

# Elektrostatik <sup>(1)</sup>

Yazan :  
F. Q. EICHEL

Çeviren :  
Oğuz ESMER  
Elek. Y. Müh.  
Ünilever

## GİRİŞ :

Küçük iletkenliği haiz akışkanların hareketiyle meydana gelen statik elektrik, tehlikeli elektrik yüklerinin birikimine sebep olur. Bu yazı statik elektrik olayının orijin ve mahiyetinden bahsetmekte, pratik mühendislik birimleri cinsinden hesabını vermekte, İşletmede statik elektriğin kontrolü ve asgariye indirilmesi metodlarını anlatmaktadır.

Küçük iletkenliğe sahip birçok sıvının kullanılması ve işlenmesinde görünmez problemler mevcut olabilir. Böyle sıvılar, depolama tankları ve işletme teçhizatı arasındaki nakilleri sırasında ekseriya çok büyük elektrik yükleri meydana getirirler. Uygun şartlar altında bu yükler masif elektrik alanlarına sebebiyet verebilirler ki bu, parlayıcı karışımları tutuşturabilmek için yeterli kıvılcım enerjisini sağlayabilir.

Son zamanlara kadar çok az metod statik elektrik problemlerinin çözümünde faydalı olabilmıştır. Bu yazı mühendislere elektrostatığın temel tariflerini, bağıntılarını, denklemlerini, prensiplerini ve sayısal değerlerini, ilk defa pratik bir şekilde, normal mühendislik hesaplarımızdaki yaygın birimler ve semboller cinsinden vermektedir.

Elektrostatığe dair temel yazılar maalesef dört birimler sisteminden birini veya birkaçını kullanır : (1) elektrostatik, (2) elektromagnetik, (3) pratik, (4) MKS veya metre - kilogram-sanlye sistemi, ki bunlardan hiçbirini yaygın mühendislik birimlerini ihtiva etmez. Statik elektriğe dair sayısal bilgi edinmek veya statik elektrik birikiminin büyüklüğü hakkında fikir edinmek isteyen bir kimse abcoulomb, newton, dyn/statcoulomb, statfarad, abfarad, erg/saniye, v.b. gibi birimler arasında güçlkle ilerlemek zordur. Mühendis ve kimyagerlerden çoğu araştırmayı çabucak bırakıp normal kalitatif genelleştirmeye saparlar.

Bu yazıda, temel denklemlerin, yaygın mühendislik birimlerinin kullanıldığı denklemlere dönüşümünü bulacağız. Bu metod, bilgileri tazelemek, birimleri dönüştürmek veya yeni sistemler öğrenmek için saatler harcamadan denklemlerin hemen uygulanması imkânını verecektir.

(1) «Chemical EngineerIng» dergisinin 13 Mart 1967 tarihli sayısından, bütün İngiliz birimleri metrik sisteme dönüştürülerek çevrilmiştir.

Aynı zamanda hergün rastlanabilen elektros-tatik olayların büyüklüğünü diferansiyel denklemlerin uygulanması yoluyla hesaplamak için örnek problemler çözeceğiz.

Bu yazı tabiiyle bütün konuyu kapsamakta İse de statik elektriğin sayısal değerlerinin daha iyi anlaşılmasına yardım edecek ve çeşitli bağıntıların büyüklüğünü tayin için bir metod Bağlıyacaktır. Elektrostatik etkilerle meydana gelebilecek muhtemel tehlikelerin önemini belirtmek için örnekler, bağıntılar ve metodlar vermek konusunda, yazının başkalarını teşvik etmekte yardımcı olacağını umuyoruz.

## BAZI ESASLAR:

Elektrostatığın sayısal değerlerine girmeden önce bazı esasları gözden geçirmemiz gerekir.

