel toplamı kol üzerinden geçen akımı verir. (akımların yönleri dikkate alınır) Bu konu ile ilgili örnekler yaparak konun anlaşılmasını sağlayalım.

Örnek7.1: Şekil7.1 deki devrede gerilim kaynakları, dirençlerden oluşan devre için R_2 elemanının üzerinden geçen I_2 akımını süperpozisyon yöntemi ile bulunuz.

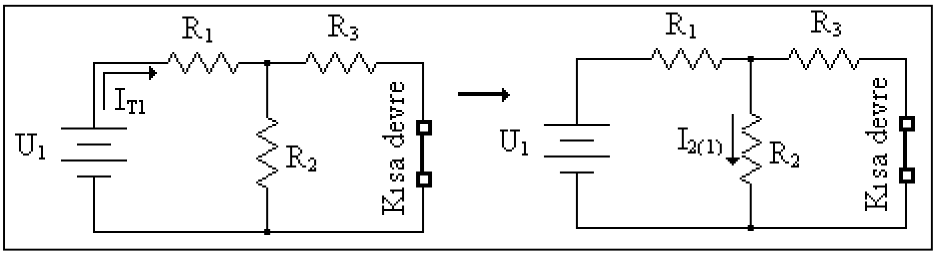


Şekil7.1

Çözüm7.1: I_2 akımının bu yöntemle çözülebilmesi için yöntemin uygulanması gerekir. Burada ilk yapılacak devreyi tek kaynak kalacak şekilde tekrar çizmek gerekir.



(a) (b)



(c) (d)

Devredeki dirençlerin U_1 kaynağından çektiği toplam akım(c) deki devre için;
$R_{T1} = R_1 + R_2 // R_3$

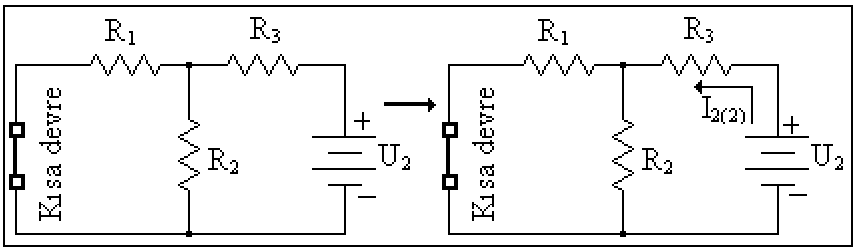
Şekil(d) deki devrede görüldüğü gibi U_1 geriliminin R_2 elemanı üzerinden geçirdiği akım, akım bölme kaidesinden;

$I_{T1} = U_1 / R_T$

$I_{2(1)} = \left(\frac{R3}{R2+R3}\right).I_{T1}$

Şekil7.2

Şekil7.2 (b)deki devresinde, şekil7.1 devredeki verilen U_2 gerilimini devreden çıkartılmış o uçlar kısa devre edildiği şekil üzerinde görülmektedir. Eşdeğer(toplam) direnç ve kaynaktan çekilen toplam akımın bulunması şekil7.1de gösterilmiştir. Şekil7.1 şeklindeki devrede akım bölme kaidesinden faydalanılarak $I_{2(1)}$ akımın yönünü göstererek bulunması gösterilmiştir. U_1 kaynağı R_2 elemanı üzerinden akıttığı akım ve yönünü buluk devrede ikinci bir kaynak olduğundan bu elemanın üzerinden U_2 kaynağının akımını da şekillerle ve teorik olarak aşağıdaki şekilde bulunur.
Şekil7.2de aynı $I_{2(1)}$ deki işlemler tekrar edildiği taktirde bu akımı bulabiliriz. Yapacağımız şekillerde de görüldüğü gibi U_1 gerilim kaynağını devre dışı bırakıp, U_2 gerilim kaynağını devreye bağlamak olacaktır. İşlemleri yeni devreye göre çözmek olacaktır.

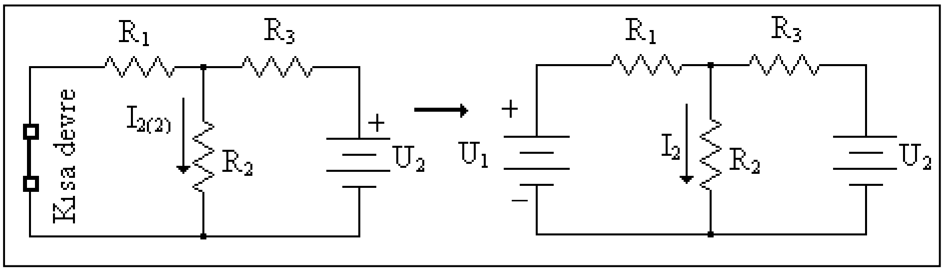


(e) (f)

U_1 gerilim kaynağı kısa devre edilir ve U_2 tekrar devreye bağlanır.

Devrenin eşdeğer direnci ve U_2'den çekilen I_{T2} akımı
$R_{T2}=R_3+R_1//R_2$

$$I_{T2} = \frac{U_2}{R_{T2}}$$ bulunur.



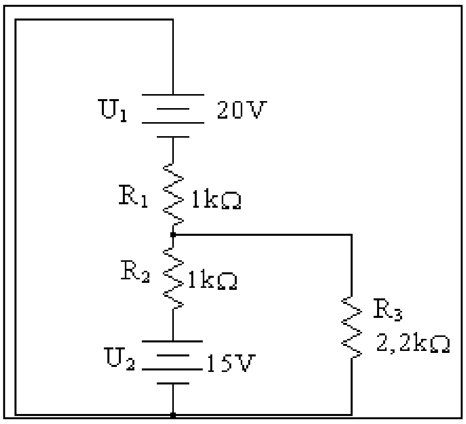
(g) (h)

U2 gerilimin kaynağından çekilen $I_{2(2)}$ akımı akım bölme kaidesinden faydalanılarak;

$$I_{2(2)} = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2}\right)I_2$$ bulunur.

R_2 direnci üzerinden U_1 ve U_2 gerilim kaynakları $I_{1(1)}$, $I_{2(2)}$ akımları akıtmaktadır. Burada yönlerine baktığımızda her iki kaynaktan çekilen akımların yönleri aynı olduğundan $I_2 = I_{1(1)} + I_{2(2)}$ bulunur.

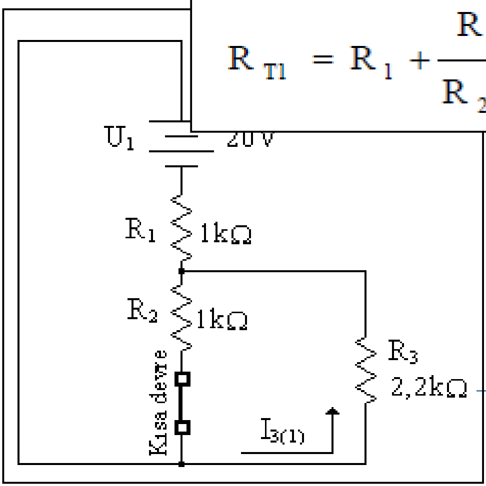
Örnek7.2: Şekil7.3(a)deki devrede R_3 elemanı üzerinden geçen akımı süperpozisyon yöntemi ile çözünüz.



(a)
Şekil7.3

Şekil7.3(a) deki çözümü istenen devreyi Şekil7.3 (b) de olduğu gibi U_2 kaynağını devreden çıkarıp bu uçları kısa devre ettikten sonra U_1 geriliminin R_3 direnci üzerinden akıtacağı akımın değeri aşağıdaki gibi bulunur, yönü şekilde gösterildiği gibidir. Akımın yönü bilindiği üzere gerilim kaynağı dış devreye pozitiften negatife doğru akım akıttığı içindir. Bu açıklamalardan sonra (b) deki devrede gösterilen $I_{3(1)}$ değerini bulalım.

$$R_{T1} = R_1 + \frac{R_2 . R_3}{R_2 + R_3} = 1k$$



(b)

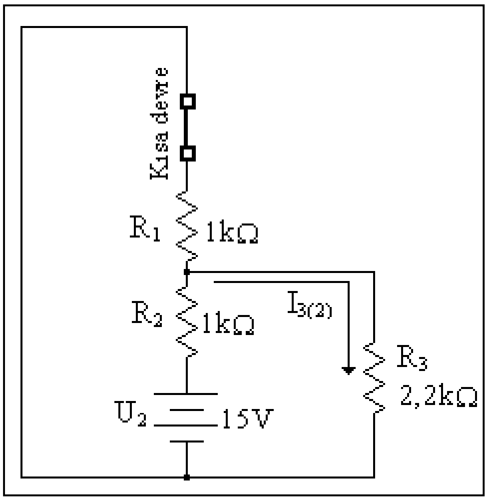
$$I_{T1} = \frac{U_1}{R_{T1}} = \frac{20V}{1,69k\Omega} = 11,8mA$$

akım bölme kaidesinden R_3 üzerinden geçen akım;

$$I_{3(1)} = \left(\frac{R_2}{R_2 + R_3}\right).I_{T1} = \left(\frac{1k\Omega}{3,2k\Omega}\right).11,8mA$$

$I_{3(1)} = 3,69mA$ *bulunur.*

Bu akım sadece U_1 gerilimi devrede iken R_3 direncinin üzerinden akan akımdır.



(c)

Şekil7.3(c) deki devreye U_1 çıkarılıp U_2 tekrar bağlanmış ve şekil tekrar çizilmiştir. Bu kaynağın R_3 elemanı üzerinden geçirdiği akımı U_1 kaynağının devrede bağlı durumda yaptığımız gibi çözersek;

$$R_{T2} = R_2 + \left(\frac{R_1.R_3}{R_1 + R_3}\right)$$

$$= 1k\Omega + \frac{1k\Omega.2,2k\Omega}{3,2k\Omega}$$

$$= 1,69k\Omega$$

Şekil7.3

(c) deki devrenin eşdeğer direnci bulunur. R_{T1} direncine eşit çıkması verilen değerler doğrultusundadır. Bu her zaman aynı çıkmaz. U_2 kaynağının çekilen toplam akım, daha sonra akım bölme kaidesinden R_3 elemanı üzerinden geçen $I_{3(2)}$ akımının değerini;

$$I_{T2} = \frac{U_2}{R_{T2}} = \frac{15V}{1,69k\Omega} = 8,88mA$$

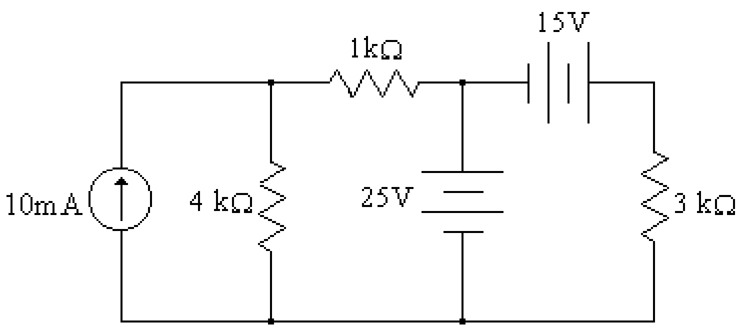
$$I_{3(2)} = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2}\right).I_{T2} = \left(\frac{1k\Omega}{3,2k\Omega}\right).8,88mA = 2,78mA$$

bulunur. Bu akımın yönü de şekil7.3(c) üzerinde gösterilmiştir. Dikkat edilirse kaynakların bu eleman üzerlerinden geçirdikleri akımların yönleri farklıdır.
Bu bulunan değerlerin skaler toplamı R_3 üzerinden geçen akımı verecektir.

$$I_{3T} = I_{3(1)} - I_{3(2)} = 3,69mA - 2,78mA = 910\,\mu A(\text{mikro Amper})$$

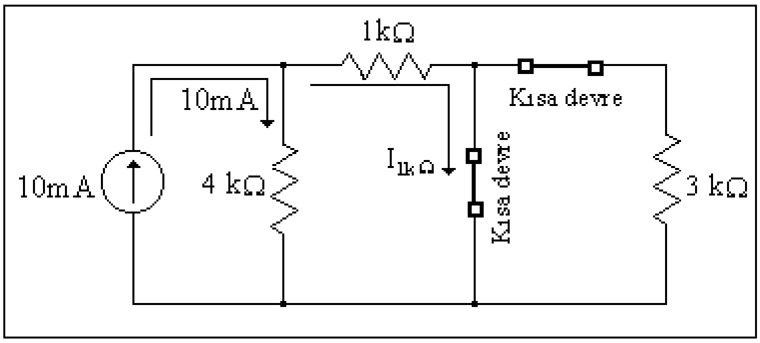
değerin pozitif çıkması akımın yönün U_1 kaynağının akıttığı akım yönünde olduğunu gösterir.

Örnek7.3: Şekil7.4(a) görülen devrede 1 kΩ direnç uçlarındaki gerilimi süperpozisyon teoremi ile bulunuz.



Şekil7.4(a)

Devrede üç tane aktif kaynak olduğu görülüyor. Süperpozisyon teoreminde her kaynağın analizi yapılacak elemanın üzerinden geçirdikleri akımlar ayrı ayrı bulunduğuna göre devrede bir kaynak bırakacak şekilde devreyi tekrar çizip devrede bıraktığımız kaynağın 1kΩ üzerindeki oluşturduğu gerilimi bulalım.

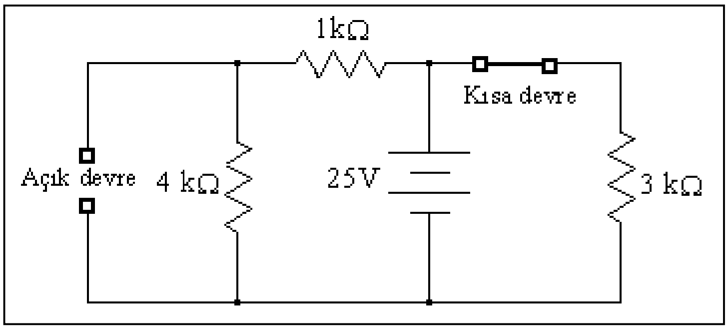


Şekil7.4 (b)

10mA'lik kaynak 4kΩ ve 1kΩ'luk direnç üzerinden akar. Çünkü 3kΩ direnç 25V'luk kaynağın kısa devre edildiğinden dolayı 3kΩ üzerinden bu kaynak akım akıtmamaktadır. 10mA'lik akım kaynağının 1kΩ direnç üzerinde oluşturduğu gerilimi bulmak için akım bölme kaidesinden $I_{1k\Omega}$ üzerinden geçen akım bulunur ohm kanunundan bu eleman üzerindeki 10mA'lik kaynağın oluşturduğu gerilim düşümü bulunur.

$$I_{1k\Omega} = \left(\frac{4k\Omega}{1k\Omega + 4k\Omega}\right).10mA = 8mA \Rightarrow U_1 = (8mA).(1k\Omega) = {}^{+}\,8^{-}\,V$$

10mA'lik kaynağı devreden çıkartıp 25V'luk kaynağı devreye bağlayalım. Şeklini çizerek bu kaynağın 1kΩ direnç uçlarındaki gerilim düşümünü bulalım.

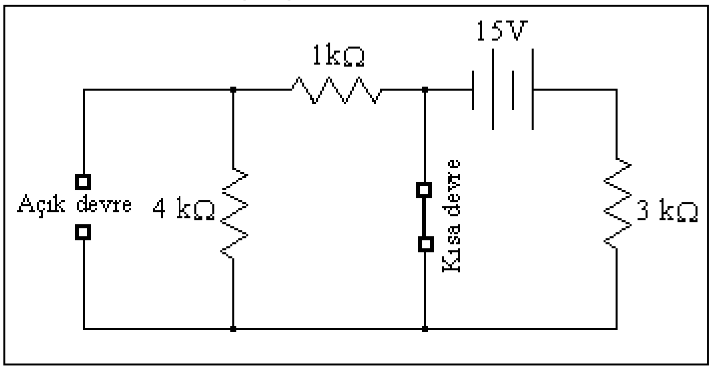


Şekil7.4 (c)

Akım kaynağını çıkarttığımız uçlar şekil7.4(c) de görüldüğü gibi açık devre halinde bırakılmıştır. Bunu önceki konularımızda açık deve olacağını ifade etmiştik. Bu hatırlatmadan sonra devrede bağlı olan 25V'luk aktif kaynağın 1kΩ uçlarındaki oluşturduğu gerilim düşümünü bulalım. Devreye baktığımızda 1kΩ ile 4kΩ birbirleri ile seri bu serilik 25V ve 3kΩ dirence paralel durumdadır. Gerilim bölme kaidesinden 1kΩ direncin uçlarındaki U_2 gerilimini;

$$U_2 = \left(\frac{1k\Omega}{1k\Omega + 4k\Omega}\right).25V = {}^{-}\,5^{+}\,V \ \textit{bulunur.}$$

iki aktif kaynağı devrede tek bırakıp 1kΩ üzerinde oluşturdukları gerilim düşümlerini bulduk. Devreye tek bağlamamız gereken tek bir aktif kaynak oda 15V'luk gerilim kaynağıdır. Bu kaynak devrede kalacak şekilde diğer aktif kaynakları çıkarıp bu kaynağın 1kΩ üzerinde oluşturduğu gerilim düşümünü bulalım.



Şekil7.4(d)

Şekil7.4(d)ki devreye dikkatli bakıldığında 1kΩ üzerinden bu kaynağın akım akıtmadığı görülür. Nedenine gelince çıkardığımız 25V'luk kaynağın uçlarındaki kısa devreden dolayıdır. 1kΩ üzerinden akım geçmediği içinde gerilim düşümü; U_3=0 olur.Devredeki aktif kaynakların 1kΩ direnç uçlarındaki oluşturdukları gerilim düşümü;

$$U_{1k\Omega} = U_1 + U_2 + U_3 = (^+8^-V) + (^-5^+V) + 0V = ^+3^-V$$

bulunur. Bu örnekte 1kΩ üzerinde harcanan güç de istenmiş olsaydı. Süperpozisyon yöntemi ile bulunan gücün doğru olarak bulunup bulunamayacağını gösterelim. 1kΩ üzerindeki gerilim 3V olarak bulmuştuk, güç formülünden elemanın harcadığı güç;

$$P_{1k\Omega} = \frac{U_{1k\Omega}^2}{R_{1k\Omega}} = \frac{3^2}{10^3\Omega} = 9mW$$

bulunur. Bu yöntemle bulunan güç doğrumu? Onu görelim. Devredeki aktif kaynakların 1kΩ dirence verdikleri güçleri ayrı ayrı bulup bu bulduğumuz güçle karşılaştıralım eğer sonuç birbirine eşit çıkarsa bu yöntemle bulunan güçler doğrudur aksi durumda bu yöntemle güç bulunmaz yorumu yapmak gerekir.

10mA'lik kaynağın 1kΩ için harcadığı güç $P_1 = \frac{U_1^2}{R_{1k\Omega}} = \frac{8^2V}{10^3\Omega} = 64mW$

25V'luk kaynağın 1kΩ için harcadığı güç $P_2 = \frac{U_2^2}{R_{1k\Omega}} = \frac{5^2V}{10^3\Omega} = 25mW$

15V'luk kaynağın 1kΩ için harcadığı güç $P_3 = \frac{U_3^2}{R_{1k\Omega}} = \frac{0V}{10^3\Omega} = 0mW$

Bu kaynakların 1kΩ için harcadıkları toplam güç;

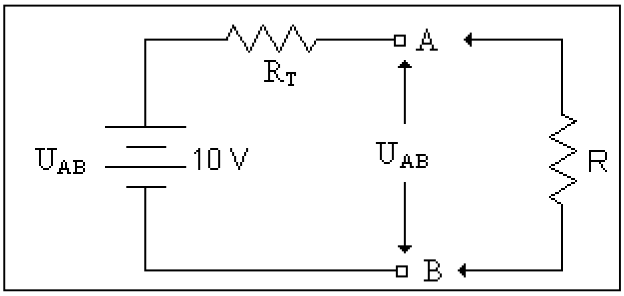
$$P_1 + P_2 + P_3 = 64mW + 25mW + 0mW = 89mW$$

bulunur. Kaynakların harcadığı güçle $P_{1k\Omega}$ bulunan güç farklıdır. Bu yöntemle bulunan güç doğru değildir. Çünkü süperpozisyon teoremi lineer değerler için kullanılan bir teoremdir. Güç ise lineer değildir.

