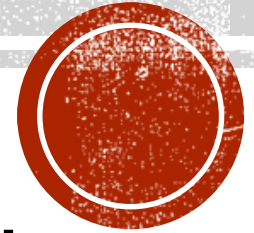


YÜKSEK GERİLİM TEKNIĞİ

Prof. Dr. Özcan KALENDERLİ



Statik Elektrik Alanı – Temel Elektrot Sistemleri
DÜZLEMSEL ELEKTROT SİSTEMİ

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ - 2022 BAHAR YARIYILI

Dersi veren öğretim üyesi:
Prof. Dr. Özcan Kalenderli



2021-2022 Bahar Yarıyılı

| | | | | | |
|--------------|------------|------------------------|------------------|-------------------------|-------------------|
| CRN 22843 | ELK 312 | Yüksek Gerilim Tekniği | Özcan Kalenderli | Perşembe 08:30/11:30 | Öğr. Sayısı 45 |
|--------------|------------|------------------------|------------------|-------------------------|-------------------|

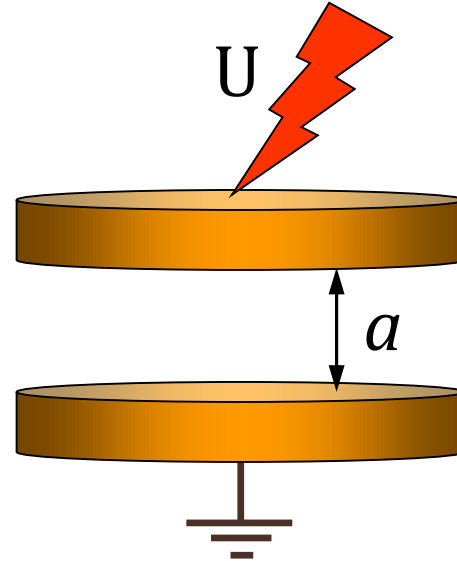
YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

DÜZLEMSEL ELEKTROT SİSTEMİ

BÖLÜM 1

Statik Elektrik Alanı ve Temel Elektrot Sistemleri:

DÜZLEMSEL ELEKTROT SİSTEMİ



YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ DÜZLEMSEL ELEKTROT SİSTEMİ

Giriş

Uygulamada pek çok durumda düzlemsel veya yaklaşık olarak düzlemsel sayılabilecek elektrot sistemleriyle sıkça karşılaşılır.

Düzlemsel elektrot sistemi, arasında elektriksel yalıtkan (dielektrik) bulunan, birbirine bakan yüzleri düzlem şeklinde olan ve birbirine paralel iki elektrottan oluşan temel ve basit bir elektrot sistemidir.



YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

DÜZLEMSEL ELEKTROT SİSTEMİ

Düzlemsel elektrot sistemi, elektrik alanı, elektrik akı yoğunluğu, potansiyel, kapasite gibi elektrot sistemlerindeki temel büyüklükleri ve hesapları açıklamak bakımından anlaşılması ve uygulanması en kolay elektrot sistemidir.

Yüksek gerilim kondansatörü ve elektrostatik yüksek gerilim ölçü aleti yapımında bu tür elektrot sistemleri öncelikle kullanılır.

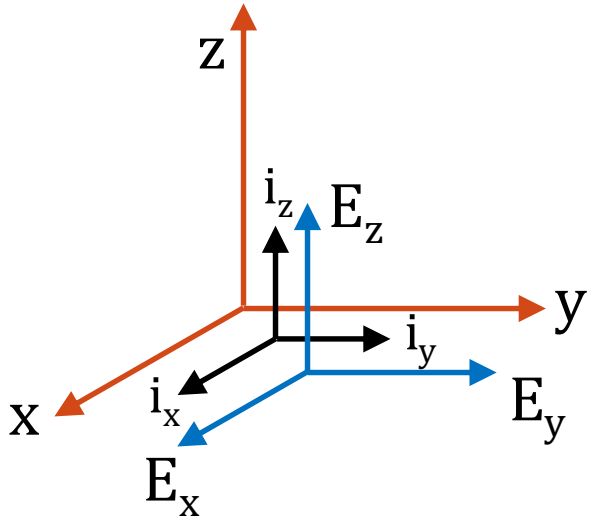
Çoğu durumda eğrilik yarıçapı, elektrot açıklığına göre çok büyük olan elektrot sistemlerini de yaklaşık olarak düzlemsel elektrot sistemi gibi incelemek, hesap kolaylığı ve kabul edilebilir doğrulukta bilgi elde etmeyi sağlar.

