

ALTERNATİF AKIM DEVRELERİ

DEVRE ELEMANLARI

Alternatif akım devrelerinde akımın geçişine karşı üç çeşit direnç gösterilir. Devre elemanları dediğimiz bu dirençler; R omik direnç, L endüktansın endüktif direnci ve C kapasitansın kapasitif direncinden ibarettir. Bu elemanlar devrelerde tek olarak kullanılabildiği gibi hepsinin bir arada kullanıldığı devreler de mevcuttur. Bu elemanların alternatif gerilimdeki davranışları incelenecektir.

TEMEL DEVRELER

Alternatif akımda üç çeşit devre vardır. Banlar; dirençli devreler(omik devre), bobinli devre(endüktif devre) ve kondansatörlü devre (kapasitif devre) dir. Temel devrelere uygulanan U gerilimi ve devrenin I akımı etkin değerlerdir. I devre akımı, uygulanan gerilime ve devre elemanının direncine bağlı olarak değişir. Devre elemanları D.C de olduğu gibi alternatif akımda da seri, paralel ve seri-paralel (karışık) bağlanırlar. Devre elemanlarının ideal olması; R omik direncinde endüktif direnç etkisinin bulunmaması, L ve C elemanlarında omik direnç etkisinin ve güç kaybının olmaması demektir.

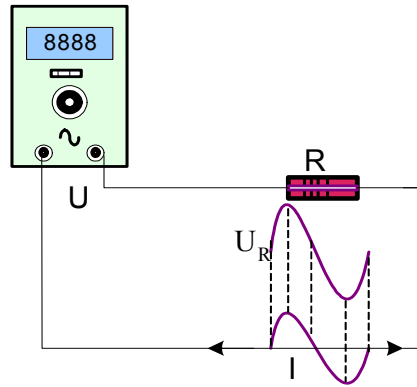
1 OMİK DEVRE

1.1ALTERNATİF AKIMDA DİRENÇ

Alternatif akım devrelerinde, endüktif ve kapasitif etkisi bulunmayan saf dirence omik direnç denir. R harfi ile gösterilerek birimi ohm(Ω) dur. Direnç olarak çeşitli değerlerde ve güçlerde elemanlar olduğu gibi elektrikli ısıtıcılar, ızgara ve ütü gibi elektrikli ev aletleri de mevcuttur. Saf omik dirençli bütün amaçların, eşit gerilimli doğru akım ve alternatif akım devrelerinde kaynaklardan çektikleri akımlar da birbirine eşittir. Yüksek frekanslı A.A devrelerinde kullanılan büyük kesitli bir iletkenin direnci, D.A daki direncinden biraz daha büyüktür. A. A. Daki iletkenin etkin kesiti biraz daha küçük olur. A da direncin büyümesi, iletken kendi içinde alternatif akım değişimleri dolayısı ile doğan emk'den ileri gelir. Bu emkler akımı iletkenin dış yüzeyine doğru iterler. Buna deri olayı denir. 50 Hz frekanslı A.A devrelerinde bu olay o kadar değildir.

1.2 OMİK DEVREDE OHM KANUNU

Alternatif gerilime bağlanan bir direnç şekil2.1 de görülmektedir. Direnç uçlarına sinyal generatöründen sinüzoidal bir gerilim uygulandığında bu direnç üzerinden bir akım akışı olacaktır. Bu akımın dalga şekli de uygulanan alternatif gerilimin dalga şekli ile aynıdır. Değişen sadece genliği olacaktır. Bu dalga şekli devre üzerinde gösterilmiştir.



Şekil2.1 Omik devre

Sinyal generatöründen direnç uçlarına uygulanan $u=U_m \sin \omega t$ sinüzoidal alternatif gerilim uygulandığında direnç üzerinden geçen alternatif akım ohm kanunu ile bulunur.

$$i = \frac{u}{R} = \frac{U_m \sin \omega t}{R} = \frac{U_m}{R} \sin \omega t \quad \text{Akımın} \quad \text{maksimum} \quad \text{değeri}$$

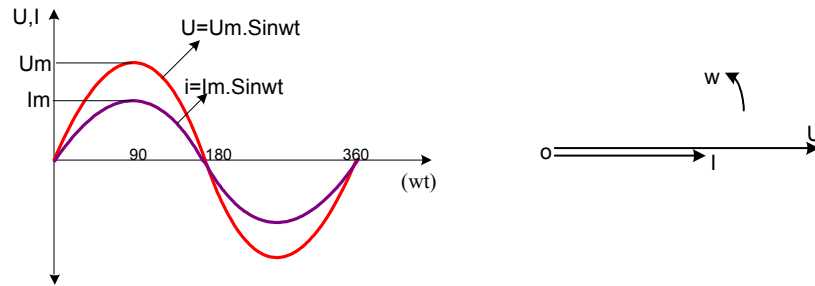
$I_m = \frac{U_m}{R}$ olduğundan, alternatif akımın ani değeri aşağıdaki şekli alacaktır.

$$i = I_m \sin \omega t$$

Bu değerin dalga şekli şekil2.1 de devre üzerinde görülmektedir. Alternatif akımın herhangi bir zamandaki değerini bu formüle bulmak mümkündür. Eğer herhangi bir zamandaki değeri değil de etkin değer olarak direncin üzerinden geçen akım;

$$I_m = \frac{U_m}{R} \quad U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \Rightarrow U_m = \sqrt{2} \cdot U \Rightarrow I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{\frac{U_m}{R}}{\sqrt{2}} = \frac{U_m}{\sqrt{2} \cdot R} = \frac{\sqrt{2} \cdot U}{\sqrt{2} \cdot R} = \frac{U}{R}$$

olur. Bu değeri ampermetre ile ölçülerek bulunabilir. A.A devresinde saf bir omik direnç, D.A devresinde de aynı etkiyi gösterir. Bu nedenle doğru akımda kullanılan kanunlar aynen alternatif akım devrelerinde de uygulanır.

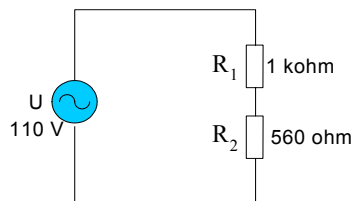


Şekil2.2

Şekil2.2 de omik direnç uçlarına uygulanan gerilimin ve direnç üzerinden geçen akımın dalga şekli ve vektör diyagramı görülmektedir. Alternatif bir gerilim bir direnç uçlarına uygulandığında direncin uçlarındaki gerilim doğrultusundan direnç üzerinden geçen akım artmakta, direnç uçlarındaki gerilim değeri azaldıkça bunun paralelinde akımda azalmaktadır. Bu durum Şekil2.2 de görüldüğü gibi gerilimin maksimum olduğu yerde akımda maksimum, gerilimin sıfır olduğu yerde akımda sıfır olmaktadır. Bu nedenle akımla gerilim aynı fazdadır. Direnç elemanı akımla gerilim arasında bir faz farkı oluşturmamaktadır. Vektör gösteriminde I akımın etkin değeri, U ise gerilimin etkin değerini göstermektedir.

Örnek2.1

Şekil2.3 deki devrede, alternatif akım kaynağından çekilen akımı bularak bu akımın dirençler üzerindeki gerilim düşümlerini hesaplayınız.



Şekil2.3

Çözüm2.1

Dirençler bir birleri ile seri bağlandıklarından bu dirençlerin eşdeğeri (toplam direnç);

$$R_T = R_1 + R_2 = 1k\Omega + 560\Omega = 1.56k\Omega$$

Ohm kanunundan faydalanarak kaynaktan çekilen akım, aynı zamanda bu dirençler seri bağlı olduğu için aynı akım geçecektir. Akım etkin değeri;

$$I = \frac{U}{R_T} = \frac{110V}{1.56k\Omega} = 70.5mA$$

dirençler üzerinden bu geçiyorsa, bu direnç uçlarında bir gerilim düşümüne sebebiyet

verecektir. Direnç uçlarındaki etkin gerilim düşümleri;

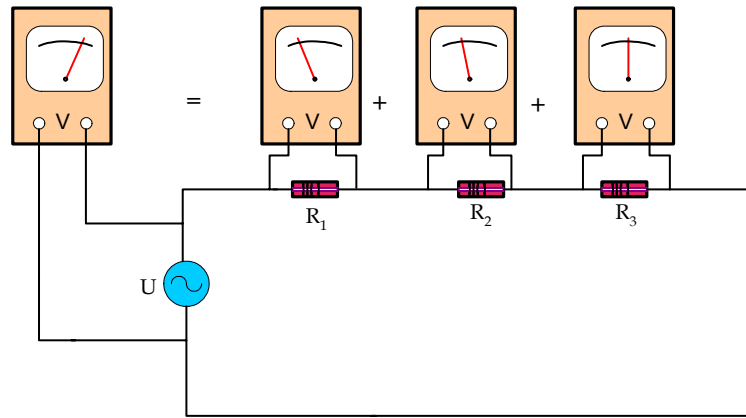
$$R_1 \text{ üzerindeki gerilim düşümü: } U_1 = I.R_1 = (70.5mA).(1k\Omega) = 70.5V$$

$$R_2 \text{ üzerindeki gerilim düşümü: } U_2 = I.R_2 = (70.5mA).(560\Omega) = 39.5V$$

$$U = U_1 + U_2 = (70.5V) + (39.5V) = 110V$$

Bu örnekte görüldüğü gibi kapalı bir devrede gerilim düşümlerinin toplamı kaynak uçlarındaki gerilime eşittir. Bu kirşoffun gerilimler kanununun alternatif akım devrelerinde de aynen geçerlikli olduğunu göstermektedir.

Doğru akımdaki ohm kanunu ve kirşoffun gerilim ve akım kanunları alternatif akımda da aynen geçerliktir. Kirşoffun gerilimler kanunu; kapalı bir devrede veya kaynak uçlarındaki gerilim eleman uçlarındaki gerilim düşümlerinin efektif değerlerinin toplamına eşittir. Bu bir devrede ölçü aletleri ile gösterimi şekil2.4 de verilmiştir.

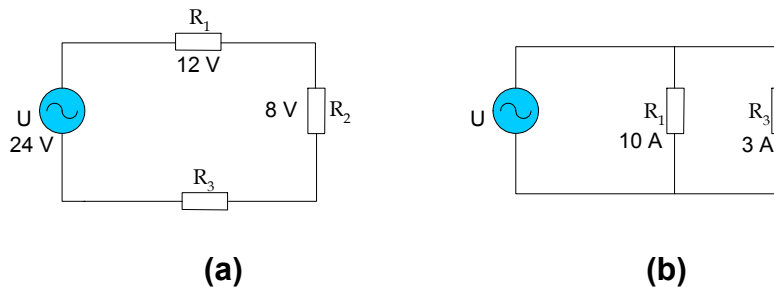


Şekil2.4 Kirşoff un gerilim kanunu

Şekil2.4deki devrede kaynak uçlarındaki gerilim değerini ölçen voltmetrorenin gösterdiği değer, direnç uçlarındaki gerilim düşümlerini gösteren voltmetrelerin gerilim değerlerinin toplamı olarak görölmektedir. Buda kirşofun gerilimler kanununun alternatif akımda da aynen geçerli olduğunu göstermektedir.

Örnek2.2

Şekil2.5a daki elektrik devresindeki R_3 direnci uçlarındaki gerilim değerini ve şekil2.5b deki devrede kaynaktan çekilen akımı bulunuz.



Şekil2.5

Çözüm2.2

Kirşofun gerilimler kanunu uygulanarak kaynak geriliminin elemanlar üzerinde düştüğünden ;

$$U = U_1 + U_2 + U_3 \text{ den } U_3 = U - U_1 - U_2 = 24 \text{ V} - 12 \text{ V} - 8 \text{ V} = 4 \text{ V}$$

Kirşofun akımlar kanunundan yararlanarak kaynaktan çekilen akımı bulunur.

$$I_T = I_1 + I_2 = 10 \text{ A} + 3 \text{ A} = 13 \text{ A}$$

Bulunan bu değerler etkin değerlerdir.

1.3 OMİK DEVREDE GÜÇ

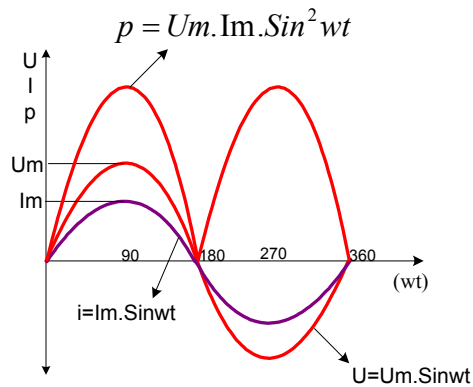
Omik devrede güç akımla gerilimin çarpımına eşittir. R direnci uçlarına uygulanan gerilim sinüzoidal olduğundan direncin üzerinde harcanan güç bu akım ve gerilim değerlerinin çarpımı ile o andaki direnç üzerinde harcanan ani güç bulunur.

$$p = u \cdot i \text{ Watt}$$

Direnç uçlarına uygulanan gerilim $u = U_m \cdot \sin \omega t$

Direnç üzerinden geçen akım $i = I_m \cdot \sin \omega t$

Herhangi bir andaki güç $p = (U_m \cdot \sin \omega t) \cdot (I_m \sin \omega t) = U_m \cdot I_m \cdot \sin^2 \omega t$



Güç eğrisi

Güç eğrisi incelendiğinde şu sonuçlar elde edilir. Güç eğrisi her zaman pozitifdir. İkinci yarım periyotta, gerilim ve akım negatiftir. Negatif gerilim ile negatif akımın çarpımı olan güç de pozitifdir. Bu, direncin her iki alternansta şebekeden güç çektiğini gösterir. Dirençte harcanan güç, dirençten geçen akımın yönüne bağlı değildir.

