

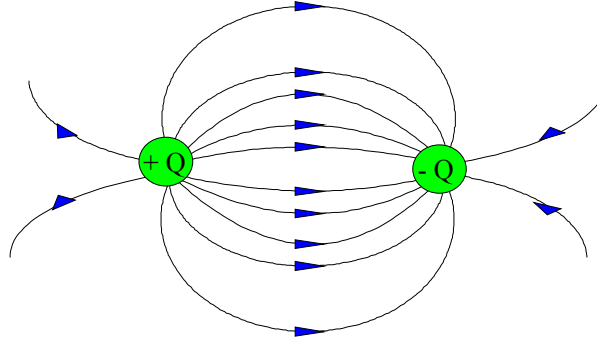
III.4.KONDANSATÖRLER, SIĞA, DİELEKTRİK

III.4.01. KONDANSATÖR, SIĞA

Yük depolayan sistemlerden olan kondansatörler çeşitli elektrik devrelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Örnek olarak kondansatörler; radyo alıcılarının frekans ayarlarında, otoların ateşleme sistemindeki kıvılcımları yok etmede, elektronik flaşlarda enerji depolamada ve güç kaynaklarında filtre olarak kullanılırlar.

Herhangi bir ortamda aralarında belli bir uzaklık bulunan üzerlerinde eşit ve zıt yükü olan iki iletkenin oluşturduğu sisteme geniş anlamda **kondansatör** denilmektedir. Bu iletkenlere şekillerine bakılmaksızın kondansatörün plakası denilmektedir (Şekil 0 1). Konunun daha rahat incelenmesi yönünden şimdilik iletkenlerin boşlukta olduğunu farz edeceğiz. Her iki iletkenin taşıdığı yük miktarı Q ve iletkenler arasındaki potansiyel farkı V ise kondansatör bu iki nicelikte tarif edilir. Bu durumda kondansatörün net yükü sıfır olup V potansiyelide iletkenler arasındaki potansiyel farkıdır. Şekil 01 de verilen kondansatörün plakalarını eşit ve zıt işaretli olarak

yüklemek teknik olarak oldukça kolaydır. Bu plakalar bir pilin iki kutbuna kısa süreli olarak bağlanarak bu elde edilir.



Şekil 0 1

Yapılan incelemelere göre bir kondansatörün üzerindeki yük ile potansiyel farkı doğru orantılıdır ve bu C orantı sabiti olmak üzere

$$Q = C V \quad (01)$$

bağıntısıyla verilir. C sabitine fizik anlamda, kondansatörün sığa'sı denilmektedir. Sığa, değeri her zaman pozitif olan fiziksel bir niceliktir. (0 1) amprik bağıntısından

$$C = \frac{V}{Q} \quad (02)$$

dır. S I birim sisteminde sığa birimi Farad ' dır ve 1 Farad = 1 Volt / 1 Coulomb olur. Kondansatörler teknolojiye ve fizikte çok kullanılan önemli düzeneklerdir. Sığa birimi Farad yerine onun alt katlarının kullanılması gerektiğinde

$$(1 \text{ mikro Farad}) \quad 1 \mu F = 10^{-6} F$$

$$(1 \text{ nano Farad}) \quad 1 n F = 10^{-9} F$$

$$(1 \text{ Piko Farad}) \quad 1 p F = 10^{-12} F$$

dır. Mikro , nano ve piko gibi alt kat belirleyen ekler hangi fiziksel büyüklüğün önüne gelirse onları yukarda gösterilen şekilde küçültürler, örnek olarak $1 \mu C = 10^{-6} C$, $1 \mu \text{ Amp.} = 10^{-6} \text{ Amp.}$ v.b gibi.

Kondansatörler, çeşitli kullanım amaçları için elektrik alanı üreten düzeneklerdir. Ayrıca kondansatörün plakaları arasında elektrik alanı içinde elektrik enerjisi depo edilir. Örnek olarak, fotoğraf makinalarının flaşları kondansatörlerinde biriken bu enerji vasıtasıyla çalışır. Bu bağlamda

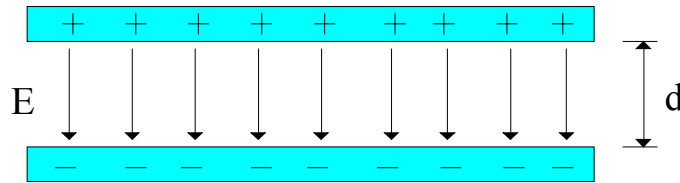
büyük boyutlu kondansatörlerin plakaları arasında biriktirilen enerjinin ani boşalmasından yararlanılarak, elektronların hızlarını ışık hızına yakın hızlandıran *elektron siklotron'u* "*synchrotron*" adı verilen cihazlar da teknolojiye kullanılmaktadır. Yaşadığımız ve gelecekteki yüzyıllar kondansatörsüz düşünülemez. Elektronikte ,teknolojide yararlandığımız elektronik cihazların hemen hemen hepsinde kondansatörler çokça kullanılırlar.

Kondansatörler , esas olarak hava veya başka bir dielektrik ortamla ayrılmış birbirlerine bakan yakın iki iletken levhadan oluşmuş bir düzeneştir. Genel olarak paralel düzlem levhalar, aynı eksenli silindirler veya aynı merkezli küreler biçiminde yapılırlar. Bu levhalar arasında ,bir pil,bir radyo anteni veya bir başka potansiyel kaynağı ile, bir potansiyel farkı oluşturulursa, levhalardan birisi artı diğeri de etkileşim ile eksi olarak yüklenir. Önce havalı bazı kondansatör tiplerini ele alıp inceleyeceğiz.