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

DÜZLEMSEL ELEKTROT SİSTEMİ

Paralel düzlemsel elektrot sisteminin analizi, koordinat değişkenlerinin x , y ve z olduğu kartezyen koordinat sisteminde kolaylıkla yapılabilir.

Bu sistemde, yüksek gerilimin uygulama alanı olarak genellikle tek değişken etkin olduğundan, elektrotların yerleşim biçimine göre potansiyelin ve elektrik alan şiddetinin x , y veya z 'den herhangi birine göre değişimi incelenir.



YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ DÜZLEMSEL ELEKTROT SİSTEMİ

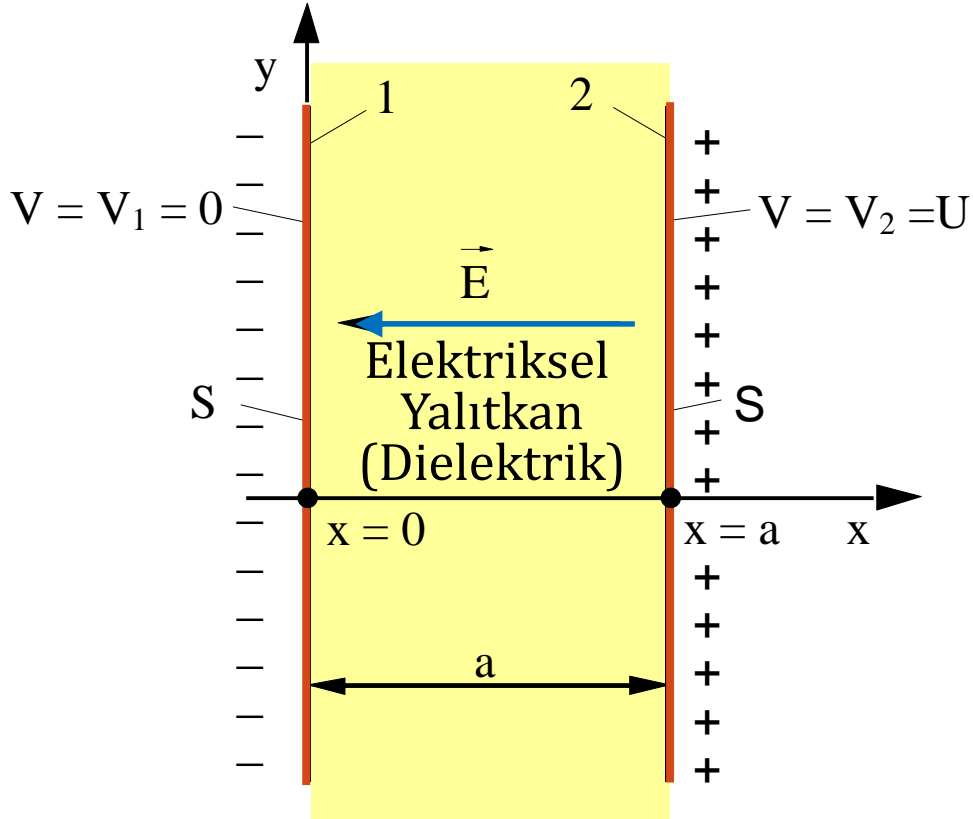
Paralel Düzlemsel Elektrot Sisteminin Elektriksel Potansiyeli ve Alanı

Kuramsal olarak arasındaki alanı tam düzgün olan bir paralel düzlemsel elektrot sisteminin elektrotları, kenar etkisinin olmaması için sonsuz geniş olmalıdır. Uygulamada böyle bir şey olanaklı olmadığı için sonlu genişlikte fakat kenar etkileri önlenmiş veya ihmal edilen elektrot sistemleri ile çalışılır.

Burada düzlemsel elektrot sistemi ile ilgili temel bilgiler kısaca verilirken elektrotların kenar etkisinin olmadığı varsayılmıştır.

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

DÜZLEMSEL ELEKTROT SİSTEMİ



Şekilde bir gerilim kaynağına bağlanmış, 1 ve 2 ile gösterilen düzlem elektrotların her birinin yüzey alanı S , elektrotlar arası açıklığı a ve elektrotlar arasına uygulanan gerilimi U olan, kenar etkisi olmayan paralel düzlemsel elektrot sistemi gösterilmiştir.

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

DÜZLEMSEL ELEKTROT SİSTEMİ

Burada V potansiyeli, y doğrultusunda sabit kalıp yalnızca x doğrultusunda değiştiğinden yani $V = V(x)$ olduğundan, kartezyen koordinat sisteminde **bir boyutlu Laplace denklemi**

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \cancel{\frac{\partial^2 V}{\partial y^2}} + \cancel{\frac{\partial^2 V}{\partial z^2}} = 0 \quad \rightarrow \quad \frac{d^2 V}{dx^2} = 0$$

ve **elektrik alan denklemi**

$$E = -\frac{dV}{dx}$$

olur.