Akım ve gerilim eğrilerinin her yarım periyodunda ani güç sıfırdan maksimum değere ve sonra tekrar sıfıra düşer. Böylece akım ve gerilimin bir periyodunda güç iki defa maksimum ve sıfır değerlerini alır.

Güç eğrisi de sinüs eğrisine benzer. Yalnız bu eğrinin frekansı, akım (veya gerilim) frekansının iki katına eşittir. Güç ekseninin ekseni yukarıya kaymış durumdadır. Direnç üzerinden geçen akım ve gerilim değerleri düzenlendiği takdirde direnç üzerindeki ortalama güç formülü ortaya çıkar.

$$P_{or} = U.I$$

dirençte sarf edilen gücün ortalama değeri, dirençten geçen alternatif akımın ve gerilimin etkin değerlerinin çarpımına eşittir.

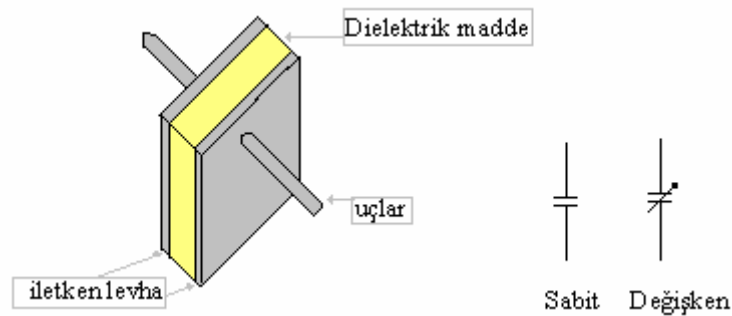
2 KAPASİTİF DEVRE

2.1 KONDANSATÖRÜN YAPISI VE ÇEŞİTLERİ

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.

Kapasite

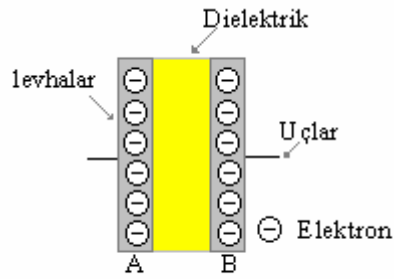
Kondansatörün yük depo edebilme yeteneğine kapasite adı verilir. Her kondansatör istenildiği kadar yük depo edemez. Bunu etkileyen faktörler bu konu adı altın ilerleyen zamanda daha kapsamlı incelenecek, yük depo edebilmesi için bu uçlara mutlaka bir potansiyel (gerilim) uygulanması gerekir.



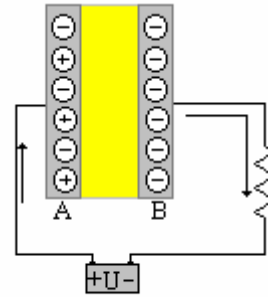
Şekil2.6 Kondansatörün yapısı ve semboller

Şekil2.6de 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 anlaşılması sağlanacaktır.

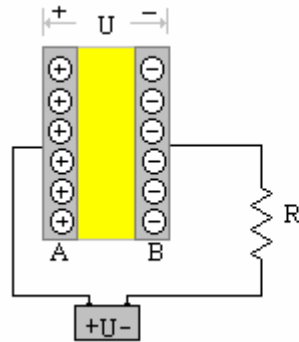
Bir kondansatörün uçlarına bir gerilim uygulanmadığı durumda bu kondansatör şekil2.7(a) deki gibi nötr durumdadır. Kondansatörün uçlarına şekil2.7 (b)deki gibi bir gerilim kaynağı bağlandığında bu kondansatör üzerinden akım akışı olacak ve kondansatör levhaları şekilde görüldüğü gibi yüklenmeye başlayacaktır. Bu yüklenme uygulana gerilim eğerine ulaşana kadar devam edecektir. Bu şekil2.7 (c)deki durumunu alacaktır.



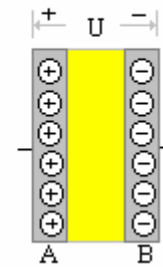
(a) Nötr(deşarj durumu)



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



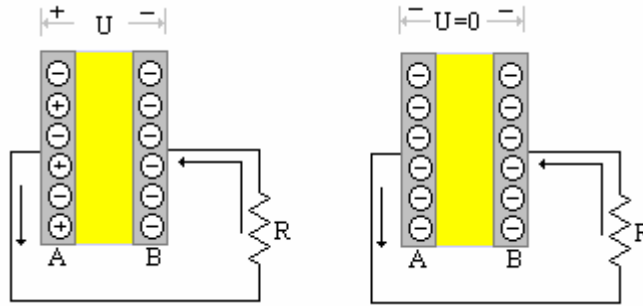
(c) Kondansatör üzerinden akım akışı A B uygulanan gerilim değerinde olduğu anda kesilir.



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

Şekil2.7 Kondansatörün Şarjı

Bu kondansatörün şarj olması demektir. Artık bu kondansatörü gerilim kaynağından çıkardığınız anda kondansatör uçları uyguladığınız gerilim değerini gösterir. Şekil2.7 (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 kondansatöründeşarjı denir. Şekil2.8 de görüldüğü gibi kondansatörün (-) yüklü levhasındaki elektronlar, (+) yüklü levhaya hareket ederler. Elektronların bu hareketideşarj 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.



Şekil2.8 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 faradın askatları olan mikrofarağ(μF), nanofarağ(nF) ve pikofarağ(pF) kullanılır. Bu birimler arası dönüşümü kendi aralarında aşağıdaki şekilde olur.

$$\begin{aligned} 1\text{F} &= 10^6 \mu\text{F} & \text{veya} & & 1\mu\text{F} &= 10^{-6} \text{F} \\ 1\text{F} &= 10^9 \text{nF} & \text{veya} & & 1\text{nF} &= 10^{-9} \text{F} \\ 1\text{F} &= 10^{12} \text{pF} & \text{veya} & & 1\text{pF} &= 10^{-12} \text{F} \end{aligned}$$

Örnek2.3

Aşağıdaki şıklarda verilen kondansatör değerlerini μF değerine dönüştürünüz.

- (a) 0,00001F (b) 0,005F (c) 1000pF (d) 200pF

Çözüm2.3

- (a) $0,00001\text{F} \times 10^6 = 10\mu\text{F}$ (b) $0,005\text{F} \times 10^6 = 5000\mu\text{F}$
(c) $1000\text{pF} \times 10^{-6} = 0,001\mu\text{F}$ (d) $200\text{pF} \times 10^{-6} = 0,0002\mu\text{F}$

Örnek2.4

Aşağıdaki şıklarda verilen kondansatör değerlerini pF değerine dönüştürünüz.

- (a) $0,1 \cdot 10^{-8}\text{F}$ (b) 0,000025F (c) 0,01 μF (d) 0,005 μF

Çözüm2.4

- (a) $0,1 \cdot 10^{-8}\text{F} \times 10^{12} = 1000\text{pF}$ (b) $0,000025\text{F} \times 10^{12} = 25 \cdot 10^6\text{pF}$
(c) $0,01\mu\text{F} \times 10^6 = 10000\text{pF}$ (d) $0,005\mu\text{F} \times 10^6 = 5000\text{pF}$

2.2 KONDANSATÖR ÇEŞİTLERİ**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.

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.

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.

Değişken kondansatörler:

Değişken 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 bir birinden 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.

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 mikrofara ile 2000 mikrofara arasındadır. Daha önce görmüş olduğumuz kondansatörlerin tersine, elektrolitik kondansatörler kutupludur. Yani pozitif ve negatif uçları vardır. Bundan dolayıdır ki devreye bağlantılarında pozitif kutup pozitif, negatif kutup negatif bağlanması gerekir aksi takdirde kondansatör patlayabilir.

2.2 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.

$$Q = C \cdot U$$

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

Örnek2.5

Aşağıda şıklarda verilen değerlere göre isteneni bulunuz.

- a) Bir kondansatörün depo ettiği elektrik yükü $50\mu\text{C}$, bu elemana 10 V uygulandığında bu kondansatörün kapasitesi nedir.
- b) Kondansatörün kapasitesi $2\mu\text{F}$ bu kondansatörün uçlarındaki gerilim 100 V olduğuna göre kondansatörün levhalarındaki yük ne kadardır.
- c) Kondansatörün kapasitesi 100pF, levhalarındaki elektrik yükü $2\mu\text{C}$ olduğuna göre bu kondansatörün uçlarındaki gerilim ne kadardır.

Çözüm2.5:

$$\begin{aligned} \text{(a)} \quad C &= \frac{Q}{U} = \frac{50\mu\text{C}}{10\text{V}} = \frac{50 \cdot 10^{-6}\text{C}}{10\text{V}} = 5 \cdot 10^{-6}\text{F} = 5\mu\text{F} \\ \text{(b)} \quad Q &= C \cdot U = (2\mu\text{C}) \cdot (100\text{V}) = 200\mu\text{C} \\ \text{(c)} \quad U &= \frac{Q}{C} = \frac{2\mu\text{C}}{100\text{pF}} = \frac{2 \cdot 10^{-6}\text{C}}{100 \cdot 10^{-12}\text{F}} = 20\text{kV} \end{aligned}$$

2.3 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.

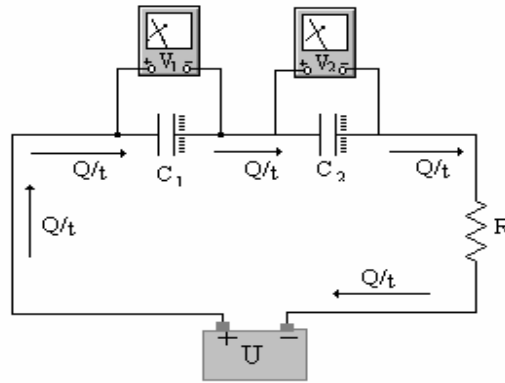
Kondansatörlerin seri bağlanışını ve bu bağlantıda değerlerin bulunma formülleri kademe kademe çıkartılabilir.

Şekil2.9(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 şekil2.9(b) görülmektedir. Kondansatörün yükleri kaynağın verdiği yüklerle eleman üzerlerindeki yükler eşit oluncaya kadar akım akmakta yükler eşit olunca akım akışı durmaktadır. Bu durumu şu şekilde yazabiliriz.

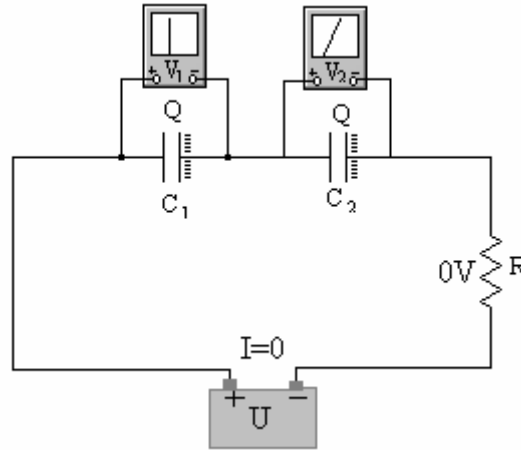
$$Q_T = Q_1 = Q_2$$

Kirşofun gerilimler kanunundan;

$$U = U_1 + U_2$$



(a) Kondansatörlerin seri bağlanması ve uçlarındaki gerilim



(b) Kondansatörlerin seri bağlanması, şarj olması ve akımın 0 olması

Şekil2.9

$U=Q/C$ 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;

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

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

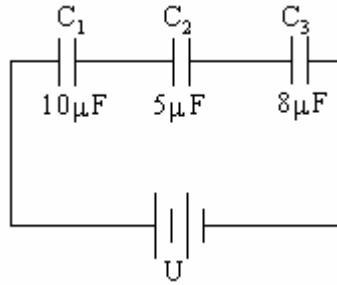
elde edilir. Bu formülü genellersek n tane kondansatörün seri bağlandığı durumun formülünü yazalım.

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

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

Örnek2.5

Şekil2.10 da görüldüğü gibi üç tane değişik kondansatörler bir birleri ile seri bağlanmış. Bu kondansatörlerin eşdeğerini bulunuz.

**Şekil2.10****Çözüm2.5**

Seri bağlama formülünde değerler yerine konularak bulunur.