Statik elektrik şüphesiz elektriğin en eski konusudur. İnsanlar bir yıldırım arkından dehşet duydukları zaman muhtemelen onun farkındaydılar. Eski Yunanlılar (takriben M.ö. 600 de) başka bir malzemeye sürüldüğü zaman bir ke-ribar parçasında elde edilen olağanüstü özelliğe hayran kalmışlardı. Bununla beraber bilimsel araştırmalar için aşağı yukarı 23 yüzyıl geçmesinin beklenmesi icabetti.

tkı farklı malzeme temas ettiği zaman, elektronlar bir malzemenin yüzeyine doğru hareket edebilir ve diğerine geçebilirler. Bu elektronlar, birinci malzeme (elektron azalması sebebiyle) şimdi hafif bir şekilde pozitif yüklü olduğundan yüzeyler arasında sıraya dizilirler. Negatif ve pozitif yükler arasındaki mesafe her ne kadar çok küçük ise de, artık bir elektrik alanı ve bir potansiyel farkı bahis konusudur. «Temas» veya «zeta» potansiyeli denen bu «elektrikî kat çifti» arasındaki gerilim yaklaşık olarak sadece 0,001 ilâ 0,1 voltur.

Eğer temas halindeki iki malzeme elektrikî bakımdan İyi iletken iseler ve artık birbirlerinden ayrılmışlarsa bir malzemedeki fazla elektronlar, son temas kalkmadan önce diğer malzemeye dönecektir. Fakat malzemelerden biri (veya her ikisi) yalıtkan İse bu akış engellenecektir; eğer ayrılma yeteri derecede hızlı yapılması ise fazla elektronlardan bazıları malzemelerden birinde tutulacaktır. Böylece her iki malzeme de «yüklenmiş» olacaktır. Malzemelerden biri top-

raklanmış bir İletken İse, tabii, üzerindeki yükü tutmayacaktır.

Sayısal değerlere çok daha sonra geleceğiz, fakat şu sırada ayrılmış iki malzeme arasındaki potansiyel farkı veya gerilimin değişimini incelememiz faydalı olacaktır. İki malzeme, atomlar veya moleküller arasındaki mesafeden, yani santimetrenin yüz milyonda birinden ( $10^{-8}$  cm) daha yakın olamaz ki bu durumda potansiyel farkı meselâ 0,01 voltuttur. Eğer iki malzeme birbirinden İyice ayrılmışsa, ki bu sırada herhangi bir elektronun temas yerine geri akması bahis konusu değildir, potansiyel farkı aralarındaki mesafe ile ters orantılı olarak artar. Mesafe 1 cm. olduğu zaman potansiyel farkı teorik olarak 1 000 000 volt olacaktır. Bazı elektronlar temas yeri boyunca geriye aktığından gerçek gerilim bundan çok daha küçüktür. Keza hasıl olan kuvvetli elektrik alanı aradaki havayı iyonlaştırır; böylece yükün çoğu dağıtılmış olur. Bununla beraber geriye kalan yük parlayıcı karışımları halâ tutuşturabilecek seviyededir.

Temas halindeki iki malzeme veya faz iki katı cisim, iki karışmaz sıvı, bir katı ve bir sıvı, bir katı ve bir buhar veya gaz, bir sıvı ve bir buhar veya gaz olabilir. Unutulmaması gereken husus, nerede fazların bir teması ve ayrılması varsa hasıl olan yükün bir felâkete sebep olabileceği gerçeğidir.

#### TESİSLERDEKİ TEHLİKELER :

Birçok sanayi tesislerinde statik elektriğin bir yangın tehlikesi arzettiğine dair şüursuz bir önsezi vardır. Mühendis parlayıcı maddeyi ekseriya alevliyen «kibrit» in statik elektrik olduğunu bilir. Maalesef birçok zamanlar koruyucu tedbirler aldıktan sonra mühendis umumiyetle bir elektrostatik problemin halâ mevcut bulunduğu farkında değildir.

Basit ve zararsız görünen, bir tankerin bir depolama tankına boşalması işlemi tehlikeli şartlar ortaya çıkarabilir. Hatta hem tanker hem de tank topraklanmış olsa dahi, boşaltma ağzında 2000 volta kadar potansiyel hasıl edebilecek bir yük birikimi meydana gelebilir; bu İse tanktaki buharın tutuşmasına yol açabilecek bir kıvılcıma sebebiyet vermeye yeterlidir. Boşaltma ağzı topraklanmış olsa bile gene de elektrostatik yük birikiminin meydana gelmesi ihtimali vardır. Eğer boşaltma ağzı depolama tankının üstünde ise, hava içinde serbestçe düşmekte olan solventin (eritgenin) bir infilâke sebebiyet verebilecek derecede statik elektrik hasıl ettiği bilinmektedir. Boşaltılan akışkan kararsız ise düzgün bir akıştan çok sis veya damlacıklar hasıl edeceği için, bu olayın meydana gelmesi ihtimali daha da artar.