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

DÜZLEMSEL ELEKTROT SİSTEMİ

Bir boyutlu Laplace denkleminin genel çözümü

$$\frac{d^2V}{dx^2} = 0 \quad \rightarrow \quad V = V(x) = A + Bx$$

olur. Genel çözümdeki A ve B sabitleri, problemin özel çözümü olarak, problemin sınır koşullarından bulunur.

Problemin **sınır koşulları**:

$$x = 0 \text{ için } V = V_1 = 0$$

$$x = a \text{ için } V = V_2 = U$$

şeklindedir. Bu sınır koşulları genel çözüm denkleminde yerlerine yazılıp çözülerek $A = 0$ ve $B = U/a$ bulunur.

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

DÜZLEMSEL ELEKTROT SİSTEMİ

Bulunan A ve B katsayıları genel potansiyel bağıntısında yerlerine yazılırsa **düzlemsel elektrot sistemi için potansiyel bağıntısı**

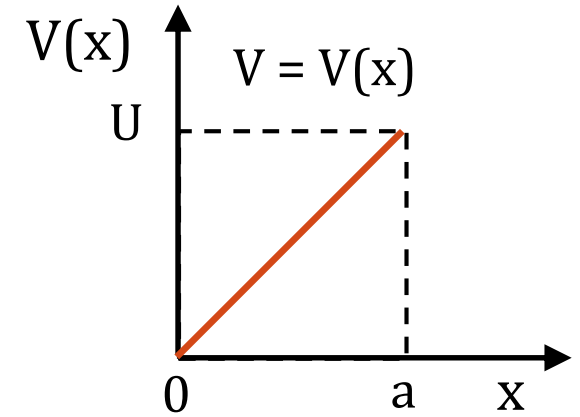
$$V = \frac{U}{a} x$$

ve **elektrik alan bağıntısı**

$$E = -\frac{dV}{dx}$$



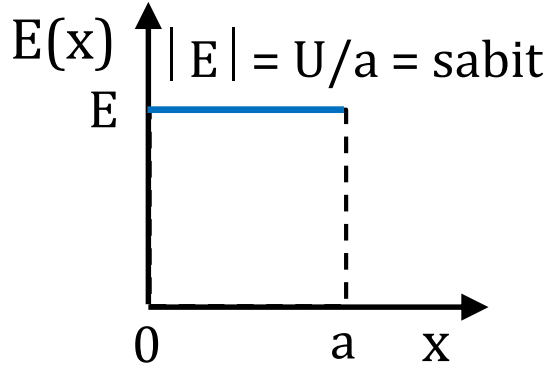
$$E = -\frac{U}{a} = \text{sabit}$$



olur. Bu denklemlerden görüldüğü gibi kenar etkisi olmayan paralel düzlemsel elektrot sisteminde V potansiyeli x ile doğrusal olarak değişir. E elektrik alanı ise x'e bağlı değildir.

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

DÜZLEMSEL ELEKTROT SİSTEMİ



U gerilimi ve a elektrot açıklığı sabit kaldığı sürece elektrik alanı, elektrot aralığının her noktasında aynı değere sahiptir.

Bu, **elektrik alanının düzgünlüğü** anlamına gelir.

Bu nedenle düzlemsel elektrot sisteminin elektrik alanı, **düzgün elektrik alanı** olarak adlandırılır.

Düzgün alan, **uniform** veya **homojen alan** olarak ta söylenmektedir.

$$E = -\frac{U}{a} = \text{sabit}$$

Elektrik alan denklemindeki **eksi işareti**, alan vektörü yönünün yüksek potansiyelden alçak potansiyele doğru olduğunu gösterir.

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

DÜZLEMSEL ELEKTROT SİSTEMİ

Elektriksel zorlanma olarak ta söylenen elektrik alanının mutlak değeri, düzlemsel elektrot sistemi için

$$|E| = \left| -\frac{U}{a} \right| = \frac{U}{a} = \text{sabit}$$

olur.

Düzlemsel elektrot sisteminde, düzlemsel simetriden dolayı elektrik akı yoğunluğuna bağlı olarak biriken elektriksel yük

$$\oint \vec{D} \cdot d\vec{S} = Q \quad \rightarrow \quad Q = D \cdot S$$

olur.