7.2 THEVENİN TEOREMİ

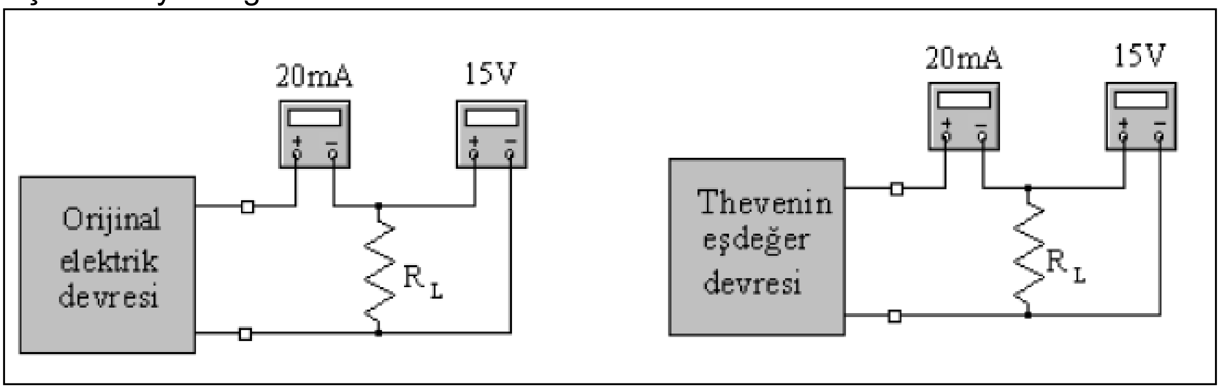
Thevenin teoremi; bir yada daha fazla gerilim kaynağı ile beslenen lineer devre çözümlerini kolaylaştıran bir yöntem olup, şu biçimde tanımlanır. A ve B gibi uçları olan bir devrenin bu uçlarına bir direncin bağlandığı zaman, bu dirençten geçen akım

$$I = \frac{U_{AB}}{R_T + R}$$ dır



Şekil7.5

Burada U_{AB}; A,B uçları arasında R direnci yokken bu uçlar arasındaki ölçülen potansiyel fark. R_T; devredeki bütün gerilim kaynakları, kısadevre, akım kaynakları açık devre yapılarak elde edilen A,B uçları arasındaki toplam direncidir. Böylece, R_T ile U_{AB} seri bağlanarak elde edilen devreye AB arasında gözüken devrenin THEVENİN EŞDEĞER devresi denir. Şekil7.5de görüldüğü gibi elektrik devresinin AB uçlarındaki thevenin eşdeğerini verir. Buradaki U_{AB} gerilimine Thevenin eşdeğer gerilimi olan $U_{TH}=U_{AB}$ ve R_T direncine ise R_{TH} olarak kullanılacaktır. Orijinal devrede bağlı iken R direnci üzerinden geçen ve uçlarındaki gerilim değeri ne bulunursa, o orijinal devrenin Thevenin eşdeğeri oluşturulur R direnci thevenin eşdeğerine bağlanır ve hesaplaması veya doğru ölçülürse aynı değeri bulursunuz.



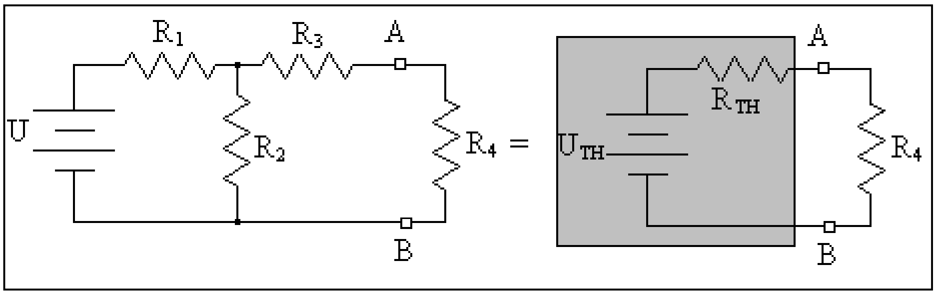
Şekil7.6 Orijinal devre ve o devrenin Thevenin eşdeğeri

Elektrik, elektronik devreler karışık olabilir. Devrenin analizini thevenin teoremi ile yapılacak olursa hata yapma oranı sıfıra iner. Şimdi bu adımları maddeler halinde açıklayalım.

1) Analizi yapılacak kol orijinal devreden çıkartılır. Çıkarılan bu noktaya bir isim verilir. (A,B veya 1,2 gibi)

2) Devreden bütün kaynaklar çıkartılır.çıkarılan gerilim kaynağı ise o uçlar kısa, akım kaynakları ise açık devre yapılır. Çıkarılan (analizi yapılacak) kol uçlarından bakılarak o uçların eşdeğer direnci bulunur. Bu bulunan eşdeğer direnç, çıkartılan kol uçlarının thevenin eşdeğer direnci(R_{TH})dir.

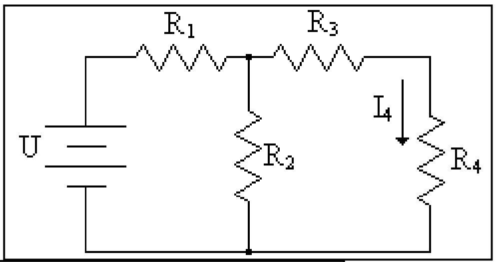
3) Analizi yapılacak kolun (1.maddede çıkarılan kol) uçlarının Thevenin eşdeğer devresi çizilir.



Şekil7.7 Orijinal devre ve AB uçlarının Thevenin eşdeğeri

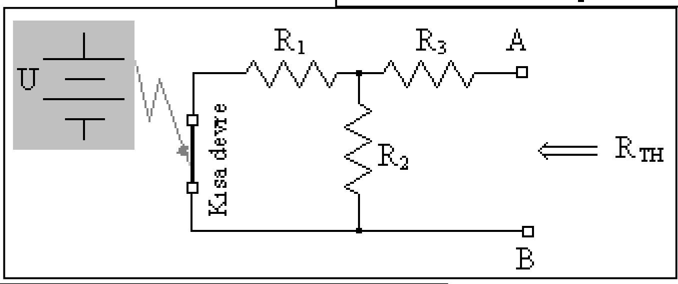
4) Çıkartılan kol thevenin eşdeğer devresine (AB uçlarına) bağlanır. Kirşofun gerilimler kanunu uygulanarak kol akımı bulunur.

Örnek7.4: Yukarıdaki maddeleri uygulayarak şekil7.8 deki devrede R_4 direncinin üzerinden geçen akımı bulunuz.



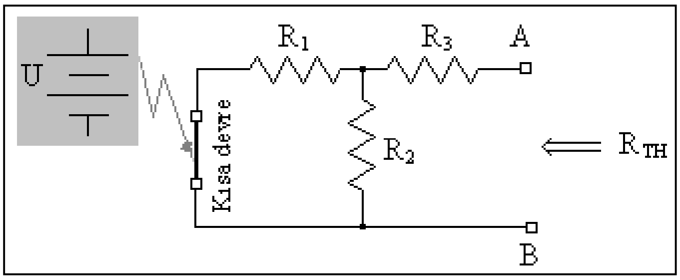
Şekil7.8 (a) Orijinal devre

Çözüm7.4:



Akımı bulunacak kol (R_4) devreden çıkartılır bu uçları A B ile isimlendirilir. Şekil7.8 (b) de gösterildiği gibi olur.

(b)

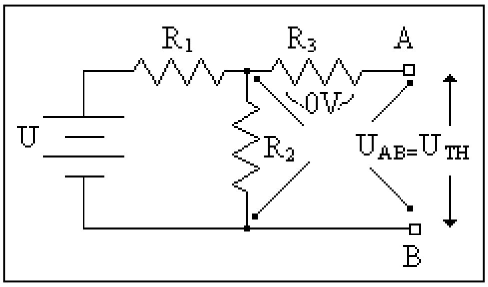


Devredeki tüm kaynaklar devreden çıkartılıp AB uçlarının Thevenin eşdeğer direnci bulunur. Şekil7.8 (c) deki devrenin.

Şekil7.8(c)

$$R_{TH} = R_3 + \left(\frac{R_1.R_2}{R_1 + R_2}\right)$$

Thevenin direnci bulunur.



Şekil 7.8 (d)

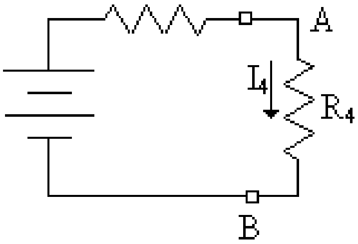
Kaynak Şekil7.8 (d) şeklideki gibi tekrar devreye bağlanır, AB uçlarının gerilimi bulunur. Bu gerilim U_{TH} gerilimidir. U_{AB} gerilimi ise R_3 elemanı açık devre durumunda, üzerinden akım geçmeyeceğinden R_3 direncinin uçlarındaki gerilim 0V olduğundan U_{AB} R_2 direncinin uçlarındaki gerilime eşittir.

$$U_{TH} = U_{AB} = U_{R2} = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right).U$$

değeri bulunur. Bu değer bulunduktan sonra AB uçlarının thevenin eşdeğer devresi şekil7.8 (e)deki gibi çizilerek R_4 direnci üzerinden geçen akım bildik kanundan yaralanarak bulunur.

$$R_{TH} = R_3 + \left(\frac{R_1.R_2}{R_1 + R_2}\right)$$

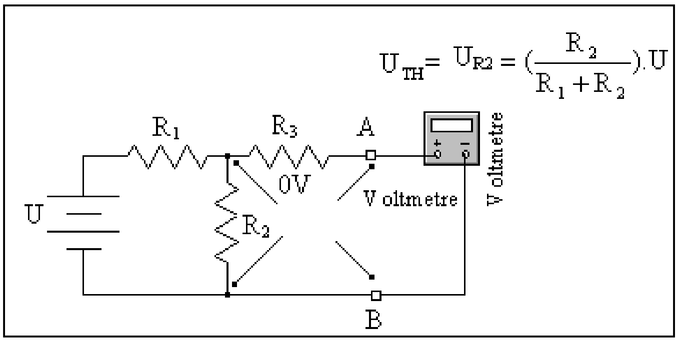
$$U_{TH} = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right).U$$



$$I_4 = \frac{U_{TH}}{R_{TH} + R_4}$$

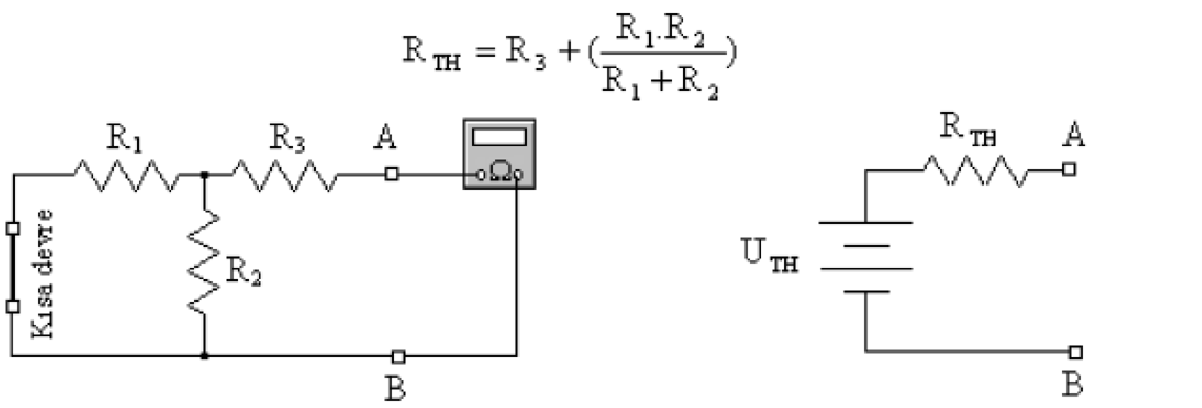
Şekil7.8 (e) AB uçlarının thevenin eşdeğer devresi

Bu örneğimizi elimizde ölçü aleti olduğu taktirde AB uçlarının Thevenin eşdeğer devresini oluşturmak için Şekillerle göstererek açıklayalım ve laboratuarınızda sizlerde deney setinizde oluşturarak bulunuz. R_4 uçlarındaki Thevenin gerilimini ölçmek için şekil7.9(a) daki devrede gösterildiği gibi bulunur.



Şekil7.9 (a) AB uçlarının U_{TH} geriliminin ölçme ve teorik değeri

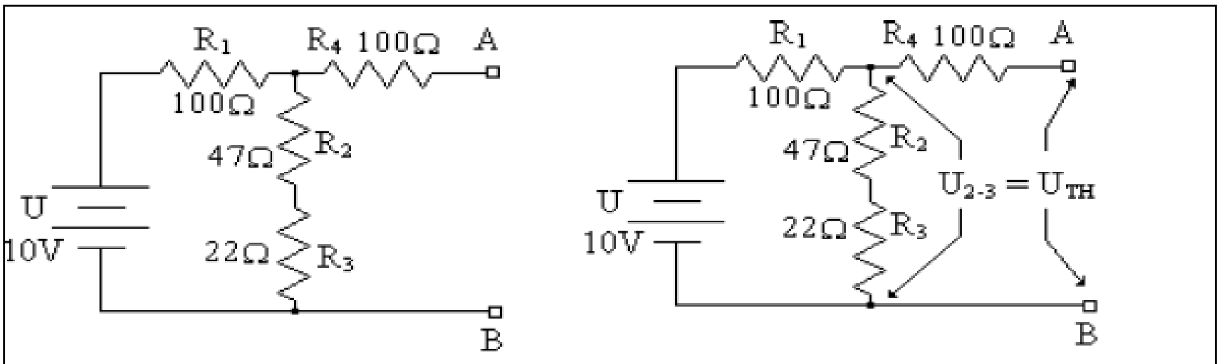
AB uçlarının R_{TH} eşdeğer direncini ohmmetre ile şekil7.9 (b)deki şekilde bağlayarak ölçüp,Thevenin eşdeğer devresini oluşturarak ölçtüğünüz değerleri yerine yazmak suretiyle eşdeğer devreyi oluşturmuş olursunuz.



(b)Ohmmetre ile R_{TH}'nin bulunması (c) Thevenin eşdeğeri

Şekil7.9

Örnek7.5:Şekil7.10(a)deki devrenin AB uçlarının thevenin eşdeğerini bulunuz.



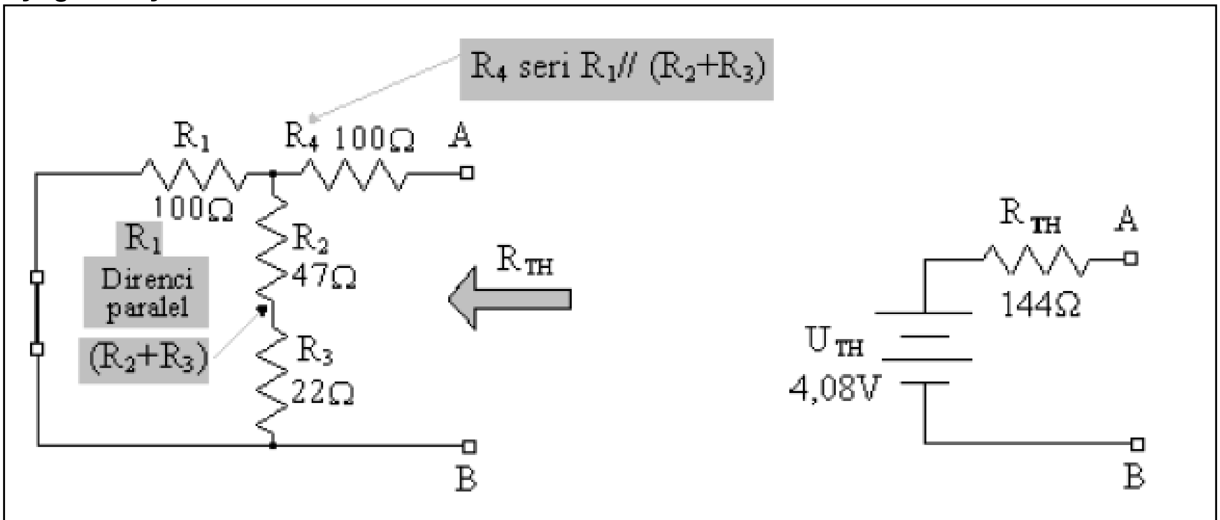
(a) (b) U_{TH} geriliminin bulunması

Şekil7.10

Şekil7.10(a)deki devrenin AB uçlarındaki thevenin eşdeğer gerilimi şekil7.10(b) deki gibi R_2 ve R_3 dirençlerin uçlarındaki gerilime eşittir. Bu gerilimi gerilim bölme kaidesinden aşağıdaki gibi bulunur.

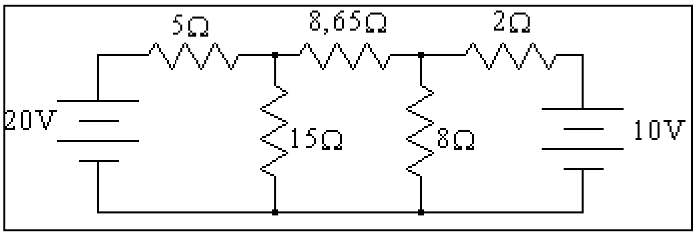
$$U_{TH} = \left(\frac{R_2 + R_3}{R_1 + R_2 + R_3}\right).U = \left(\frac{47\Omega + 22\Omega}{100\Omega + 47 + 100\Omega}\right).10V = 4{,}08V$$

Thevenin eşdeğer direnci devreden aktif kaynaklar çıkartılarak şekil7.10(c)deki görülen AB uçlarından bakıldığında dirençlerin bağlantı şekillerine bakılarak aşağıdaki şekilde bulunur.



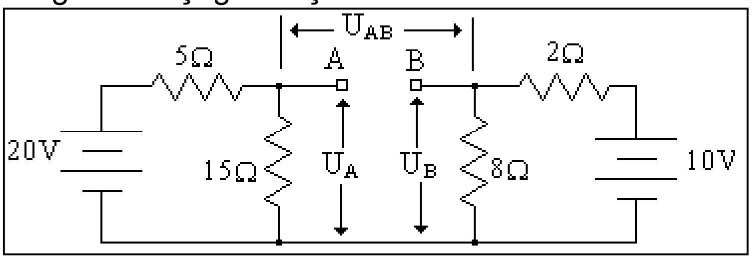
Şekil7.10 (c)

Örnek7.6: Şekil7.11(a)deki devrede 8,65 Ω üzerinden geçen akımı thevenin teoremi ile çözünüz.



Şekil7.11(a)

Çözüm7.6: Akımı bulunacak direnci devreden çıkartarak o uçlara AB ismi verilerek, bu uçların thevenin gerilimi aşağıdaki şekilde bulunur.



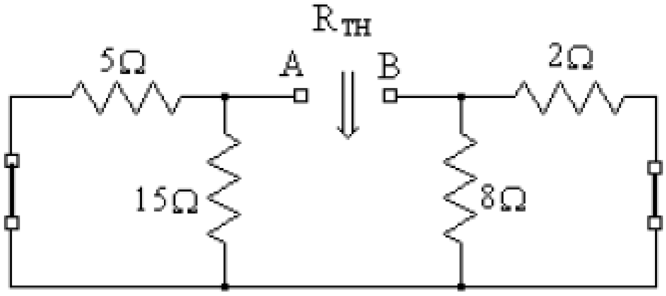
Şekil7.11 (b)

Şekil7.11(b)deki devrede U_A ve U_B gerilimi gerilim bölme kaidesinden bulunur. Bu gerilimlerin farkı U_{AB} gerilimini verir, aynı zamanda thevenin gerilimi bulunmuş olur. Çünkü U_{AB} gerilimi thevenin gerilimine eşittir.

$$U_A = \left(\frac{15\Omega}{5\Omega + 15\Omega}\right).20V = 15V \qquad U_B = \left(\frac{8\Omega}{8\Omega + 2\Omega}\right).10V = 8V$$

$$U_{TH} = U_{AB} = U_A - U_B = 15V - 8V =^{+} 7^{-} V$$

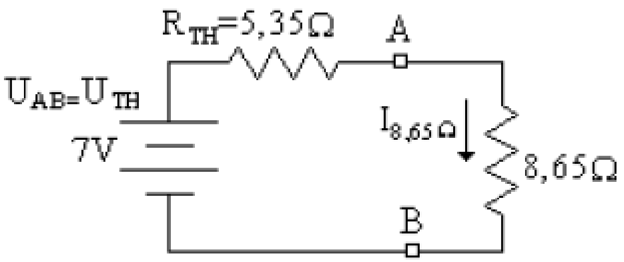
bulunur. AB uçlarının eşdeğer direnci, devredeki tüm kaynaklar çıkartıldıktan sonraki direncidir. Bu Şekil7.11 (c) deki şekil üzerinde gösterilmiştir. Bu uçlardan bakıldığında devredeki dirençlerin bağlantı durumlarına göre eşdeğer direnç bulunur. Bu bulunan eşdeğer direnç aynı zamanda thevenin eşdeğer direncidir.



(c)

$$R_{TH} = \frac{5\Omega.15\Omega}{5\Omega + 15\Omega} + \frac{2\Omega.8\Omega}{2\Omega + 8\Omega}$$

$$= 5{,}35\Omega$$

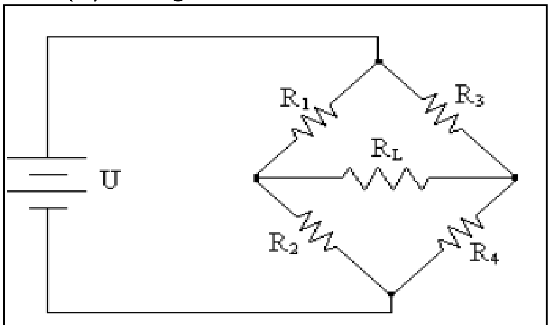


$$I_{8,65\Omega} = \frac{U_{TH}}{R_{TH} + R_{8,65\Omega}} = \frac{7V}{5{,}35\Omega + 8{,}65\Omega} = 0{,}5A$$

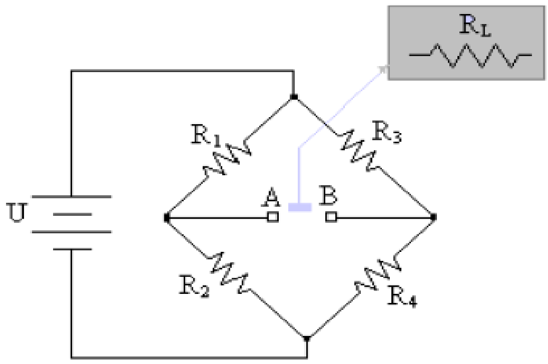
Şekil7.11(d) Thevenin eşdeğer devresi

Örnek7.7: Şekil7.12(a)deki veston köprüsü şeklinde verilen devrenin R_L yük direncinin üzerinden geçen akımı thevenin yöntemi ile bulunuz.