Bu problemin farkında olan bazı mühendisler depolama tankının dip tarafına kadar uzanan meyill doldurma boruları kullanırlar veya tankı dipten doldururlar. Bu durumda dahi, borular genel olarak tankla aynı madeni kompozisyonda olmadıklarından, muhtemel bir problem elan vardır. Böylece elektromotor kuvvete bağı olan potansiyel farkları yük birikimleri ve kıvılcımlar meydana getirebilirler.

Dipten doldurulan ve iç yüzeyleri iletken olmayan bir astarla kaplanmış tanklar büyük kapasiteli kondansatör gibi çalışabilirler. Elektrik yükleri astar tabakasının iç yüzeyinde ve sıvıda toplanır; eğer topraklanmış bir cisim (meselâ metal bir ölçü çubuğu) sıvı yüzeyine yakın bir yere konmuşsa bir kıvılcım meydana gelebilir.

Bir infilâkın meydana gelebilmesi için üç şart vardır :

1 Patlayıcı bir gaz karışımı mevcut olmalıdır. (Karışım üst ve alt patlama sınırları içinde olmalıdır.)

2. Bir sıvı içinde veya bir katı cisim üzerinde meydana gelen ve biriken elektrostatik yük sebebiyle gaz karışımı içinde bir elektrik alanı hasıl olmalıdır.

3. Gaz karışımını tutuşturabilme enerjisine sahip bir kıvılcım hasıl edebilecek büyüklükte bir elektrik alanı bulunmalıdır.

Koruyucu tedbirlerin projelendirilmesinde bir\* üç faktör kontrol edilmeli, sonra emniyet kurallarının ve standard işletme usûlünün devamlı olarak takip edilmesi sağlanmalıdır. Nihayet, statik elektriği kontrol altına almak için tesis edilen teçhizatın arızalı olanları sık kontrollerle tesbit edilmelidir.

Buraya kadar elektrik yüklerinin nasıl meydana geldiğim ve ilgili problemlerin bazılarını inceledik; şimdi muhtemel tehlikelerin nasıl asgarî seviyeye indirilebileceğini rakamlar vererek görelim.

#### ELEKTROSTATIĞIN TEMEL BAĞLANTILARI :

Elektrostatik problemleri çözmek, böylece hangi durumların tehlikeli olabileceğini ve bunların nasıl bertaraf edilebileceğini tayin etmek için birkaç temel bağıntıyı incelememiz gerekir. Bunlar, yüklü cisimler arasındaki kuvvet, yüklerin hasıl ettiği alan şiddeti, elektrostatik potansiyel, kapasite, «dinlenme zamanı» (yüklerin dağılma zamanı), yüklü sistemlerin enerjisi, akış sistemlerinde elektrostatik akım ve gerilim, damlaların karışmaz bir sıvı içinde asılı kaldığı sistemlerdeki etkiler gibi büyüklükleri kapsar.

## 1. YÜKLER ARASINDAKİ KUVVET :

Elektrik yükleri arasındaki kuvvet, yük miktarlarıyla doğru ve yükler arasındaki uzaklığın karesiyle ters orantılıdır :

$$F = k(QQ/r^2) \quad (1)$$

Formüldeki  $r$  yükler arasındaki uzaklık,  $k$  (burada kullanılan pratik sistemde)  $1/4 \cdot \epsilon_0$  dir. Elektrostatik birimler sisteminde (EBS)  $k = 1$  dir. (EBS nde bir birim yük, eşit ve zıt işaretli bir yükten 1 cm. uzağa yerleştirildiği takdirde 1 dyn'lik bir kuvvet hasil eder. Bir EBS birimi =  $3.10^{-8}$  coulomb).

## 2. ALAN ŞİDDETİ:

Alan şiddeti, bir noktadaki potansiyelin bu nokta ile alan şiddeti aranan nokta arasındaki uzaklığa bölümü şeklinde ifade edilir. Bu, aynı zamanda kuvvetin yük miktarına bölümüdür; yani :

$$E = F/Q' \quad (2)$$

Burada  $F$ , bir elektrik alanındaki noktasal bir yüke tesir eden kuvveti gösterir. (1) denklemi yardımıyla noktasal bir  $Q$  yükü tarafından hasil edilen alan şiddeti:

$$E = F/Q' = k(QQ'/r^2). 1/Q' = k(Q/r^2) \quad (3)$$

olarak bulunur. Birçok noktasal yükler için :

$$E = \sum_{i=1}^n k Q_i / r_i^2 \quad (4)$$

olur. Verilen bir  $x$  yönündeki alan şiddeti :

$$E_x = \sum_{i=1}^n k (Q_i / r_i^2) \cos \theta_i \quad (5)$$

dir.