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

DÜZLEMSEL ELEKTROT SİSTEMİ

$Q = D \cdot S$ denkleminde elektrik akı yoğunluğu için $D = \varepsilon E$ yazılırsa E elektrik alanı için

$$E = \frac{Q}{\varepsilon \cdot S}$$

denklemini yazılabilir. Düzlemsel elektrot sisteminde gerilim bağıntısı

$$U = \int_1^2 \vec{E} \cdot d\vec{s} \quad \rightarrow \quad U = E/a$$

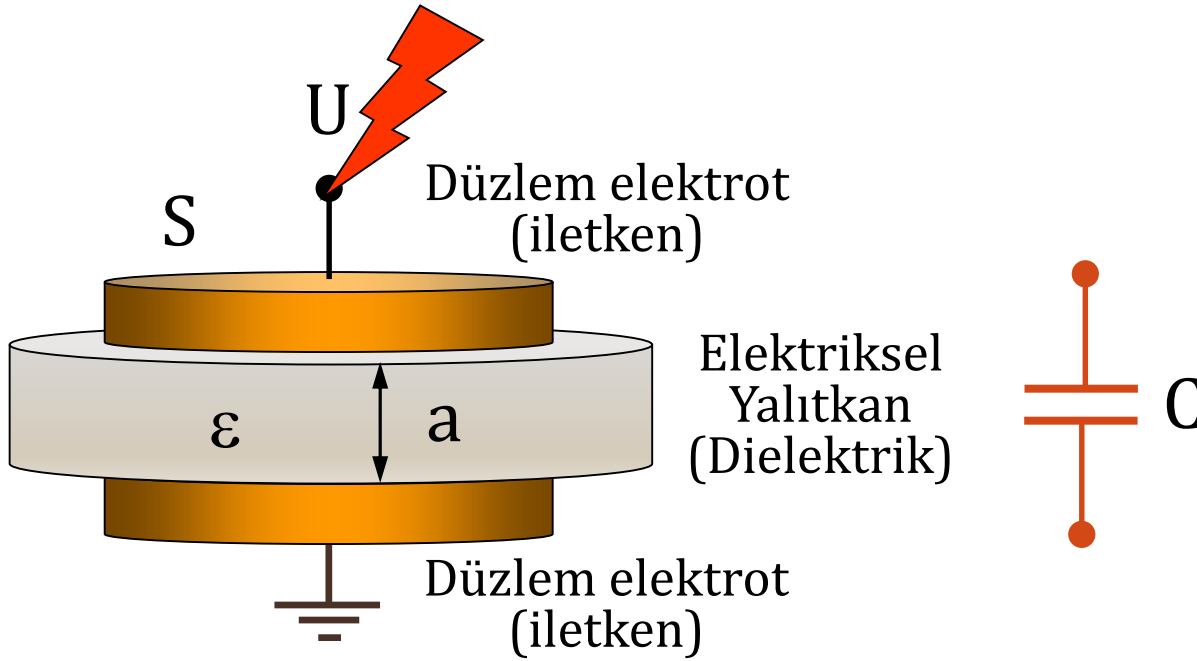
olur.

Buraya kadar olan bağıntılarda kullanılan **büyükliklerin birimleri**: Potansiyel V [V]; gerilim U [V]; elektrot açıklığı a [m]; elektrik alan şiddeti E [V/m]; elektrot yüzey alanı S [m²]; elektrik yükü Q [C]; elektrik akı yoğunluğu D [C/m²] ve dielektrik sabiti ε [F/m]'dir.

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

DÜZLEMSEL ELEKTROT SİSTEMİ

Düzlemsel Elektrot Sisteminin Kapasitesi



$$C = \frac{Q}{U} = \frac{\epsilon \cdot S}{a} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{a}$$

bağıntısıyla hesaplanır.
Kapasite birimi: Farad (F)

Kapasitesi C olan
Düzlemsel kondansatör

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

DÜZLEMSEL ELEKTROT SİSTEMİ

$$C = \frac{\varepsilon \cdot S}{a} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r S}{a}$$

Burada

S: m² cinsinden bir düzlem elektrodun **etkin yüzey alanı** yani düzlem elektrotların birbirini gören yüzey bölümünün alanı;

a: metre cinsinden **elektrot açıklığı** veya elektrotlar arasındaki **yalıtkanın kalınlığı**;

$\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r$: yalıtkanın **dielektrik katsayısıdır**.

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

DÜZLEMSEL ELEKTROT SİSTEMİ

$$C = \frac{\epsilon \cdot S}{a} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{a}$$

$\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$: yalıtkanın **dielektrik katsayısı** (ϵ değeri genelde elektrik alanı ile veya konumla değişmediği için dielektrik katsayısı yerine **dielektrik sabiti** olarak söylenir);

$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12}$ F/m cinsinden **boşluğun** (vakumun) **dielektrik sabiti**,

$\epsilon_r = \epsilon / \epsilon_0$: elektrotlar arasındaki gaz, sıvı veya katı yalıtkanın **bağıl dielektrik katsayısı** veya **bağıl dielektrik sabitidir**.

