

## 1 17. KONDANSATÖRLER ve DİELEKTRİKLER

- 17.1 Sığa
- 17.2 Kondansatörlerin Bağlanması
- 17.3 Dielektrikler



Daha iyi sonuç almak için, Adobe Reader programını **Tam Ekran** modunda çalıştırınız.

**Sayfa çevirmek/Aşağısını görmek** için, farenin sol/sağ tuşlarını veya PageUp/PageDown tuşlarını kullanınız.

## 17.1 SİĞA

Bir iletkenin yükü arttıkça potansiyeli de artar.

**Tanım:** Boşlukta veya yalıtkan bir ortamda, eşit ve zıt  $\pm Q$  yükleri taşıyan iki iletkenin oluşan sisteme **kondansatör** denir. ▼

Her tür kondansatör için, depolanan  $Q$  yükü uygulanan  $V$  potansiyel farkına orantılı olmaktadır:

$$Q = C V$$

$C$  orantı katsayısına **sığa** adı verilir.

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

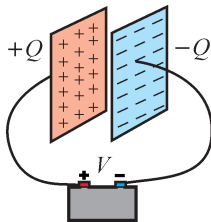
▼  
Sığa birimi: coulomb/volt (C/V) olup **farad** (F) adı verilmiştir.  
Farad birimi çok büyük olduğu için, pratikte askatları kullanılır:

$$1 \text{ nanofarad (nF)} = 10^{-9} \text{ F}$$

$$1 \text{ pikofarad (pF)} = 10^{-12} \text{ F}$$

## Düzlem Kondansatör

Birbirine paralel iki düzlem iletken levha.



Levhalar potansiyel farkı  $V$  olan bataryaya bağlandığında, üzerlerinde eşit ve zıt  $\pm Q$  yükleri toplanır. ▼

Levhaların boyutları  $d$  mesafesine göre çok büyük ise, sonsuz düzlem formülü kullanılabilir:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \text{sabit} \quad \blacktriangledown$$

Sabit elektrik alanda  $d$  mesafesinde potansiyel farkı hesaplanmıştı:

$$V = V_2 - V_1 = E d = \frac{\sigma d}{\epsilon_0} \quad \blacktriangledown$$

Levhanın yüzölçümü  $A$  ise:  $\sigma$  yüzey yük yoğunluğu  $\sigma = Q/A$ .

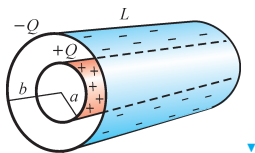
$$V = \frac{(Q/A) d}{\epsilon_0} \quad \longrightarrow \quad Q = \frac{\epsilon_0 A}{d} V \quad \blacktriangledown$$

Yük, potansiyel farkına orantılı çıktı. Sığa tanımıyla karşılaştırılırsa:

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d} \quad (\text{düzlem kondansatörün sığası})$$

## Silindirik Kondansatör

$L$  uzunlukta ve  $\pm Q$  yüklü eş-eksenli iki iletken silindir.



Silindirlerin  $L$  uzunluğu çok büyük ise, sonsuz silindirin elektrik alan formülü kullanılabilir:

$$E = \frac{2k\lambda}{r} \quad (\text{yük yoğunluğu } \lambda = Q/L) \quad \blacktriangledown$$

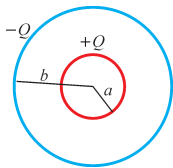
Potansiyel farkı elektrik alandan giderek hesaplanır:

$$V = |V_b - V_a| = \int_a^b E \, dr = 2k\lambda \int_a^b \frac{dr}{r} = 2k\lambda \ln \frac{b}{a}$$
$$V = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 L} \ln \frac{b}{a} \quad \longrightarrow \quad Q = \frac{2\pi\epsilon_0 L}{\ln(b/a)} V \quad \blacktriangledown$$

Yine, yük  $V$  ile orantılı. Buradan  $C$  sığası bulunur:

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0 L}{\ln(b/a)} \quad (\text{silindirik kondansatörün sığası})$$

## Küresel Kondansatör



Yarıçapları  $a$  ve  $b$ , yükleri  $\pm Q$  olan eş-merkezli iki iletken küre.