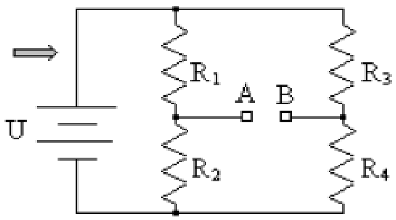
Çözüm7.7: Şekil7.12(a)da verilen devrenin R_L yük direncinin üzerinden geçen akımın bulunması için bu uçların thevenin eşdeğeri bulunması gerekir. Bu eşdeğeri oluşturan değerler U_{TH} ve R_{TH} değerleridir. Öncelikle R_L direncini şekil7.12(b) gösterildiği gibi devreden çıkartılır bu uçlara görüldüğü gibi AB uçları adı verilmiştir. Veston köprüsü şeklinde verilen devre daha iyi anlaşılması için şekil(c)de olduğu gibi tekrar çizilerek elemanların bağlantı şekilleri daha iyi görülür hale getirilmiştir. Bundan sonra U_{TH} bildik kanunlardan şekil7.12(d)deki gibi bulunur.



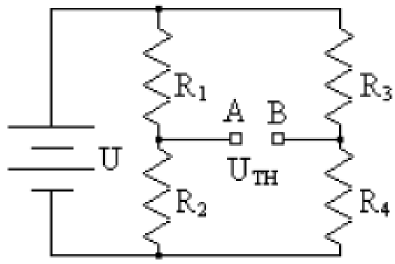
(a)



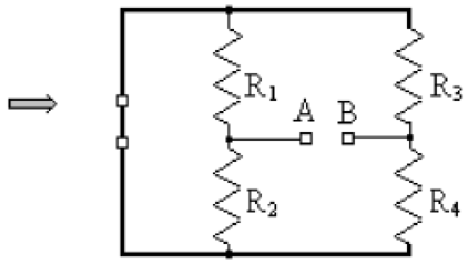
(b)R_L devreden çıkartılır



(c) Devrenin açık gösterimi

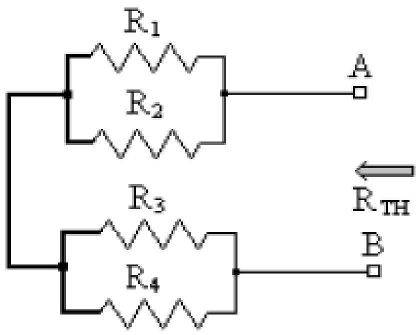


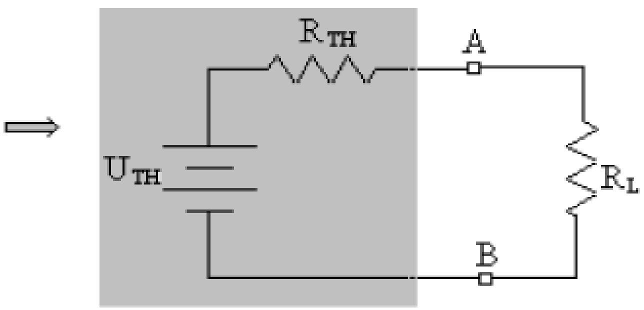
(d) U_{TH} gerilimi AB uçlarının gerilimleri farkıdır.



(e) U kaynağı kısa devre edilir.

$$U_{TH} = U_A - U_B = (\frac{R_2}{R_1 + R_2}).U - (\frac{R_4}{R_3 + R_4}).U$$



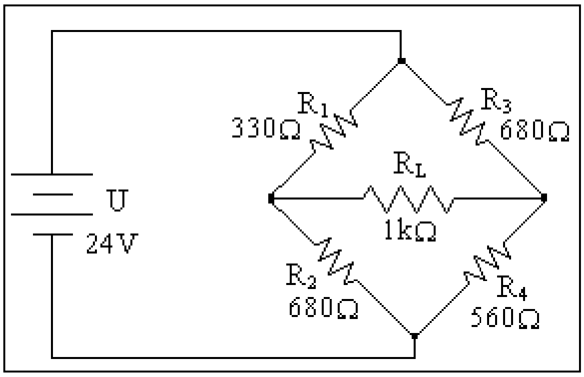


(g) AB uçlarının Thevenin eşdeğer devresi, R_L yük direncinin eşdeğer devreye bağlantısı ve üzerinden geçen akım; $I_L = \frac{U_{TH}}{R_{TH} + R_L}$

Şekil7.12

(f) U kısa devre edildikten sonra dirençlerin bağlantı şekli bu duruma gelir ($R_{TH}=R_1//R_2+R_3//R_4$)	(g) AB uçlarının Thevenin eşdeğer devresi, R_L yük direncinin eşdeğer devreye bağlantısı ve üzerinden geçen akım; $I_L = \frac{U_{TH}}{R_{TH}+R_L}$

Örnek7.8: Örnek 7.13de sayısal değeri olmadan incelediğimiz devreyi aşağıdaki şekil7.13 üzerinde gösterilen değerler doğrultusunda R_L direncinin üzerinden geçen akımı Thevenin yöntemi ile bulunuz.



Şekil7.13

Çözüm7.8: Bu örneğimizi thevenin teoreminin başlangıcında maddeler halinde çözümün daha kolay bir şekilde çözülebileceğini söylemiştik. Bu örnekte bu adımları uygulayarak çözüm yapalım.

1) adım: Analizi yapılacak kol (R_L) devreden çıkarılır.

2) adım: devredeki aktif kaynaklar devre dışına çıkarılır çıkarılan kaynak gerilim kaynağı(U=24V) ise kısa devre edilir.

3) O kol uçlarından bakılarak

$$R_{TH} = \frac{R_1.R_2}{R_1+R_2} + \frac{R_3.R_4}{R_3+R_4}$$

$$= \frac{(330\Omega).(680\Omega)}{1010\Omega} + \frac{(680\Omega).(560\Omega)}{1240\Omega} = 222\Omega + 307\Omega = 529\Omega$$

bulunur.

4) Kaynak gerilimleri tekrar devreye bağlanır, bu kaynakların analizi yapılacak kol(RL) uçlarındaki gerilim bildik kanunlardan

$$U_{TH} = U_A - U_B = (\frac{R_2}{R_1+R_2}).U - (\frac{R_4}{R_3+R_4})$$

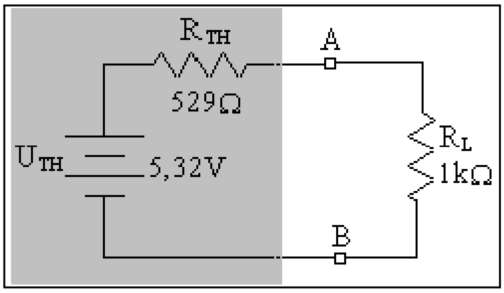
yararlanılarak

$$= (\frac{680\Omega}{1010\Omega}).24V - (\frac{560\Omega}{1240\Omega}).24V$$

$$= 16,16V - 10,84V = 5,32V$$

bulunur.

5) Analizi yapılan kol uçlarının thevenin eşdeğer devresi çizilerek, thevenin eşdeğer devresine analizi yapılan



kol bağlanır. Kirşofun gerilimler kanunundan faydalanılarak analizi yapılacak kolun uçlarındaki gerilim

$$U_L = (\frac{R_L}{R_L + R_{TH}}).U_{TH} = (\frac{1k\Omega}{1k\Omega + 529\Omega}).5,32V = 3,48V$$

bulunur. Ohm kanunundan yararlanarak o kolun üzerinden geçen akım

$$I_L = \frac{U_L}{R_L} = \frac{3,48V}{1k\Omega} = 3,48mA$$

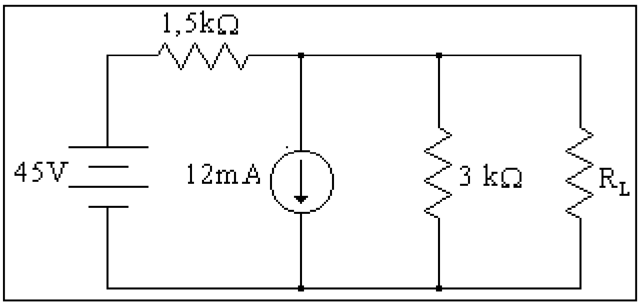
bulunur. Güç formülünden yaralanılarak o kolun harcadığı güç

$$P_L = U_L.I_L = 3,48V.3,48mA = (3,48V).(3,48.10^{-3})$$
$$= 12,11.10^{-3}W = 12,11mW$$

bulunur. Bu kolun thevenin yöntemi ile böylelikle analizi yapılmış olur.

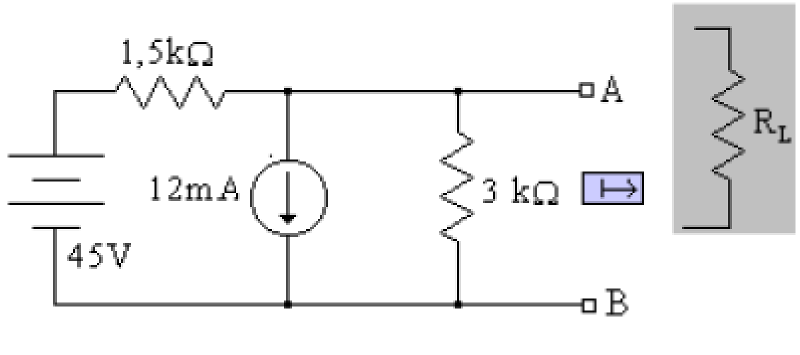
Sizlerde aynı şekil için RL yük direnci, U aynı kalmak koşulu ile, R1=2,2kΩ, R2=3,3kΩ, R3=3,9kΩ ve R4=2,7kΩ olduğuna göre RL direncinin analizini şimdiye kadar öğrendiğiniz tüm yöntemlerle çözüp sonuçları karşılaştırınız.

Örnek7.9: Şekil7.14(a)deki devreye R_L yük direnci olarak, 1kΩ ve 2kΩ direnç bağlanarak bu eleman uçlarındaki gerilimleri thevenin yöntemi ile şekillerle göstererek bulunuz.



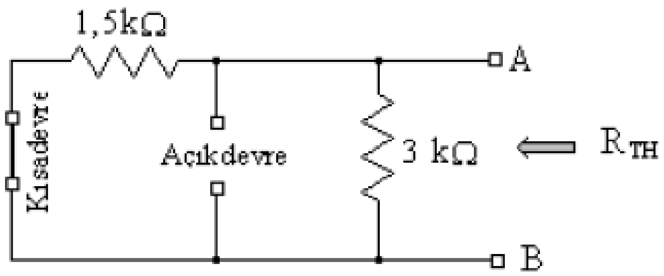
Şekil7.14 (a)

Çözüm7.9: Adım adım şekillerle göstererek teorik olarak çözüm yapalım.



(b)

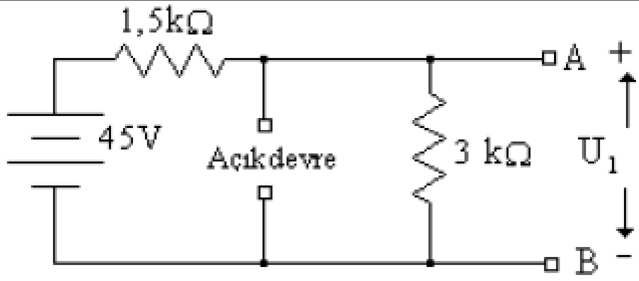
Yük direnci devreden çıkartılır. AB ile isimlendirilir.



(c)

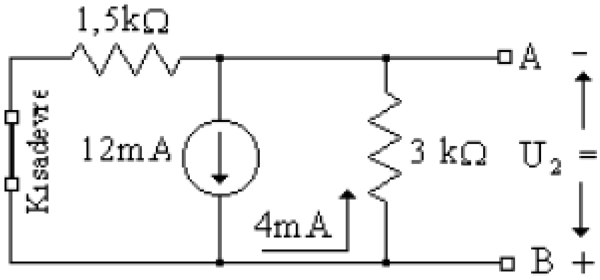
Gerilim kaynağı kısa, akım kaynağı açıkdevre edildikten sonra AB uçlarının R_{TH}' elemanların bağlantı durumlarına göre;

$$R_{TH} = 1{,}5k\Omega // 3k\Omega = 1k\Omega$$



$$U_1 = \frac{3k\Omega}{1{,}5k\Omega + 3k\Omega}.(45V) = 30V$$

(d)



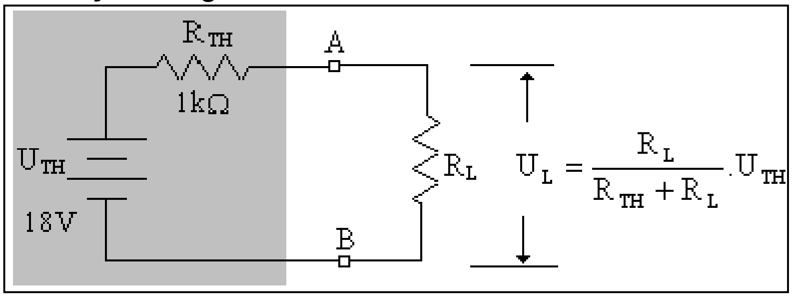
$$U_2 = (4mA).(3k\Omega) = 12V$$

e

Her kaynağı AB uçlarındaki gerilim değerleri gerilim ve akım bölme kaidelerinden faydalanılarak U_1=30V, U_2=12V bulunur. Bu kaynakların AB uçlarındaki gerilimlerin kutuplarına bakıldığında

$$\boxed{U_{TH} = U_1 - U_2 = 30V - 12V = 18V}$$

bulunur. Bulunan bu değerler Thevenin eşdeğer devresinde gösterilir ve yük direnci bağlanarak yük dirençlerinin gerilimleri bulunur.



(f)

Şekil7.14

R_L=1kΩ; $$U_L = \frac{R_L}{R_{TH}+R_L}.(U_{TH}) = \frac{1k\Omega}{1k\Omega+1k\Omega}.(18V) = 9V$$

R_L=2kΩ; $$U_L = \frac{R_L}{R_{TH}+R_L}.(U_{TH}) = \frac{2k\Omega}{1k\Omega+2k\Omega}.(18V) = 12V$$

Görüldüğü gibi devreye istediğiniz kadar yük direnci bağlayıp analizini az bir işlemle yapılabilmektedir. Bu Thevenin teoreminin özelliğinden kaynaklanmaktadır. Aktif devrede sadece bir koldaki değişik elemanların analizi yapılacağı durumda Thevenin teoremi kullanmakta fayda vardır. İki direncin analizini bu örnekte kısa yoldan yapıldığını gördünüz. Bu örneğin çevre akımlar yönteminde yapıldığını düşünürseniz $1k\Omega$ için yapmış olduğunuz tüm işlemlerin aynısını $2k\Omega$ içinde yapmanız gerekecekti. Buda zaman ve işlem kalabalığından başka bir şey değildir.

7.3 NORTON TEOEREMİ

Norton teoremi, thevenin teoreminin değişik bir biçimi(düalı) olup A ve B gibi iki ucu olan lineer aktif bir devrenin bir R_N direnci ile paralel bir I_N akım kaynağı biçimine sokulma olanağı verir. Bu biçimde elde edilen devreye NORTON EŞDEĞER akım kaynağı adı verilir. Bu akım kaynağının eşdeğer gerilim kaynağı ise Thevenin Eşdeğer gerilim kaynağıdır. Norton eşdeğer akım kaynağı devresinde;

I_N: Verilen devrenin AB uçları kısa devre yapılması ile oluşan çevre akımıdır.

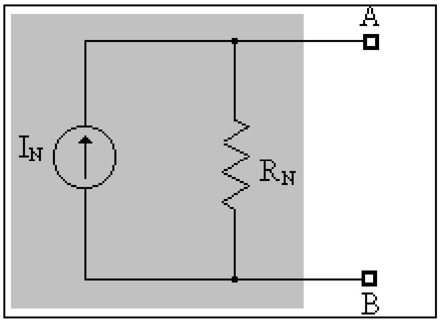
R_N: Devredeki gerilim kaynaklarının kısa devre, akım kaynaklarının açık devre yapılmalarından sonra AB arasındaki devrenin toplam direncidir.

Bir elektrik devresinde her hangi bir kolun analizi norton teoremi ile bulunması gerekirse aşağıdaki adımlar uygulandığı zaman devrenin çözümü daha sağlıklı olacaktır.

1) Analizi yapılacak kol devreden çıkartılır. Çıkartılan bu noktaya bir isim verilir. (Örneğin; A,B veya 1,2 gibi)

2) Devreden bütün kaynaklar çıkartılır. Çıkartılan gerilim kaynağı ise kısa devre, akım kaynağı ise açık devre yapılır. Çıkarılan(analizi yapılacak) kol uçlarından bakılarak o

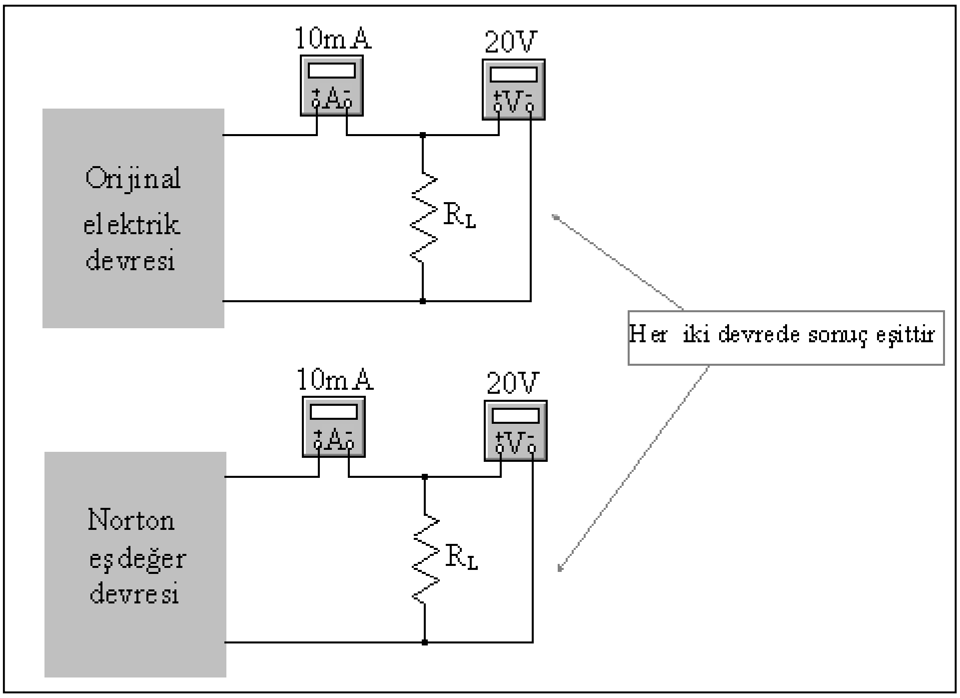
uçların eşdeğer direnci bulunur. Bu bulunan eşdeğer direnç aynı zamanda R_N eşdeğer direncidir.
3) Devreden çıkartılmış olan akım ve gerilim kaynakları devreye tekrar aynı yerlerine bağlanarak devreye bilinen konunlar veya teoremler uygulanarak analizi yapılacak kolun uçlarının kısa devre akımı bulunur. Bu bulunan kısa devre akımı aynı zamanda I_N akımıdır eşittir.
4) Analizi yapılacak kolun(1.maddede çıkarılan kol) norton eşdeğer devresi Şekil7.15 deki gibi çizilir.



Şekil7.15 Norton eşdeğer devresi

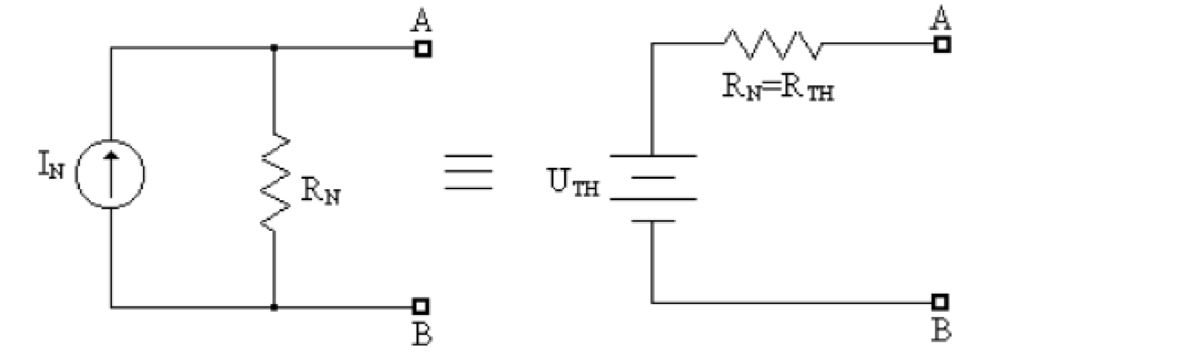
5) Çıkartılan kol norton eşdeğer devresine (AB uçlarına) bağlanarak kirşofun akımlar kanunu uygulanır, kol akımı bulunur.

Burada teorik olarak norton teoremi ile çözümün adımlarını anlattık. Yapılan durumu şekil üzerinde gösterirsek daha anlaşılır olacaktır.



Şekil7.16 Elektrik devresi ve norton eşdeğeri

Burada dikkat edilirse R_{TH} direnci ile R_N direnci aynıdır. Çünkü devredeki dirençlere her iki teoremde de aynı işlem uygulanmaktadır. Değişen sadece bağlantı şekilleri farklıdır. Önceki konulardan hatırlanırsa bir gerilim kaynağı ona seri bir direnç, akım kaynağı ise kaynağa paralel bir dirençle düşünülmesi anlatılmıştı. Bundan dolayıdır ki Thevenin ve Norton teoremleri biri birinin düalidir. Birbirine dönüşüm yapılabilir.