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ DÜZLEMSEL ELEKTROT SİSTEMİ

Düzlemsel Elektrot Sisteminde Elektriksel Zorlanma ve Delinme

Bir elektrot sisteminde elektriksel zorlanma E , yalıtkan maddenin E_d **delinme dayanımına** (delinme elektrik alan şiddetine) eşit veya büyük

$$\boxed{E \geq E_d} \text{ Elektriksel Boşalma (Delinme) Koşulu}$$

olduğunda, elektrotlar arasında, yalıtkan içinde elektriksel boşalma olayları başlar.

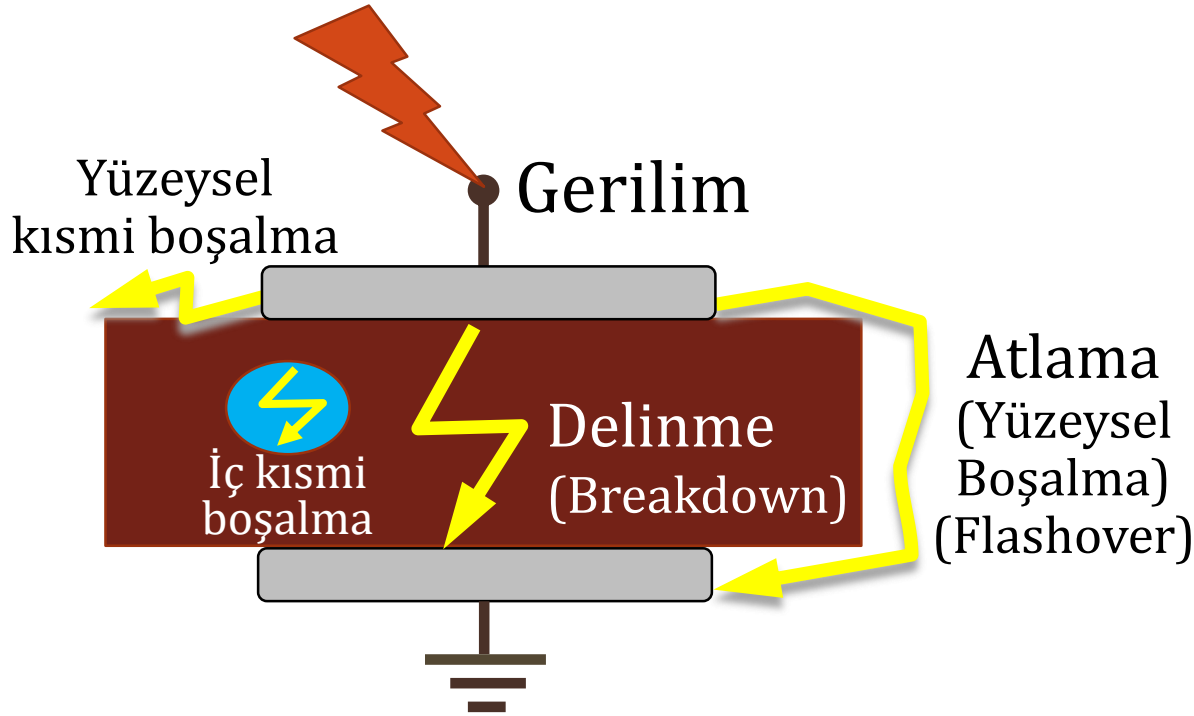
$E \geq E_d$ koşuluna, elektriksel boşalma veya çoğunlukla **delinme koşulu** denir.



YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

DÜZLEMSEL ELEKTROT SİSTEMİ

Düzlemsel elektrot sisteminde boşalma türleri



U: Gerilim



U_d : **Delinme gerilimi** $U_d = E_d \cdot a$

E: Elektrik alan şiddeti ($E = U/a$)



E_d : Delinme elektrik alan şiddeti
(**Delinme dayanımı**) $E_d = U_d/a$

U_d [kV], a [cm] $\Rightarrow E_d$ [kV/cm]

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ DÜZLEMSEL ELEKTROT SİSTEMİ

Düzlemsel elektrot sistemi düzgün alanlı bir elektrot sistemi olduğundan, delinme koşulu alanın her noktasında aynı anda sağlanır.

Düzlemsel elektrot sisteminde, düzgün alanda boşalma, elektrot aralığının her noktasında, aynı anda ve tam delinme şeklinde gerçekleşir.

Düzgün alanda, az düzgün veya düzgün olmayan alandakinden farklı olarak, boşalmanın başladığı U_0 boşalma başlangıç gerilimi ile tam delinmenin meydana geldiği U_d delinme gerilimi birbirine eşittir.



YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

DÜZLEMSEL ELEKTROT SİSTEMİ



Örnek 1:

Bir düzlemsel elektrot sisteminde elektrot açıklığı $a = 2 \text{ mm}$, elektrot yüzey alanı $S = 4 \text{ cm}^2$, $\epsilon_r = 1$ (hava) ve uygulanan gerilim $U = 5 \text{ kV}$ olduğuna göre,

- a) Sistemin kapasitesini,
- b) Elektriksel yükünü,
- c) Elektrik alan şiddetini,
- d) Elektriksel akı yoğunluğunu,
- e) Yüzeysel yük yoğunluğunu ve
- f) Elektrotlar arasındaki yalıtkanın delinme dayanımı 30 kV/cm olduğuna göre sisteme uygulanabilecek maksimum gerilimi bulunuz ($\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$).

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

DÜZLEMSEL ELEKTROT SİSTEMİ

Yanıt 1:

a) Düzlemsel elektrot sisteminin kapasitesi:

$$C = \frac{\epsilon \cdot S}{a} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{a} = \frac{8,854 \cdot 10^{-12} \cdot 1 \cdot 4 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 10^{-3}} = 1,7708 \cdot 10^{-12} \text{ F} = 1,7708 \text{ pF}$$

b) Düzlemsel elektrot sisteminde depolanan elektriksel yük:

$$Q = C \cdot U = 1,7708 \cdot 10^{-12} \cdot 5 \cdot 10^3 = 8,854 \cdot 10^{-9} \text{ C} = 8,854 \text{ nC}$$

c) Elektrik alan şiddeti:

$$E = \frac{U}{a} = \frac{5 \text{ kV}}{2 \cdot 10^{-1} \text{ cm}} = 25 \text{ kV/cm} = 2500 \text{ kV/m}$$

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

DÜZLEMSEL ELEKTROT SİSTEMİ

d) Elektriksel akı yoğunluğu D

$$D = \varepsilon \cdot E = \varepsilon_0 \varepsilon_r E = 8,854 \cdot 10^{-12} \cdot 1 \cdot 25 \cdot 10^5 = 2,2135 \cdot 10^{-5} \text{ C/m}^2$$

e) Yüzeysel yük yoğunluğu σ

$$\sigma = \frac{Q}{S} = \frac{8,854 \cdot 10^{-9}}{4 \cdot 10^{-4}} = 2,2135 \cdot 10^{-5} \text{ C / m}^2$$

f) Delinme dayanımı $E_d = 30 \text{ kV/cm}$ olduğuna göre $E_d = U_d/a$ bağıntısından delinme gerilimi

$$U_d = E_d \cdot a = 30 \text{ kV/cm} \cdot 2 \cdot 10^{-1} \text{ cm} = 6 \text{ kV}$$

bulunur. Bu duruma göre düzlemsel elektrot sistemine uygulanabilecek maksimum gerilim $U < U_d = 6 \text{ kV}$ olmalıdır.

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ DÜZLEMSEL ELEKTROT SİSTEMİ



Örnek 2:

Bir düzlemsel elektrot sisteminde elektrot açıklığı $a = 8 \text{ mm}$, elektrot yüzey alanı $S = 100 \text{ cm}^2$, aradaki yalıtkanın bağıl dielektrik sabiti $\epsilon_r = 4$ ve uygulanan gerilim $U = 24 \text{ kV}$ 'tur.

Bu sistemin

- a) Sistemin C kapasitesini,
- b) $X_C = 1/\omega C$ reaktansını ve
- c) Bu sistemden akacak akımı

hesaplayınız ($\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$, frekans = 50 Hz).

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

DÜZLEMSEL ELEKTROT SİSTEMİ

Yanıt 2:

a) Düzlemsel elektrot sisteminin kapasitesi:

$$C = \frac{\epsilon \cdot S}{a} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{a} = \frac{8,854 \cdot 10^{-12} \cdot 4 \cdot 100 \cdot 10^{-4}}{8 \cdot 10^{-3}} = 4,427 \cdot 10^{-11} \text{ F} = 44,27 \text{ pF}$$

b) Düzlemsel elektrot sisteminin reaktansı:

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 44,27 \cdot 10^{-12}} = 71,9 \cdot 10^6 \Omega = 71,9 \text{ M}\Omega$$

c) Düzlemsel elektrot sisteminden akacak akım:

$$I = \frac{U}{X_C} = \frac{24 \text{ kV}}{71,9 \cdot 10^6} = 333,8 \cdot 10^{-6} \text{ A} = 333,8 \mu\text{A}$$