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{10\mu F} + \frac{1}{5\mu F} + \frac{1}{8\mu F}$$

$$C_T = \frac{1}{\left(\frac{1}{10\mu F}\right) + \left(\frac{1}{5\mu F}\right) + \left(\frac{1}{8\mu F}\right)} = \frac{1}{0,425} \mu F = 2,35 \mu F$$

2.4 KONDANSATÖRÜN UÇLARINDAKİ GERİLİM

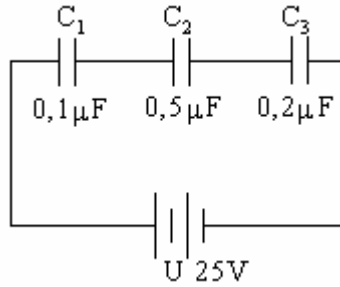
Kondansatör uçlarında bir gerilim meydana gelecektir bu gerilim değeri yük ve kapasitesine bağlı olarak değişecek olduğunu önceki konularımızda incelemiştik. Kirşofun gerilimler kanunundan elemanlar seri bağlı olduklarından

$$U_x = \left(\frac{C_T}{C_x}\right)U$$

buradaki C_x ; hangi kondansatör uçlarındaki gerilimi bulacaksanız o kondansatörün U_x değeridir. (C_1 , C_2 gibi)

Örnek2.6

Şekil2.11 deki devrede üç kondansatör seri bağlanmış uçlarına 25V gerilim uygulanmıştır. Bu kondansatörlerin uçlarındaki gerilim değerlerini bulunuz.

**Şekil2.11****Çözüm2.6**

Kondansatörler seri bağlandıkları için seri devrede akımlar eşit olacağından Kirchhoff'un gerilimler kanunundan yararlanabilirsiniz.

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{0,1\mu F} + \frac{1}{0,5\mu F} + \frac{1}{0,2\mu F} \Rightarrow C_T = \frac{1}{17}\mu F = 0,0588\mu F$$

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.

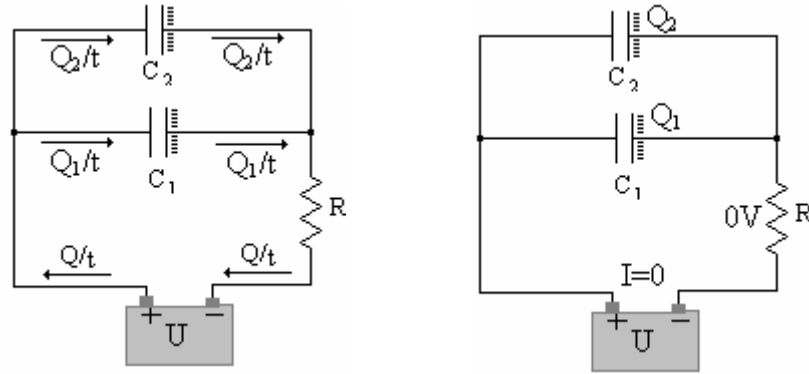
2.5 KONDANSATÖRLERİN PARALEL BAĞLANMASI

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.

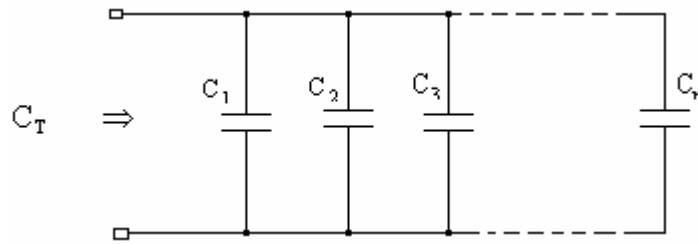
$$Q_T = Q_1 + Q_2$$

$$C_T \cdot U = C_1 \cdot U + C_2 \cdot U \quad \text{eşitliğin her iki tarafını } U' \text{ ya bölünürse}$$

$$C_T = C_1 + C_2 \quad \text{elde edilir.}$$



Şekil2.12 Paralel kondansatörler ve $Q_T=Q_1+Q_2$



Şekil2.13 n tane kondansatörün paralel bağlanması

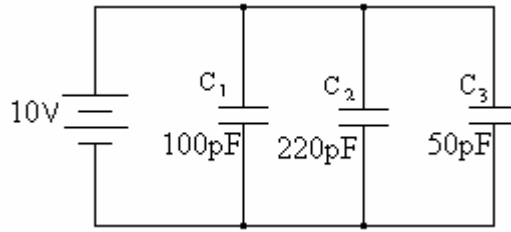
Şekil2.13de olduğu gibi n tane kondansatör biri birine paralel bağlandığındaki genel formülümüzü iki kondansatör paralel bağlandığında çıkardığımız formülümüzü genelleştirirsek;

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

olur. n tane kondansatör paralel bağlantı genel formülü ortaya çıkar.

Örnek2.7

Şekil2.14deki devrede elemanların değerleri verilmiş, bu elemanlar paralel bağlanmıştır. Bu devrenin eşdeğer kapasitesini ve kondansatörlerin yüklerini, toplam yükü bulunuz.



Şekil2.14 Örnek

Çözüm2.7:

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 = 100\text{ pF} + 220\text{ pF} + 50\text{ pF} = 370\text{ pF}$$

$$Q_T = C_T \cdot U = 370\text{ pF} \cdot 10\text{ V} = 3700\text{ pC (pikokulon)}$$

$$Q_1 = C_1 \cdot U = 100\text{ pF} \cdot 10\text{ V} = 1000\text{ pC}$$

$$Q_2 = C_2 \cdot U = 220\text{ pF} \cdot 10\text{ V} = 2200\text{ pC}$$

$$Q_3 = C_3 \cdot U = 50\text{ pF} \cdot 10\text{ V} = 500\text{ pC}$$

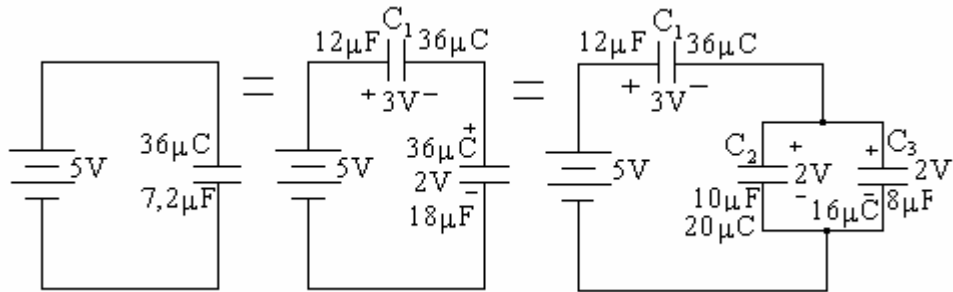
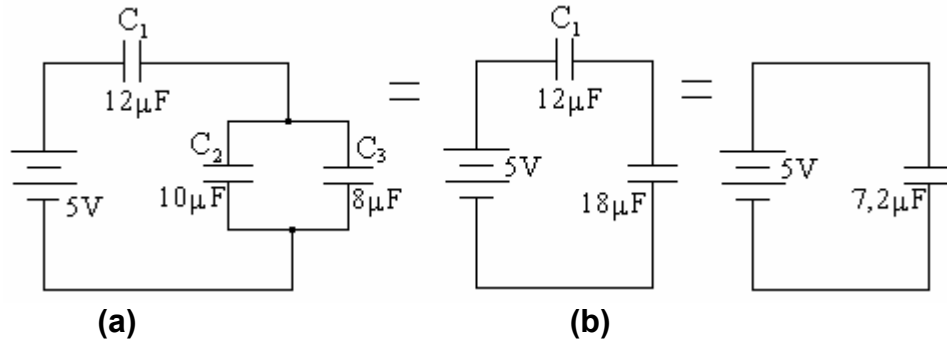
$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 1000\text{ pC} + 2200\text{ pC} + 500\text{ pC} = 3700\text{ pC}$$

2.6 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.

Örnek2.8

Şekil2.15(a)da görülen devredeki kondansatörlerin uçlarındaki gerilim değerlerini bulunuz.



Şekil2.15 (c)

Çözüm2.8:

Şekil2.15(a)daki devreyi $C_2//C_3$ olduğundan bu paralelliğin eşdeğeri formülde değerler yerine yazılarak;

$$C_2 + C_3 = 10\mu F + 8\mu F = 18\mu F$$

bu değer C_1 kondansatörüne seri haline geldi. Seri bağlama formülünde değerler yerine yazılırsa şekil(b) görülen eşdeğer kapasite bulunur.

$$C_T = \frac{(12\mu F).(18\mu F)}{12\mu F + 18\mu F} = 7,2\mu F$$

kaynaktan çekilen toplam yük;

$$Q_T = U.C_T = (5V).(7,2\mu F) = 36\mu C$$

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;

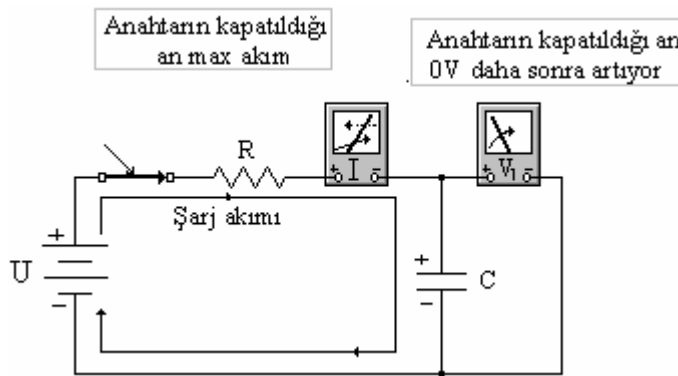
$$Q_2 = C_2 \cdot U_2 = (10\mu F) \cdot (2V) = 20\mu C$$

$$Q_3 = C_3 \cdot U_3 = (8\mu F) \cdot (2V) = 16\mu C$$

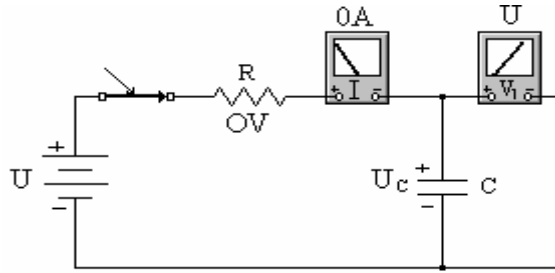
bulunur. Bu örnekte kondansatörlerin uçlarındaki gerilim ve yükleri ayrı ayrı bulunmuştur.

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.

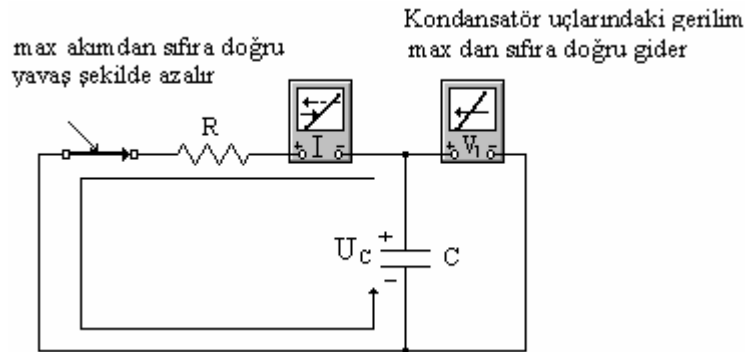


Şekil2.16(a) Kondansatörün anahtar kapatıldığında üzerinden geçen akım ve uçlarındaki gerilimin ampermetre ve voltmetredeki görünüşü



Şekil2.16(b)Kondansatörün uçlarındaki gerilimin kaynak gerilimine eşit olduğu anda üzerinden herhangi bir akımın akmayışı ve direnç uçlarındaki gerilim sıfır değeri göstermesi

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 şekil(a)da ampermetre anahtar kapatılır kapatılmaz max. akım kaynaktan çekildiği için büyük değer gösterecek daha sonra kondansatörün gerilimi arttıkça akım azalacaktır.



Şekil2.16(c)Kondansatörün deşarjında ampermetrenin ve voltmetrenin gösterdiği değer

Şekil2.16(a)da voltmetre ise sıfırdan başlayarak kondansatör uçlarına bağlanan kaynağın değerine kadar yükselecektir. Bu kaynak gerilimi değerinde şarj olan kondansatörü Şekil2.16(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;

$$\tau = RC$$

zaman sabitesini bulunabilir. τ :(tau)zaman sabitesi(saniye)

Örnek2.9: Bir seri RC devresinde direnç değeri $1M\Omega$ ve $5\mu F$ seri bağlanmıştır. Kondansatörün şarj süresini(zaman sabitesi) bulunuz.

$$\tau = RC = (1.10^6).(5.10^{-6}) = 5s$$

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 sifıra inecektir. Aşağıdaki formül bir kondansatörün üzerinden geçen akımın formülünü verir.