III.4.02. ÇEŞİTLİ KONDANSATÖRLER

A) PARELEL LEVHALI DÜZLEM KONDANSATÖR

Kondansatörlerin pratikte en tanınan şekli,plakaları aralarındaki uzaklık d olan , iki düzlem paralel iletken levhadan yapılmış olan tipidir (Şekil 0 2).



Şekil 0 2

Burada plakalar arasındaki uzaklık ,plakaların boyutlarına bakarak küçük ise,plakalar arasında düzgün bir elektrik alan oluşacaktır. Sığa 'nın hesabı için , plakalar arasındaki V potansiyel farkı ve plakalar üzerindeki Q yükü arasındaki ilişkiden yararlanılır. Plakalar arasındaki

potansiyel farkı, plakalar arasındaki E elektrik alan cinsindende belirtilebilir. Plakaların dışlarına doğru elektrik alan düzgünlüğünü kaybetmeye başlarsa da (Kenar etkisi) iç kısımlardaki alan tamamen düzgün olacaktır.

Plakalar arasından geçen bir Gauss yüzeyi düşünülür buraya Gauss yasası uygulanırsa vede elektrik alan şiddetiyle potansiyel arasındaki $V = E.d$ ilişkisinde düşünülürse sığa için,

$$\varepsilon_0 \phi = \varepsilon_0 E.S = Q \quad (03)$$

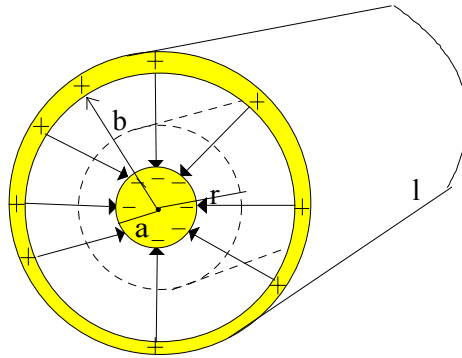
$$V = E.d$$

$$C = \frac{q}{V} = \frac{\varepsilon_0 E.S}{E.d} = \varepsilon_0 \frac{S}{d} \quad (04)$$

elde edilir.

B) SİLİNDİRİK KONDANSATÖR

Bir silindirik kondansatör ,yarıçapları a , b ve uzunlukları l olan aynı eksenli iki silindirden yapılmıştır (Şekil 03) . Kenar etkilerinin en aza indirilmesi amacıyla kondansatörün boyunun çok uzun olduğu ($l \gg b$) kabul edilmiştir .



Şekil 03

Şekil 03 'de gösterildiği gibi silindirin iki plakası arasında,noktalı çigiyle gösterilen r yarıçaplı ve uzunluğu l olan bir Gauss yüzeyi ele alalım. Gauss yasasından

$$\varepsilon_0 \int E dS = \varepsilon_0 E(2\pi r)l = .Q$$

$$E = \frac{Q}{2\pi\varepsilon_0 r l}$$

ve

$$V = + \int_a^b E \cdot dr = \int_a^b \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 l} \cdot \frac{dr}{r} = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 l} \ln \frac{b}{a}$$

olur. Buna göre silindirik kondansatörün sığası

$$C = \frac{Q}{V} = 2\pi l \epsilon_0 \left(\ln \frac{b}{a} \right)^{-1} \quad (05)$$

)

olur. Paralel levhalı kondansatörün sığası gibi bu bağıntıda sadece geometrik etkenlere bağlıdır.

C) AYNI MERKEZLİ KÜRESEL KONDANSATÖR

Önce yalıtılmış bir tek kürenin sığasını hesaplayalım. Kürenin yarıçapı a ve yükü $+Q$ ve potansiyeli V olsun: Bu durumda boşlukta veya havada kürenin sığası, Gauss yasasında kullanılarak

$$C = \frac{Q}{V} = 4\pi\epsilon_0 a \quad (06)$$

olarak bulunur. Bu şekilde bir kürenin sığasını hesapladıktan sonra, onun sığasını arttırmak amacıyla sadece onun hacminin arttırılmakla değil, daha kullanışlı bir yol olan onu diğer bir kürenin içine sokmakla mümkündür.

Bir küresel kondansatör, yarıçapları a ve b olan aynı merkezli iki küreden oluşmuştur. İç kürenin $+Q$ yüklü ve dış kürenin doğal olarak $-Q$ yüklü olduğunu düşünelim. Her bir kürenin kendisinin oluşturacağı potansiyellerden hareketle İç kürenin toplam potansiyelini yani küreler arasındaki potansiyel farkını hesaplarız. Burada $V_b = 0$ olacağına dikkat ediniz, buna göre küreler arasındaki potansiyel farkı

$$V_a - V_b = V_{ab} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{b-a}{ab} \right)$$

ve sığa da

$$C = \frac{Q}{V} = 4\pi\epsilon_0 \left(\frac{ab}{b-a} \right) \quad (07)$$

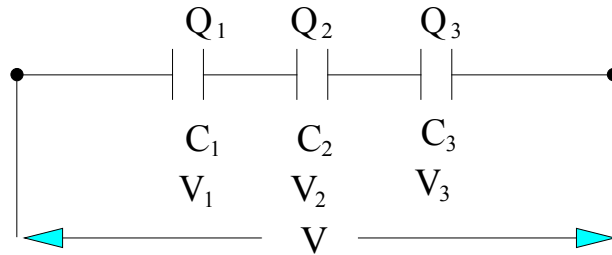
olur.

III.4.03. KONDANSATÖRLERİN SERİ VE PARALEL BAĞLANMASI

Elektrik ve elektronik devrelere kondansatörler seri ve paralel olarak bağlanırlar.

1) Seri Bağlama

İki veya daha fazla kondansatörün, eğer bunlar yüklü iseler, seri bağlanması için birinin eksi levhası diğerinin artı levhasına bağlanarak ve buna devam edilerek yapılır. Eğer kondansatörler yüksüz ise böyle bir gereksinim yoktur. (Şekil 04) 'de sığaları C_1 , C_2 ve C_3 olan üç kondansatör seri olarak bağlanmış ve uçlar arasına V potansiyel farkı uygulanmıştır.