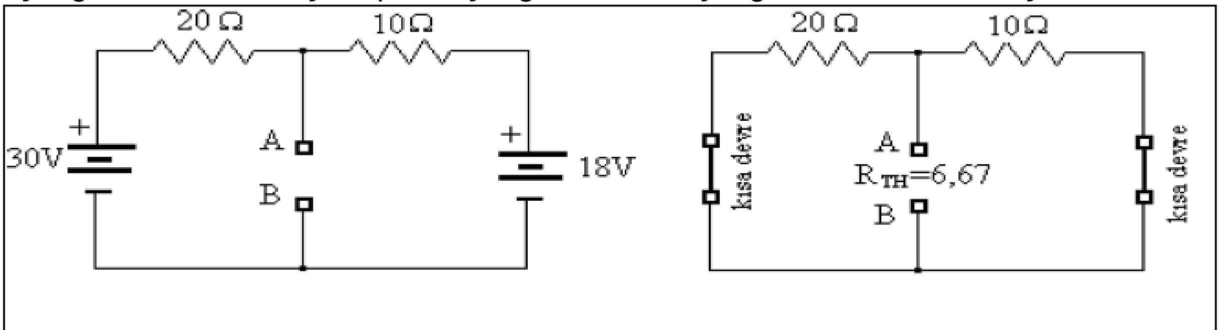


Şekil7.17Norton Eşdeğer devresi Thevenin Eşdeğer devresi

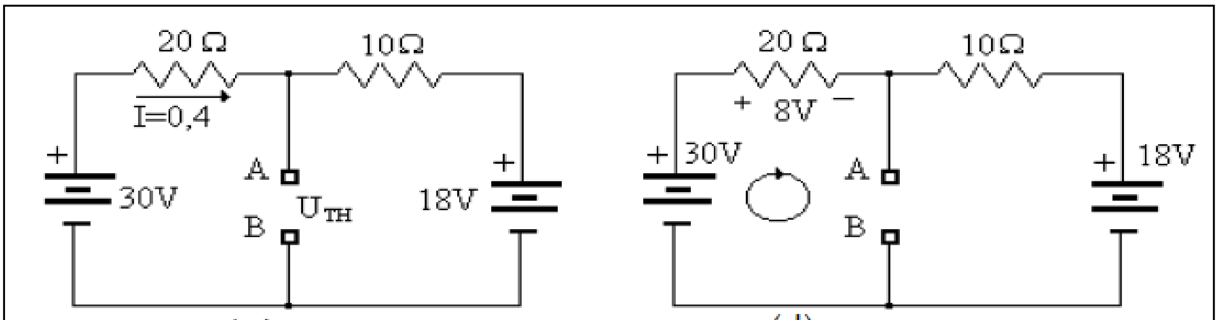
$$I_N = \frac{U_{TH}}{R_{TH} = R_N} \qquad U_{TH} = I_N . R_N$$

devredeki herhangi bir kolun analizini norton eşdeğer devresinden bulunmuşsa aynı işlemi thevenin eşdeğer devresi oluşturmaya gerek yoktur. Birbirine dönüşüm yapılabildiğine göre basit bir işlemle thevenin eşdeğer devresi oluşturulabilir. Şekil7.17 de görüldüğü gibidir. Bunu bir örnekle açıklarsak;

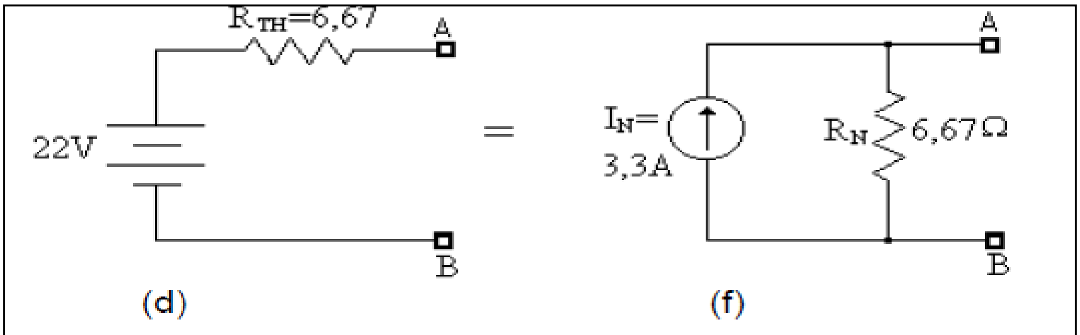
Örnek7.10: Şekil7.18(a)deki verilen elektrik devresinde AB uçlarının thevenin eşdeğer devresini oluşturup bu eşdeğeri norton eşdeğer devresine dönüştürünüz.



(a) (b)



(c) (d)



Şekil7.18

Şekil üzerinde bulunan değerleri açıklayarak bulalım. AB uçlarının R_{TH} direncini bulmak için gerilim kaynakları Şekil7.18 (b)de görüldüğü gibi kısa devre edildiğinde dirençlerin bağlantı durumu $20\,\Omega // 10\,\Omega$ şeklindedir.

$$R_{TH} = \frac{20\Omega.10\Omega}{20\Omega + 10\Omega} = 6{,}67\Omega$$

Şekil(c) deki devrede görüldüğü gibi 30V ve 18V kaynaklar devrede ve bu kaynaklar $20\,\Omega$ ve $10\,\Omega$ seri bağlandıkları için üzerlerinden bir akım geçmektedir. Fakat 30V>18V olduğu için akımın yönü şekilde olduğu gibi ;

$$I = \frac{30V - 18V}{30\Omega} = \frac{12V}{30\Omega} = 0{,}4A$$

şekil7.18(d)de gösterildiği gibi $20\,\Omega$ direncin ucundaki gerilim düşümü;

$$U_{20\Omega} = (0{,}4A).(20\Omega) = 8V$$

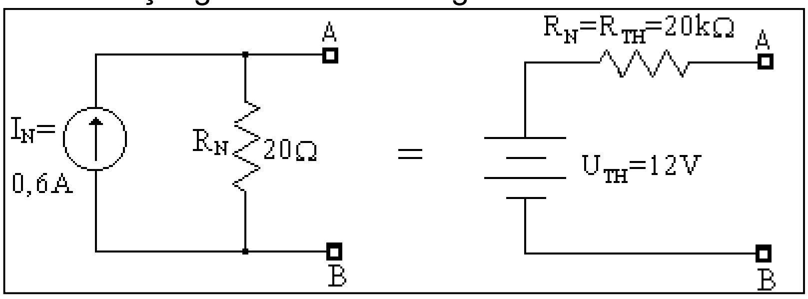
bulunur. Bu gerilim ile U_{TH} toplamı (kirşofun gerilimler kanunundan)

$$U_{TH} + 8V = 30V\,dan \qquad U_{TH} = 30V - 8V = 22V$$

AB uçlarının thevenin gerilimi bulunur. Şekil7.18 (c)deki gibi Thevenin eşdeğer devresi çizilir, değerler üzerine yazılır. Aynı şekilde norton eşdeğer devresi de çizilip üzerlerine I_N ve R_N değerleri yazılır. Bu değerler aşağıdaki gibi bulunur.

$$I_N = \frac{U_{TH}}{R_{TH}} = \frac{22V}{6{,}67\Omega} = 3{,}3A \qquad\qquad R_N = R_{TH} = 6{,}67\Omega$$

Thevenin teoremi ile Norton teoremi birbirlerinin duali olduğu bu örnekle daha iyi görülmüş olur. Bu örneğin tam tersi bir örnek vermek gerekirse; aşağıdaki norton eşdeğerinin, Thevenin eşdeğerine dönümünü görürsünüz.

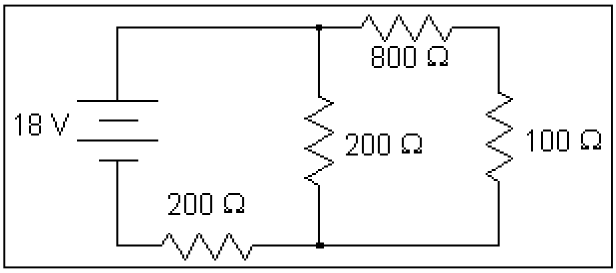


Şekil7.19

$$U_{TH} = I_N.(R_N = R_{TH}) = 0{,}6A.20\Omega = 12V$$

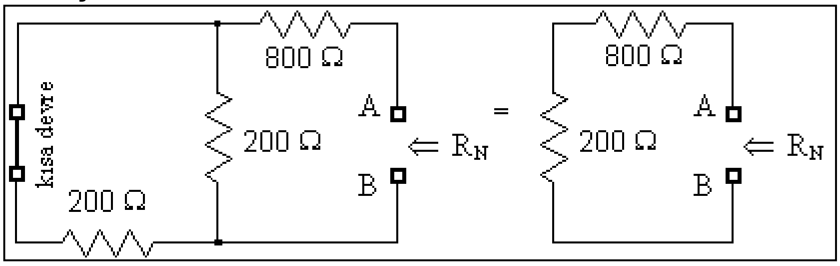
Kaynağın pozitif kısmı akım kaynağının akım sürdüğü yöndür. Bağlantıda o yönlü olmuştur.

Örnek7.11: Şekil7.20de verilen devrede 100 Ω üzerinden geçen akımı Norton teoremi ile çözünüz.



Şekil7.20

Çözüm7.11: 100 Ω'luk direnci ve devredeki gerilim kaynaklarını devreden çıkartarak Şekil7.20 (b) AB uçlarının R_N direnci bulunur.

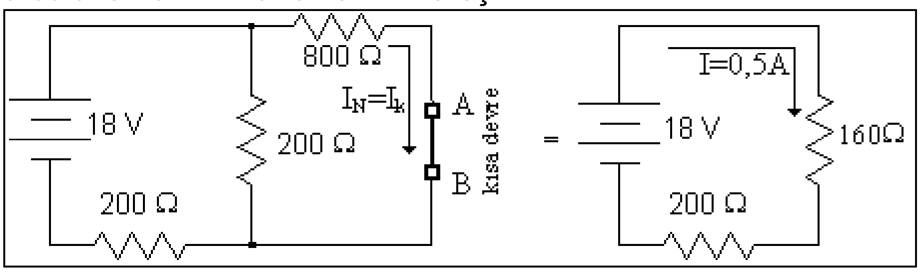


Şekil7.20 (a)

Gerilim kaynağı kısa devre edildiğinde 200 Ω dirençler birbirlerine paralel 800 Ω direnç bunlara seri durumda olduğundan R_N aşağıdaki gibi bulunur.

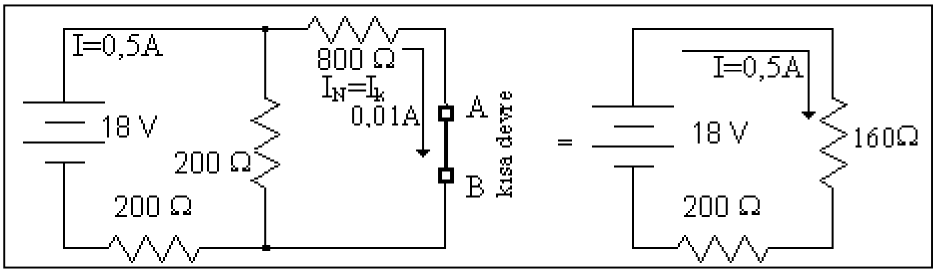
$$R_N = 800\Omega + \frac{200\Omega.200\Omega}{200\Omega + 200\Omega} = 900\Omega$$

AB uçlarının Norton eşdeğer direnci bulunur. Norton akımını bulmak için kaynak tekrar devreye bağlanır, AB uçları kısa devre edilerek bu kaynağın kısa devre akımı bulunur. Bu bulunan akım Norton akımına eşittir.



Şekil7.20 b

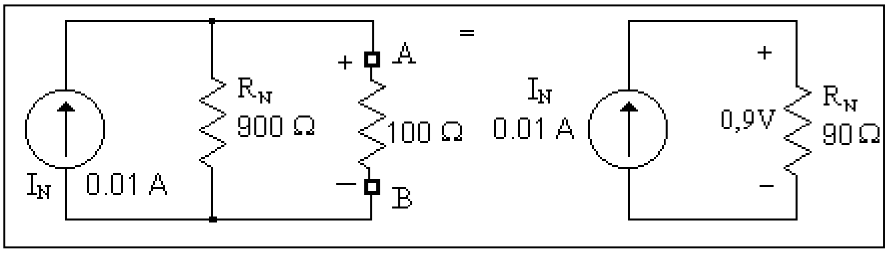
Şekil7.20(c) deki devreler açık bir şekilde I_N akımının bulunuşunu göstermektedir. Budeğerlerin bulunmasını formüllerle göstermek gerekirse aşağıdaki çözüm gibi yapılması gerekir.



Şekil7.20 c

$$I = \frac{18V}{200\Omega + (\frac{200\Omega.800\Omega}{800\Omega + 200\Omega})} = 0{,}05A \qquad I_N = (0{,}05A).(\frac{200\Omega}{800\Omega + 200\Omega}) = 0{,}01A$$

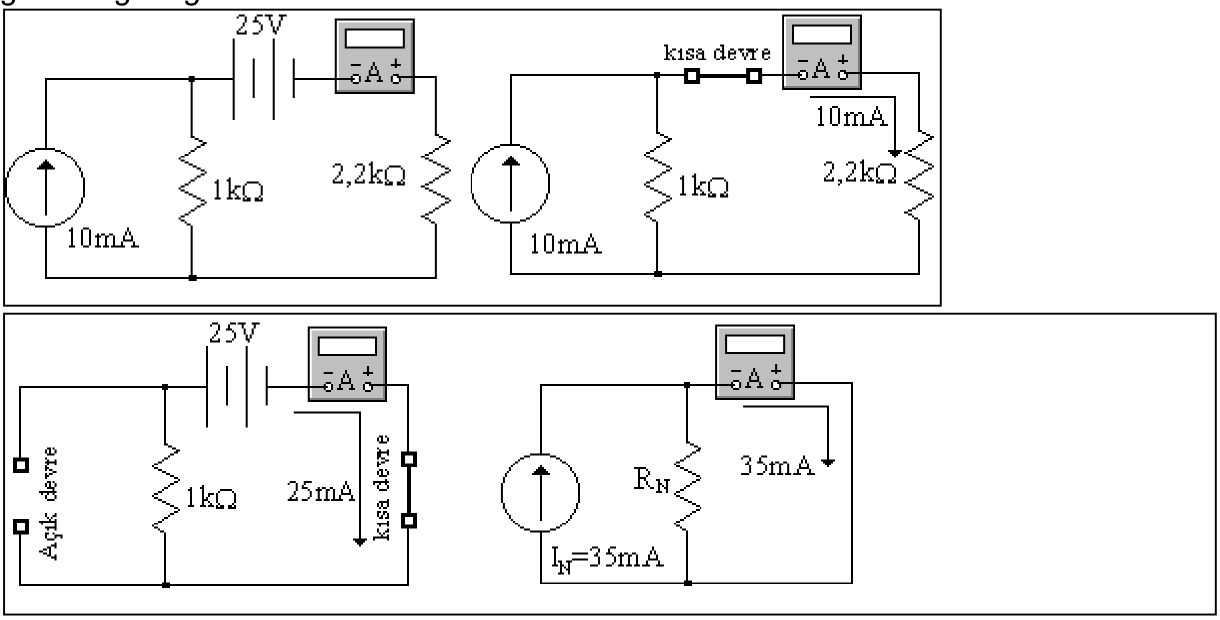
bulunur. Norton eşdeğer devresinin şeklini ve analizi yapılacak kolu norton eşdeğer devresine bağlıyarak uçlarındaki gerilim bulunur.



Şekil7.20 d

$$U_{100\Omega} = I_N.(\frac{100\Omega.900\Omega}{100\Omega + 900\Omega}) = (0{,}01A).(90\Omega) = 9V$$

Aşağıdaki şekil7.21 üzerinde 2,2kΩ direncin norton teoremi ile o uçların norton eşdeğer devresi oluşturulmuştur. Norton eşdeğer devresinde bağlı ampermetre 35mA kısa devre akımı göstermektedir. 2,2kΩ direnci bağlandığında ampermetrenin gösterdiği değeri teorik olarak sizler bulunuz.



Şekil7.21

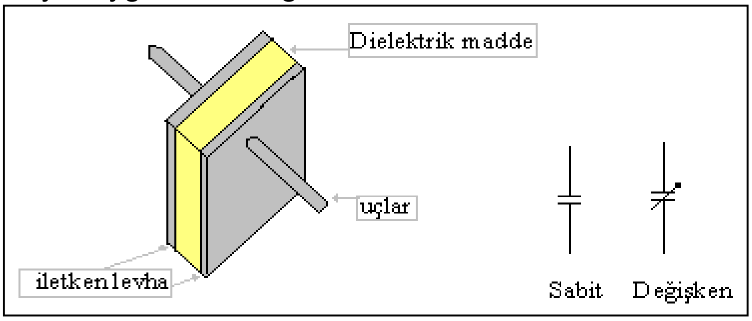
8- KONDANSATÖRLER

KONDANSATÖR

Kondansatör iki uçlu enerji depolayan elektronik bir elemandır. İletken levhalar arasına konulan dielektrik(elektriği iletmeyen) maddesi elektrik yükünü depo etme özelliğine sahiptir. Çünkü, elektron ve protonlar yalıtkan maddede hareket ederek bir yere gidemezler. Yalıtkan maddelerin yük depo edebilme özelliklerinden yararlanılarak en temel elektronik devre elemanlarından biri olan kondansatör imal edilmiştir.

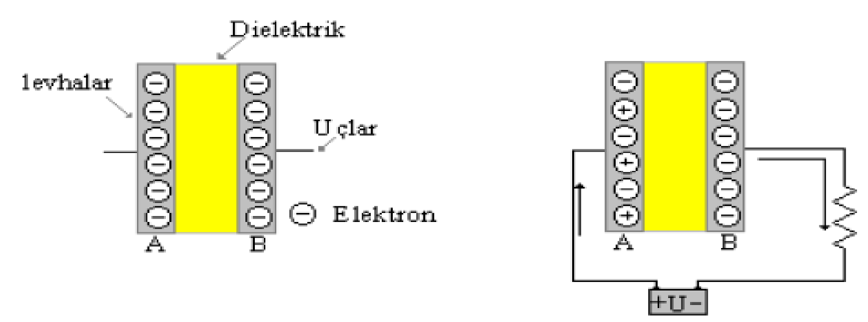
8.1 KAPASİTE

Kondansatörün yük depo edebilme yeteneğine kapasite adı verilir. Her kondansatör istediğimiz kadar yük depo edemez. Bunu etkileyen faktörler bu konu adı altın ilerleyen zamanda daha kapsamlı incelenecek, yük depo edebilmesi için bu uçlara mutlaka bir potansiyel uygulanması gerekir.



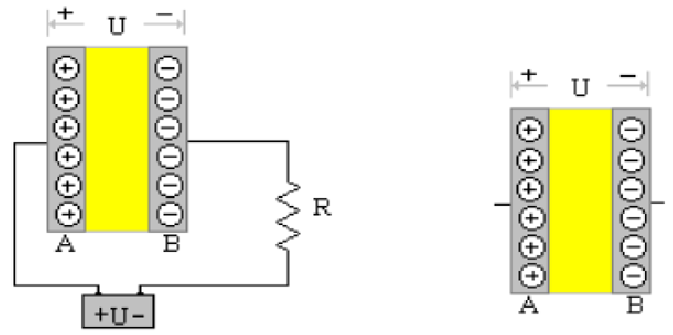
Şekil8.1 Kondansatörün yapısı ve semboller

Şekil8.1de görüldüğü gibi kondansatör, iki iletken levha ve bunların arasına konan dielektrik maddeden oluşmaktadır. Yapılışı bu şekildedir. Bu kondansatör uçlarına bir gerilim bağlanmadan kondansatörün durumunu ve bu kondansatör uçlarına bir gerilim bağlandığında ki ne gibi durumların oluştuğunu şekillerle gösterip açıklamalarla anlaşılmasını sağlayalım.



(a) Nötr(deşarj durumu)

(b) Gerilime bağlanan bir kondansatörün A B levhalarının yük oluşumu

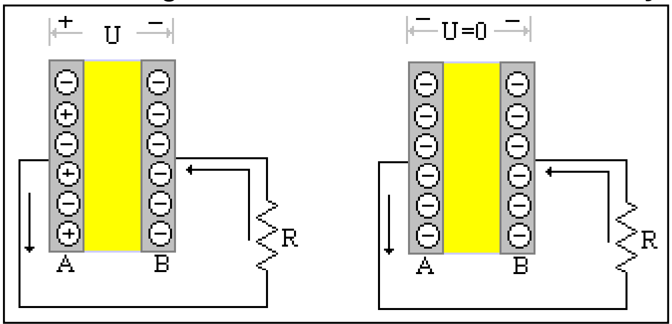


(c) Kondansatör üzerinden akım akışı A B uygulanan gerilim değerinde olduğu anda kesilir.