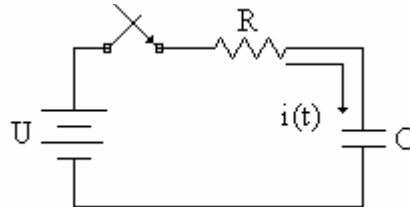
$$i(t) = \frac{U}{R} e^{-t/RC}$$

$i(t)$: Kondansatör üzerinden geçen değişken akım

U : Kondansatör uçlarına uygulanan gerilim

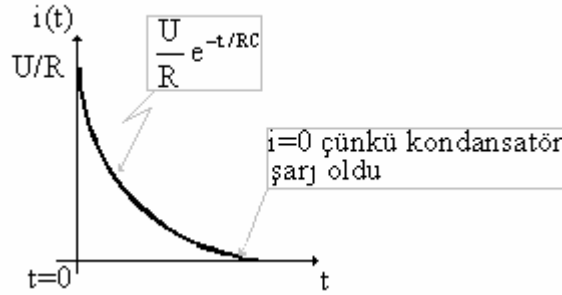
RC : Zaman sabitesi

t : Zaman(sn)



Şekil2.17

Şekil2.17deki devrede anahtar kapatıldığı anda kondansatör üzerinden geçen akımın değişim eğrisini $t=0$ anından $t=\infty$ anına kadarki durumunu zamana bu aralıklarda değerler vererek grafiksel gösterirsek aşağıdaki grafik kondansatör üzerinden geçen akımı gösterir.



Şekil2.18

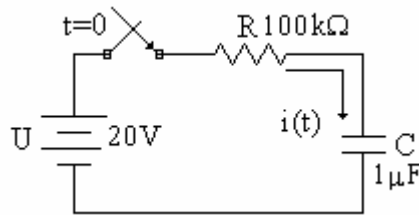
$t=0$ için kondansatör üzerinden geçen akımı bulursak diğer değerleri de sizler bularak akım grafiğinin doğruluğunu görebilirsiniz.

$$i(t) = \frac{U}{R} e^{-t/RC} \quad t = 0 \text{ için akım}$$
$$i(0) = \frac{U}{R} \cdot e^{-0/RC} = \frac{U}{R} \cdot e^0 = \frac{U}{R} \cdot 1 = \frac{U}{R}$$

$t=0$ 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.

Örnek2.10:

Şekil2.19deki 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.



Şekil2.19

Çözüm2.10

Akım formülünde değerleri yerine yazılması ile bulunabilir. Önce bu devrenin zaman sabitesi bulunur.

$$RC = (100 \cdot 10^3 \Omega) \cdot (1 \cdot 10^{-6} F) = 0,1$$

a dan e ye kadar verilen zaman değerlerini formülde yerlerine koyarak kondansatör üzerinden geçen akımlar bulunur.

$$(a)t = 0s \quad i(0) = \frac{U}{R} e^{-t/RC} = \frac{20V}{1k\Omega} \cdot e^{-0/0,1} = \frac{20V}{1k\Omega} \cdot 1 = 0,2mA$$

$$(b)t = 0,05s \quad i(0,05) = \frac{U}{R} e^{-t/RC} = \frac{20V}{1k\Omega} \cdot e^{-0,05/0,1} = \frac{20V}{1k\Omega} \cdot e^{-0,5} = 0,121mA$$

$$(c)t = 0,1s \quad i(0,1) = \frac{U}{R} e^{-t/RC} = \frac{20V}{1k\Omega} \cdot e^{-0,1/0,1} = \frac{20V}{1k\Omega} \cdot e^{-1} = 0,0736mA$$

$$(d)t = 0,2s \quad i(0,2) = \frac{U}{R} e^{-t/RC} = \frac{20V}{1k\Omega} \cdot e^{-0,2/0,1} = \frac{20V}{1k\Omega} \cdot e^{-2} = 0,0271mA$$

$$(e)t = 0,5s \quad i(0,5) = \frac{U}{R} e^{-t/RC} = \frac{20V}{1k\Omega} \cdot e^{-0,5/0,1} = \frac{20V}{1k\Omega} \cdot e^{-5} = 0,0013mA$$

Burada dikkat edilirse zaman geçtikçe kondansatörün üzerinden akım akışı azalıyor. Süreyi biraz daha artırsak akım grafikte gösterdiğimiz gibi sıfır olacaktır.

2.7 DİRENCİN ÜZERİNDEKİ VE KONDANSATÖR UÇLARINDAKİ GERİLİM

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 mantiken olmayacaktır. Bunu formüllerle ifade ederek gösterelim.

$$U_R(t) = R \cdot i(t)$$

$$U_R(t) = R \cdot \left(\frac{U}{R} \cdot e^{-t/RC} \right)$$

$$U_R(t) = U \cdot e^{-t/RC} \text{ Volt bulunur.}$$

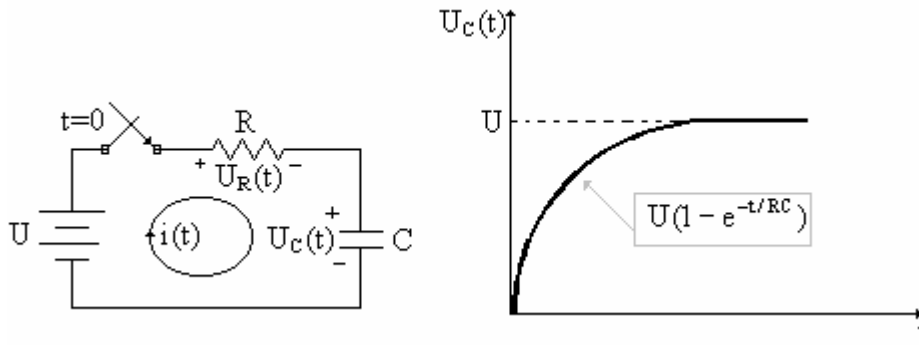
direnç uçlarındaki gerilim bulunduğu göre kondansatör uçlarındaki gerilim

kirşofun gerilimler kanunundan faydalanılarak kondansatör uçlarındaki gerilim aşağıdaki şekilde olur.

$$U = U_R(t) + U_C(t) \quad U_C(t) \text{ çekilirse;}$$

$$U_C(t) = U - U_R(t) = U - (U \cdot e^{-t/RC}) = U(1 - e^{-t/RC}) \quad \text{Volt}$$

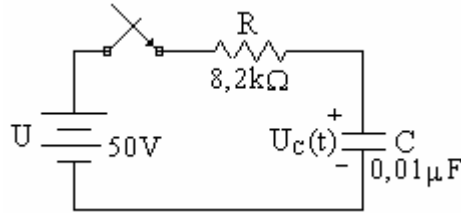
kondansatör uçlarındaki gerilim formülü bulunur.



Şekil2.20 Kondansatörün şarj esnasındaki gerilim eğrisi

Örnek2.11

Şekil2.20deki verilen devrede anahtar $50\mu s$ kapatıldığında kondansatörün uçlarındaki gerilimi hesaplayınız.



Şekil2.20

Çözüm2.11

Devredeki verilerle kondansatör uçlarında $50\mu s$ sonra gerilim değeri formülde değerler yerine yazılarak kondansatörün uçlarındaki gerilim değeri bulunabilir.

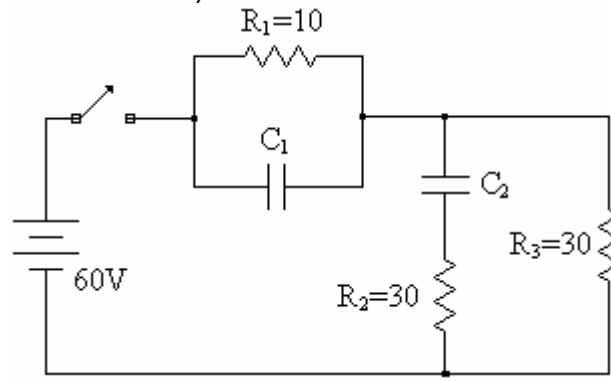
$$RC = 8,2 \cdot 10^3 \Omega \cdot 0,01 \cdot 10^{-6} F = 82 \mu s$$

$$U_C(50 \mu s) = U(1 - e^{-t/RC}) = 50V(1 - e^{-50 \mu s / 82 \mu s}) = 50V(1 - e^{-0,61})$$

$$U_C = 50V(1 - 0,543) = 22,8V$$

Örnek2.12

Şekil2.21 deki devrede kondansatörlerin dolma esnasında ve ful dolduğu anda kaynaktan çekilen akımları ve eleman üzerlerindeki gerilimleri bulunuz.(Direnç değerleri ohm cinsindendir)



Şekil2.21(a)

Çözüm2.12

Şekil2.21deki 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;

$$R_T = R_2 // R_3 = 30\Omega // 30\Omega = 15\Omega$$

$$I_T = \frac{60V}{15\Omega} = 4A$$

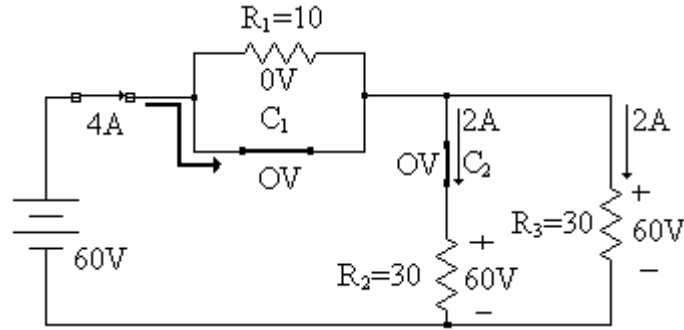
toplam akım bulunduğuna göre bu akım direnç değerleri eşit olan R_2 ve R_3 elemanlarından ikiyeşer amper olarak şekil(b) deki gibi akacaktır.

Kondansatörler ful doldukları anda DC devrede açık devre özelliği göstereceğinden gerilim kaynağından çekilen akım şekil(c) deki görüldüğü gibi olacaktır. Bu durumda devre elemanlarının bağlantı şekline göre;

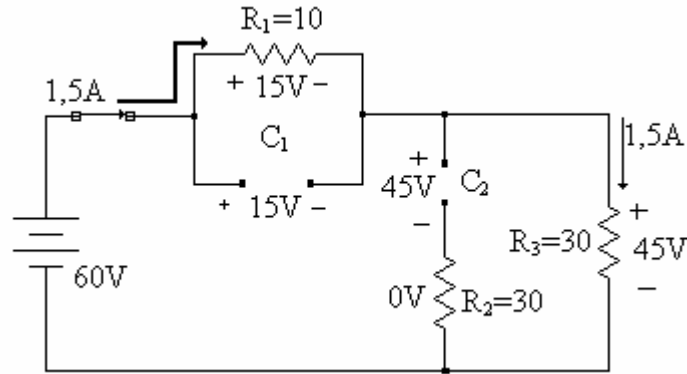
$$R_T = R_1 + R_3 = 10\Omega + 30\Omega = 40\Omega$$

$$I_T = \frac{60V}{40\Omega} = 1,5A$$

Dikkat edilirse kondansatörler ful olduğu 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;

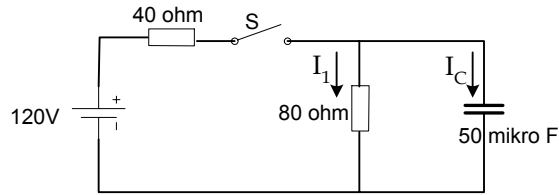
$$U_{C1} = 1,5A \cdot 10\Omega = 15V$$

$$U_{C2} = 1,5A \cdot 30\Omega = 45V$$

Şekil2.21(c) de açık bir şekilde görülmektedir.

Örnek2.13

Şekil2.22 deki devrede (a) anahtar kapatıldığı anda I_1 ve I_c akımlarını, (b) anahtar kapatıldıktan uzun bir süre sonra I_1 ve I_c akımlarını ve kondansatörün uçlarındaki gerilimi hesaplayınız.



Şekil2.22

Çözüm2.13

(a) S anahtarı kapatıldığı anda ($t=0$) kondansatör boş olduğu için 80 ohm'luk direnci kısa devre edeceğinden $I_1 = 0$ olur. $t=0$ da $U_c=0$

Kondansatörden geçen akım $I_c = \frac{120}{40} = 3A$ olur.