Şekil 0 4

Böyle bir sistemin hepsine denk sığayı verecek olan *eşdeğer sığa* $sı$ aşağıdaki gibi bulunur. Her kondansatörün uçları arasındaki potansiyel farkları V_1 , V_2 ve V_3 olursa $Q = Q_1 = Q_2 = Q_3$ olacağından,

$$Q = C_1 V_1$$

$$Q = C_2 V_2$$

$$Q = C_3 V_3$$

ve

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

olduğundan, *eşdeğer sığa* C , $V = Q C$ bağıntısına göre

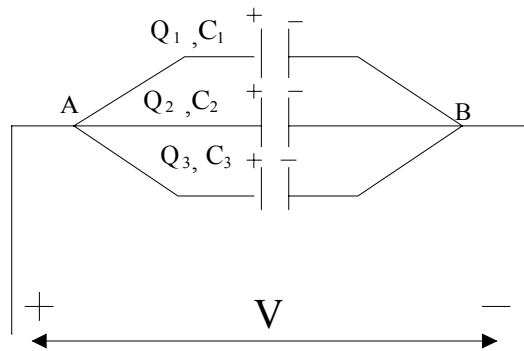
$$\frac{Q}{C} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \quad (08)$$

şeklinde elde edilir. Bağıntıdan da görüleceği gibi, *eşdeğer sığa* , *daima seri olarak bağlanan en küçük sığadan daha küçük olur.*

2) Paralel Bağlama

Kondansatörler yüksüz ise (Şekil 05) deki gibi olmak üzere eğer kondansatörler yüklü ise , iki veya daha çok kondansatörü paralel bağlamak için, hepsinin artı uçları bir noktaya eksi uçlarında diğer bir noktaya bağlanır (Şekil 05) .



Şekil 05

Şekilde sığaları C_1 , C_2 ve C_3 olan üç kondansatör paralel bağlanmış ve uçlarındaki potansiyel farkıda V dir. Buna göre sistemin *eşdeğer sığası*

$$V = V_1 = V_2 = V_3$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_1 = C_1 V \quad Q_2 = C_2 V \quad Q_3 = C_3 V$$

olduğundan ve *eşdeğer sığa* C ise $Q = C V$ olacağından

$$C V = C_1 V + C_2 V + C_3 V$$

ve

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \quad (09)$$

bulunur.

III.4.04. YÜKLÜ BİR KONDANSATÖRÜN ENERJİSİ BİR ELEKTRİK ALANDA DEPO EDİLEN ENERJİ

Bir kondansatörün levhaları yani uçları bir pilin veya üreticinin uçlarına bağlanır kondansatör doldurulur ve daha sonra bu levhalar bir iletken telle birleştirilirse, daha açık olarak kondansatör boşaltılırsa, çoğu zaman bir kıvılcım gözlenir ve bir patlama sesi duyulur ve tel ısınır. Böylece doldurulmuş bir kondansatörde enerji depo edildiğini anlamış oluruz. Fotoğraf makinalarının flaşlarındaki, flaş çaktığındaki sesi hatırlayınız.

Kondansatörlerdeki, yük miktarına göre depolanan enerjinin ne kadar olduğunu bilmek oldukça yararlıdır. Bu enerji, tam tamına kondansatörü doldurmak için, yani elektrik yükünü bir levhadan diğerine taşımak için, gerekli işe eşittir. Demek ki kondansatörü yüksüz, yani boş, halden yüklemek için dıştan bir enerjiye ihtiyaç vardır. Yükleme işlemine kondansatör boşken başlandığını ve sonra bir levhadan küçük bir pozitif dq yükünün alınıp diğer levhaya götürüldüğünü düşünelim. Bu işlemin nakledilen yük miktarının q olan bir anında plakalar arasındaki potansiyel farkı

$$V_{ab} = \frac{q}{C}$$

dir. Bu yük miktarının üzerine dq yükünü götürmek için gerekli dW işi

$$dW = V_{ab} dq = \frac{q}{C} dq$$

olacaktır. Levhaları yüklemek için yapılan toplam iş, yük miktarını sıfırdan Q değerine çıkarmak için yapılan işe eşit olur. Buna göre, toplam iş,

$$W = \int dW = \frac{1}{C} \int_0^Q q dq = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

$$V_{ab} = V = \frac{Q}{C}$$

olduğundan

$$W = U_p = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} QV \quad (10)$$

dır. *SI birim sistemine göre Q yükü Coulomb, C sı Farad ve V potansiyel farkı Volt olarak alındığında, kondansatörde depolanan enerjinin birimide Joule olacaktır.*

Son bağıntıda görülen enerjinin tamamı levhalar arasındaki elektrik alanda depo edilir. Paralel levhali kondansatörlerin uç noktalarındaki elektrik alanın saçaklanması ihmal edilirse, plakalar arasındaki her noktada elektrik alan aynıdır. Birim hacimdeki enerji veya enerji yoğunluğu u ,

$$u = \frac{U_p}{Sd} = \frac{\frac{1}{2} CV^2}{Sd}$$

ile verilir. Burada (S. d) plakalar arasındaki hacimdir. Düzlem kondansatörün sığası $C = \epsilon_0 S / d$ olduğuna göre

$$u = \frac{\epsilon_0}{2} \left(\frac{V}{d} \right)^2 \quad (11)$$

bulunur. Diğer taraftan $E = V / d$ olduğundan, enerji yoğunluğu

$$u = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 \quad (12)$$

olacaktır. Son bağıntı paralel plakalı kondansatörler için elde edilmesine rağmen genel bir ifadedir.