İki küre arasında ( $a < r < b$ ) elektrik alan:

$$E = \frac{kQ}{r^2} \quad \blacktriangledown$$

İki küre arasındaki potansiyel farkı hesaplanır:

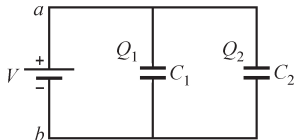
$$\begin{aligned} V &= |V_b - V_a| = \int_a^b E \, dr = kQ \int_a^b \frac{dr}{r^2} = kQ \left| -\frac{1}{r} \right|_a^b = kQ \left( -\frac{1}{b} + \frac{1}{a} \right) \\ &= \frac{kQ(b-a)}{ab} \quad \longrightarrow \quad Q = \frac{4\pi\epsilon_0 ab}{b-a} V \quad \blacktriangledown \end{aligned}$$

Yine yük  $V$  ile orantılı. Buradan sığa ifadesi bulunur:

$$C = \frac{4\pi\epsilon_0 ab}{b-a} \quad (\text{küresel kondansatörün sığası})$$

## 17.2 KONDANSATÖRLERİN BAĞLANMASI

### Paralel Bağlama



Sığaları  $C_1$  ve  $C_2$  olan iki kondansatör, aynı bir  $V$  potansiyel farkına bağlı ise **paralel bağlama**. ▼

$Q = CV$  bağıntısıyla yükler hesaplanır:

$$Q_1 = C_1 V$$

$$Q_2 = C_2 V$$
 ▼

$a$  ve  $b$  noktaları arasına öyle bir eşdeğer kondansatör koyalım ki, aynı potansiyel farkı altında aynı toplam yükü toplasın:

$$Q = C_{\text{eş}} V \quad \blacktriangledown$$

Buradaki  $Q$  yükü  $Q_1$  ve  $Q_2$  nin toplamı olacağından,

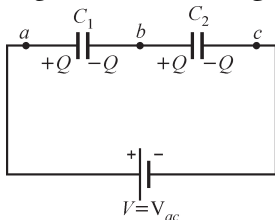
$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$C_{\text{eş}} V = C_1 V + C_2 V \quad \longrightarrow \quad C_{\text{eş}} = C_1 + C_2 \quad \blacktriangledown$$

$$C_{\text{eş}} = C_1 + C_2 + \cdots + C_N \quad (\text{Paralel bağlama})$$

## Seri Bağlama

Sıgaları  $C_1$  ve  $C_2$  olan iki kondansatör başka kola ayrılmadan peşpeşe bağlanmışsa, **seri bağlama**.



Kondansatörlerin bataryayı gören dış levhaları  $\pm Q$  yüklerini çekerler.

Aradaki levhalar da, karşısındaki yüklü levhanın tesiriyle,  $\mp Q$  ile yüklenirler. ▼

$a, b, c$  arasındaki potansiyel farkları için  $V = Q/C$  bağıntısı kullanılır:

$$V_{ac} = V_{ab} + V_{bc} = V_1 + V_2 = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} \quad \blacktriangledown$$

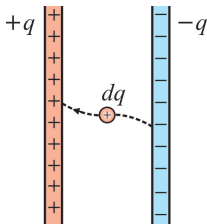
Eşdeğer kondansatör, aynı potansiyel farkı altında aynı yükü toplamalıdır:

$$V_{ac} = \frac{Q}{C_{eş}} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} \quad \blacktriangledown$$

$$\frac{1}{C_{eş}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \cdots + \frac{1}{C_N} \quad (\text{Seri bağlama})$$

## Bir Kondansatörün Enerjisi

Bir kondansatör sıfırdan itibaren  $Q$  yüküne getirebilmek için ne kadar iş yapılmışsa, enerjisi o kadar olur. ▼