(b) Anahtar kondansatör şarj oluncaya kadar uzun bir zaman kapalı kaldığına göre, kondansatörden geçen şarj akımı sıfır olur. $I_c = 0$ Bu durum kondansatör devreden çıkarılsa devrede hiçbir değişiklik olmaz. Bu durumda devre, 80 ohm'luk direnç ile 40 ohm'luk dirençten ibaret seri bir devre durumundadır.

$$I_1 = \frac{120}{80 + 40} = 1A$$

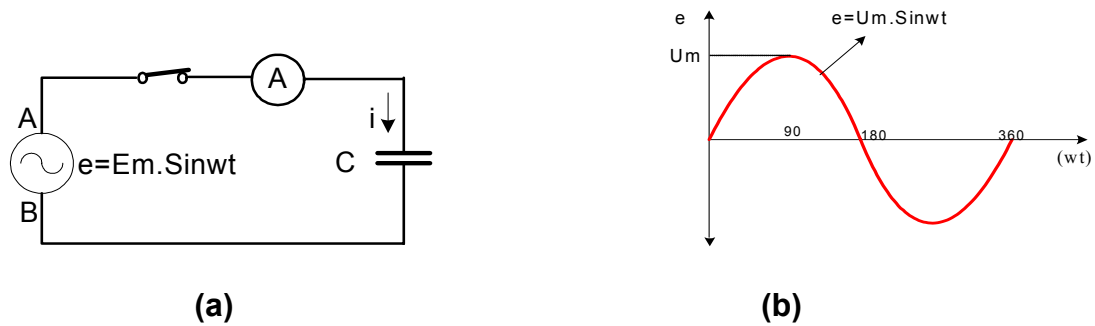
80 ohm direncin ve kondansatörün uçlarındaki gerilim,

$$U_c = 1 \times 80 = 80 V$$

2.8 ALTERNATİF AKIMDA KONDANSATÖR

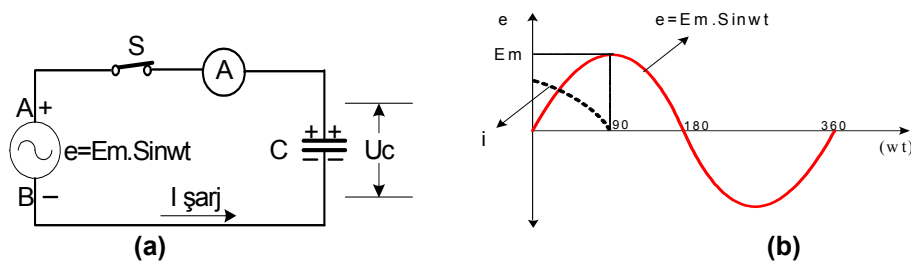
Alternatif Akımın Kondansatörden Geçiş

Şekil2.23a da bir kondansatöre sinüzoidal bir emk uygulandığında devreden bir alternatif akım akışı başlar. Devreye bağlanan ampermetre vasıtası ile devreden geçen akım ölçülebilir. Kondansatörün levhaları arasında yalıtkan bir madde bulunduğu halde, devreden alternatif bir akımın nasıl geçtiğini inceleyelim. Kondansatöre uyguladığımız sinüzoidal emk'in değişim eğrisi şekil2.23b de görülmektedir.



Şekil2.23

Tam sıfır anında anahtarı kapattığımızı kabul edelim. Emk sıfırdan başlayarak pozitif maksimum değerine doğru yükselecektir. Kondansatör boş olduğu için $U_c = 0$ dır. Emk'in pozitif yarım periyodunda, A ucu (+) pozitif ve B ucu da (-) negatif olsun. Şekil2.24 (a) da görüldüğü gibi bir elektron akımı (-B) ucundan (+A) ucuna doğru akacaktır. Kondansatörün levhalarında gösterildiği gibi yükler (şarjlar) toplanır. Kondansatörün levhaları arasında şarjla doğru orantılı olarak değişen potansiyel farkı meydana gelir. Devreden geçen şarj akımı sıfır anında maksimum değerinde olur. Çünkü bu anda, kondansatörün uçlarındaki gerilim sıfırdır.

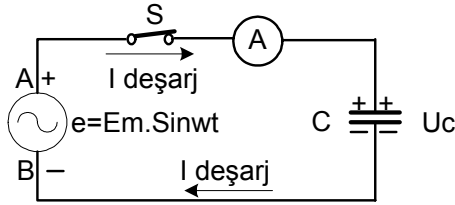


Şekil2.24 kondansatörden alternatif akımın geçişi

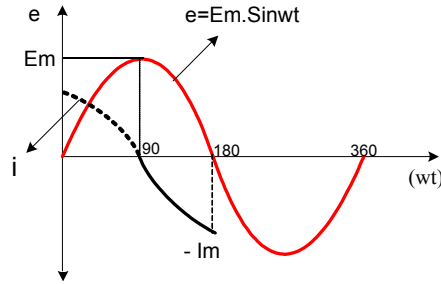
Kondansatörün uçlarındaki U_c gerilimi, uygulanan emk'e zıt yöndedir. Kondansatör doldukça U_c gerilimi arttığı için şarj akımı azalmaya başlar. Uygulanan emk ($+E_m$) değerine ulaştığında kondansatör dolduğu için uçlarındaki potansiyel farkı $U_c=E_m$ olur. Bu anda $\pi/2$ anında devreden geçen şarj akımı da sıfır olur. Şarj akımının değişim eğrisi Şekil2.24 (b) de gösterilmiştir.

$\pi/2$ (90°) den sonra devreye uygulanan emk, E_m değerinden azalmaya başlar. Bu durumda kondansatörün uçlarındaki U_c gerilimi şebeke emk'inden büyük olacağı için kondansatördeşarj olmaya başlar. Şekil2.25 (a) da görüldüğü gibi, devredeki elektron akımı kondansatörün negatif levhasına doğru olur. Deşarj akımı, şarj akımına ters yöndedir.

AB uçlarındaki şebeke gerilimi azaldıkçadeşarj gerilimi azaldıkçadeşarj akımı da büyür. (π) de şebeke gerilimi sıfır olduğu andadeşarj akımı maksimum değerine ulaşır. Şekil2.25 (b) de, sıfırdan negatif maksimum değerine yükselendeşarj akımının değişim eğrisi görülmüyor. (π) de kondansatördeşarj olduğu için uçlarındaki gerilim sıfıra düşer.



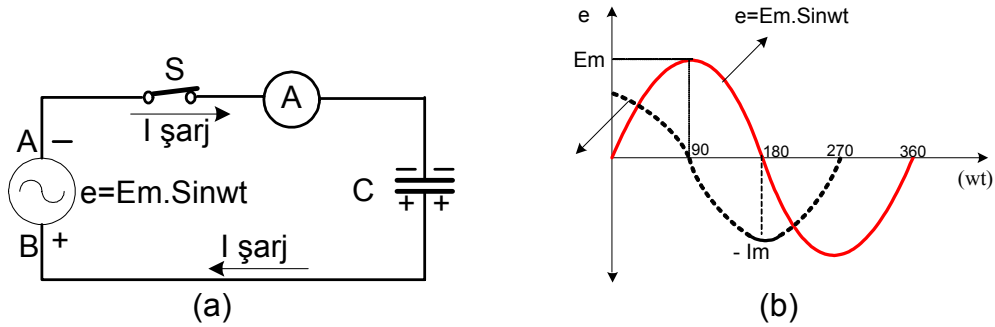
(a)



(b)

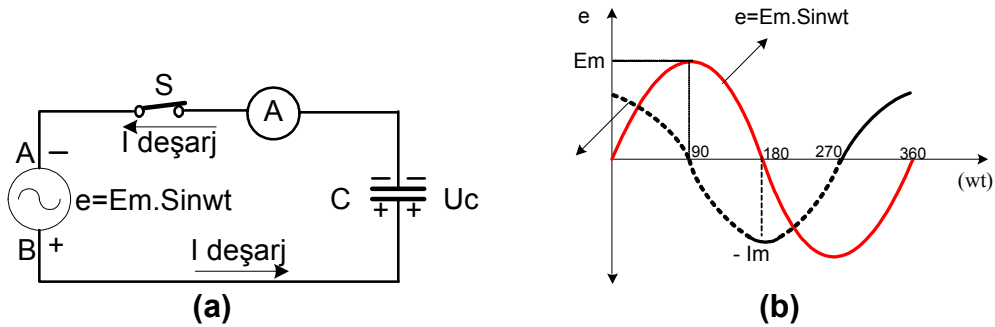
Şekil2.25 Kondansatörden alternatif akımın geçişi

(π) anından sonra şebeke emk'i yön değiştirerek ($-E_m$) değerine doğru artmaya başlar. π ile 2π arasında A ucu (-) ve B ucu da (+) olur. π anında kondansatördeşarj durumundadır. Şekil2.26 (a) da görüldüğü gibi, devrede elektron akımı (-) A dan (+) B ye doğru olur. Bu elektron akımı kondansatör levhalarını şekilde gösterildiği gibi yüklemeye başlar. Kondansatör doldukça uçlarındaki (uygulanan emk'e zıt yönde olan) gerilim U_c de artmaya başlar.



Şekil 2.26

π de şarj akımı maksimumdur. $3\pi/2$ anında kondansatör dolduğu için $U_c = -E_m$ olur. Kondansatörün şarj akımı da sıfıra düşer, $3\pi/2$ anından sonra, şebeke emk'i ($-E_m$) değerinden azalmaya başlar. Bu durumda kondansatörün uçlarındaki potansiyel farkı şebeke emk'inden büyük olacağı için, kondansatör şebeke üzerindendeşarj olmaya başlar. Şekil 2.27 (a) da kondansatörün negatif levhasından pozitif doğrudeşarj elektron akışı görülüyor. Şebeke gerilimi 2π anında sıfır olduğu an, kondansatöründeşarj akımı maksimum değerine ulaşır.

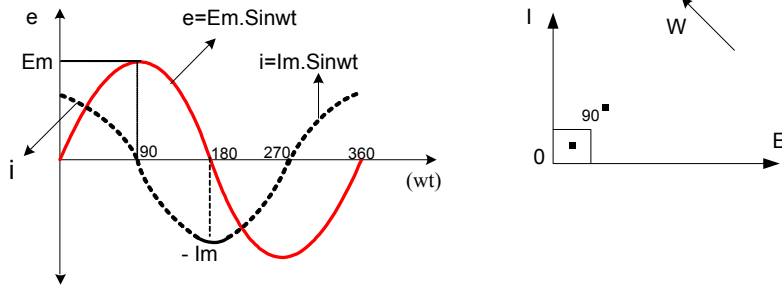


Şekil 2.27

Şekil 2.27 (b) dedeşarj akımının $3\pi/2$ ile 2π arasındaki eğrisi görülüyor. Kondansatöre uygulanan emk'in bir periyotluk değişiminde kondansatörün şarj vedeşarj akımları devreden geçen akımı meydana getirirler. Başka bir deyişle, devreden geçen alternatif akım kondansatörün dielektriğinden geçen akım değil, kondansatörün şarj vedeşarj akımıdır. Bu akıma genellikle, kondansatörden geçen alternatif akım denir.

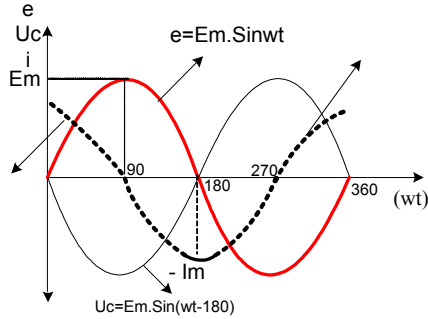
Şekil 2.24, 25, 26 ve 27 de parça parça gösterilen devre akımını uygulanan emk'le birlikte yeniden çizelim. Şekil 2.28 da görüldüğü gibi, kondansatörden geçen akımın değişim eğrisi incelendiğinde; sinüzoidal bir akım olduğu, yalnız uygulanan emk 90° ileride bulunduğu görülür.

Uygulanan emk $E = E_m \sin \omega t$, Akım ise $i = I_m \cos \omega t = I_m \sin(\omega t + \pi/2)$ olur.

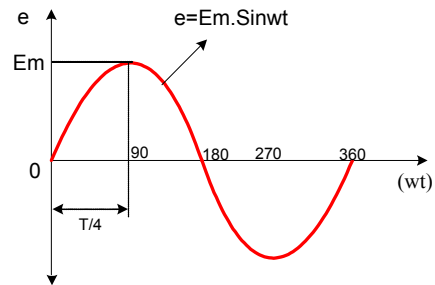


Şekil2.28 Kondansatörden geçen akımın ve uygulanan emk'in değişim eğrileri ve vektör diyagramı

Kondansatörün levhaları arasında şarj ve deşarjdan dolayı meydana gelen potansiyel farkı, uygulanan emk'e zıt yöndedir. Kondansatöre uygulanan emk'e eşit ve 180° faz farkı olarak çizilecek bir eğri bize kondansatörün levhaları arasında meydana gelen U_c geriliminin değişim eğrisini verir. Şekil2.29 de kondansatöre uygulanan emk'in, geçen akımın ve U_c geriliminin değişim eğrileri görülüyor.



Şekil2.29 Kondansatöre uygulanan emk, geçen akım ve U_c eğrileri



Şekil2.30 Kondansatöre Sinüzoidal emk

Kondansatörden Geçen Alternatif Akımın Hesaplanması

Kondansatöre uygulanan sinüzoidal emk'in eğrisi şekil2.30 da görülmektedir. Kondansatörden geçen akım, levhalarda toplanan şarjın değişimine bağlıdır. Kondansatörden geçen akımın ortalama değeri,

$$I_{or} = \frac{\text{şarj değişimi}}{\text{geçen zaman}} \quad \text{veya kısaca} \quad I_{or} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

kondansatörün şarjı, kapasitesi C sabit olduğuna göre uygulanan gerilime bağlıdır.

$$Q = e.C$$

şarj değişimi de gerilim değişimi ile doğru orantılıdır. $\Delta Q = C.\Delta e$

Şekil2.29 daki kondansatöre uygulanan emk'in 0 ile $\pi/2$ arasındaki T/4 periyotluk parçasını alalım. Burada emk 0 ile E_m arasında değişmektedir. Elektromotor kuvvetin değişimi E_m dir. $\Delta e = E_m$

Kondansatörden geçen akımın ortalama değeri,

$$I_{or} = \frac{\text{şarj değişimi}}{\text{geçen zaman}} = \frac{C.\text{gerilim değişimi}}{\text{geçen zaman}} = \frac{C.\Delta e}{\Delta t} = \frac{C.E_m}{T/2} = (4.C.E_m)/T$$

Uygulanan emk'in frekansı f olduğuna göre, $T = \frac{1}{f}$ dir. Yukarıdaki ifadede T yerine 1/f yazılırsa;

$$I_{or} = \frac{4.C.E_m}{1/f} = 4.f.C.E_m$$

kondansatör üzerinden geçen ortalama akım bulunur. Akımın maksimum değeri,

$$I_m = \frac{\pi}{2}.I_{or} \text{ olduğuna göre } \frac{\pi}{2}.I_{or} = 4.f.C.E_m.\frac{\pi}{2} \text{ den } I_m = 2.\pi.f.C.E_m$$

bulunur.