Eğer uzayın herhangi bir noktasında E elektrik alanı varsa, o noktada yoğunluğu $\frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$ olan bir enerji depolanmıştır.

III.4.05. KONDANSATÖR BAĞLANDIĞINDA YÜK BÖLÜŞÜMÜNDE KAYBOLAN ENERJİ

Farklı potansiyel farklarında bulunan iki kondansatör aynı yüklü levhaları birbirine bağlandığı zaman, yani paralel olarak bağlandıkları zaman, bu sistemin enerjisi, yük paylaşılmadan önceki kondansatörlerin ayrı ayrı enerjileri toplamından daha küçüktür. Bağlanma öncesi kondansatörlerin sığaları C_1, C_2 , yükleri Q_1, Q_2 ve potansiyel farkları V_1, V_2 ise bağlanma öncesi enerjileri toplamı

$$\frac{1}{2} Q_1 V_1 + \frac{1}{2} Q_2 V_2$$

dır. Bağlanma sonrası yükler ve potansiyel farkları sırasıyla Q_1', Q_2' ve V_1', V_2' ise, bağlandıktan sonraki kondansatörlerin enerjileri toplamı

$$\frac{1}{2} Q_1' V_1'^2 + \frac{1}{2} Q_2' V_2'^2$$

olacaktır. Kondansatörler paralel bağlanmadan önceki enerjileri bağlandıktan sonrakinden büyük olacağına göre toplamı

$$\frac{1}{2} Q_1 V_1^2 + \frac{1}{2} Q_2 V_2^2 > \frac{1}{2} Q_1' V_1'^2 + \frac{1}{2} Q_2' V_2'^2$$

bağıntısı yazılabilir. Hiç bir elektrik yükü kaybolmadığına göre, bağlanma öncesi yük toplamıda bağlanma sonrası yük toplamına eşit olacaktır. Bu da bağıntı olarak

$$Q_1 + Q_2 = Q_1' + Q_2'$$

şeklinde ifade edilir. Ayrıca bağlanma sonrası her kondansatörün uçları arasındaki potansiyel farkıda aynı olacaktır (Paralel bağlama).

Bu tür bağlanmada kaybolan enerji ΔW ,

$$\Delta W = W_0 - W_s$$

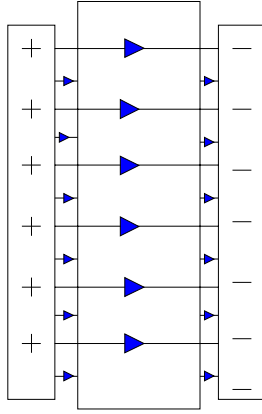
eşitliğinden elde edilir.

Bağlanma sonunda ki enerji kaybı, yük paylaşılması esnasında havada oluşan kıvılcım ve devrenin direncinde $I^2 R t$ ısı kaybı ve elektromanyetik dalgaların yayınlanması nedeniyle olur.

III.4.06. SIĞAYA ETKİ EDEN ETKENLER. DİELEKTRİK SABİTİ

Genel olarak, *bir elektrik alanı tarafından kutuplanabilen bir ortama DİELETRİK* adı verilir. Buradaki kutuplanabilme kavramı, elektrik alan içine konan maddenin moleküllerine ait elektrik dipol momentlerinin elektrik alanla aynı doğrultulu yönelmesini ifade etmektedir. Maddeyi oluşturan moleküllerin dipol momentleri ister olsun ister olmasın bir elektrik alan içine konulduklarında böyle bir momente geçici olarak sahip olabilirler ve bunlar kısmende olsa alanla paralel duruma geçerler. Bu nedenle paralel levhaları arasında boşluk bulunan kondansatörün plakaları arasındaki potansiyel farkı plakalar arasına dielektrik madde sokulduğunda azalır.

Levhalar arasına bir dielektrik levha sokulunca potansiyel farkında gözlenen bu azalma, levhalar arasındaki elektrik alan şiddetinde de bir azalmayı (çünkü $V = E d$ dir) ve neticede birim yüzey başına düşen yükteki azalmayı gösterir. Levhalardan hiç bir elektrik yükü kaçmadığına göre yüzey yük yoğunluğunun böyle bir azalması, ancak dielektrik levhanın iki yüzünde etki ile oluşan zıt işaretli yükler nedeniyle olabilir (Şekil 06) .



Şekil 06

Buradaki kutuplanma, önce elektrikçe nötr olan dielektrik cismin, elektrik alana sokulunca artı ve eksi yüklü bölgeler göstermesidir. Dielektrik levhada oluşan bu tesirlenen veya kutuplanma yükleri, önce alana zıt olan bir elektrik alan oluşturmalar ve levhalar arasındaki elektrik alanı azaltırlar.

Bir kondansatörün plakaları arasında boşluk veya hava varken sığası $C_0 = Q / V_0$ dır. Levhalar arasına bir dielektrik levha sokulduğunda sığası $C = Q / V$ olacaktır. Q sabit kaldığına göre ve de $V < V_0$ olduğu gözlemlendiği için, $C > C_0$ olacaktır. Burada C sığasının C_0 sığasına oranına dielektrik maddenin *dielektrik sabiti* (K) denir. Dielektrik sabiti bağıntı olarak

$$K = \frac{C}{C_0} = \frac{V_0}{V} \quad (13)$$

olur. (13) bağıntısından görüldüğü gibi K boyutsuzdur, V_0 ve V ölçülerek K tayin edilebilir. Ayrıca $V_0 > V$ olduğundan, $K > 1$ olduğunu anlarız. Dielektrik sabiti K olan bir ortamın elektriksel geçirgenliği (ortamın peritivities) ϵ ve boşluğun elektrik geçirgenliği ϵ_0 ise, ortamın *dielektrik sabiti*

$$\epsilon = K \epsilon_0$$

dır. K nın değeri boşluk için $K = 1$ dir. Norman koşullardaki hava için, K değeri çok duyarlı olmıyan hesaplamalarda $K = 1$ olarak alınabilir.