(d) Kondansatörün levhaları (+) ve (-) yüklerle uygulanan gerilim değerinde yüklenmiş hali

Şekil8.2 Kondansatörün nötr ve Şarjı

Bir kondansatörün uçlarına bir gerilim uygulanmadığı durumda bu kondansatör şekil8.2(a)deki gibi nötr durumdadır. Kondansatörün uçlarına (b)deki gibi bir gerilim kaynağı bağlandığında bu kondansatör üzerinden akım akışı olacak ve kondansatör levhaları şekilde görüldüğü gibi yüklenmeye başlayacaktır. Bu yüklenme uygulana gerilim eğerine ulaşana kadar devam edecektir. Bu şekil8.2(c)deki durumunu alacaktır. Bu kondansatörün şarj olması demektir. Artık bu kondansatörü gerilim kaynağından çıkardığınız anda kondansatör uçları uyguladığınız gerilim değerini gösterir. Şekil8.2(d)de U değerinde şarj olmuş bir kondansatör görülmektedir. Levhaları elektron yükleri ile dolan kondansatörün bir direnç veya iki ucu kısa devre edilerek yüklerin boşaltılmasına kondansatörün deşarjı denir. Şekil 8.3de görüldüğü gibi kondansatörün (-) yüklü levhasındaki elektronlar, (+) yüklü levhaya hareket ederler. Elektronların bu hareketi deşarj akımını meydana getirir. Deşarj akımı, kondansatörün her iki plakası da nötr olana kadar devam eder. Bu olayın sonunda kondansatör uçları arasındaki gerilim sıfıra iner. Kondansatör boşalmış olur.



Şekil8.3 Kondansatörün Deşarjı

Şekillerde de görüldüğü gibi kondansatörlerde, elektrik yükleri bir yalıtkanla ayrılmış olup iki iletken levha da birikir. Levhalardan birisi protonlardan oluşan pozitif yüke, diğeri ise elektronlardan oluşan negatif yüke sahip olurlar. Kondansatörlerde kapasite birimi Farad'tır. Bir kondansatör uçlarına bir voltluk gerilim uygulandığında o kondansatör üzerinde bir kulonluk bir elektrik yükü oluşuyorsa kondansatörün kapasitesi bir faradtır denilir. Farad çok yüksek bir birim olduğundan farad'ın askatları olan mikrofarad(μ F), nanofarad(nF) ve pikofarad(pF) kullanılır.

Bu birimler arası dönüşümü kendi aralarında aşağıdaki şekilde olur.

$1F=10^{6}\ \mu F$	veya	$1\mu F=10^{-6}\ F$
$1F=10^{9} nF$	veya	$1nF=10^{-9}\ F$
$1F=10^{12}\ pF$	veya	$1pF=10^{-12}\ F$

Örnek8.1: Aşağıdaki şıklarda verilen kondansatör değerlerini μF değerine dönüştürünüz.

(a) 0,00005F (b) 0,001F (c) 2200pF (d) 300pF

Çözüm8.1:

(a) 0,00005F x 10^{6} = 50 μ F (b) 0,001F x 10^{6} = 1000 μ F

(c) 2200pF x 10^{-6} =0,022 μ F (d) 300pF x 10^{-6}= 0,0003 μ F

Örnek8.2: Aşağıdaki şıklarda verilen kondansatör değerlerini pF değerine dönüştürünüz.

(a) $0{,}1.10^{-8}$F (b) 0,000025F (c) 0,01 μ F (d) 0,005 μ F

Çözüm8.2:

(a) $0{,}1.10^{-8}$F x 10^{12}=1000pF (b) 0,000025F x 10^{12}=25.10^{6}pF

(c) 0,01 μ F x 10^{6}=10000pF (d) 0,005 μ F x 10^{6}=5000Pf

8.2 KONDANSATÖR ÇEŞİTLERİ

(a) Mika Kondansatör: Mika kondansatörlerde, çok ince iki iletken levha ve bunların arasında yalıtkan olarak mika kullanılmıştır. Bu kondansatörlerde dış kap olarak genellikle seramik maddesi kullanılmıştır. Mika kondansatörler genellikle 50pikofarad ile 500 pikofarad arasında küçük kapasiteleri elde etmek için imal edilirler.

(b) Kağıt Kondansatörler: Kağıt kondansatörlerde iki iletken levha ve bunların arasında yalıtkan olarak kağıt kullanılmıştır. İletken maddeler ve bunların arasındaki kağıt çok ince olup, bir silindirik yapı oluşturmak üzere birbiri üzerine sarılmıştır. Kağıt kondansatörlerde dış kap olarak genellikle plastik kullanılır. Orta büyüklükte kondansatör elde edilmek için kullanılır.

(c) Seramik kondansatörler: bu kondansatörlerde dielektrik madde olarak seramik kullanılır. Aynı miktar kapasite seramik kondansatörlerde, kağıt kondansatörlere göre çok daha küçük boyutlarda elde edilir. Disk biçimindeki seramik kondansatörler “mercimek kondansatörler” olarak adlandırılmaktadır.

(d)-Değişken kondansatörler: *D*eğişken kondansatörlerde, sabit metal plakalar rotor, dönebilen biçimde yataklanmış metal plakalar ise stator oluştururlar. Bir mil tarafından döndürülen stator, rotoru oluşturan plakaların arasına taraf biçiminde geçerek kapasiteyi oluşturur. Değişken kondansatörlerde karşılıklı plakalar arasındaki hava, dielektrik madde olarak görev yapar. Stator ile rotoru oluşturan levhalar tam içi içe geçtiklerinde kondansatörün kapasitesi maksimum değerine ulaşır., levhalar birbirinden tamamen ayrıldığında ise kondansatörün kapasitesi minimum değerine iner. Değişken kondansatörler genellikle kapasitesi 0 pikofarad ile 500 pikofarad arasında değişecek şekilde imal edilirler. Değişken kondansatörler uygulamada radyo alıcılarının istasyon seçme devrelerinde kullanılır.

(e)Elektrolitik kondansatörler: Elektrolitik kondansatörlerde asit eriyiği gibi bir elektrolitik maddenin emdirildiği bez, yalıtkan madde olarak kullanılır. Bu yalıtkanın iki yanındaki alüminyum plakalar da kondansatörün iletken kısmıdır. Bu plakalardan bir tanesi doğrudan doğruya kondansatörün dış kabına bağlıdır. Elektrolitik kondansatörler büyük kapasite değerlerini sağlamak üzere imal edilirler. Tipik kapasite değerleri bir mikrofarad ile 2000 mikrofarad arasındadır. Daha önce görmüş olduğumuz kondansatörlerin tersine, elektrolitik kondansatörler kutupludur. Yani pozitif ve negatif uçları vardır. Bundan dolayıdır ki devreye bağlantılarında pozitif kutup pozitife negatif negatife bağlanması gerekir aksi taktirde kondansatör patlayabilir.

8.3 KAPASİTEYİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Kapasite, bir kondansatörün elektrik yükü depo edebilme yeteneği olduğunu açıklamıştık. Kondansatör levhalarına uygulanan gerilim, plakalarda elektrik yükü meydana getirir. Uygulanan gerilim arttıkça, levhalardaki elektrik yükü de artar. Bu nedenle, kondansatörün depo ettiği elektrik yükü, uçlarına uygulanan gerilimle doğru orantılıdır. Kondansatörün depo edebileceği elektrik yükü, kapasite ile de doğru orantılıdır. Böylece bir kondansatörün uçlarına uygulanan gerilim, depo ettiği elektrik yükü ve kondansatörün kapasitesi arasındaki ilişki aşağıdaki formülle ifade edilir.

$$Q=C.U$$

Formülde kullanılan Q kondansatörün depo ettiği elektrik yükünü(kulon), C kondansatörün kapasitesini(Farad), U ise kondansatör uçlarına uygulanan gerilimi temsil etmektedir.

Örnek8.3: Aşağıda şıklarda verilen değerlere göre isteneni bulunuz.

(a) Bir kondansatörün depo ettiği elektrik yükü 50μC, bu elemana 10V uygulandığında bu kondansatörün kapasitesi nedir.

(b) Kondansatörün kapasitesi 2μF bu kondansatörün uçlarındaki gerilim 100 V olduğuna göre kondansatörün levhalarındaki yük ne kadardır.

(c) Kondansatörün kapasitesi 100pF, levhalarındaki elektrik yükü 2μC olduğuna göre bu kondansatörün uçlarındaki gerilim ne kadardır.

Çözüm8.3:

(a) $$C=\frac{Q}{U}=\frac{50\mu C}{10V}=\frac{50.10^{-6}C}{10V}=5.10^{-6}F=5\mu F$$

(b) $$Q=C.U=(2\mu C).(100V)=200\mu C$$

(c) $$U=\frac{Q}{C}=\frac{2\mu C}{100pF}=\frac{2.10^{-6}C}{100.10^{-12}F}=20kV$$

8.4 KONDANSATÖRLERİN SERİ BAĞLANMASI

Kondansatörlerin dikkat edilmesi gereken iki durumu vardır. Bunlardan birincisi çalışma gerilimi diğeri ise kapasitesidir. Buna göre kondansatör kullanılacak yerlerine göre kaç voltluk kondansatör kullanılacak ise o değerli kondansatör kapasitesini ve gerilim değeri seçilmelidir. Kondansatörün üzerindeki gerilim değeri 25V iken siz 30V luk bir devrede kullanırsanız o kondansatörü yanma ile karşı karşıya bırakırsınız. Kapasite değerleri uygun değerde standart değer bulunamadıysa o zaman istediğiniz kapasitede kondansatör elde etmek için kondansatörleri seri veya paralel bağlayarak elde etme imkanına sahipsiniz.

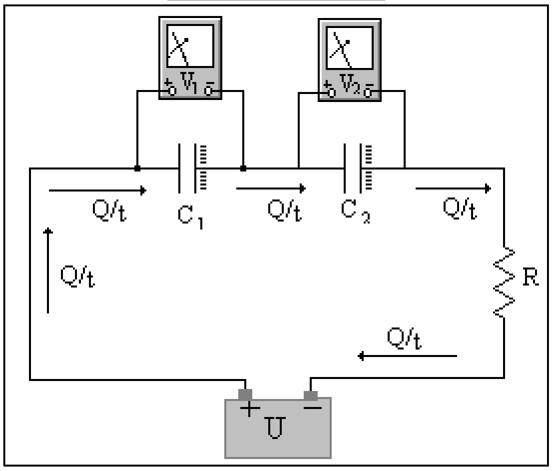
Kondansatörlerin seri bağlanışını ve bu bağlantıda değerlerin bulunma formüllerini kademe kademe çıkartalım.

Şekil8.4(a) deki devrede iki kondansatör seri bağlı ve bu uçlara bir U gerilim kaynağı bağlanmış. Kondansatörlerin başlangıçta kaynaktan bir akım çekmesi ve belli bir süre sonra bu akımın akışı kesilmesi şekil8.4(b) görülmektedir. Kondansatörün yükleri kaynağın verdiği yükle eleman üzerlerindeki yükler eşit oluncaya kadar akım akmakta yükler eşit olunca akım akışı durmaktadır. Bu durumu şu şekilde yazabiliriz.

$$\boxed{Q_T = Q_1 = Q_2}$$

Kirşofun gerilimler kanunundan;

$$\boxed{U = U_1 + U_2}$$



(a) Kondansatörlerin seri bağlanması ve uçlarındaki gerilim

Şekil8.4

U=Q/C değerleri eşitliğin her iki tarafına yazılırsa;

$$\frac{Q}{C_T} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2}$$

eşitliğin her iki tarafı Q ye bölünerek;

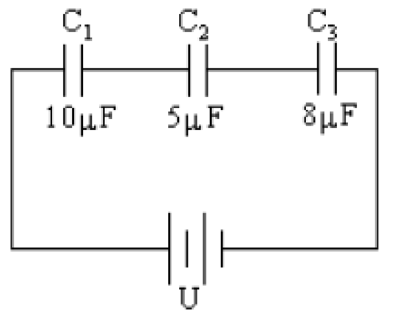
$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$C_T = \frac{1}{(\frac{1}{C_1}) + (\frac{1}{C_2})}$$

elde edilir. Bu formülü genellersek n tane kondansatörün seri bağlandığı durumun formülünü yazalım.

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots\dots\dots\dots + \frac{1}{C_n} \qquad C_T = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots\dots\dots\dots + \frac{1}{C_n}}$$

Örnek8.4: Şekil8.5de görüldüğü gibi üç tane değişik kondansatörler birbirleri ile seri bağlanmış. Bu kondansatörlerin eşdeğerini bulunuz.



Şekil8.5

Çözüm8-4: Seri bağlama formülünde değerler yerine konularak bulunur.

$$\frac{1}{C_T}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}=\frac{1}{10\mu F}+\frac{1}{5\mu F}+\frac{1}{8\mu F}$$

$$C_T=\frac{1}{(\frac{1}{10\mu F})+(\frac{1}{5\mu F})+(\frac{1}{8\mu F})}=\frac{1}{0,425}\mu F=2,35\mu F$$

8.5 KONDANSATÖRÜN UÇLARINDAKİ GERİLİM

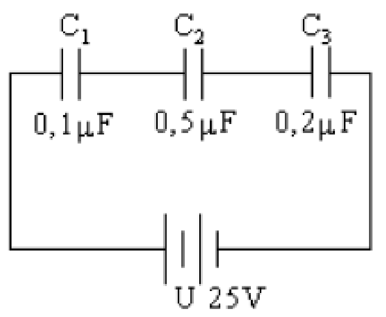
Kondansatör uçlarında bir gerilim meydana gelecektir bu gerilim değeri yük ve kapasitesine bağlı olarak değişecek olduğunu önceki konularımızda incelemiştik. Kirşofun gerilimler kanunundan elemanlar seri bağlı olduklarından;

$$U_x=(\frac{C_T}{C_x})U$$

buradaki C_x; hangi kondansatör uçlarındaki gerilimi bulacaksanız o kondansatörün U_x değeridir. (C_1, C_2 gibi)

Örnek8.5: Şekil8.6deki devrede üç kondansatör seri bağlanmış uçlarına 25V gerilim uygulanmıştır. Bu kondansatörlerin uçlarındaki gerilim değerlerini bulunuz.

Çözüm85: Kondansatörler seri bağlandıkları için seri devrede akımlar eşit olacağından kirşofun gerilimler kanunundan yararlanabilirsiniz.



Şekil8.6

$$\frac{1}{C_T}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}=\frac{1}{0,1\mu F}+\frac{1}{0,5\mu F}+\frac{1}{0,2\mu F}\Rightarrow C_T=\frac{1}{17}\mu F=0,0588\mu F$$

Voltaj formülünde değerleri yerine koyarak eleman uçlarındaki gerilim değerleri;

$$U_1 = \left(\frac{C_T}{C_1}\right)U = \left(\frac{0{,}0588\mu F}{0{,}1\mu F}\right).25V = 14{,}7V$$

$$U_2 = \left(\frac{C_T}{C_2}\right)U = \left(\frac{0{,}0588\mu F}{0{,}5\mu F}\right).25V = 2{,}94V$$

$$U_3 = \left(\frac{C_T}{C_3}\right)U = \left(\frac{0{,}0588\mu F}{0{,}2\mu F}\right).25V = 7{,}35V$$

bulunur.

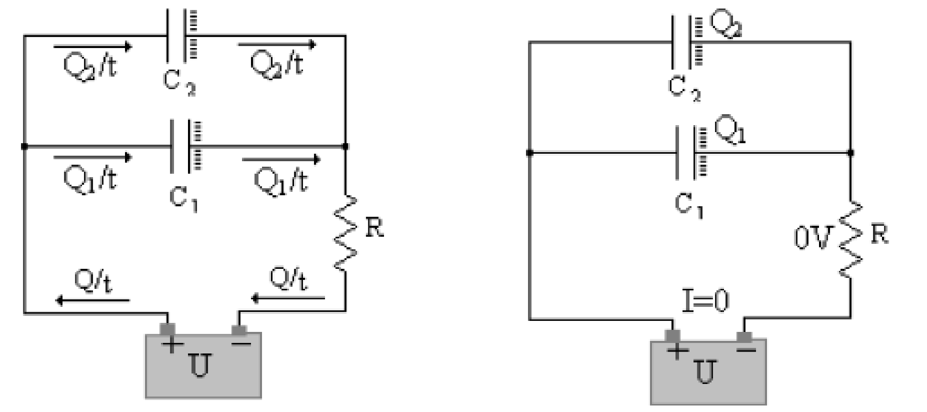
8.6 KONDANSATÖRLERİN PARALEL BAĞLANMASI

Kondansatörler paralel bağlandıklarında kaynaktan çektikleri akım kollara ayrılarak devresini tamamlayacaktır. Kaynağın gerilim değeri bu elemanlar üzerinde aynen görülecektir. Kaynaktan çekilen yük elemanlar üzerinde görülecek bu yüklerin toplamı kaynağın yüküne eşit olacaktır.

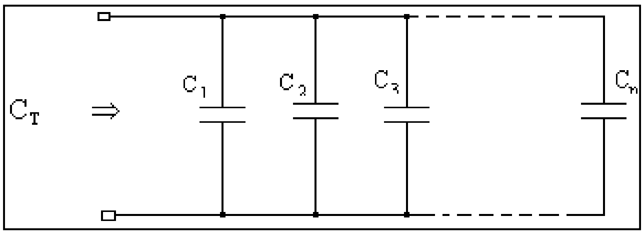
$$Q_T = Q_1 + Q_2$$

$$C_T.U = C_1.U + C_2.U \quad \text{eşitliğin her iki tarafını U'ya bölünürse}$$

$$C_T = C_1 + C_2 \quad \text{elde edilir.}$$



Şekil8.7 Paralel kondansatörler ve $Q_T=Q_1+Q_2$



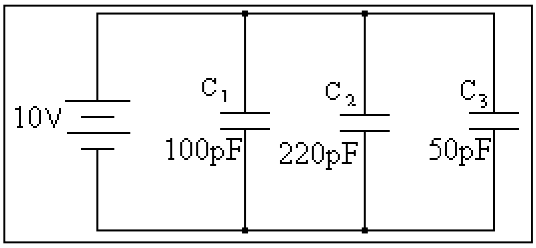
Şekil8.8 n tane kondansatörün paralel bağlanması

Şekil8.8de olduğu gibi n tane kondansatör biri birine paralel bağlandığındaki genel formülümüzü iki kondansatör paralel bağlandığında çıkardığımız formülümüzü genelleştirirsek;

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + ... + C_n$$

olur. n tane kondansatör paralel bağlantı genel formülü ortaya çıkar.

Örnek8.6: Şekil8.9deki devrede elemanların değerleri verilmiş, bu elemanlar paralel bağlanmıştır. Bu devrenin eşdeğer kapasitesini ve kondansatörlerin yüklerini, toplam yükü bulunuz.



Şekil8.9

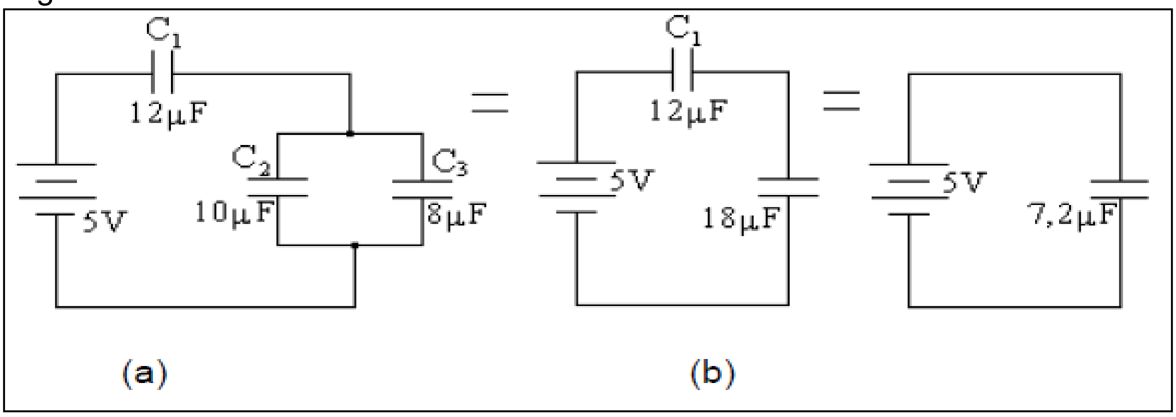
Çözüm8.6:

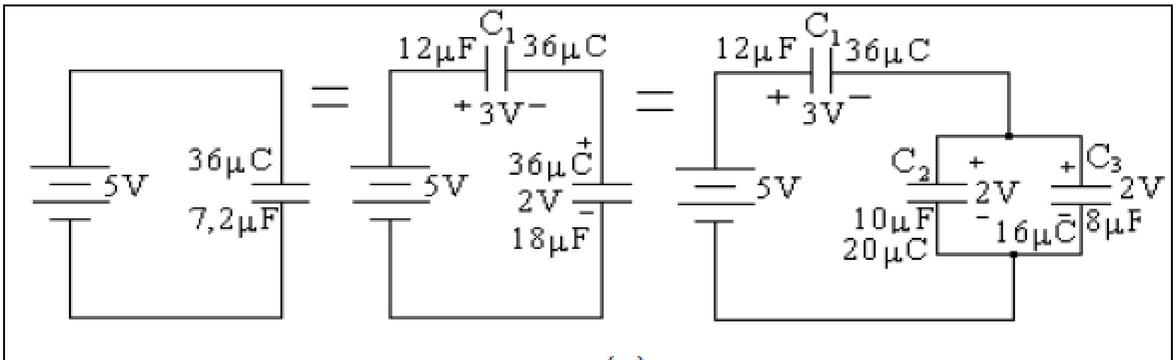
$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 = 100pF + 220pF + 50pF = 370pF$$
$$Q_T = C_T.U = 370pF.10V = 3700pC(\text{pikokulon})$$
$$Q_1 = C_1.U = 100pF.10V = 1000pC$$
$$Q_2 = C_2.U = 220pF.10V = 2200pC$$
$$Q_3 = C_3.U = 50pF.10V = 500pC$$
$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 1000pC + 2200pC + 500pC = 3700pC$$

8.7 KONDANSATÖRLERİN PARALEL-SERİ BAĞLANMASI

Kondansatörler seri, paralel devrelerde ayrı ayrı bağlanabildikleri gibi bu bağlantıların iki durumu bir devre üzerinde bulunabilir. Bu bağlama şekline karışık bağlama denir. Dirençlerde olduğu gibi devrede eşdeğer kapasitenin bulunabilmesi için devredeki paralel bağlı kondansatörler önce tek bir kondansatör haline getirilerek, devredeki elemanların bağlantı durumlarına göre seri veya paralel bağlantı formülleri kullanılarak eşdeğer kapasite bulunur.