Kondansatörün üzerinden geçen alternatif akımın etkin(rms) değeri,

$$I_{ef} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \text{ dir.}$$

Kondansatörden geçen akımın etkin değeri;

$$\frac{I_m}{\sqrt{2}} = 2\pi f.C.\frac{E_m}{\sqrt{2}} \text{ düzenlenirse, } I_{ef} = 2\pi f.C.E_{ef} \text{ bulunur. Alternatif akımın ve}$$

gerilimin efektif değerlerinin yanına indis kullanılmaz. Eğer $I_{ef}=I$, $E_{ef}=E$ olarak yerlerine formülde konulursa frekans cinsinden kondansatör üzerinden geçen akım formülü ortaya çıkar.

$$I = 2\pi f . C . E$$

Biliniyor ki açısal hız $\omega = 2\pi f$ dir. Bu değer kondansatör üzerinden geçen akım formülünde yerine konulursa açısal hız cinsinden akım formülü aşağıdaki gibi olur.

$$I = \omega . C . E$$

Örnek2.14

100 μ f'lık bir kondansatöre etkin değeri 100 Volt olan ve frekansı 50 Hz'lik bir alternatif gerilime bağlandığında bu kondansatör üzerinden geçen akımı bulunuz.

Çözüm2.14

Alternatif akımın kondansatör üzerinden geçen akım formülünden faydalanılarak;

$$I = 2\pi f . C . E = 2\pi . 50 . 100 . 10^{-6} . 100 = 3,14 \text{ Amper}$$

Kapasitif Reaktans ve OHM kanunu

Kondansatör uçlarına bir alternatif gerilim uygulandığında kaynaktan çekilen akım $I = 2\pi f . C . E$ formülü ile hesaplandığı bulunmuştu. Bu ifadeden;

$$\frac{I}{E} = 2\pi f . C \quad \text{ve} \quad \frac{E}{I} = \frac{1}{2\pi f . C}$$

yazılabilir. Alternatif akım devresinde gerilimin akıma oranı biliniyor ki elektrik akımına karşı gösterdiği zorluğu verir. Bu durumda E/I oranı sabit kalır.

Kapasitif devredeki E/I oranına kapasitif reaktans denir. Birimi ohm'dur ve X_c ile gösterilir.

$$X_c = \frac{E}{I} = \frac{1}{2\pi f . C} = \frac{1}{\omega . C}$$

Doğru akım devresinde gerilim, akım ve direnç arasındaki ilişkileri veren ohm kanununun benzer şekilde, kapasitif devrede E, I ve X_c arasındaki ilişkiler için kullanılabilir. Kapasitif devrede ohm kanunu;

$$I = \frac{E}{x_c} \quad X_c = \frac{E}{I} \quad E = I.X_c$$

Kapasitif reaktans formülüne bakıldığında $X_c = \frac{1}{2\pi f.C}$ incelendiğinde şu hususlar görülür

- (a) Kapasitif reaktans, frekansla ters orantılı olarak değişir.
- (b) Kapasitif reaktans, kondansatörün kapasitesi ile ters orantılıdır.

Örnek2.15

Kapasitesi 50 μ F olan bir kondansatörün;

- a) 50 Hz deki
- b) 1000 Hz deki
- c) Sonsuz frekansdaki
- d) Doğru Akımdaki kapasitif reaktanslarını hesaplayınız.

Çözüm2.15:

$$\text{a)} \quad X_c = \frac{10^6}{2\pi f.C} = \frac{10^6}{2\pi.50.50} = 63,66 \Omega$$

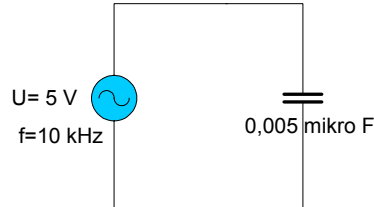
$$\text{b)} \quad X_c = \frac{10^6}{2\pi f.C} = \frac{10^6}{2\pi.1000.50} = 3,18 \Omega$$

$$\text{c)} \quad X_c = \frac{10^6}{2\pi f.C} = \frac{10^6}{2\pi.\infty.50} = 0 \Omega$$

$$\text{d)} \quad X_c = \frac{10^6}{2\pi f.C} = \frac{10^6}{2\pi.0.50} = \infty \Omega \text{ (D.A da reaktans sonsuzdur.)}$$

Örnek2.16

Şekil2.31 da verilen alternatif akım devresinde kondansatörün kapasitif reaktansını ve kaynaktan çektiği akımı hesaplayınız.



Şekil2.31

Cevap 2.17

Kapasitif reaktansı;

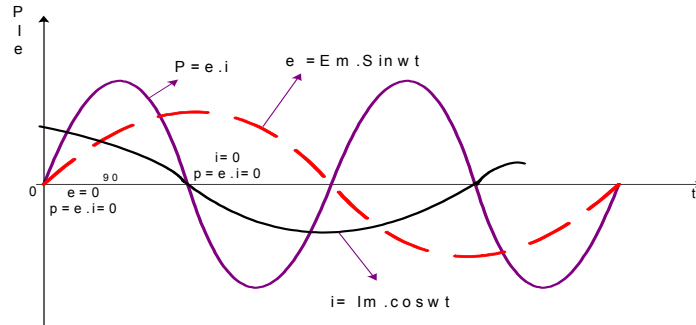
$$X_c = \frac{1}{2\pi f \cdot C} = \frac{10^6}{2\pi \cdot (10000 \text{ Hz}) \cdot 50} = 3,18 \text{ k}\Omega$$

Kaynaktan çekilen akım;

$$U = I \cdot X_c \quad \text{dan} \quad I = \frac{U}{X_c} = \frac{5 \text{ V}}{3,18 \text{ k}\Omega} = 1,57 \text{ mA}$$

Kapasitif Devrede Güç

Önceki konulardan biliniyor ki kapasitif devrede akımla gerilim arasında 90° faz farkı oluşmakta ve akım gerilimden 90° ileri fazdadır. Herhangi bir andaki kondansatörün harcadığı güç, o anda akım ile emk'in çarpımına eşittir. $p = i \cdot e$



Şekil2.32 Kapasitif devrede güç dalgaları

Şekil2.32 de görüldüğü gibi çeşitli anlardaki akım ve gerilim değerleri çarpılarak bulunan güçler işaretlenmek suretiyle gücün değişim eğrisi çizilebilir. Uygulanan emk'in ve akımın herhangi bir andaki değeri,

$$e = E_m \cdot \sin \omega t \quad \text{ve} \quad i = I_m \cdot \cos \omega t$$

bu değerler $p = e \cdot i$ formülünde yerlerine konulduğu takdirde gerilim ve akımın değerleri doğrultusunda ani güç formülü ortaya çıkar.

$$p = e \cdot i = E_m \cdot \sin \omega t \cdot I_m \cdot \cos \omega t = E_m \cdot I_m \cdot \sin \omega t \cdot \cos \omega t$$

$$\sin \omega t \cdot \cos \omega t = \frac{1}{2} \sin 2\omega t \quad \text{den} \quad p = \frac{1}{2} \cdot E_m \cdot I_m \cdot \sin 2\omega t$$

Gerilim ve akımın değerlerini efektif değer cinsinden yazıldığında kondansatör üzerinde harcanan güç bulunur.

$$p = \frac{E_m}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I_m}{\sqrt{2}} \cdot \sin 2\omega t \quad \frac{E_m}{\sqrt{2}} = E \quad \frac{I_m}{\sqrt{2}} = I$$

$$p = E \cdot I \cdot \sin 2\omega t$$

E: Uygulanan emk'in etkin değeri, Volt

I: Geçen akımın etkin değeri, amper

p: Herhangi bir andaki güç (ani güç), Vatt

Ani güç formülü incelendiğinde, gücünde sinüzoidal olarak değiştiği yalnız frekansının, gerilim veya akım frekansının, iki katı olduğu görülür.

Şekil2.32 deki güç eğrisinin, emk'in yarım periyodunda tam bir periyotluk değişmeye uğradığı yani 1 periyot çizdiği görülür. Yatay zaman ekseninin üstündeki güç eğrisi pozitif, alt kısmındaki de negatif gücü gösterir. Güç pozitif iken, kondansatör şebekeden güç çekerek levhalarında enerji depo eder. Güç negatif iken, kondansatör levhalarında depo ettiği enerjiyi şebekeye (kaynağa) geri verir.

Güç eğrisinin altında kalan alan depo edilen enerjiyi veya deşarjda geri verilen enerjiyi gösterir. Şekil2.31 de görüldüğü gibi, şarjda depo edilen enerji, deşarjda geri verilen enerjiye eşittir. Bu durumda ortalama güç sıfır olur.

Güç eğrisi de akımın iki katı frekansa sahip bir sinüs eğrisidir. Bir sinüs eğrisinin bir periyottaki ortalama değeri sıfırdır. Şu halde kapasitif bir devrede ortalama güç sıfırdır.

Kapasitif devrede, 90° faz farklı akım ile gerilimin çarpımına reaktif güç denir. Reaktif güç Q harfi ile ifade edilir. Birimi ise VAr tir.

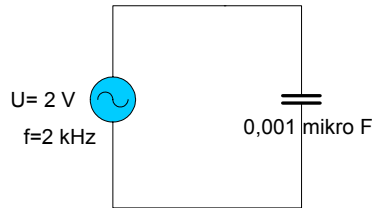
$$Q = E.I \text{ VAr}$$

Gerilim ve Kapasitif reaktans belli ise $Q = \frac{U_c^2}{X_c}$

Akım ve Kapasitif reaktans belli ise $Q = I_c^2 . X_c$

Örnek2.18

Şekil2.33 de alternatif gerilime bağlanan kondansatörün harcadığı gücü hesaplayınız.



Şekil2.33

Çözüm2.18

Kondansatör uçlarındaki gerilim belli, kapasitif reaktans bulunarak kondansatörün harcadığı güç bulunur.

$$X_c = \frac{1}{2\pi f . C} = \frac{1}{2\pi (2.10^3 \text{ Hz}) . (0.01.10^{-6} \text{ F})} = 7.96 \text{ k}\Omega$$

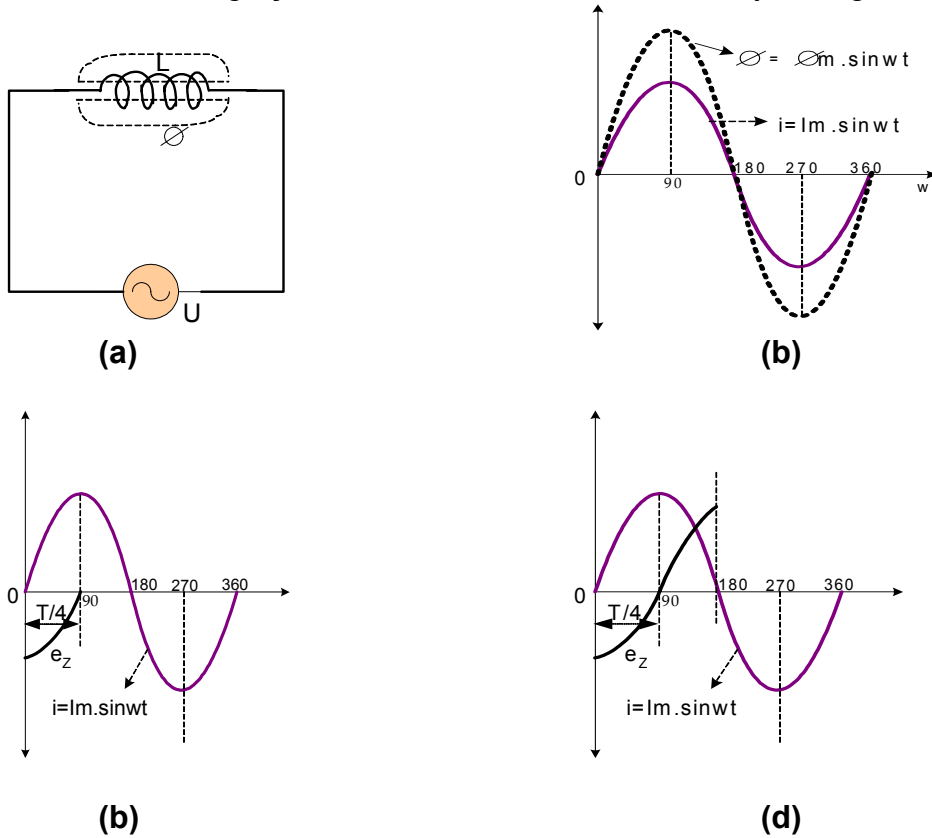
$$Q = \frac{U_c^2}{X_c} = \frac{(2V)^2}{7.96 \text{ k}\Omega} = 503.10^{-6} \text{ VAr} = 503 \mu \text{ VAr}$$

3.ENDÜKTİF DEVRE

ALTERNATİF AKIMDA BOBİN

Şekil2.34(a) da görüldüğü gibi saf bir özindükleme bobinin sinüzoidal alternatif bir gerilim uygulandığında şekil2.34(b) deki gibi bobinden sinüzoidal bir akım geçer. Bu akımın meydana getireceği ϕ manyetik akısı da sinüzoidal olarak değişir ve akımla aynı fazdadır.