Yükleme işlemini küçük  $dq$  yükleriyle yapalım. Herhangi bir aşamada levhalarda birikmiş yük  $q$  ise, potansiyel farkı  $V = q/C$  olur. İlave bir  $dq$  yükü daha taşımak için yapılan iş,

$$dW = dq V = dq \frac{q}{C} \quad ▼$$

Yükü son  $Q$  değerine getirmek için yapılan iş, integral olur:

$$W = U_Q - U_0 = \frac{1}{C} \int_0^Q q \, dq = \frac{1}{C} \left| \frac{q^2}{2} \right|_0^Q = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} \quad ▼$$

Yüksüz kondansatörün enerjisi sıfır potansiyelde seçilir:  $U_0 = 0$ . Ayrıca,  $Q = CV$  bağıntısı da kullanılırsa:

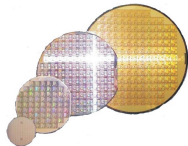
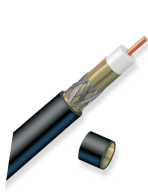
$$U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} QV \quad (\text{kondansatörün enerjisi})$$



## 17.3 DİELEKTRİKLER

Buraya kadarki incelemede, kondansatör levhaları arasında boşluk olduğu varsayıldı.

Teknolojide iletkenler arasında boşluk değil, yalıtkan maddeler kullanılır (kağıt, cam, plastik, yağ ...).



(Koaksiyal kablo, iletim hatlarında fincan, mikrodevrelerde silisyum gofretler) ▼

Yalıtkan maddeler elektrik alan içine konulduğunda, elektrik özelliklerini ortama uyumlu hale getirmeye çalışırlar.

Bu özelliklerini vurgulamak için **dielektrik** olarak da adlandırılırlar.

Deneyssel gözlemlere göre:

- $V$  potansiyel farkı sabit tutulan kondansatörün levhaları arasına dielektrik madde konulduğunda, daha fazla yük toplamaktadır.

O halde,  $Q = CV$  bağıntısına göre, **kondansatörün sığası artmaktadır.** ▼

- $Q$  yükü sabit tutulan kondansatörün levhaları arasına dielektrik madde konulduğunda, levhalar arasındaki  $V$  potansiyel farkı azalmaktadır.

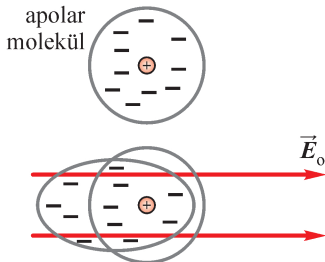
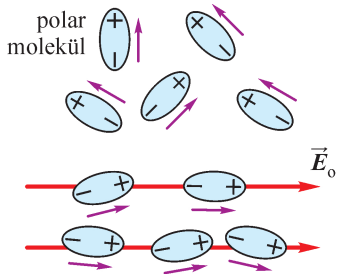
O halde,  $V = E d$  bağıntısına göre, **levhalar arasındaki elektrik alan azalmaktadır.** ▼

Dielektrik malzeme, kondansatörün özelliklerini nasıl değiştirebiliyor?

Bunu anlayabilmek için, dielektrik maddelerin atomik yapısına bakmak gerekir.

## Maddenin elektrik dipol yapısı

**Hatırlatma:** Aralarında  $a$  uzaklığı bulunan  $(\pm q)$  oluşan sisteme **elektrik dipol** denir.  $p = qa$  çarpımı **dipol momenti** olur. ▼



Bazı moleküllerin yapısında  $\pm$  yükleri üst üste çakışmaz ve elektrik dipol vardır ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_2$  ...)

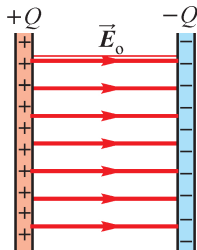
Bunlara **polar molekül** denir. Elektrik alan yokluğunda dahi kalıcı bir dipol momentleri vardır. ▼

Bazı moleküllerin normal halde dipol momentleri yoktur ( $\text{O}_2$ ,  $\text{CH}_4$  ...).