Örnek8.7: Şekil8.10(a)da görülen devredeki kondansatörlerin uçlarındaki gerilim değerlerini bulunuz.





(c)

Şekil8.10

Şekil8-10(a)daki devreyi $C_2//C_3$ olduğundan bu paralelliğin eşdeğeri formülde değerler yerine yazılarak;

$$\boxed{C_2 + C_3 = 10\mu F + 8\mu F = 18\mu F}$$

bu değer C_1 kondansatörüne seri haline geldi. Seri bağlama formülünde değerler yerine yazılırsa şekil8.10(b) görülen eşdeğer kapasite bulunur.

$$\boxed{C_T = \frac{(12\mu F).(18\mu F)}{12\mu F + 18\mu F} = 7{,}2\mu F}$$

kaynaktan çekilen toplam yük;

$$\boxed{Q_T = U.C_T = (5V).(7{,}2\mu F) = 36\mu C}$$

Şekil(c) üzerinde gösterilen değer bulunur. C_1 elemanı kaynağa seri bağlı olduğundan toplam yük aynen bu kondansatörün üzerinde görüleceğinden bu elemanın uçlarındaki gerilim ve C_2, C_3 elemanlarına kalan gerilim;

$$U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{36\mu C}{12\mu F} = 3V$$

$$\frac{36\mu C}{18\mu F} = 2V$$

bulunur. C_2, C_3 paralel bağlı olduklarından bu gerilim her iki kondansatörün uçlarında görülecektir. Bu kondansatörlerin yükleri ise farklı olacaktır. C_2, C_3 kondansatörlerin depoladığı yük miktarları ise;

$$Q_2 = C_2.U_2 = (10\mu F).(2V) = 20\mu C$$
$$Q_3 = C_3.U_3 = (8\mu F).(2V) = 16\mu C$$

bulunur. Bu örnekte kondansatörlerin uçlarındaki gerilim ve yükleri ayrı ayrı bulunmuş oldu.

ELEKTRO MAĞNETİZMA VE ELEKTRO MAĞNETİK İNDÜKSİYON

MANYETİZMA

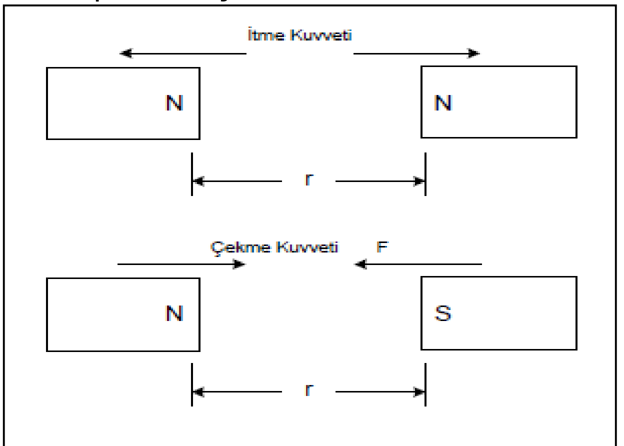
Bu gelişen dünyada her alanda kullanılan elektrikli aletlerin büyük bir çoğunluğunun yapımında mıknatıs ve onun meydana getirdiği manyetik alan özelliklerinin kullanıldığını göz önünde bulundurursak, bu aletlerin yapısını kavrayabilmek için manyetizma konusuna ne kadar önem vermemiz gerektiği ortaya çıkar.

9.1 MIKNATIS

Demir, nikel, kobalt ve bunların alaşımları gibi, cisimleri kendisine doğru çekme özelliği gösteren herhangi bir maddeye mıknatıs denir. Bir mıknatısın yanına yaklaşıldığında mıknatıs özelliği kazanan, yani demir, nikel, kobalt ve bunların alaşımlarını çekebilen maddelere de ferromanyetik maddeler denir. Sonradan mıknatıslanan bu maddelerin manyetik özellikleri oldukça düşüktür. Diğer bazı maddeler ise manyetik etki altına sokulduklarında çekme özelliği göstermezler, bu tip maddelere de antimanyetik maddeler denir.

9.2 KULON KANUNU

Mıknatıslarda aynı adlı kutupların birbirlerini ittiğini, farklı kutupların ise birbirlerini çektiğini kulon kanunu ile ispatlanmıştır.



Şekil 9.1

Şekil 9.1 deki Q_1 ve Q_2 yüklerinin arasındaki uzaklık r olduğuna göre, yukarıdaki sonuçlardan bu iki yük arasındaki kuvvet,

$$F = k\frac{m_1.m_2}{r^2}$$

olur. Bu formül, kulon kanununun matematiksel ifadesidir. Burada k, yüklerin bulunduğu ortama ve kullanılan birim sistemine bağlı bir katsayıdır. MKS birim sisteminde,

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o\varepsilon_r}$$

dir. Burada, ε_o (epsilon) “boşluğun dielektrik katsayısı” adını alır ve değeri,

$$\varepsilon_o = \frac{1}{36\pi.10^9} = 8.85.10^{-12} \quad C^2/Nm^2$$

dir. ε_r ise "ortamın bağıl dielektrik katsayısı"dır. ε_r katsayısı birimsiz olup, bir ortamın dielektrik katsayısının, boşluğundan ne kadar büyük olduğunu gösterir. Örneğin mika için, ε_r= 6dır. Bunun anlamı, mikanın dielektrik katsayısının boşluğunkine göre 6 kat daha büyük olduğudur.
Kuvvet formülünde k sabiti yerine konulursa matematiksel ifadesinde;

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o\varepsilon_r} \bullet \frac{m_1.m_2}{r^2}$$

bulunur. ε_o' ın değeri de yerine konulursa;

$$F = \frac{9.10^9}{\varepsilon_r} \bullet \frac{m_1.m_2}{r^2}$$

mıknatıslar arasındaki itme veya çekme bu formüle bulunur. Formülde kullanılan karakterlerin anlamları;
F = Yükler arasındaki kuvvet (Newton)
m_1 m_2 = Kutupların şiddeti, (Kulon)
r = Yükler arasındaki uzaklık (metre)
ε_r = Yüklerin bulunduğu ortamın bağıl dielektrik katsayısı,

9.3 MANYETİK ALAN İÇERİSİNDEKİ AKIM TAŞIYAN İLETKENE ETKİ EDEN KUVVET

Manyetik alan içinde bulunan bir iletkenden akım geçirilirse, iletkenle manyetik alan arasında oluşan etkiden dolayı iletken manyetik alanın dışına doğru itilir. N ve S kutupları arasında düzgün bir manyetik alan vardır. Bu alanın içine soktuğumuzda iletkenden akım geçirirsek, iletken etrafında dairesel kuvvet hatları oluşur. Bu hatlar N ve S kutbu arasındaki hatlarla aynı yönde ise birbirlerini güçlendirir., aksi yönde ise zayıflatır. Kuvvet hatlarının güçlenen tarafı iletkeni zayıf tarafa doğru iter.

Düzgün bir manyetik alandaki iletkenden akım geçirildiğinde iletkeni alanın dışına iten kuvvet, iletkenin uzunluğu, manyetik akı yoğunluğu ve iletkenden geçen akımla doğru orantılıdır. Buna (B.I.L) kaidesi denir.
CGS birim sistemine göre aşağıdaki formül ortaya çıkar.

$$F = \frac{B.I.L}{10} \text{ din}$$

bu formüldeki harflerin anlamları ise;
F: İletkeni alan dışına iten kuvvet (din)
L: İletkenin uzunluğu (cm)
B: Manyetik akı yoğunluğu (gauss)
I: İletkenden geçen akım (amper)

Örnek: Manyetik akı yoğunluğu 1500 gauss olan bir manyetik alan içindeki iletkenden geçen akım 150 Amperdir. İletkene etki eden kuvveti hesaplayınız. İletkenin uzunluğu 10 cm dir.

Çözüm:

$$F = \frac{B.I.L}{10} = \frac{1500.150.10}{10} = 225.10^4\,din$$

MKS birim sisteminde ise;
F=B.I.L

Formülü ile hesaplanır. Burada;

F: İletkeni alan dışına iten kuvvet (Nevton)
L: İletkenin uzunluğu (m)
B: Manyetik akı yoğunluğu (tesla)
I: İletkenden geçen akım (amper)

Örneği birde MKS birim sisteminde çözersek;
1 weber/m^2=10^4 gauss olduğuna göre,
B=1500 Gauss=0,15 weber/m^2
F=B.I.L=0,15.150.0,1=2,25 newton bulunur.

9.4 İNDÜKSİYON

Manyetik Alanın Etkileri

Manyetik alan içerisinde, içinden akım geçen bir iletken konulursa, manyetik alan ile iletken arasında bir kuvvetin meydana geldiğini biliyoruz. Meydana gelen bu kuvvete “elektro manyetik kuvvet” denir.

İçinden akım geçmeyen bir iletken, manyetik alan içinde hareket ettirilirse, bu iletkenin iki ucu arasında bir potansiyel fark meydana gelir. Meydana gelen bu potansiyel farka “endüksiyon elektromotor kuvveti”denir. Bu iletkenin iki ucu bir alıcı üzerinden birleştirilecek olursa, iletkenden bir akım geçer. Şu halde, manyetik alan, içinden akım geçen iletkene etki ederek onda bir mekanik kuvvet, hareket halindeki bir iletkene etki ederek onda da bir endüksiyon elektromotor kuvveti meydana getirir.

Endüksiyon Elektromotor Kuvvetinin elde Edilmesi

Bir iletken grubu manyetik alan içinde hareket ettirilirse, bu iletken grubu da bir elektrik akımı meydana gelir. Bobin şeklinde sarılmış bir iletken grubunun uçlarına galvanometre bağlayalım. Çubuk şeklinde bir mıknatıs bu iletken grubunun içine daldırılırsa galvanometrenin bir yönde saptığı görülür. Çubuk mıknatıs bobin içerisinden süratle geri çıkarılırsa, galvanometre yine sapar. Fakat bu sapma yönü birinci sapma yönüne göre ters yöndedir. Eğer çubuk mıknatıs sabit tutulup, bobin çubuk mıknatıs yönünde hareket ettirilirse, hareket yönüne bağlı olarak galvanometre iki yönlü bir sapma gösterir. Çubuk mıknatısın veya bobinin hareketi durursa galvanometre de herhangi bir sapma olmaz.
Bu olaydan şu sonuçlar çıkarılabilir.

1) Galvanometreden geçen akım, yalnız bobin veya çubuk mıknatıs hareket ettiği zaman meydana gelmektedir. Bobin veya mıknatıs hareketsiz durursa akım meydana gelmez.

2) Meydana gelen akımın yönü bobinin veya çubuk mıknatısın hareket yönüne bağlıdır.

3) Galvanometrenin sapması, içinden bir akımın geçtiğini gösterir. Bu akım ise endüksiyon yoluyla bobinde meydana gelen elektromotor kuvvetin etkisiyle meydana gelir.

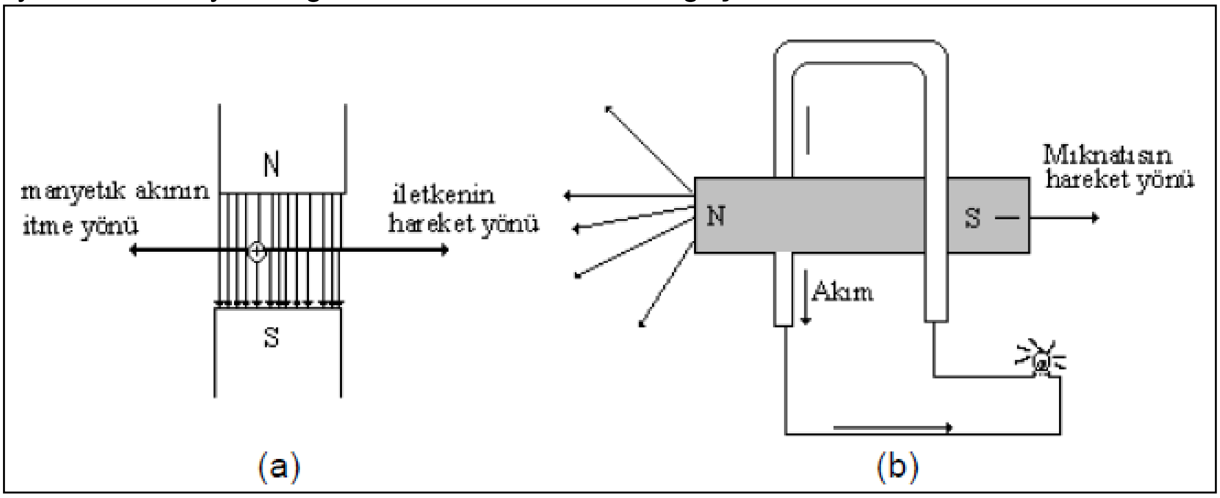
Endüksiyon EMK'nin Yönü ve Lenz Kanunu

Manyetik alan içerisinde hareket eden bir iletkende bir endüksiyon elektromotor kuvveti meydana geldiğini gördük. Eğer hareket eden bu iletkenin uçları birleştirilirse bir kapalı devre meydana gelir. Ve bu elektromotor kuvvetin etkisiyle iletkenden bir akım geçer. İletkenden geçen bu akımın yönü Lenz kanunu ile bulunur.

Lenz kanunu şu şekilde ifade edilir. Endüksiyon elektromotor kuvvetinin meydana getirdiği akım, kendisini meydana getiren akım değişmesine veya harekete karşı koyar.

Lenz kanunu aşağıdaki gibi açıklanabilir. Şekil9.2(a)de görüldüğü gibi bir iletkenin manyetik alan içine doğru hareket ettirildiğini düşünelim iletkenin manyetik kuvvet çizgilerini kesmesi sonucu iletkende bir endüksiyon emk meydana gelir. Bu emk iletkenden bir akım geçirir. İletkenden geçen akıma göre iletken etrafındaki manyetik alanın yönü iletkenin sağ tarafındaki manyetik alan şiddeti artarken, sol taraf daki alan şiddeti azalır. Bu yüzden, iletkeni sola doğru hareket ettirmeye çalışan bir kuvvet meydana gelir. Bu kuvvet ise kendini meydana getiren harekete karşıdır.

Şekil9.2(b)de çubuk mıknatıs sağa doğru hareket ettirilirse sarımda bir endüksiyon emek meydana gelir ve devreden bir akım geçmesine neden olur.



Şekil9.2

Sarımdan geçen akımın yönüne bağlı olarak meydana gelecek manyetik akının yönü, sarımın etrafındaki manyetik akının azalmasına karşı olacak şekildedir. Yani bu manyetik akı çubuk mıknatısın hareketine karşı bir kuvvet oluşturur. Bunun sonucu olarak endüksiyon emk ni meydana getiren harekete karşı konmuş olur.

Faraday kanunu ve Endüksiyon EMK nın Değeri

Manyetik alan içinde hareket eden bir iletken, manyetik kuvvet çizgilerini keser. Bunun sonucu olarak iletkende bir endüksiyon emk meydana geldiği ve iletkenden bir akım geçirdiğini biliyoruz. İletkende meydana gelen bu endüksiyon emk nın değeri faraday kanunu ile bulunur. Endüksiyon emk nın değeri 1851 yılında Faraday tarafından şu şekilde ifade edilmiştir.

Endüksiyon sonucu iletkende meydana gelen emek nın değeri, manyetik akının değişim hızı ve sarım sayısı ile doğru orantılıdır. Manyetik alanın (ϕ), Δt zaman aralığında olan değişimi $\Delta \phi$ olsun. Manyetik alanın değişim hızı da,

$$\boxed{\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}}$$

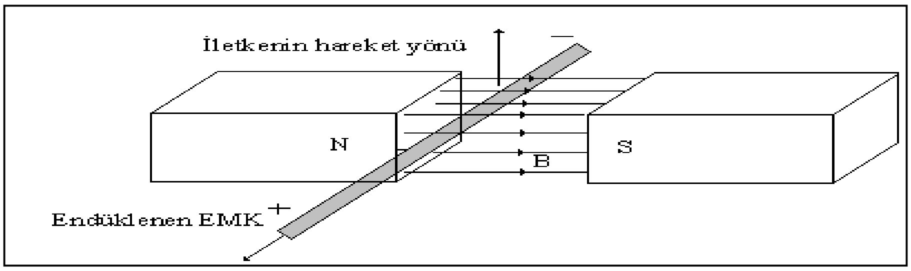
olmaktadır. Bu ifadeyi, manyetik akının birim zamandaki değişimi olarak da söyleyebiliriz. Buna göre endüksiyon bobinin de emk'nin değeri,

$$\boxed{E = N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}}$$

olmaktadır. Bu formülde,
E: Bobinde indüklenen endüksiyon emk (volt)
N: Bobinin sarım sayısı
$\Delta\ \phi$:Manyetik alandaki değişim(Weber)
Δ t:Zaman aralığı
CGS birim sisteminde manyetik akının birimi maxwell (1 maxwell=10^{-8} weber) idi. Buna göre bobinde meydana gelen emk,

$$\boxed{E = N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}.10^{-8}}$$

olur. Eğer bir sarım bir saniyede 10-8 maxwellik bir akı tarafından kesilirse, sarımda bir voltluk endüksiyon elektromotor kuvveti indüklenir demektir.
Sabit bir manyetik alan içinde bir iletkenin hareket etmesiyle, iletkende bir emk endüklendiğini gördük. İletkenin hareketinden doğan bu emk te "hareket endüksiyon emk" ti denir.



Şekil9.3 Hareket endüksiyon emk'nın meydana gelişi

Hareket endüksiyonu emk tinin değeri, manyetik akı yoğunluğuna, iletkenin uzunluğuna, iletkenin hareket hızına ve iletkenin hareket yönü ile manyetik alanın yönü arasındaki ilişkiye bağlıdır. Buna göre meydana gelen emk,

$$E= B.\ l.\ V$$

olur. Bu formülde,
E=iletkende endüklenen endüksiyon emk (volt)
B=Manyetik akı yoğunluğu (Tesla)
l =İletkenin manyetik alan içindeki uzunluğu (metre)
V= İletkenin hızı (metre/saniye)

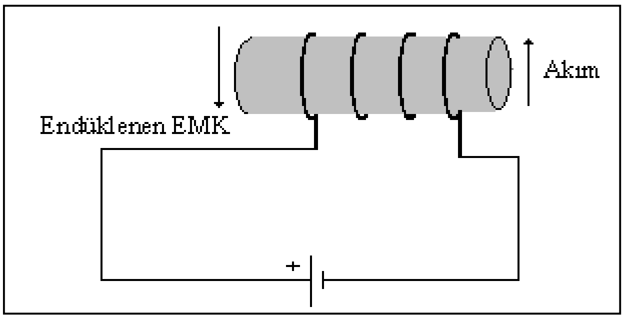
Örnek: Manyetik akı yoğunluğu 2 Tesla olan bir alan içine 0.5m uzunluğunda bir iletken 5m/sn lik bir hızla hareket ettirilirse, meydana gelen emk ne olur.

E= B. *l*. V=2.0,5.5=5 Volt olur.

9.5 ÖZENDÜKSİYON

Özendüksiyon Olayı ve EMK'i

İçinden akım geçen bir iletken etrafında bir manyetik alan meydana geldiğini biliyoruz. Eğer bu iletken şekil9.4de görüldüğü gibi bobin haline getirilirse etrafındaki manyetik alan şiddetlenir. Böylece bobin içinden geçen akımın değişiminin meydana getirdiği değişken manyetik alan ortamı içinde bulunur. Yani bobin, bizzat kendisi tarafından meydana getirilen değişken manyetik alan içinde olduğundan, bobinde bir endüksiyon emek'i meydana gelir. Bobinin, kendi oluşturduğu manyetik alan içinde kalarak, kendisinde endüklediği emk'i şimdiye kadar incelediğimiz endüksiyon olayında emk bir dış manyetik alan tarafından meydana getirilir. Özendüksiyon ise manyetik alan, bobinden geçen akıma ve bobinin sarım sayısına bağlı olarak bobin tarafından oluşturulur.



Şekil9.4 Özendüksiyon olayı

Bu devredeki S anahtarı kapatılırsa bobinden bir akım geçer. Bu akım bobin etrafında bir manyetik alan meydana getirir. Manyetik alanın değeri yükseldikçe, bobinde meydana gelen endüksiyon emk'inin değeri de yükselir.

Lenz kanununa göre, bu emk bobinden geçen akım artıyorsa onu azaltmaya, azalıyorsa onu artırmaya çalışır.

Özendüksiyon katsayısı ve Hesabı

Özendüksiyon emk'i lenz kanununa göre kendini meydana getiren manyetik kuvvet çizgilerindeki değişikliğe karşıdır. Böylece, bobinden geçen akımdaki herhangi bir değişikliğe, bobinin karşı koyma yeteneğine, bobinin "özendüktansı" denir. Kısaca bobinin endüktansı diye anılır. Endüktans L harfiyle gösterilir ve birimi Henridir. Henri H harfiyle gösterilir. Ve şu şekilde tanımlanır.

Bir bobinde saniyede 1 amperlik değişiklik 1 voltluk emk endüklüyorsa, bobinin endüktansı 1 henridir denir.