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

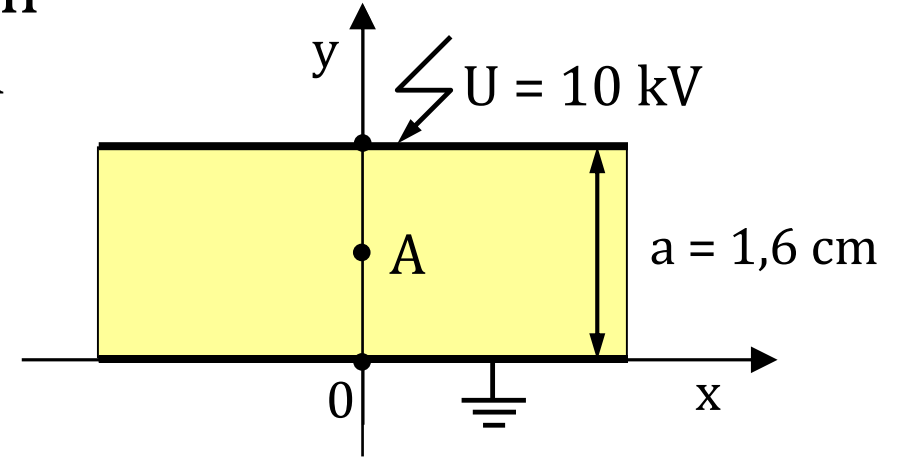
DÜZLEMSEL ELEKTROT SİSTEMİ

Örnek 3:

Şekildeki düzlemsel elektrot sisteminde bağıl dielektrik katsayısı $\epsilon_r = \epsilon_{r0} + k \cdot y$ bağıntısına göre doğrusal olarak değişmektedir.

Bu elektrot sistem için elektrik alan şiddeti bağıntısını çıkarınız.

Bu elektrot sisteminde $\epsilon_{r0} = 4,2$, $k = 30 \text{ cm}^{-1}$, $a = 1,6 \text{ cm}$ ve gerilim $U = 10 \text{ kV}$ olduğuna göre koordinatları $x = 0$, $y = 0,8 \text{ cm}$ olan A noktasında elektrik alan şiddetini hesaplayınız.



YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

DÜZLEMSEL ELEKTROT SİSTEMİ

Yanıt 3:

Sorudaki şekle göre elektrik alanı y doğrultusunda değişmektedir. Buna göre elektrik alan şiddeti

$$E = -\frac{dV}{dy} = \frac{D}{\varepsilon} = \frac{D}{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r} = \frac{D}{\varepsilon_0 \cdot (\varepsilon_{r0} + k \cdot y)}$$

yazılır. Burada, D elektriksel akı yoğunluğunu (elektriksel deplasmanı) göstermektedir, birimi C/m^2 dir.

Elektriksel potansiyel,

$$V = -\int E \cdot dy + K$$

bağıntısı ile bulunur.

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

DÜZLEMSEL ELEKTROT SİSTEMİ

Elektriksel potansiyel bağıntısında E yerine değeri yazılırsa

$$V = -\frac{D}{\epsilon_0} \cdot \int \frac{dy}{\epsilon_{r0} + k \cdot y} + K = -\frac{D}{k \cdot \epsilon_0} \cdot \ln(\epsilon_{r0} + k \cdot y) + K$$

elde edilir. $y = 0$ için $V = 0$ (topraklı) olduğundan, K integral sabiti

$$K = \frac{D}{k \cdot \epsilon_0} \cdot \ln \epsilon_{r0}$$

bulunur. Potansiyel bağıntısında K yerine yazılırsa,

$$V = -\frac{D}{k \cdot \epsilon_0} \cdot \ln(\epsilon_{r0} + k \cdot y) + \frac{D}{k \cdot \epsilon_0} \cdot \ln \epsilon_{r0} = \frac{D}{k \cdot \epsilon_0} \cdot \ln \left(\frac{\epsilon_{r0}}{\epsilon_{r0} + k \cdot y} \right)$$

elde edilir.

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

DÜZLEMSEL ELEKTROT SİSTEMİ

$y = a$ için $V = U$ olduğundan,

$$U = \frac{D}{k \cdot \epsilon_0} \cdot \ln \left(\frac{\epsilon_{r0}}{\epsilon_{r0} + k \cdot a} \right)$$

olur. Bu denklemden D için,

$$D = \frac{k \cdot \epsilon_0}{\ln \left(\frac{\epsilon_{r0}}{\epsilon_{r0} + k \cdot a} \right)} \cdot U$$

bulunur. D için tanım bağıntısı

$$D = \epsilon \cdot E = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot E = \epsilon_0 \cdot (\epsilon_{r0} + k \cdot y) \cdot E$$

kullanılarak elektrik alan şiddeti bağıntısı elde edilir.