## 3. ALAN VE FLÜKS :

Gauss Kanunu, herhangi bir kapalı yüzeyden dışarıya doğru çıkan normal fluksun, yüzey tarafından çevrelenen yükün  $4\pi k$  ile çarpımına eşit olduğunu ifade etmektedir. Bu önemli ifadeyi açıklayalım :

Birim alana isabet eden kuvvet çizgileri sayısı veya fluks,  $E$ 'nin bir katıdır. Merkezinde  $Q$  yükü bulunan  $r$  yarıçaplı bir küre için  $N$  toplam kuvvet çizgisi sayısı:

$$N = EA = k(Q/r^2). 4\pi r^2 = 4\pi kQ \quad (6)$$

$k$  yukarıda verilen değeriyle yerine konursa, pratikte kullanılmak üzere :

$$N = 4\pi Q / 4\epsilon_0 = Q / \epsilon_0 \quad (7)$$

elde edilir. Diğer bir deyişle  $N$  fluksu yalnız yükün bir fonksiyonudur. Bir birim yük kendisinden dışarıya doğru  $4\pi k$  veya  $1/\epsilon_0$  sayıda kuvvet çizgisi yayar.

$Q$  yükünü çevreleyen ve küresel olmayan bir yüzey için  $N = \int E \cdot dA$  dir ve bu  $4\pi kQ$  ya eşit olur. Bir küre için  $\int dA = A = 4\pi r^2$  dir.  $A$  alanı elektrik alanına dik olan alandır; elektrik alanına dik olmayan herhangi bir  $A'$  alanı için  $dA = \cos \theta \cdot dA'$  olur ki burada  $\theta$ ,  $E$  alanı ile  $dA'$  yüzeyi arasındaki açıdır. Böylece  $N = \int E \cdot dA$ , veya:

$$N = \int E \cdot \cos \theta \cdot dA' = 4\pi kQ = Q / \epsilon_0 \quad (8)$$

bulunur.  $E \cdot \cos \theta$ , yukarıda bahsedildiği gibi (Gauss, Kanunu), yüzey tarafından çevrelenen yükün  $4\pi k$  katına eşit olan ve  $dA'$  alanı boyunca yayılan «normal fluks» olarak gözönüne alınabilir.

$N$  ve  $E$  toplanabilir büyüklükler olduğundan, bu kanun birim yüklerin herhangi bir katını da kapsar. Dış yükler hernekadar kuvvet çizgilerini bozar ve yüzey boyunca dağılımlarını değiştirir-se de  $4\pi kQ$  miktarına tesir etmezler.

Üniform yüklenmiş bir kürenin hasil ettiği alan, kürenin merkezinde toplanmış bir yük tarafından hasil edilen alana eşittir.

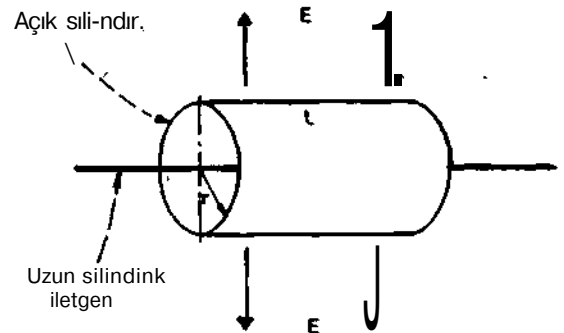
Diğer yüzeyler, meselâ birim uzunluğu başına  $q$  kadar yüke sahip silindirik bir iletken etrafındaki açık bir silindir (Şekil -1) için fluks ve alan hesaplanabilir. Burada fluks  $N = \int E \cdot \cos \theta \cdot dA$ , silindir için  $N = 4\pi r L = 4\pi r q L$  ( $Q = 0$ ,  $\cos \theta = 1$ ) dir.  $r$  dış silindirin yarıçapı olduğuna göre  $E = 2kq/r$  ve pratik sistemde :

$$E = q/2\epsilon_0 \quad (9)$$

Biri  $g$ , diğeri  $-g$  yük yoğunluğuna sahip iki paralel levha durumunda, levhalar arasındaki alan, benzer şekilde  $E = 4\pi k g$  veya  $E = g/\epsilon_0$  olacaktır ( $k = 1/4\epsilon_0$ ). Nihayet  $s = Q/A$  olduğundan :

$$E = Q/\epsilon_0 A \quad (10)$$

bulunur.