Bir bobinde manyetik akının zamana göre değişimi sonucu o bobinde meydana gelen emk nın değerini bulmuştuk. Eğer aynı bobinde manyetik akının, zamana göre değişimi alınırsa, bobinin endüktansı aşağıdaki gibi olur.

$$\boxed{L = N\frac{\Delta\Phi}{\Delta i}}$$

Bu formülde,

L= Bobinin endüktansı (Henri)

N= Bobinin sarım sayısı

$\Delta\ \phi$ =Manyetik alandaki değişim (Weber)

Δ i=Akımdaki değişim (Amper)

formülde görüldüğü gibi bir bobinin endüktansı, bobinin sarım sayısı sabit kalmak koşulu ile, bobinden geçen akımdaki değişime bağlıdır. Eğer içinde demir çekirdek bulunmayan bir bobinin endüktansını, relüktansı da dikkate alınarak hesaplanmak istenirse,

$$L = \frac{N^2}{R_m}$$ Bu formülde,

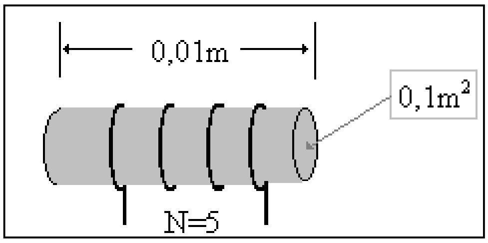
L=Bobinin endüktansı (Henri)
N=Bobinin sarım sayısı
R_m= Relüktans (1/henri)
Bir bobinin endüktansı, bobinin ölçüleri ile değişir. Bobinin endüktansını artırmak için ferromanyetik malzemeler çok kullanılır. Buna göre bobinin endüktansı,

$$L = \frac{N^2.\mu.S}{l}$$

olarak yazılabilir. Bu formülde,
L=Bobinin endüktansı (Henri)
N=Bobinin sarım sayısı
μ =ortamın geçirgenliği (henri/metre)
S=Bobinin çekirdeğinin kesiti ($metre^2$)
l=Bobinin uzunluğu (metre)

Örnek:

Şekil9.5de görülen değerlere göre bu bobinin endüktansını bulunuz. Ortamın geçirgenliği, μ =0,25.10^{-3}

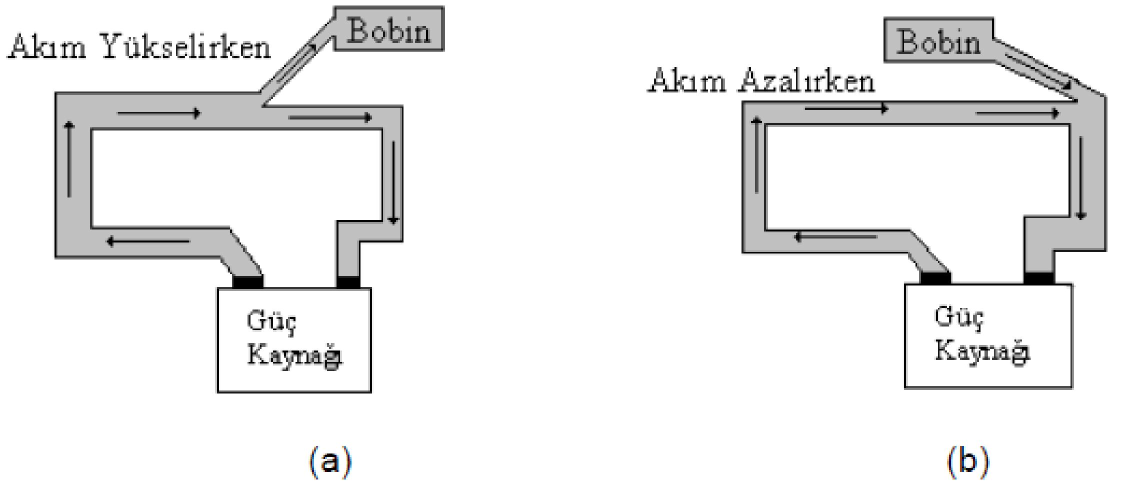


Şekil9.5

$$L = \frac{N^2.\mu.S}{l} = \frac{(5^2).(0{,}25.10^{-3}).(0{,}1)}{0{,}01} = 62{,}5mH$$

9.6 BOBİNDE DEPO EDİLEN ENERJİ

İçinden akım geçen bir bobin etrafında bir manyetik alanın oluştuğunu biliyoruz. Ayrıca bu alandan dolayı bobinde bir özendüksiyon emk nın meydana gelir. Bu emk Lenz kanununa göre bobinden geçen akım artarsa onu azaltmaya, azalırsa onu artırmaya çalışır. Yani bobinden geçen akım artarsa bu akımın bir kısmı şekil9.6(a)de görüldüğü gibi manyetik alan olarak depolanır. Eğer akım azalırsa yine şekil9.6(b)de görüldüğü gibi daha önceden manyetik olarak depo edilen bu enerji akım olarak devreye geri verilir.



Şekil9.6

Böylece depo edilen enerjinin miktarı bobinin endüktansı biliniyorsa kolayca bulunabilir. Buna göre depolanan enerji,

$$\boxed{W = \frac{1}{2}.L.I^2}$$

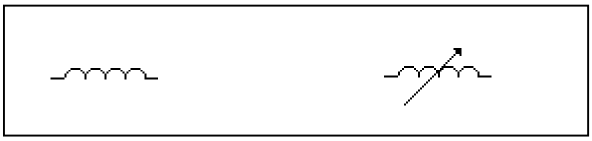
olur. Bu formülde,

W=Bobinde depo edilen enerji (Jul)
L=Bobinin endüktansı (Henri)
I=Bobinden geçen akım (Amper)

Örnek: Özendüksiyonu katsayısı 20H olan bir bobinden geçen akım 10 A olduğuna göre bobinde depo edilen enerjiyi bulunuz.

$$\boxed{W = \frac{1}{2}.L.I^2 = \frac{1}{2}.20H.10^2A = 1000 \quad \text{Jüll}}$$

Bobin Sembolü

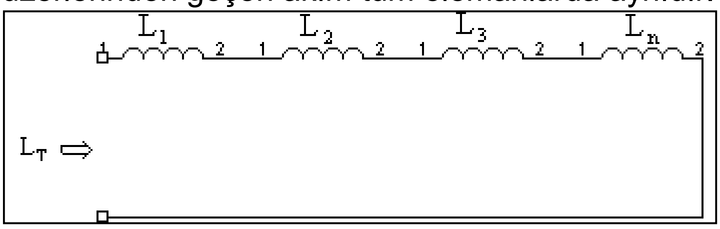


(Sabit değerli bobin) Değişken (varyabıl) bobin

9.7 BOBİNLERİN BAĞLANTI ŞEKİLLERİ

Bobinlerin Seri Bağlanması

Bobinlerin değerlerini artırabilmek için birbirine seri bağlanır. Bobinler seri bağlandıklarında üzerlerinden geçen akım tüm elemanlarda aynıdır.

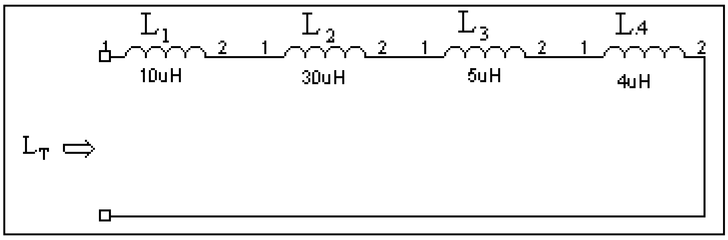


Şekil9.7 Bobinlerin seri bağlantısı

Şekildeki gibi n tane bobin seri bağlandıklarında bu bobinlerin eşdeğer(toplam) endüktansı, devredeki bobin endüktanslarının toplamına eşittir.

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3 + \ldots\ldots\ldots\ldots + L_n$$

Örnek: Şekil9.8 üzerinde verilen bobin değerlerine göre bobinlerin toplam endüktansını bulunuz.

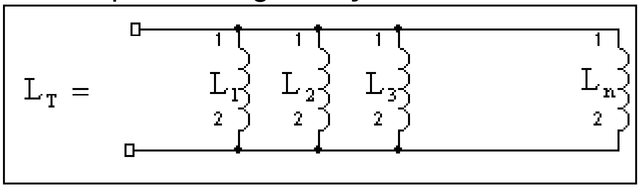


Şekil9.8

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 = 10\mu H + 30\mu H + 5\mu H + 4\mu H = 49\mu H = 49.10^{-6} H$$

Bobinlerin Paralel Bağlanması

Paralel bağlı bobinlerde akımlar kollara ayrılarak devrelerini tamamlarlar. Uçlarındaki gerilim, tüm paralel bağlı bobinlerde aynı değeri gösterir. Şekil9.9 da görüldüğü gibi n tane bobin paralel bağlanmıştır.



Şekil9.9 Bobinlerin Paralel Bağlanması

N tane bobin paralel bağlandığında bunların tek bir bobin haline aldırılmasına toplam endüktans denir. Toplam endüktans formülümü aşağıdaki gibi olur.

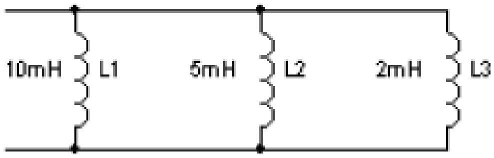
$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \ldots\ldots\ldots\ldots + \frac{1}{L_n}$$

$$L_T = \frac{1}{(\frac{1}{L_1}) + (\frac{1}{L_2}) + (\frac{1}{L_3}) + \ldots\ldots\ldots\ldots + (\frac{1}{L_n})}$$

Genel formülü ortaya çıkar. Eğer sadece iki bobin paralel bağlandığında pratiklik açısından toplam endüktans aşağıdaki şekilde bulunabilir.

$$L_T = \frac{L_1 . L_2}{L_1 + L_2}$$

Örnek: Aşağıda şekil9.10 üzerinde değerleri verilen bobinler paralel bağlandıklarına göre eşdeğer endüktansı bulunuz.



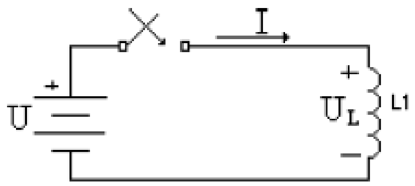
Şekil9.10

$$L_T = \frac{1}{(\frac{1}{L_1})+(\frac{1}{L_2})+(\frac{1}{L_3})} = \frac{1}{(\frac{1}{10mH})+(\frac{1}{5mH})+(\frac{1}{2mH})} = \frac{1}{0{,}8mH} = 1{,}25mH$$

Bobin Uçlarındaki Gerilim

Bobin bir DC gerilim kaynağına bağlandığı taktirde bobin uçlarında bir gerilim görülür. Bobin eğer saf bir bobinse akımın zamana göre değişimi ile bobin uçlarındaki gerilim değeri bulunur. Burada görüldüğü gibi bobin uçlarındaki gerilim zamana ve üzerinden geçen akıma, bobinin endüktans değerine göre uçlarındaki gerilim değeri değişmektedir. Bu durumu aşağıdaki şekilde yazabiliriz.

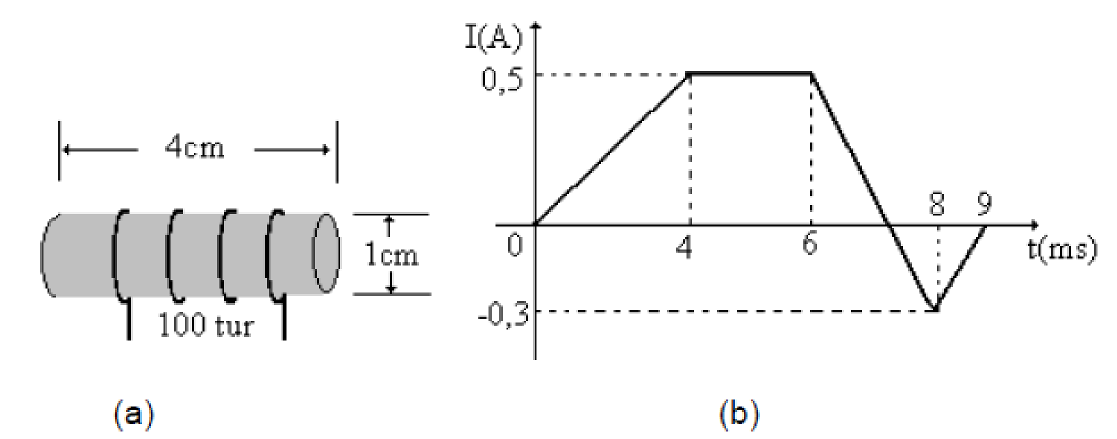
$$U_L = L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$



Şekil9.11 Bobinin Dc kaynağa bağlantısı

Bu formülün kullanılacağı bir örnek yaparak anlatılmak isteneni sayısal değerlerle gösterirsek konu daha iyi anlaşılacaktır.

Örnek: Şekil9.12(a)de bobinin sarım sayısı sarıldığı nüvenin çapı ve uzunluğu şekil üzerinde gösterilmiştir. Bobinin endüktansını bularak, Grafik de görülen bobin üzerinden geçen akımın zamana göre değişimi verilmektedir. Bu zaman aralığındaki bobin uçlarındaki gerilim değişim eğrisini ve değerini bulunuz. (Demir nüvenin geçirgenliği μ r =400 boşluğun geçirgenliği μ o=(4 π .10^{-7}))



Şekil9.12

Önce bobinin endüktansını bulup daha sonra bu bobinin üzerinden geçen akıma göre uçlarındaki gerilim değerlerini bulalım.

$$S=\frac{\pi.d^2}{4}=\frac{\pi(0,01m)^2}{4}=7,854.10^{-5}m^2 \qquad \mu=\mu r.\mu o=400(4\pi.10^{-7})=5,026.10^{-4}$$
$$L=\frac{N^2.\mu.S}{l}=\frac{100^2.(5,026.10^{-4}).(7,854.10^{-5})}{4.10^{-2}}=9,87mH$$

bobinin endüktansı bulunur. Grafikte akımın zaman aralığını kademe, kademe inceleyerek bobin uçlarındaki gerilim değerini bulalım. t=0 dan t=4ms Δt=4ms aralığındaki akım bobin üzerinden 0A- 0,5A, ΔI=0,5A geçtiği görülüyor. buna göre bobin uçlarındaki gerilim;

$$U_{L(t=0\,ile\,4ms)}=L\frac{\Delta I}{\Delta t}=9,87.10^{-3}H(\frac{0,5A}{4.10^{-3}s})=1,23V$$

t=4ms dan t=6ms Δt=2ms zaman değişimi aralığında, akım grafikte görüldüğü gibi 0,5A akımda zamana göre değişim olmadığı görülüyor. ΔI=0 buna göre bobin uçlarındaki gerilim bulunursa;

$$U_{L(t=4\,ile\,t=6)}=L\frac{\Delta I}{\Delta t}=9,87.10^{-3}\frac{0}{2.10^{-3}s}=0V$$

bulunur. Çünkü akımdaki değişim sıfırdır.

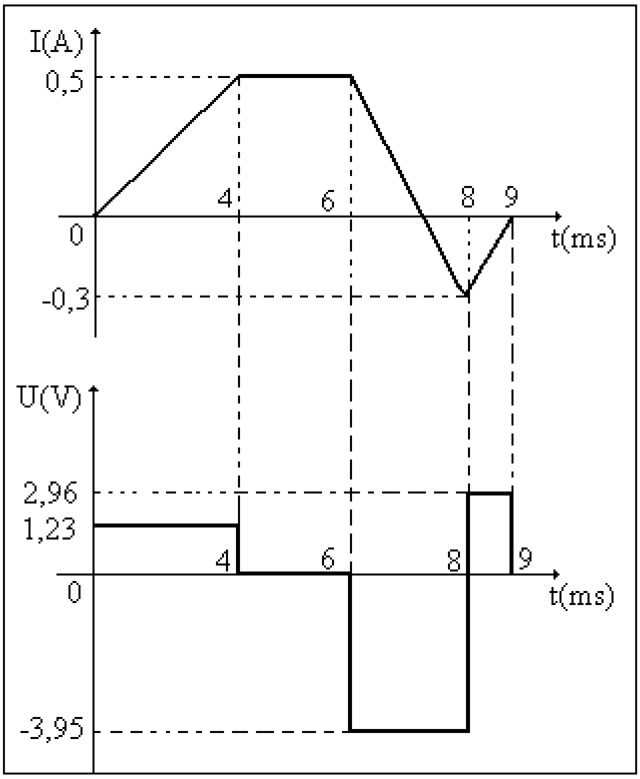
t=6ms den t=8ms aralığındaki zaman değişimi Δt=2ms=2.10^{-3} s akımdaki değişim ise ΔI=(-0,3A)-(-0,5A)=-0,8A olmaktadır. Buna göre bobin uçlarındaki gerilim;

$$U_{L(t=6\,ile\,t=8)}=L\frac{\Delta I}{\Delta t}=9,87.10^{-3}\frac{-0,8A}{2.10^{-3}s}=-3,95V$$

t=8ms den t=9ms aralığındaki zaman değişimi Δt=1ms=1.10^{-3}s akımdaki değişim ise ΔI=0A-(-0,3A)=0,3A olmaktadır. Buna göre bobin uçlarındaki gerilim;

$$U_{L(t=8\,ile\,t=9)}=L\frac{\Delta I}{\Delta t}=9,87.10^{-3}\frac{0,3A}{1.10^{-3}s}=2,96V$$

bulunur. Bulduğumuz gerilim değerlerini akım ve gerilim grafiği olarak birlikte göstermek gerekirse, grafik üzerinde bulunan sonuçların daha iyi irdelenmesi sağlanabilir.

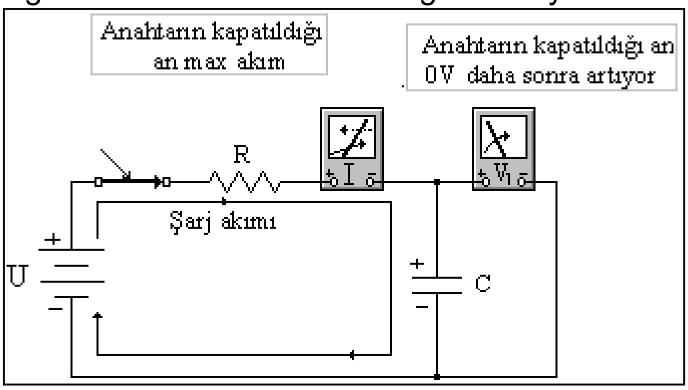


Grafik: Örnek de verilen ve sonucun grafiği

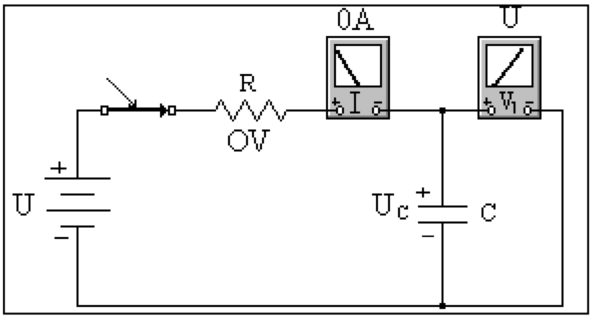
10- DOĞRU AKIMDA GEÇİCİ OLAYLAR

10.1 Kondansatörün Şarj ve Deşarjını Ampermetre ve Voltmetre ile Gösterilmesi

Kondansatörün şarj ve deşarjını incelemiş iç durumunda elektron ve protonların hareketlerini şekillerle göstermiştik. Şimdi bu kondansatörün bir direnç ile devreye bağlayıp bu uçları gerilim kaynağı ile beslemeye alalım. Kondansatörün ve direncin uçlarındaki gerilim ve akım durumlarını gözlemleyelim.



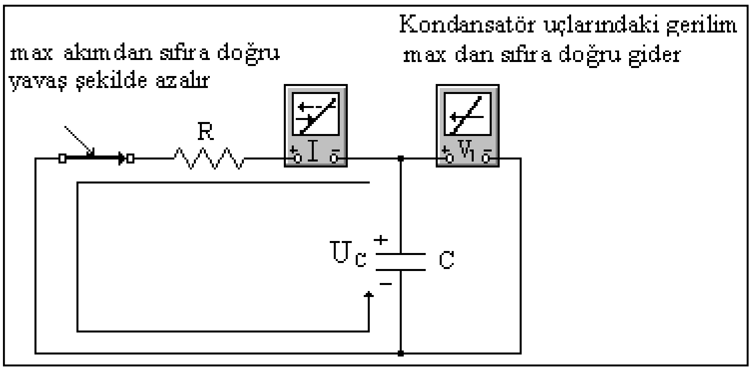
(a) Kondansatörün anahtar kapatıldığında üzerinden geçen akım ve uçlarındaki gerilimin ampermetre ve voltmetredeki görünüşü



(b) Kondansatörün uçlarındaki gerilimin kaynak gerilimine eşit olduğu anda üzerinden herhangi bir akımın akmayışı ve direnç uçlarındaki gerilim sıfır değeri göstermesi

Şekil10.1

Bir kondansatöre seri bir direnç bağlayıp bu elemanlara gerilim uygulandığı anda kaynaktan bir süre akım geçecektir. Bu akımın geçmesi kondansatör uçlarındaki gerilim değeri kaynak gerilim değerine eşit oluncaya kadar devam edecektir. Bu arada şekil10. (a) da ampermetre anahtar kapatılır kapatılmaz max. akım kaynaktan çekildiği için büyük değer gösterecek daha sonra kondansatörün gerilimi arttıkça akım azalacaktır.