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

DÜZLEMSEL ELEKTROT SİSTEMİ

Elektrik alan şiddeti bağıntısı

$$E = \frac{k}{\epsilon_{r0} + k \cdot y} \cdot \frac{U}{\ln\left(\frac{\epsilon_{r0}}{\epsilon_{r0} + k \cdot a}\right)}$$

olarak elde edilir.

Elektrot sisteminde $\epsilon_{r0} = 4,2$, $k = 30 \text{ cm}^{-1}$, $a = 1,6 \text{ cm}$ ve $U = 10 \text{ kV}$ olduğuna göre koordinatları $x = 0$, $y = 0,8 \text{ cm}$ olan A noktasındaki elektrik alan şiddeti ($E = E_A$),

$$|E_A| = \left| \frac{30}{4,2 + 30 \cdot 0,8} \cdot \frac{10 \text{ kV}}{\ln\left(\frac{4,2}{4,2 + 30 \cdot 1,6}\right)} \right| \cong 4,72 \text{ kV/cm}$$

bulunur.

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

DÜZLEMSEL ELEKTROT SİSTEMİ



Çalışma Sorusu

1. Bir düzlemsel elektrot sisteminde elektrot açıklığı $a = 3 \text{ mm}$, elektrot yüzey alanı $S = 0,4 \text{ m}^2$, $\epsilon_r = 2,3$ (polietilen) ve uygulanan gerilim $U = 15 \text{ kV}$ olduğuna göre, sistemin C kapasitesini, Q elektriksel yükünü, E elektrik alan şiddetini, D elektriksel akı yoğunluğunu, $\sigma = Q/S$ yüzeysel yük yoğunluğunu ve yalıtkanın delinme dayanımı $E_d = 120 \text{ kV/cm}$ olduğuna göre sisteme uygulanabilecek maksimum gerilimi bulunuz ($\epsilon_0 = 8,854 \text{ pF/m}$).

Yanıtlar: $C = 2,715 \text{ nF}$, $Q = 40,725 \text{ } \mu\text{C}$, $E = 50 \text{ kV/cm}$,
 $D = 1,018 \cdot 10^{-4} \text{ C/m}^2$, $\sigma = 1,018 \cdot 10^{-4} \text{ C/m}^2$, $U_{\max} < 36 \text{ kV}$

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ

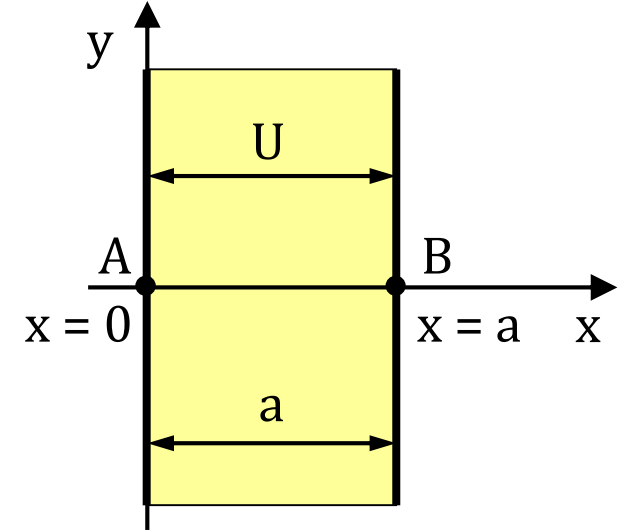
DÜZLEMSEL ELEKTROT SİSTEMİ



Çalışma Sorusu

2. Şekil 1'deki düzlemsel elektrot sisteminde bağıl dielektrik katsayısı $\epsilon_r = \epsilon_{r0} + k.x$ bağıntısına göre doğrusal (lineer) olarak değişmektedir.

$\epsilon_{r0} = 4$, $k = 20 \text{ cm}^{-1}$, $a = 1 \text{ cm}$ ve $U = 20 \text{ kV}$ olduğuna göre $x_A = 0$ ve $x_B = 1 \text{ cm}$ noktalarındaki elektrik alan şiddetlerini hesaplayınız.



Şekil 1: Bağıl dielektrik katsayısı doğrusal değişen düzlemsel elektrot sistemi

YÜKSEK GERİLİM TEKNİĞİ DÜZLEMSEL ELEKTROT SİSTEMİ

Bu haftalık bu kadar!

Haftaya

**Tabakalı Düzlemsel Elektrot Sistemi ve
Sınır Yüzeylerde Kırılma**

konusunu işleyeceğiz.

Sağlıkla kalın.