Bobinden geçen akımın meydana getireceği sinüzoidal manyetik akı, bobinin kendi sarımlarını sardığı için, bobinde özindükleme emk meydana getirir.



Şekil2.34 Özindükleme bobinli A.A devresi

Bobinde indüklenen özindükleme emk'in nasıl değiştiğini sırayla incelemesi yapılırsa;

(1) Şekil2.34(c) de görüldüğü gibi, 0° ile 90° arasındaki yarım alternansı ele alalım. Akım sıfırdan başlayıp artarak $(+I_m)$ değerine, manyetik akı 0 dan

başlayarak ($+\phi_m$) değerine ulaşıyor. Bobinden geçen artan akımın meydana getirdiği artan ϕ akısının indüklendiği özindükleme emk'i Lenz kanununa göre, kendisini meydana getiren akının veya akımın değişimine mani olacak yöndedir. Akım pozitif yönde arttığı için özindükleme emk negatif olur.

Akımın değişim hızı $\Delta i/\Delta t$ veya manyetik kının değişim hızı $\Delta \Phi/\Delta t$, ilk başlangıçta yani 0° de (-) maksimum değerinden başlar, azalarak 90° de sıfır olur. Şekil2.34c de özindükleme emk'in değişim eğrisi görülmektedir.

$$e_z = -L \frac{di}{dt} \quad \text{veya} \quad e_z = -N \frac{d\Phi}{dt}$$

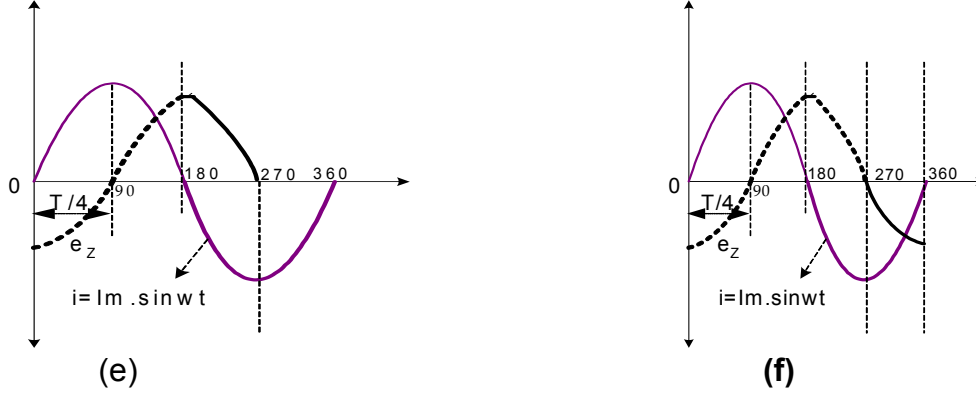
$0^\circ - 90^\circ$ arası T/4 periyotta, $\frac{di}{dt} \rightarrow (+)$ ve $\frac{d\Phi}{dt} \rightarrow (+)$ olduğu için formüllerden zıt emk'inin e_z negatif (-) olacağı anlaşılır.

(2) Şekil2.34(d) de görüldüğü gibi, 90° den sonra akım azalarak ($+I_m$) değerinden sıfıra düşer. 90° ile 180° arasında, pozitif yarım periyodun ikinci yarısında, akımın azalma hızı 90° de sıfır, 180° de ise maksimumdur. Akımın meydana getirdiği bobini saran manyetik akıda, 90° de (+) maksimum değerinden azalarak 180° de sıfıra düşer. Bobini saran manyetik akıdaki azalmanın inceleneceği özindükleme emk'i de sıfır, 180° de akımın değişim hızı di/dt maksimum olduğu için özindükleme emk'i de (+) maksimum olur. Şekil2.34(d) de özindükleme emk'in değişim eğrisi görülüyor.

(3) Şekil2.34(e) de görüldüğü gibi, 180° ile 270° arasında akım yön değiştirerek ($-I_m$) değerine doğru yükselecektir. 180° de akımın değişim hızı maksimum olduğu için özindükleme emk'i (zıt emk) maksimumdur. 270° de akımın değişim hızı sıfır olduğundan, özindükleme emk'i de sıfır olur. Akım arttığı için özindükleme emk'i de akıma ters yönde, akım negatif olduğundan özindükleme emk'i de pozitif yöndedir. Şekil2.34(e) de özindükleme emk'in $180^\circ - 270^\circ$ arasındaki değişim eğrisi görülüyor.

(4) Şekil2.34 (f) de görüldüğü gibi, 270° den sonra, akım negatif maksimum değerden azalarak 360° de sıfır değerini alır. Akım azaldığından özindükleme emk'i akımın azalmasına mani olabilmesi için akımla aynı yönde olur. Akım negatif olduğu için emk'de negatif olur. Akımın değişim hızı (di/dt) 270° de sıfır olduğundan özindükleme emk'i de sıfır olur. Akımın değişim hızı 360° de maksimum olduğu için özindükleme emk'i de maksimum değerini alır. Şekil2.34(f) de, 270° ile 360° arasında özindükleme emk'in değişim eğrisi görülüyor.

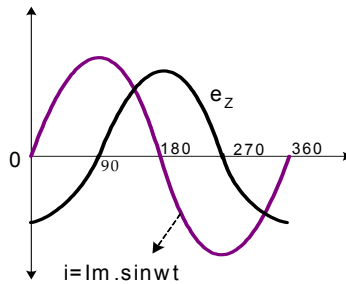
Şekil2.34 (c, d, e ve f) deki özindükleme emk'in değişimini gösteren eğrileri birleştirerek yeniden çizelim. Şekil2.35de çizilmiş hali görülmektedir.



Şekil2.34

Şekil2.35 deki özindükleme bobininden geçen akım ile özindükleme emk'in eğrileri incelendiğinde, özindükleme emk'in akımdan 90° geride olduğu görülür. Veya akım, özindükleme emk'inden 90° ileridedir.

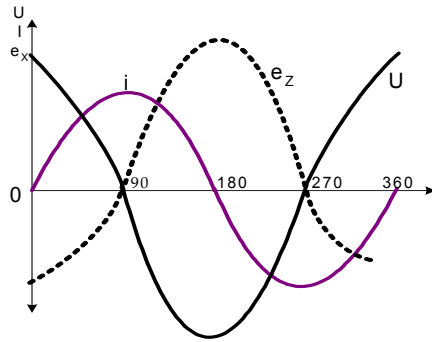
Şekil2.34 (a) da görüldüğü gibi, özindükleme bobinine sinüzoidal bir U emk'i uyguladık ve bobinden sinüzoidal bir akım geçti. Sinüzoidal akımın meydana getirdiği sinüzoidal manyetik akının etkisi ile bobinde bir özindükleme emk'i indüklendi. Şekil2.35 de görüldüğü gibi özindükleme emk'i akımdan 90° geridedir. Bobinden akımın geçmesine sebep olan U şebeke gerilimi ile özindükleme emk'i arasında 180° faz farkı vardır. Başka bir deyişle, özindükleme emk'i şebeke gerilimine zıttır. Bundan dolayı özindükleme emk'ine zıt emk da denir. Özindükleme emk, bobine uygulanan gerilime eşittir.



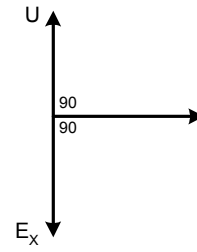
Şekil2.35 Özindükleme bobininden geçen akımın ve zıt emk'in değişim eğrisi

Şekil5.16 daki özindükleme emk'in değişim eğrisine 180° faz farklı olarak çizilecek sinüzoidal bir eğri, bobine uygulanan alternatif gerilimin değişim eğrisi olacaktır.

Şekil2.36 da, özindükleme bobininden geçen akımın, bobine uygulanan gerilimden 90° geride olduğu görülür. Şu halde, bir özindükleme bobininden geçen akı, uygulanan gerilimden 90° geri kalır.



(a) Self bobinin u, i ve e eğrileri



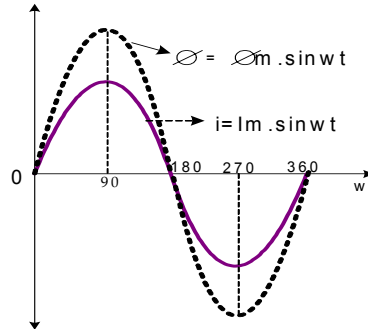
(b) vektör diyagramı

Şekil2.36

Alternatif Akımda Özindükleme EMK'in Hesaplanması

Bir özindükleme bobininden geçen sinüzoidal akımın meydana getirdiği sinüzoidal manyetik akı bobin iletkenlerini sardığı için bobinde, kendisinden (akıdan veya akımdan) 90° geride özindükleme emk'ini indüklediğini biliyoruz.

Şekil2.37 de, self bobinden geçen sinüzoidal akımın ve akımın değişim eğrileri görülüyor.



Şekil2.37

Özindükleme emk'in ortalama değeri, $E_{or} = \frac{N \cdot \Delta \Phi}{\Delta t} = L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$ formülleri ile bulunur. Şekil 2.37de, 0 ile 90 arasında akımın değişimi $\Delta I = (I_m - 0) = I_m$ dır.

0 ile 90 arasında geçen zaman $\Delta t = T/4$ yani periyodun dörtte bir zamandır. ΔI ve Δt değerleri yukarıdaki formülde yerine konulursa;

$$E_{or} = L \frac{\Delta I}{\Delta t} = L \frac{I_m}{T/4} = 4L \frac{I_m}{T}$$

Alternatif akımın frekansı f olduğuna göre $T=1/f$ dir.

$$E_{or} = 4L \cdot \frac{I_m}{1/f} = 4fLI_m$$

bulunur. Gerilimin ve akımın efektif değer cinsinden formülde yerlerine konulduğunda formül aşağıdaki şekilde düzenlenmiş olur.

$$E_{ef} = 2\pi \cdot f \cdot L \cdot I_{ef} = \omega \cdot LI$$

Örnek2.19

Endüktansı $L=4$ henri olan bir bobinde 50 Hz frekanslı 2 amperlik bir AA geçtiğinde, bobinde indüklenen özindükleme emk'ini bulunuz.

Çözüm2.19:

$$E = 2\pi f \cdot L \cdot I = 2\pi \cdot 50 \cdot 4 \cdot 2 = 800\pi = 2512 \text{ V}$$

Endüktif Reaktans

Özindükleme bobinine uygulanan emk, bobinden geçen alternatif akımın indüklediği özindükleme emk'ine eşit ve ters yöndedir. Şu halde, özindükleme emk'ini (zıt emk'ini) veren $E_{öz} = \omega \cdot L \cdot I$ formülü bize bobinin uçlarına uygulanan alternatif gerilimi (şebeke gerilimini) verir.

$$U = 2\pi \cdot f \cdot L \cdot I$$

$$U = \omega \cdot L \cdot I$$

U: Bobine uygulanan alternatif gerilimin efektif (etkin, rms) değeri, volt

ω : Alternatif akımın açısal hızı, Radyan/saniye

L: Endüktans, henri

I: Bobinden geçen akımın efektif değeri, amper

Yukarıdaki formülde gerilimi akıma bölündüğünde aşağıdaki ifade ortaya çıkar.

$$\frac{U}{I} = 2\pi f = \omega.L$$

Bobine uygulanan gerilimin bobinden geçen akıma oranı bize bobinin elektrik akımına karşı gösterdiği zorluğu (direnci) verir. Özindükleme bobinin içinden geçen akıma karşı gösterdiği zorluğa “endüktif reaktans” denir. Endüktif reaktans X_L harfi ile gösterilir. Birimi ohm’dur.

$$X_L = \omega.L \quad \text{veya} \quad X_L = 2.\pi.f.L$$

formülleri ile bulunur. Bir bobinin endüktif reaktansı, frekansla ve bobinin endüktansı ile doğru orantılıdır. Hava ve manyetik olmayan madde nüveli bir bobinin endüktansı sabit olduğu için reaktansı yalnız frekansla değişir. Reaktans bobine uygulanan U gerilimi ile değişmez.

Örnek2.20

Endüktansı 4 henri olan bir bobinin 25 Hz, 50 Hz ve 100 Hz frekanslarda alternatif akıma karşı gösterdiği zorluğu (endüktif reaktansı) hesaplayınız.