Bir paralel levhali kondansatörün boşlukta veya havada levhaları arasındaki elektrik alan şiddeti, potansiyel farkı V_0 ise,

$$E_o = \frac{V_o}{d} = \frac{\sigma}{\epsilon_o} \quad (14)$$

ile verilir. Kondansatörün levhaları arasında dielektrik madde varken, potansiyel farkı V ise elektrik alan şiddeti

$$E = \frac{V}{d} = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{\sigma}{K\epsilon_o} \quad (15)$$

olacaktır. (13) ve (14) bağıntılarından görüldüğü gibi, aynı paralel levhali kondansatörün levhaları arasına dielektrik madde konursa, bu durumdaki kondansatörün levhaları arasındaki elektrik alan şiddeti azalır. Daha açık olarak $E < E_o$ olur. Azalan bu elektrik alan şiddeti miktarı, $\Delta E = E_o - E$ araya konan dielektrik maddenin moleküllerinin, dielektrik maddenin yapısına göre ya önceden var olan dipol momentlerinin (polar moleküllü n-madde) alanla aynı doğrultulu sıraya girmesini veya sürekli dipol momenti olmayan (polar olmayan moleküllü madde) maddeyi indükleyerek yapay dipol momenti oluşturur ve bu oluşan dipol momentleri alanla aynı yönlü sıraya girmesini sağlar. Buna göre, dielektrik maddenin moleküllerinin bu tür sıraya dizinimleri nedeniyle elektrik alanda bir azalma meydana gelecektir.

Kondansatörlere etkileyen etkenler, iki levha arasındaki ortak S yüzeyine, levhalar arasındaki uzaklığa ve levhalar arasındaki ortama bağlıdır (boşluk, hava veya dielektrik ortam). (12)

bağıntısına göre, *Kondansatörün plakaları arasındaki uzaklık ve plaka yüzeyleri sabit kalmak üzere onun sını ve levhalar arasındaki potansiyel farkını arttırmak için, levhalar arasına dielektrik madde konulmalıdır.*

III.4.07. DİELEKTRİK DAYANIKLILIK

Herhangi bir kondansatörün plakaları arasındaki potansiyel farkı arttırılırsa, genelde plakalar arasındaki dielektrik içinde bir elektrik boşalması bir kıvılcım atlaması olacaktır. Bu boşalmanın oluşum mekanizması ve etkileri dielektrik maddenin cinsine bağlıdır. Dielektrik kağıt veya cam olursa yırtılacak veya kırılacaktır. Dielektrik yağ veya hava olursa bu etki geçici olacak boşalma kesilince dielektrik eski halini alacaktır. Böyle bir yalıtıcı dielektrik tabakanın dayanabileceği *maksimum potansiyel farkı* veya tutabileceği yükü, ele alınan maddenin kalınlığı ve dielektrik dayanıklılığı hakkındaki bilgileri kullanarak hesaplıyabiliriz.

Dielektrik sertlik (dayanıklılık) terimi ,dielektrik içinde bir elektrik boşalması olmadan önce, genel anlamda ne kadar büyük bir potansiyel farkının veya ne kadar kuvvetli bir elektrik alanının uygulanabileceğini göstermek amacıyla kullanılır. Dielektriği kalın olan kondansatörlerin dielektrik sertliği fazladır. Dielektrik sertlik, elektrik boşalması veya sızdırması olmadan önceki potansiyel veya elektrik alan şiddeti ($E = V / d$) ile ifade edilir. Bazı dielektrik maddelerin özellikleri Tablo III.1 de gösterilmiştir.

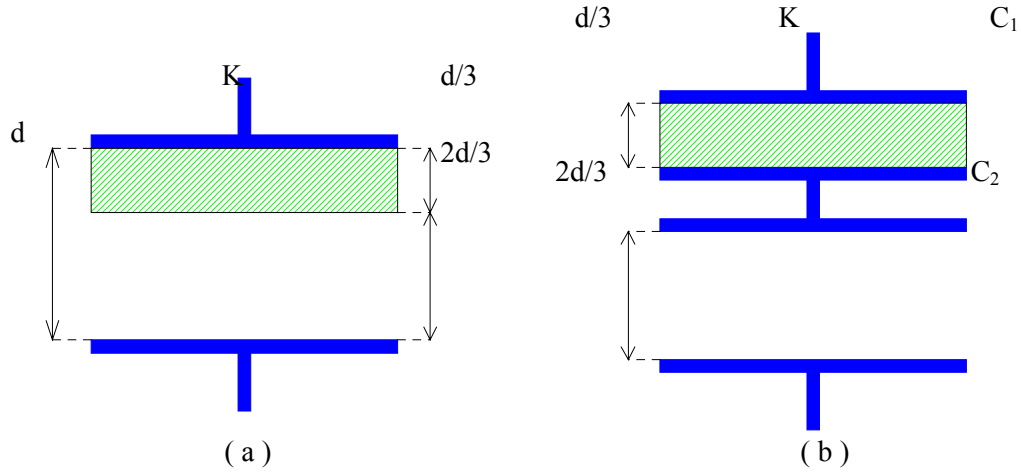
Tablo III.1 Bazı Dielektrik Maddelerin Özellikleri

madde	Dielektrik Sabiti	Dielektrik Sertliği (V/m)
Boşluk	1,00000	—
Kuru Hava	1,00059	3.10^6
Bakalit	4,9	24.10^6
Pyrex Cam	5,6	14.10^6
Teflon	2,1	60.10^6
Naylon	3,4	14.10^6
Su	80	—
Trafo Yağı	4,5	12.10^6
Porselen	6,5	4.10^6
Kağıt	3,5	14.10^6
Silikon Yağı	2,0	15.10^6