Şekil : 1 - Açık silindir

#### 4. ELEKTROSTATİK POTANSİYEL :

Elektrostatik potansiyel, birim yük başına potansiyel enerji veya  $V = J/Q$ 'dür.  $J$  terimi  $Q'$  yükünün sonsuzdan (veya çok uzak mesafeden)  $F$  kuvveti kullanılarak, bir  $Q$  noktasal yükünden  $r$  mesafesine getirilirken yapılan işi gösterir. Zıt yükler arasındaki Coulomb kuvvetini göstermek üzere eksi işareti kullanılarak  $J$  şu şekilde çıkarılabilir :

$$J = \int_{\infty}^r F \cdot dr$$

$F' = -k (QQ'/r^2)$  olduğundan:

$$J = - \int_{\infty}^r k (QQ'/r^2) dr = - [kQQ' (r-V-D)]_{\infty}^r = k (QQ'/r)$$

bulunur.  $V = J/Q'$  olduğu için ( $V$ ,  $Q$  noktasal yükünün potansiyelidir) :

$$V = k (QQ'/r) : Q' = kQ/r \quad (11)$$

elde edilir.

Birçok noktasal yükün meydana getirdiği bir alanın potansiyeli, benzer şekilde :

$$V = \sum_{i=1}^n kQ_i/r, \quad (12)$$

olur.

Alan şiddeti  $E$ ,  $F/Q$  ya (yani birim yük başına kuvvete) eşit olduğundan,  $V$  potansiyeli birim yük başına enerji olduğuna göre alan şiddeti mesafeye bağlı olarak ve işareti zıt olacak şekilde, bu potansiyelin türevidir; yani  $E \cos \theta = -dV/ds$  dir.  $s$  yolu boyunca yalnız  $E$ 'nin bileşeni yapılan işe tesir eder. Bu şekilde  $-dV = E \cos \theta ds$  ve :

$$V_a = - \int_{\infty}^a E \cos \theta ds \quad (13)$$

olur.

$a$  ve  $b$  noktaları arasındaki potansiyel farkı (13) denkleminde bulunabilir :

$$AV = V_a - V_b = - \int_{\infty}^a E \cos \theta ds + \int_{\infty}^b E \cos \theta ds$$

$$ds = \int_a^b E \cos \theta ds$$

Benzer şekilde, bir alan içinde bir noktadan diğer bir noktaya doğru giden bir yükün hareketinde yapılan iş  $J = QV = Q (V_a - V_b)$  dir.

Bir küre yüzeyindeki potansiyel  $V = kQ/r$  dir. Çünkü :

$$V = - \int_{\infty}^r E \cos \theta ds = - \int_{\infty}^r E ds$$

$$V = - \int_{\infty}^r (kQ/r^2) dr = kQ/r \quad (14)$$

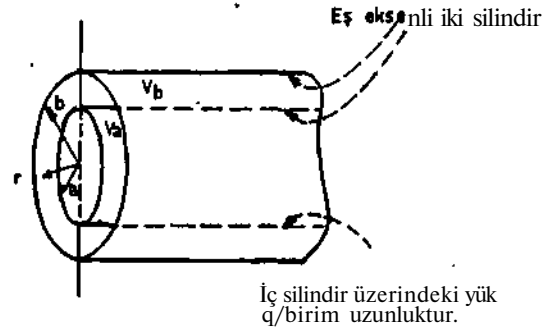
Bu, aynı zamanda küresel iletkenin içindeki potansiyeli de verir; çünkü iletkenin içinde bir alan yoktur.