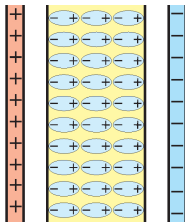
Fakat, bir dış elektrik alan içinde  $\pm$  yüklere etkiyen zıt kuvvetlerin etkisiyle, dipol moment kazanırlar.

Bunlara **apolar molekül** denir.

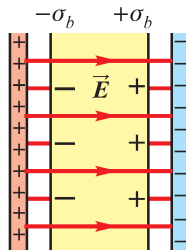
Her iki tür madde yüklü kondansatörün levhaları arasına konulduğunda:



(a)



(b)



(c)

Polar moleküller dönerek, apolar moleküller deforme olarak, dipol momentlerini elektrik alan yönünde hizaya getirmeye çalışırlar (Şekil b).

Elektrik alanın ortamdaki etkisini kısmen azaltırlar.

Böylece, levhalara bakan dielektrik yüzeylerde **indüklenmiş yüzey yükleri** ( $\pm\sigma_b$ ) oluşur (Şekil c).

Başlangıçta, levhaların  $\pm\sigma$  yüzey yük yoğunluğundan kaynaklanan elektrik alan:

$$E_0 = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \quad \blacktriangledown$$

Dielektrik madde konulduğunda, net  $\pm(\sigma - \sigma_b)$  yük yoğunluğundan kaynaklanan elektrik alan:

$$E = \frac{\sigma - \sigma_b}{\epsilon_0} = E_0 - \frac{\sigma_b}{\epsilon_0} \quad \blacktriangledown$$

Eğer dış elektrik alan fazla şiddetli değilse, indüklenen  $\sigma_b$  yüzey yükünün miktarı, ortamda oluşan  $E$  elektrik alanıyla orantılı olacaktır:

$$\frac{\sigma_b}{\epsilon_0} = \chi E$$

$\chi$  katsayısına dielektrik maddenin **elektrik duygunluğu** denir ( $\chi > 0$ ).  $\blacktriangledown$

$$E = E_0 - \frac{\sigma_b}{\epsilon_0} = E_0 - \chi E \quad \longrightarrow \quad E = \underbrace{\frac{E_0}{1 + \chi}}_K$$

(dielektrik sabiti)

	Dielektrik sabiti $K$
Boşluk	1
Hava	1.0006
Parafin	2.2
Kağıt	3.7
Cam	5
Porselen	6

**Dielektrik sabiti**  $K > 1$  olur. ▼

$E = E_0/K$  dan giderek, diğer nicelikler çıkarılır:

Boşluktaki potansiyel farkı  $V_0 = E_0 d$  ise,

$$V = E d = \frac{E_0}{K} d = \frac{E_0 d}{K} \quad \longrightarrow \quad V = \frac{V_0}{K} \quad \blacktriangledown$$

$C = Q/V$  tanımından dielektrik ortamdaki sığa bulunur:

$$C = K C_0 \quad (\text{Dielektrikli kondansatörün sığası}) \quad \blacktriangledown$$

Tüm bu bağıntılar, dielektrik ortamda  $\varepsilon_0$  geçirgenliğinin değişmesi şeklinde ifade edilebilirler:

$$\varepsilon = K \varepsilon_0$$

$\varepsilon$ : Ortamın **elektrik geçirgenliği**.

Böylece,  $\varepsilon_0$  yerine  $\varepsilon$  alınarak, tüm formüller geçerli olurlar.

## Dielektrik Sertlik

Dielektrik maddeye uygulanan elektrik alan çok büyük olduğunda, **iyonlaşan moleküller** ve **kopan elektronlar**, ortamı iletken hale getirirler ve bir **elektrik boşalması** gözlenir.

Bu yüksek akım ısıya dönüşür ve madde hasar görür.

Dielektrik ortamın iyonize olmadan dayanabileceği maksimum elektrik alan şiddetine **dielektrik sertlik** ( $E_{\max}$ ) denir. ▼



	dielektrik sertlik $E_{\max}$ ( $10^6$ V/m)
Boşluk	—
Hava	3
Parafin	10
Kağıt	15
Cam	14
Porselen	12

\* \* \* 17. Bölümün Sonu \* \* \*