III.4.08. PARALEL PLAKALI KONDANSATÖR PLAKALARI ARASINA KONAN DİELEKTRİK VE METAL DİLİMİNİN ETKİSİ

DİELEKTRİK PLAKANIN ETKİSİ

Şekil 07.a daki gibi, boş durumdaki sığası C_0 olan paralel plakalı kondansatörün plakaları arasına



Şekil 07.a.b

dielektrik sabiti K , alanı S ve kalınlığı $d/3$ olan dielektrik madde dilimi konmuştur. Bu durumdaki kondansatörün sığasını bulmak için yeni kondansatörün durumu Şekil 07.b de görüldüğü gibi olur. Buna göre yeni sistem, biri plakaları arasındaki uzaklık $d/3$ (dielektrikle madde ile dolu) olan diğeri plakaları arasındaki uzaklık $2d/3$ olan iki paralel plakalı ve birbirine seri bağlı kondansatöre özdeş olur. Paralel plakalı kondansatörün sığasını veren bağıntıya göre

$$C_1 = \frac{K\epsilon_0 S}{d/3} \qquad C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{2d/3}$$

olacaktır. Kondansatörler seri bağlı olduğuna göre eşdeğer C sığası,

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{d/3}{K\epsilon_0 S} + \frac{2d/3}{\epsilon_0 S}$$

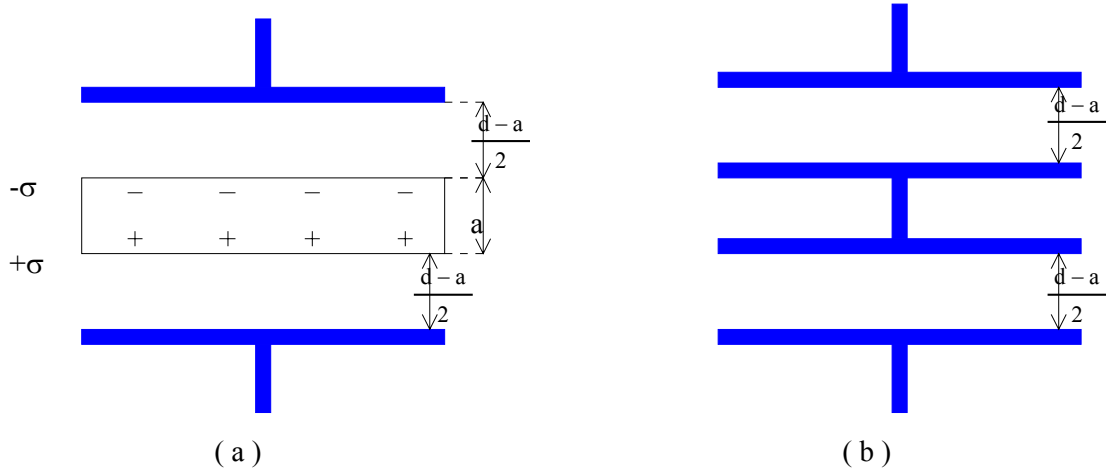
$$C = \left(\frac{3K}{2K+1} \right) \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

olarak elde edilir.

PLAKANIN ETKİSİ

Şekil 08.a daki gibi plakaları arasındaki uzaklık d olan kondansatörün plakaları arasına orta yere kalınlığı a ve alanı S olan yüksüz bir metal plaka konulsun. Bu durumdaki oluşan yeni kondansatör sistemi Şekil 08.b deki gibi seri bağlı bir sistem olacaktır. Kondansatörün plakaları yüklendiğinde metal dilim üzerinde eşit ve zıt bir yük indüklenmesi meydana gelecektir. Sonuçta plaka üzerindeki toplam yük sıfır ve dilim içindeki elektrik alanda sıfır olacaktır (Şekil 08.a). Böylece yeni kondansatör

sistemi Şekil 08.b de görüldüğü gibi her bir plaka arasındaki uzaklık $(d-a)/2$ olan seri bağlı iki kondansatör olacaktır.



Şekil 08.a.b

Buna göre yeni sistemin sığası,

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{\frac{\epsilon_0 S}{(d-a)/2}} + \frac{1}{\frac{\epsilon_0 S}{(d-a)/2}}$$

ve

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d-a}$$

olacaktır.

III.4. 09. ÖRNEK PROBLEMLER

1) 200 voltla yüklenmiş $1 \mu F$ 'lık bir kondansatör ile 100 voltla yüklenmiş $4 \mu F$ 'lık bir kondansatör, her birinin artı levhası diğerinin artı levhasına gelecek şekilde paralel olarak bağlanmıştır. a- her kondansatörün uçları arasındaki son potansiyel farkını, b - her kondansatörün son yükünü , c - bağlanma sonucu oluşan enerji kaybını bulunuz.

Çözüm : a - $1 \mu F$ 'lık kondansatörün ilk yükü $= V_1 C_1 = 200 \cdot 1 \cdot 10^{-6} = 200 \cdot 10^{-6} C$, $4 \mu F$ 'lık kondansatörünkü $= V_2 C_2 = 100 \cdot 4 \cdot 10^{-6} C$ ve toplam yük $(200 + 400) \cdot 10^{-6} C = 600 \cdot 10^{-6} C$.
dur.Bağlanma sonrası potansiyel farkı V olursa bağlı kondansatörlerin yükleri toplamı