Eş eksenli, içtekinin üzerinde birim uzunluk başına  $q$  yükü bulunan içte iki silindir arasındaki potansiyel farkını tayin edelim (Şekil-2). Herhangi bir  $r$  noktasındaki alan, birim uzunluk için  $E = 2kq/r$  dir;  $a$  ve  $b$  yançaplı iki silindir arasındaki potansiyel farkı:

$$V = V_a - V_b = - \int_a^b (2kq/r) dr = - 2kq \left[ \ln r \right]_a^b$$

$$V = V_a - V_b = 2kq \ln (b/a) = 2kq (\ln b - \ln a) \quad (15)$$

dir. Eğer  $b$  silindiri topraklanmış ise  $V_b = 0$  ve  $A V = V_a$  olur.



Şekil - 2 - Eş eksenli iki silindir

Yüzeyleri  $A$ , üzerlerindeki yoğunluğu  $g$ , aralarındaki uzaklık  $L$  olan iki levha arasındaki potansiyel farkı ( $Q = 8 A$  olduğuna göre) :

$$AV = V_a - V_b = \int_a^b E ds = 4rkjL$$

Pratik sistemde  $k = 1/4w$  gi,, olduğundan :

$$V = 8 V_{fEo} = QL/A_{cEo} \quad (16)$$

bulunur.

#### 5. DOLU KAPLARDAKİ ALAN ŞİDDETİ VE GERİLİM :

İçinde üniform hacimsel bir yük bulunan dolu kaplardaki alan şiddeti ve gerilimlerin hesabı, yükün bir levha, bir küre, vs. yüzeyine toplanması halindeki alan şiddeti ve gerilimi hesaplamaktan daha zordur.

Kısım 3 deki bağıntılar hatırlanırsa, birim yükten çıkan kuvvet fluksu  $4 \pi k = 1/\epsilon\epsilon_0$  dir. Q yükünde fluks  $Q/\epsilon\epsilon_0$  olur. Bu, yüzeye bölünürse E alan şiddeti elde edilir. Üniform olarak dağılmış bir s yükü için (ki bu, birim hacim başına Q demektir.) alan şiddeti (gaz, sıvı, vs. nin) hacmi boyunca değişecek, s ve katedilen mesafe x ile orantılı olacaktır. Boyutlu olarak ifade edilirse :

$$E = \frac{\text{Yük}}{\text{Yüzey}} = \frac{\text{Yük}}{\text{Hacim}} \cdot \text{Mesafe}$$

$$E = Q/A = sx$$

$$E = Q/\epsilon\epsilon_0 A \text{ olduğundan } dE = (s/\epsilon\epsilon_0) dx \text{ ve :}$$

$$E = \int (s/\epsilon\epsilon_0) dx \quad (17)$$

olur.  $E = - (dV/dx)$  olduğu için  $dV = - E dx$  ve :

$$V = - \int E dx \quad (18)$$

bulunur.

Birbirinden d kadar uzaklıktaki sonsuz iki düzlem arasındaki üniform yük için :

$$+ \frac{x}{2}$$

$$E = \int (s/\epsilon\epsilon_0) dx = s/\epsilon\epsilon_0$$

$$- \frac{x}{2}$$

$$(x/2 + x/2) = (s/\epsilon\epsilon_0) \cdot x$$

$$E_{max} = (s/\epsilon\epsilon_0) d \quad (19)$$

Burada s coulomb/cm<sup>3</sup>, d cm cinsinden ve  $E = 8,85 \cdot 10^{-12}$  amper saniye/volt, cm olarak yerine konursa :

$$E_{max} = \frac{(s \text{ coul./cm}^3) (d \text{ cm})}{(8,85 \cdot 10^{-12} \text{ amp. san./volt. cm})} \quad (20)$$

Gerilimi tayin etmek için,  $dV = - E dx$  bağıntısını kullanalım ki bunda  $X/2$  veya  $- x/2$  değerinde  $V = 0$  dir :

$$V = - \int_{-x/2}^{x/2} E dx = - (s/\epsilon\epsilon_0) \int_{-x/2}^{x/2} x dx = (s/2\epsilon\epsilon_0) (d^2 - x^2)$$