Çözüm2.20

25 Hz deki endüktif reaktansı;

$$X_c = 2.\pi.f.L = 2.\pi.25.4 = 628 \ \Omega$$

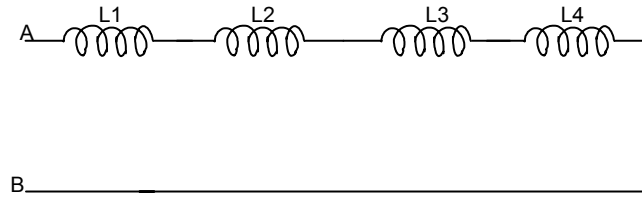
$$X_c = 2.\pi.f.L = 2.\pi.50.4 = 1256 \ \Omega$$

$$X_c = 2.\pi.f.L = 2.\pi.100.4 = 2512 \ \Omega$$

BOBİNLERİN BAĞLANTI ŞEKİLLERİ

Bobinlerin Seri Bağlanması

Bobinlerin değerlerini artırabilmek için birbirine seri bağlanır. Bobinler seri bağlandıklarında üzerlerinden geçen akım tüm elemanlarda aynıdır.

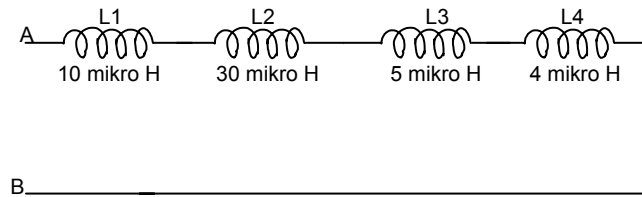
**Şekil2.38** Bobinlerin seri bağlantısı

Şekil2.38deki gibi n tane bobin seri bağlandıklarında bu bobinlerin eşdeğer(toplam) endüktansı, devredeki bobin endüktanslarının toplamına eşittir.

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n$$

Örnek2.21

Şekil2.39 üzerinde verilen bobin değerlerine göre bobinlerin toplam endüktansını ve 50 Hz deki endüktif reaktansını bulunuz.

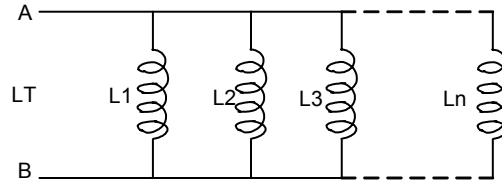
**Şekil2.39****Çözüm2.21:**

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 = 10\mu H + 30\mu H + 5\mu H + 4\mu H = 49\mu H = 49 \cdot 10^{-6} H$$

$$X_L = \omega L_T = 2\pi f L_T = 2\pi \cdot 50 \cdot (49 \cdot 10^{-6}) = 0.0153\Omega$$

Bobinlerin Paralel Bağlanması

Paralel bağlı bobinlerde akımlar kollara ayrılarak devrelerini tamamlarlar. Uçlarındaki gerilim, tüm paralel bağlı bobinlerde aynı değeri gösterir. Şekil2.40da görüldüğü gibi n tane bobin paralel bağlanmıştır.



Şekil2.40 Bobinlerin Paralel Bağlanması

n tane bobin paralel bağlandığında bunların tek bir bobin haline aldırılmasına toplam endüktans denir. Toplam endüktans formülü aşağıdaki gibi olur.

$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots + \frac{1}{L_n}$$

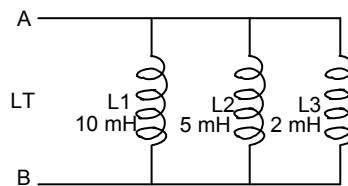
$$L_T = \frac{1}{\left(\frac{1}{L_1}\right) + \left(\frac{1}{L_2}\right) + \left(\frac{1}{L_3}\right) + \dots + \left(\frac{1}{L_n}\right)}$$

Genel formülü ortaya çıkar. Eğer sadece iki bobin paralel bağlandığında pratiklik açısından toplam endüktans aşağıdaki şekilde bulunabilir.

$$L_T = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}$$

Örnek2.22

Aşağıda Şekil2.41 üzerinde değerleri verilen bobinler paralel bağlandıklarına göre eşdeğer endüktansı ve 100 Hz deki endüktif reaktansını bulunuz.



Şekil2.41

Çözüm2.22:

$$L_T = \frac{1}{\left(\frac{1}{L_1}\right) + \left(\frac{1}{L_2}\right) + \left(\frac{1}{L_3}\right)} = \frac{1}{\left(\frac{1}{10mH}\right) + \left(\frac{1}{5mH}\right) + \left(\frac{1}{2mH}\right)} = \frac{1}{0,8mH} = 1,25mH$$

$$X_L = 2\pi f.L_T = 2\pi.100.(100.10^{-3}) = 62.8\Omega$$

Endüktif Devrede OHM Kanunu

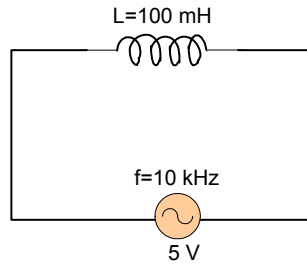
Alternatif akımda ohm kanunu DC de olduğu gibi akım gerilim ve direnç (endüktif reaktans) arasında aşağıdaki gibi bir bağıntı vardır.

$$I = \frac{U}{X_L} \quad X_L = \frac{U}{I} \quad U = I.X_L$$

Burada DC de değişen sadece direnç yerine endüktif reaktans (X_L) gelmektedir.

Örnek2.23

Şekil2.42 de görülen devrede bobinin kaynaktan çektiği akımı hesaplayınız.

**Şekil2.42****Çözüm2.23**

Birim dönüşümlerini yaparak çözüme başlanması gerekir.

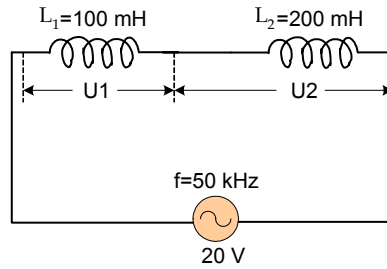
$$10 \text{ kHz} = 10.10^3 \text{ Hz ve } 100 \text{ mH} = 100.10^{-3} \text{ H}$$

$$X_L = 2\pi f.L = 2\pi(10.10^3 \text{ Hz}).(100.10^{-3}) = 6283\Omega$$

Ohm kanunundan, $I_{ef} = \frac{U}{X_L} = \frac{5V}{6283\Omega} = 796\mu A$

Örnek2.24

Şekil2.43 de görülen devrede bobinler seri bağlanmıştır. Bu elemanların uçlarına 20 V, 50 kHz'lik gerilim uygulandığına göre; toplam endüktansı, devrenin endüktif reaktansını, kaynaktan çekilen akımı ve bobin uçlarındaki gerilim düşümlerini bulunuz.



Şekil2.43

Çözüm2.24:

Toplam endüktans;

$$L_T = L_1 + L_2 = (100 \cdot 10^{-3} H) + (200 \cdot 10^{-3} H) = 300 \cdot 10^{-3} H = 300mH$$

Toplam endüktif reaktans;

$$X_{LT} = X_{L1} + X_{L2} = 2\pi f \cdot L_T = 2\pi \cdot (50 \cdot 10^3 Hz) \cdot (300 \cdot 10^{-3} H) = 94247\Omega = 94.24k\Omega$$

Kaynaktan çekilen akım, Ohm kanunundan faydalanılarak bulunur.

$$I = \frac{U}{X_{LT}} = \frac{20V}{94247\Omega} = 2.12 \cdot 10^{-4} A = 0.212mA$$

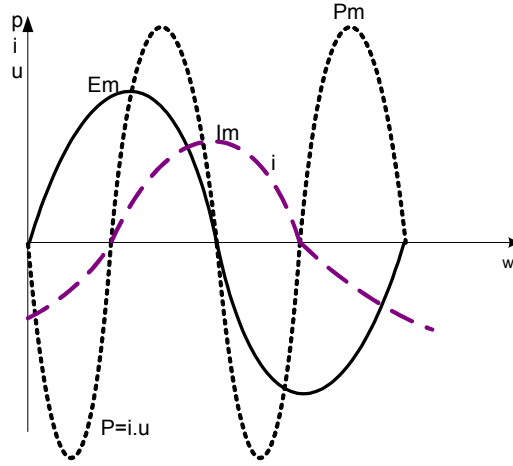
Bobin uçlarındaki gerilim düşümleri;

$$U_1 = I \cdot X_{L1} = I \cdot (2\pi f L_1) = (2.12 \cdot 10^{-4} A) \cdot (2\pi \cdot 50 \cdot 10^3 Hz \cdot 100 \cdot 10^{-3} H) = 6.66V$$

$$U_2 = I \cdot X_{L2} = I \cdot (2\pi f L_2) = (2.12 \cdot 10^{-4} A) \cdot (2\pi \cdot 50 \cdot 10^3 Hz \cdot 200 \cdot 10^{-3} H) = 13.33V$$

Endüktif Devrede Güç

Saf bir özindükleme bobininden geçen akımın, uygulanan emk'ten 90° geride olduğu biliyoruz. Herhangi bir andaki güç o andaki akım ile emk'in çarpımına eşittir. $p = e.i$ Şekil2.44 de görüldüğü gibi, değişik anlardaki akım ve gerilim eğrilerini çarparak bulunan ani güçleri işaretlemek sureti ile gücün değişim eğrisi çizilebilir.



Şekil2.44 Saf özindükleme bobininin güç eğrisi

Şekil2.44 deki şekilde de görüldüğü gibi akım ve gerilim değerlerinin etkin değerlerinin çarpımı ani gücü vereceğinden ani güç formülü ortaya çıkar.

$$p = E.I.\sin 2\omega t$$

Şekil2.44 deki güç eğrisi ve ani güç ortalama formülü incelendiğinde gücünde sinüzoidal olarak değiştiği, yalnız frekansının emk veya akım frekansının iki katı olduğu görülür. Güç, emk'in yarım periyodunda tam bir periyotluk değişmeye uğrar veya bir periyot çizer. Yatay zaman ekseninin üstündeki güç eğrisi pozitif, alt kısmındaki eğride negatif gücü gösterir. Güç pozitif iken özindükleme bobini şebekeden güç çekerek manyetik alan şeklinde depo eder. Güç negatif iken bobin manyetik alan şeklinde depo ettiği enerjiyi ve negatif güç eğrisi altında kalan da şebekeye geri verilen enerjiyi gösterir. Bu iki alan birbirine eşit olduğu için enerjiler de eşittir. Bu durumda ortalama güç sıfırdır. Bobinde aktif güç(P) ile isimlendirilen güç sıfırdır. Bobinde harcanan güç reaktif güçtür. Bu güç Q harfi ile ifade edilir ve birimi VAr dir.

$$Q = U.I \quad Q = \frac{U^2}{X_L} \quad Q = I^2.X_L$$

Örnek2.25

Efektif değeri 10V, frekansı 1 kHz olan alternatif akım uçlarına 10 mH bobin bağlanıyor. Bu elemanın harcadığı gücü bulunuz.

Çözüm2.25:

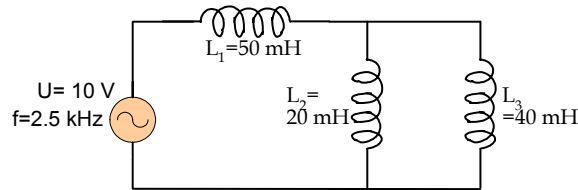
$$X_L = 2\pi f \cdot L = 2\pi \cdot (1 \cdot 10^3 \text{ Hz}) \cdot (10 \cdot 10^{-3} \text{ H}) = 62,8\Omega$$

$$I = \frac{U}{X_L} = \frac{10V}{62,8\Omega} = 159mA$$

$$Q = I^2 \cdot X_L = (159 \cdot 10^{-3} \text{ A}) \cdot 62,8\Omega = 1,59Var$$

Örnek2.26

Şekil2.45 de görülen devrede 50 mH bobinin harcadığı gücü bulunuz.

**Şekil2.45****Çözüm2.26**

gücün bulunabilmesi için bu eleman üzerinden geçen akımın bulunması gerekir. Bu akımda kaynaktan çekilen akıma eşit olduğu için devrenin eşdeğer endüktif reaktansı bulunarak çözüme ulaşılabilir.

$$X_{L1} = 2\pi f L_1 = 2\pi \cdot (2,5 \cdot 10^3 \text{ Hz}) \cdot (50 \cdot 10^{-3} \text{ H}) = 785,4\Omega$$

$$X_{L2} = 2\pi f L_2 = 2\pi \cdot (2,5 \cdot 10^3 \text{ Hz}) \cdot (20 \cdot 10^{-3} \text{ H}) = 314\Omega$$

$$X_{L3} = 2\pi f L_3 = 2\pi \cdot (2,5 \cdot 10^3 \text{ Hz}) \cdot (40 \cdot 10^{-3} \text{ H}) = 628\Omega$$

$$X_{LT} = X_{L1} + \frac{X_{L2} \cdot X_{L3}}{X_{L2} + X_{L3}} = 785 + \frac{314 \cdot 628}{314 + 628} = 994\Omega$$

$$I = \frac{U}{X_{LT}} = \frac{10V}{994\Omega} = 0,01A \quad Q = I^2 \cdot X_{L1} = (0,01A)^2 \cdot 785,4\Omega = 0,079Var$$