Şekil10.1 (c)Kondansatörün deşarjında ampermetrenin ve voltmetrenin gösterdiği değer

Şekil10.1(a)da voltmetre ise sıfırdan başlayarak kondansatör uçlarına bağlanan kaynağın değerine kadar yükselecektir. Bu kaynak gerilimi değerinde şarj olan kondansatörü Şekil(c)de görüldüğü gibi gerilim kaynağını çıkardıktan sonra kondansatörün yükü direnç üzerinden harcanır. t=0 anında ampermetre yüksek değerden sıfıra doğru, voltmetrede max. dan sıfıra doğru değer gösterecektir. Bu akan akımda deşarj akım ile adlandırılır. Bu kondansatör şarjı ve deşarjının süresi direncin ve kondansatörün kapasitesine bağlıdır. Bu geçen süreye RC zaman sabitesi denir. Formül olarak;

zaman sabitesini bulunabilir. $\boxed{\tau = RC}$ τ :(tau)zaman sabitesi(saniye)

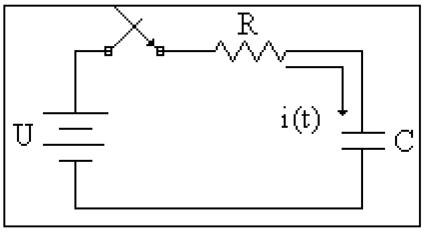
Örnek10.1: Bir seri RC devresinde direnç değeri 1MΩ ve 5μF seri bağlanmıştır. Kondansatörün şarj süresini(zaman sabitesi) bulunuz.

$$\boxed{\tau = RC = (1.10^{6}).(5.10^{-6}) = 5s}$$

Kondansatörün direnç ile bir gerilim kaynağına bağlanarak şarj olayını gördük. Her kondansatör aynı zamanda şarj olamaz bunun üzerinden geçen akım ve kondansatörün kapasitesine bağlı olarak değişecektir. Zaman sabitesi yukarıda formülü elde edilmişti. Bu duruma göre t=0 anında kondansatörün üzerinden geçen akım max. Daha sonra kondansatör şarj oldukça bu sıfıra inecektir. Aşağıdaki formül bir kondansatörün üzerinden geçen akımın formülünü verir.

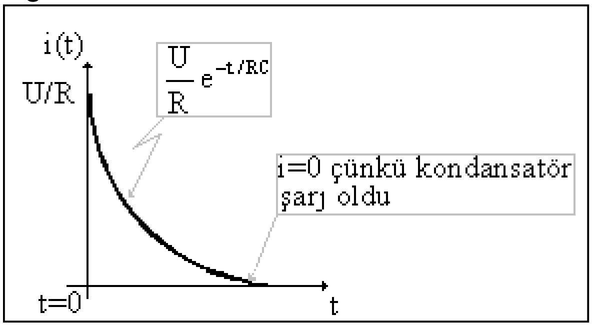
$$i(t) = \frac{U}{R} e^{-t/RC}$$

i(t): kondansatör üzerinden geçen değişken akım
U: Kondansatör uçlarına uygulanan gerilim
RC: zaman sabitesi
t: zaman(sn)



Şekil10.2

Şekil10.2 deki devrede anahtar kapatıldığı anda kondansatör üzerinden geçen akımın değişim eğrisini t=0 anından t=∞ anına kadarki durumunu zamana bu aralıklarda değerler vererek grafiksel gösterirsek aşağıdaki grafik kondansatör üzerinden geçen akımı gösterir.



Şekil10.3

t=0 için kondansatör üzerinden geçen akımı bulursak diğer değerleri de sizler bularak akım grafiğinin doğruluğunu görürsünüz.

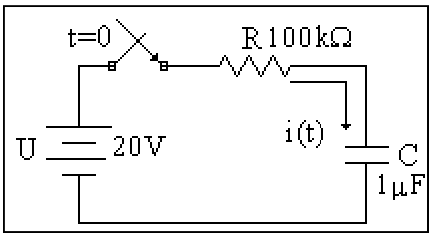
$$i(t) = \frac{U}{R} e^{-t/RC} \qquad \textit{t = 0 için akım}$$

$$i(0) = \frac{U}{R}.e^{-0/RC} = \frac{U}{R}.e^{0} = \frac{U}{R}.1 = \frac{U}{R}$$

t=0 anında(anahtar kapatıldığı anda) kondansatör üzerinden kaynak gerilimi ve direnç değerine bağlı olarak max. Değerde akım aktığı görülüyor. Sizlerde t değerleri vererek çeşitli zamanlardaki akımları bulunuz.

Örnek10.2: Şekil10.4deki devrede elemanların değerleri verilmiştir. Bu değerler doğrultusunda kondansatör üzerinden geçen akımları;

(a) t=0s (b) t=0,05s (c)t=0,1s (d)t=0,2s (e)t= 0,5s bulunuz.



Şekil10.4

Çözüm10.2: Akım formülünde değerleri yerine yazılması ile bulunabilir. Önce bu devrenin zaman sabitesini bulalım.

$$\boxed{RC = (100.10^3\,\Omega).(1.10^{-6}\,F) = 0{,}1}$$

a dan e ye kadar verilen zaman değerlerini formülde yerlerine koyarak kondansatör üzerinden geçen akımları bulalım.

$$(a)t = 0s \qquad i(0) = \frac{U}{R}e^{-t/RC} = \frac{20V}{1k\Omega}.e^{-0/0,1} = \frac{20V}{1k\Omega}.1 = 0{,}2mA$$

$$(b)t = 0{,}05s \qquad i(0{,}05) = \frac{U}{R}e^{-t/RC} = \frac{20V}{1k\Omega}.e^{-0,05/0,1} = \frac{20V}{1k\Omega}.e^{-0,5} = 0{,}121mA$$

$$(c)t = 0{,}1s \qquad i(0{,}1) = \frac{U}{R}e^{-t/RC} = \frac{20V}{1k\Omega}.e^{-0,1/0,1} = \frac{20V}{1k\Omega}.e^{-1} = 0{,}0736mA$$

$$(d)t = 0{,}2s \qquad i(0{,}2) = \frac{U}{R}e^{-t/RC} = \frac{20V}{1k\Omega}.e^{-0,2/0,1} = \frac{20V}{1k\Omega}.e^{-2} = 0{,}0271mA$$

$$(e)t = 0{,}5s \qquad i(0{,}5) = \frac{U}{R}e^{-t/RC} = \frac{20V}{1k\Omega}.e^{-0,5/0,1} = \frac{20V}{1k\Omega}.e^{-5} = 0{,}0013mA$$

sonu bulunur. Burada dikkat edilirse zaman geçtikçe kondansatörün üzerinden akım akışı azalıyor. Süreyi biraz daha artırsak akım grafikte gösterdiğimiz gibi sıfır olacaktır.

10.2. Direncin Üzerindeki ve Kondansatör Uçlarındaki Gerilim

Kondansatöre seri bağlı bir direnç uçlarındaki gerilim düşümü ohm kanunundan faydalanılarak bulunabilir. Direnç kondansatöre seri bağlı olduğundan kondansatör üzerinden geçen akım aynı zamanda direnç elemanı üzerinden geçeceğinden t=0 anında direnç uçlarındaki gerilim düşümü max. Olacak, akım azaldıkça ve akım sıfır olduğunda direnç uçlarında herhangi bir gerilim düşümü mantıken olmayacaktır. Bunu formüllerle ifade ederek gösterelim.

$$U_R(t) = R.i(t) \qquad \text{ohm kanunundan yazılabilir.}$$

$$U_R(t) = R.(\frac{U}{R}.e^{-t/RC}) \qquad \text{R değeri birbirini götüreceğinden;}$$

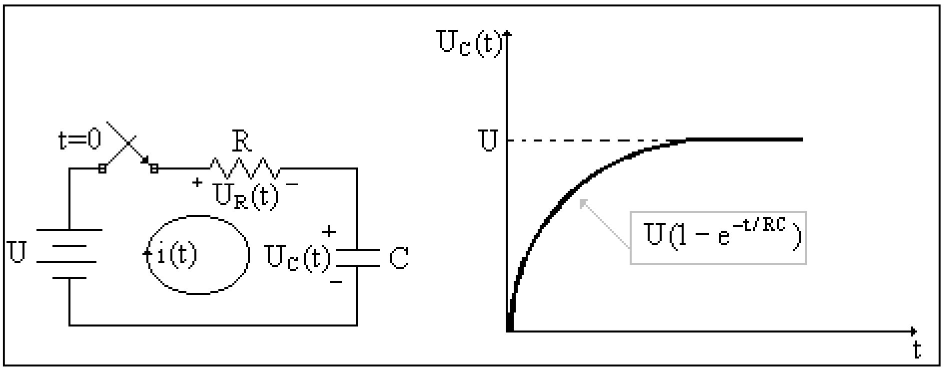
$$U_R(t) = U.e^{-t/RC} \quad \text{Volt} \quad \text{bulunur.}$$

direnç uçlarındaki gerilim bulunduğuna göre kondansatör uçlarındaki gerilim kirşofun gerilimler kanunundan faydalanılarak kondansatör uçlarındaki gerilim aşağıdaki şekilde olur.

$$U = U_R(t) + U_C(t) \qquad U_C(t) \quad \text{çekilirse;}$$

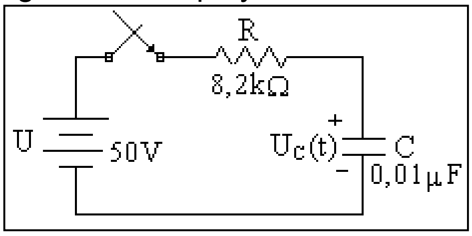
$$U_C(t) = U - U_R(t) = U - (U.e^{-t/RC}) = U(1 - e^{-t/RC}) \quad \text{Volt}$$

kondansatör uçlarındaki gerilim formülü bulunur.



Şekil10.5 Kondansatörün şarj esnasındaki gerilim eğrisi

Örnek10.3: Şekil10.6 deki verilen devrede anahtar 50 μ s kapatıldığında kondansatörün uçlarındaki gerilimi hesaplayınız.



Şekil10.6

Çözüm10.3:

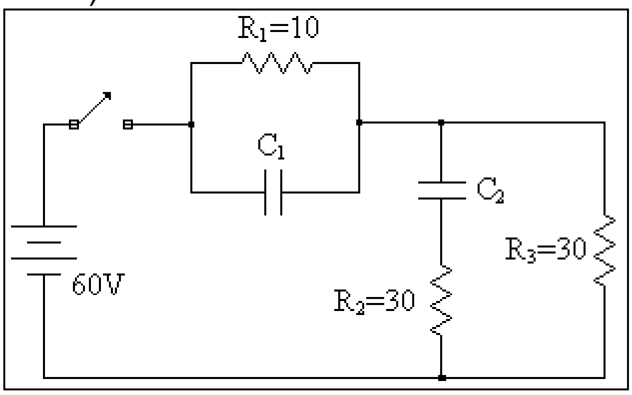
Devredeki verilerle kondansatör uçlarında 50 μ s sonra gerilim değeri formülde değerler yerine yazılarak kondansatörün uçlarındaki gerilim değeri bulunabilir.

$$RC = 8{,}2.10^3\,\Omega.0{,}01.10^{-6}\,F = 82\mu s$$

$$U_C(50\mu s) = U(1 - e^{-t/RC}) = 50V(1 - e^{-50\mu s/82\mu s}) = 50V(1 - e^{-0{,}61})$$

$$U_C = 50V(1 - 0{,}543) = 22{,}8V$$

Örnek10.4: Şekil10.7 deki devrede kondansatörlerin dolma esnasında ve ful dolduğu anda kaynaktan çekilen akımları ve eleman üzerindeki gerilimleri bulunuz.(Direnç değerleri ohm cinsindendir).



Şekil10.7 (a)

Çözüm10.4:

Şekil10.7 deki devrede anahtar kapatıldığı anda C_1 kondansatörünün üzerinden akım akacağından R_1 direncinden akım geçmediğinden direnç uçlarında gerilim 0V tur. C_2 elemanı R_2 direncine seri bağlandığından akımları eşit olacaktır. Kısaca kondansatörler ful olana kadar kısa devre şeklini alacak devrede hiç direnç göstermeyecektir. Bu duruma göre kaynaktan çekilen akım(şekil(b)deki devreye göre;

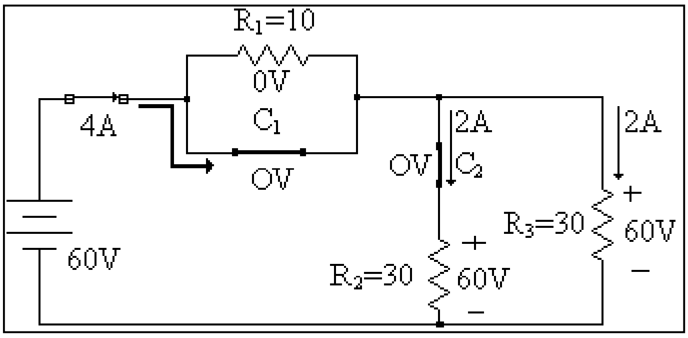
$$R_T = R_2 // R_3 = 30\Omega // 30\Omega = 15\Omega$$
$$I_T = \frac{60V}{15\Omega} = 4A$$

toplam akım bulunduğuna göre bu akım direnç değerleri eşit olan R2 ve R3 elemanlarından ikişer amper olarak şekil(b) deki gibi akacaktır.

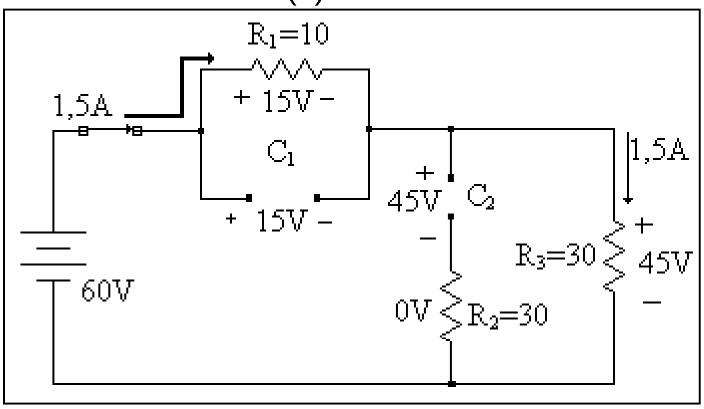
Kondansatörler ful doldukları anda DC devrede açık devre özelliğigöstereceğinden gerilim kaynağından çekilen akım şekil(c) deki görüldüğü gibi olacaktır. Bu durumda devre elemanlarının bağlantı şekline göre;

$$R_T = R_1 + R_3 = 10\Omega + 30\Omega = 40\Omega$$
$$I_T = \frac{60V}{40\Omega} = 1{,}5A$$

Dikkat edilirse kondansatörler ful dolduğu andan sonra kaynaktan çekilen akım düşme gösteriyor. Kondansatörler DC de açık devre özelliği gösterdiği unutulmaması gerekir.



(b)



(c)

Kondansatör uçlarındaki gerilim değerleri bu geçen akımlara göre;

$U_{C1} = 1{,}5A.10\Omega = 15V$ R_1 direnci uçlarınçlar i gerilim aynen görülür.

$U_{C2} = 1{,}5A.30\Omega = 45V$ R_3 direnci uçlarınçlar i gerilim aynen görülür. çünkü kondansatör açıçıdevre olduğlduğu R_2 elemanı üzerinden akık akmayacaktır.

Şekil10.7(c) de açık bir şekilde görülmektedir.

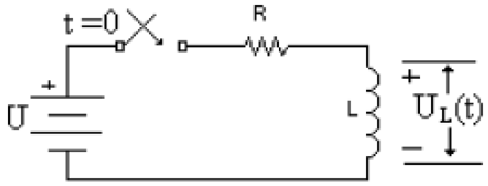
10.3. DC devrede Bobin ve Direncin Seri bağlanması

Bobinler kendi aralarında devrelerde tek olarak kullanılabildikleri gibi direnç elemanları ile birlikte devrelerde seri olarak veya değişik şekillerde bağlanabilirler. Burada bobini dirençler seri bağlayarak incelemeye alınacaktır. Saf bir bobin olmadığından mutlaka bobinin içerisinde azda olsa bir omik direnç görülür. Bobinin omik direncini ohmmetre ile ölçerek bulunabilir. Yukarıdaki konularda saf bir bobinin uçlarındaki gerilimi incelemiştik. Zamana bağlı bir durum söz konusu idi. Bobin ilk anda bir akım akışına zorluk gösteriyor daha sonra zıt emk nın değeri düştükçe üzerinden akımın akmasına müsaade ederek geçmesine izin veriyor. bu müsaade etme durumu bobinin ve buna bağlı direncin değeri ile orantılıdır. Buna zamana sabitesi denir. Zaman sabitesi τ (to) aşağıdaki gibi bulunur.

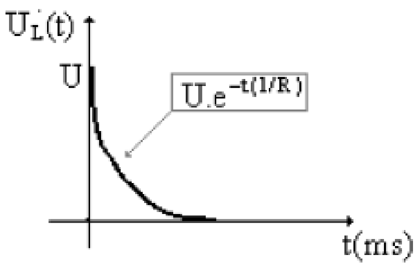
$$\boxed{\tau = \frac{L}{R}}$$

Bobin uçlarındaki gerilim değeri ise aşağıda gösterilen formülle bulunabilir.

$$\boxed{U_L(t) = U.e^{-t(L/R)}}$$



Şekil10.8 direnç ve bobinin seri bağlantısı



bobin uçlarındaki zamana göre gerilim eğrisi

Dikkat edilirse grafikte bobin uçlarındaki gerilim anahtar kapatılır kapatılmaz(t=0) bobin uçlarındaki gerilim kaynak gerilimine eş bir gerilim değeri görülmekte daha sonra zaman ilerledikçe uçlarındaki gerilim azalarak 0(sıfır) olmaktadır. Demek ki bobin akımın dalgalanası durumunda uçlarındaki gerilim artmakta akım sabit değerde kaldığı durumda ise bobin uçlarındaki gerilim o olmaktadır. Bu konu ile ilgili sayısal bir örnek yaparak bobin uçlarındaki gerilim değişimlerini sayısal olarak görelim.

Örnek10.5 : Şekilde sayısal değerleri verilen devrede;

a- t=0 da bobin uçlarındaki gerilimi,

b- t=5 τ da iken bobin uçlarındaki gerilimi,

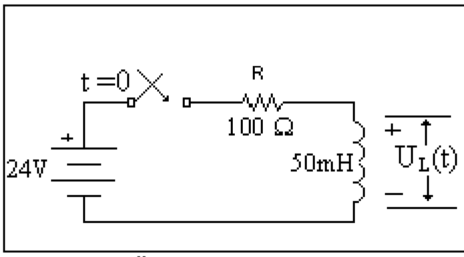
c- Zaman sabitini

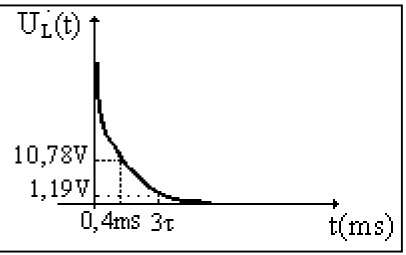
d- t=0,4ms deki bobin uçlarındaki gerilimi,

e- 3 τ değerindeki bobin uçlarındaki gerilim değerini,

f- t=0,4s deki kaynaktan çekilen akımı bulunuz.

Çözüm10.5:





Şekil10.9 Örneğin şekli Bulunan değerlere göre bobin uçlarındaki gerilim

a- t=0 anında $U_{L(t=0)} = U.e^{-t(L/R)} = 24V.e^{-0(50mH/100\Omega)} = 24V.e^{0} = 24V$

b- t=5τ

$$U_{L(t=5\tau)} = U.e^{-t(R/L)} = U.e^{-5\tau/\tau} = U.e^{-5} = 24V.e^{-5} = 24V.0{,}0067 = 0{,}1608V$$

c- $\tau = \dfrac{L}{R} = \dfrac{50mH}{100\Omega} = \dfrac{50.10^{-3}H}{100\Omega} = 0{,}5ms = 0{,}5.10^{-3}s$

d- t=0,4ms $U_L = U.e^{-t/\tau} = 24V.e^{0{,}4.10^{-3}/0{,}5.10^{-3}} = 24V.e^{-0{,}8} = 10{,}78V$

e- t=3τ $U_{L(3\tau)} = 24V.e^{-3\tau/\tau} = 24V.e^{-3} = 1{,}19V$

Kirşofun gerilimler kanunundan faydalanılarak aşağıdaki bağıntı yazılabilir.

$$U = U_R(t) + U_L(t) \quad \rightarrow \quad U_R(t) = U - U_L(t)$$

$$U_R(t) = U - U.e^{-t(L/R)} = U(1 - e^{-t(L/R)} \text{ Volttur.}$$

buradan t=0 anında $U_L(t)$=U kaynak gerilimine eşit olacağından $U_R(t)$=0 dır. Kirşofun gerilimler kanunundan kaynaktan çekilen akım aşağıdaki şekilde bulunabilir. (zaman değeri ms olarak verilmiş, bu zamanı saniyeye çevirmek gerekir)

$$i(t) = \frac{U_r}{R} = \frac{U}{R}.(1 - e^{-t(\frac{L}{R})}) = \frac{24V}{100\Omega}.e^{(-0{,}4.10^{-3})/(0{,}5.10^{-3})} = 0{,}24.e^{-0{,}8} = 0{,}24.0{,}45 = 0{,}1078A$$

$$i(t) = 107{,}8mA$$

KAYNAKÇA

1. http://320volt.com/mersin-universitesi-dogru-akim-devre-analizi/ , 14.08.2014