$$C_1 V + C_2 V = 600 \cdot 10^{-6} C = \text{Toplam yük.}$$

olacağında $V = 600 \cdot 10^{-6} / 5 \cdot 10^{-6} = 120 \text{ Volt. olur.}$

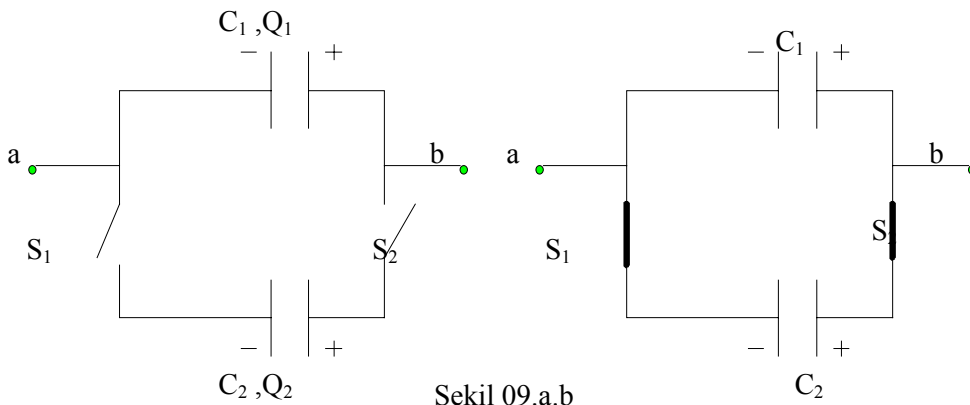
$$\text{b- } Q_1 = C_1 V = 1 \cdot 10^{-6} \cdot 120 = 120 \cdot 10^{-6} C, \quad Q_2 = C_2 V = 4 \cdot 10^{-6} \cdot 120 = 480 \cdot 10^{-6} C$$

$$\text{c - İlk enerji top.} = \frac{1}{2} C_1 V_1^2 + \frac{1}{2} C_2 V_2^2 = \frac{1}{2} 10^{-6} 200^2 + \frac{1}{2} 4 \cdot 10^{-6} 100^2 = 0,04 \text{ j}$$

$$\text{son enerji top} = \frac{1}{2} C_2 V^2 + \frac{1}{2} C_2 V^2 = \frac{1}{2} 10^{-6} 120^2 + \frac{1}{2} 4 \cdot 10^{-6} \cdot 120^2 = 0,036 \text{ j}$$

$$\text{Enerji kaybı} = 0,04 - 0,036 = 0,004 \text{ j}$$

2) $C_1 > C_2$ olan iki kondansatör aynı V_0 potansiyel farkı altında yükleniyorlar ve Şekil 13.a daki gibi plakaları birbirine bağlanıyor. Sonra Şekil 13.b deki gibi S_1 ve S_2 anahtarı kapatılıyor, bu durumda;
a) a ve b noktaları arasındaki potansiyel farkını, b) anahtar kapanmadan ve kapandıktan sonraki kondansatörlerde depolanan enerjiyi bulunuz.



Çözüm:

a) Anahtar kapanınca yükler yeniden düzenlenir;

$$Q = Q_1 + Q_2 = (C_1 + C_2)V_0$$

bu durumda iki kondansatör paralel bağlıdır ve böylece,

$$V = \frac{Q}{C_1 + C_2} = \frac{C_1 - C_2}{C_1 + C_2} V_0$$

bulunur.

b) anahtar kapanmadan önceki depolanan toplam enerji

$$U_i = \frac{1}{2} C_1 V_0^2 + \frac{1}{2} C_2 V_0^2 = \frac{1}{2} (C_1 + C_2) V_0^2$$

anahtar kapanınca depolanan toplam enerji

$$\begin{aligned} U_s &= \frac{1}{2} C_1 V^2 + \frac{1}{2} C_2 V^2 = \frac{1}{2} (C_1 + C_2) V^2 \\ &= \frac{1}{2} (C_1 + C_2) \left(\frac{C_1 - C_2}{C_1 + C_2} \right)^2 V_0^2 = \left(\frac{C_1 - C_2}{C_1 + C_2} \right)^2 U_i \end{aligned}$$

ve

$$\frac{U_s}{U_i} = \left(\frac{C_1 - C_2}{C_1 + C_2} \right)^2$$

bulunur. Buna göre son enerji ilk enerjiden azdır. Enerjinin korunumu yasasına göre kaybolan enerjinin bir kısmı bağlantı tellerinde ısı enerjisi olarak görülür. Diğer kısmı da elektromanyetik dalgalar biçiminde yayılır.

III.4.10. PROBLEMLER

1) 7 ve $5\mu\text{F}$.lık paralel bağı iki kondansatöre $6\mu\text{F}$.lık bir kondansatör seri olarak bağlanmış ve sistemin uçları arasına 150 V . luk bit potansiyel farkı uygulanmıştır. Sistemin eşdeğer sığasını, seri bağı kondansatörün yükünü ve paralel bağı kondansatörlerin uçları arasındaki potansiyel farkını bulunuz.

Cevap : $4\mu\text{F}$. $600\mu\text{C}$. 50 V .

2) Yerkürenin yarı çapının yaklaşık olarak 6400 km ve yaklaşık küre olduğunu farz ederek, onun sığasını bulunuz.

Cevap : $711\mu\text{F}$:

3) Paralel bağı 2 ve $4\mu\text{F}$:lık kondansatörlere $3\mu\text{F}$:lık kondansatör seri olarak bağlanmış ve sistemin uçlarına 12 V :luk potansiyel farkı uygulanmıştır. a- Eşdeğer sığayı : b - her kondansatörün uçları arasındaki potansiyel farkını . c - Her kondansatörün yükünü bulunuz:

Cevap : a - $2\mu\text{F}$: b - $Q_2 = 8\mu\text{C}$, $Q_3 = 24\mu\text{C}$, $Q_4 = 16\mu\text{C}$. c - $V_2 = 4\text{ V}$,
 $V_3 = 8\text{ V}$, $V_4 = 4\text{ V}$.

4) İç küresinin yarıçapı 1 m olan bir küresel kondansatörün sığasının $0,001\mu\text{F}$: olması için dış küresinin yarıçapı ne olmalıdır.

Cevap : $1,125\text{ m}$:

5) Seri bağı 3 ve $5\mu\text{F}$:lık kondansatörler bir batarya ile dolduruluyor ve $3\mu\text{F}$:lık kondansatörün uçları arasındaki potansiyel farkının 10 V olduğu gözleniyor. diğer kondansatörün uçları arasındaki potansiyel farkını bulunuz.

Cevap : 6 V :

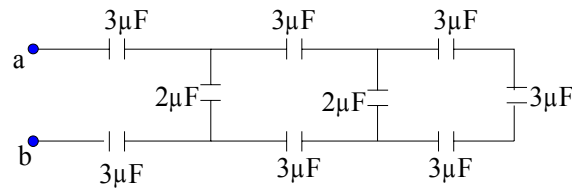
6) 200 V.la yüklenmiş $1\mu\text{F}$:lık bir kondansatörle 400 V .la yüklenmiş $2\mu\text{F}$.lık bir kondansatör, her birinin artı levhası diğerinin eksi levhasına gelecek şekilde bağlanmışlardır. a - Her kondansatörün son yükünü b - Her kondansatörün uçları arasındaki potansiyel farkını. c - bağlanma sonucu enerji kaybını hesaplayınız.

Cevap : a-) $Q_1 = 200\mu\text{F}$, $Q_2 = 400\mu\text{F}$, b-) $V = 200\text{ V}$, c-) $0,12\text{ Joule}$.

7) $5\mu\text{F}$ lık bir kondansatör ile sığası bilinmeyen bir kondansatör, bir bataryaya seri olarak bağlanıyor. $5\mu\text{F}$ lık kondansatörün yükü $30\mu\text{C}$ ve bilinmeyen kondansatörün uçları arasındaki potansiyel farkı 10 V olduğuna göre, a - Bilinmeyen kondansatörün sığasını b - bataryanın voltajını c - Her kondansatörde depolanan enerjiyi bulunuz.

Cevap : a - $3\mu\text{F}$, b - 16 V , c - $0,9 \cdot 10^{-4}\text{ Joule}$, $1,5 \cdot 10^{-4}\text{ Joule}$.

8) Şekil 10 ' deki , a- a ile b noktası arasındaki eşdeğer sığayı, b - $V_{ab} = 900\text{ V}$. olduğuna göre a ve b ye en yakın kondansatörlerin her birinin yükünü hesaplayınız.



Şekil 10

Cevap : a-) $1\mu\text{F}$, b-) $9 \cdot 10^{-4}\text{ C}$, c-) 100 V .

9) Sığası $0,1\mu\text{F}$ olan bir kondansatör 25 V 'a kadar yükleniyor ve sonra yükü, havalı ikinci bir kondansatörle paylaşınca potansiyel 15 V 'a düşüyor. Bu olay ikinci kondansatörün plakaları arasında bir dielektrik varken tekrarlanıyor ve son potansiyel farkı 8V oluyor. Bu dielektriğin K dielektrik katsayısını bulunuz.

Cevap : 3,2 .

10) Eşdeğer sığasının $3/7\mu\text{F}$ olması için her birinin sığası $1\mu\text{F}$: olan 5 kondansatör nasıl bağlanmalıdır ?

Cevap : 3 kondansatör paralel bağlanır diğer ikisi bunlara seri bağlanır.

11) Bir fotoğrafçı flaşlı resimler için $30\mu\text{F}$ lık bir sığa ve 3000V veren bir doldurucu kullanıyor. Her flaşın yükünü ve Joule cinsinden harcanan enerjiyi bulunuz.

Cevap : 9.10^{-2} C ve 1435 Joule.

12) 1000 V la yüklenmiş $20 \mu F$ lık bir kondansatör, 100 V la yüklenmiş $10 \mu F$ lık bir kondansatörle paralel olarak bağlanmıştır. a - Her kondansatörün bağlanmadan önceki enerjisini , b - Bağlandıktan sonraki ortak potansiyel ve toplam enerjiyi, c - Enerji kaybını bulunuz.

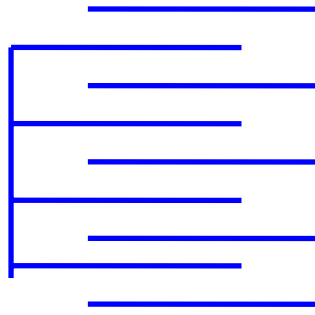
Cevap : a - 10 Joule , 0,05 Joule , - 0,02 C , 0,001 C ., b- 700 v., 7,35 Joule. , c- 2 , 70 Joule .

13) Havada veya boşlukta aralıkları 1 mm ve potansiyel farkı 1000 V olan yüklü paralel levhalı bir kondansatörün levhaları birbirini, birim yüzey başına, çekme kuvvetini hesaplayınız. (Yol gösterme: levhalar dx kadar uzaklaştırılırsa sığadaki değişim dC ve enerjideki artma dW olur, $dW=F \cdot dx$ olduğundan buradan çekme kuvveti bulunur.)

$$\text{Cevap : } dC = - \left(\epsilon_0 S / x^2 \right) dx \quad dW = - \frac{1}{2} \left(Q^2 / C^2 \right) \cdot dC$$

$$F = \frac{1}{2} QE = \frac{1}{2} S \epsilon_0 E^2 \quad \text{ve} \quad \frac{F}{S} = 4,42 \text{ N / m}^2$$

14) Şekil 11 deki gibi bir kondansatör iç içe geçmiş levhalardan yapılmıştır. Komşu plakalar arasındaki uzaklık 0,8mm ve bitişik plakaların toplam etki alanı 7 cm^2 dir. Kenar etkileri ihmal ederek bu kondansatör ünitesinin sığasını hesaplayınız



Şekil 11