$x = \pm d$  olduğu zaman V sıfırdır.  $X^2 = 0$  iken :

$$V_{max} = (s/2\epsilon\epsilon_0) d^2 \quad (21)$$

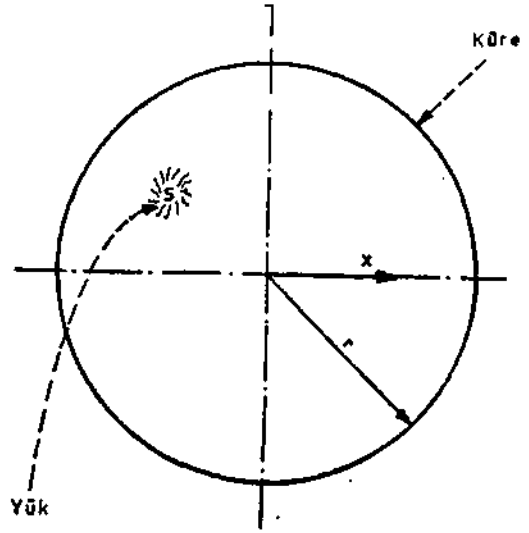
Birimleri kullanarak :

$$V_{max} = \frac{(s \text{ coul./cm}^3) (d^2 \text{ cm}^2)}{(2) (8,85 \cdot 10^{-12} \text{ amp. san./volt, cm})}$$

$$V_{max} = 5.64 \cdot 10^{12} (\text{sdV}_e) \text{ volt} \quad (22)$$

olarak bulunur.

Bir küredeki üniform bir yük için (Şekil- 3), kürenin hacmi  $(4/3) \pi r^3$ , ve s hacimsel yük olduğuna göre Q nun değeri  $(4/3) \pi r^3 s$  dir. Böylece :



Şekil : 3 - Üniform yük taşıyan Mire

$E = Q/(4 \pi \epsilon\epsilon_0 x^2) = 4 \pi r^3 s / (12 \pi \epsilon\epsilon_0 x^2) = s/(3 \epsilon\epsilon_0) x$  elde edilir. x, r ye eşit olduğunda zaman :

$$E_{max} = sr/(3 \epsilon\epsilon_0) \quad (23)$$

olur. s coul./cm<sup>3</sup> ve r cm cinsinden alınırsa aşağıdaki denklem bulunur :

$$E_{max} = 3,76 \cdot 10^{12} (sr/\epsilon\epsilon_0) \text{ volt/cm} \quad (24)$$

Gerilimi bulmak için,  $E = - (dV/dx) = sx/(3 \epsilon\epsilon_0)$  ve  $dV = - sx dx/(3 \epsilon\epsilon_0)$  olduğuna göre :

$$V = - \int_{-x/2}^{x/2} (s/\epsilon\epsilon_0) x dx = - s/(6 \epsilon\epsilon_0) (x^2 - x^2)$$

$$\left[ \frac{x^2}{2} \right]_{-x/2}^{x/2} = s/(6 \epsilon\epsilon_0) (x^2 - x^2)$$

$$V_{max} = sr^2/(6 \epsilon\epsilon_0) \quad (25)$$

Yukarıdaki aynı birimleri kullanarak :

$$V_{max} = 180,88 \cdot 10^{13} sr^2/\epsilon\epsilon_0 \text{ volt} \quad (26)$$

elde edilir.

Sonsuz uzunluktaki silindir üzerindeki üniform bir yük için (Şekil-4), silindirin hacmi  $\pi x^2 L$ , yanal yüzeyi  $2 \pi x L$  olduğuna göre silindirdeki Q yükü  $\pi x^2 L s$  dir. Gauss Kanunundan (Kısım. 3 deki bağıntı), fluks :

$$N = 4 \cdot kQ \rightarrow \frac{Q}{4 \pi \epsilon \epsilon_0} = \frac{\pi x^2 L s}{\epsilon_0}$$

dir.  $E = N/A = Ux = Ls / \epsilon_0 \dots \dots \dots / 2 \pi x L$   
 $= sx / (2 \epsilon_0)$  olduğundan :

$$E_{max} = sr / (2, \hat{I} J) \quad (27)$$

olur ki burada  $r = x$  dir.

Benzer şekilde aynı birimlerin kullanılma-  
 sıyla :

$$E_{max} = 5,64.1032 \dots (sr / \epsilon_0) \quad (28)$$

volt/cm

elde edilir.

Gerilimin tayini için :

$$V = - \int_r^x E dx = - \int_r^x \frac{s}{2 \epsilon_0} dx = \frac{s}{4 \epsilon_0} (r^2 - x^2)$$

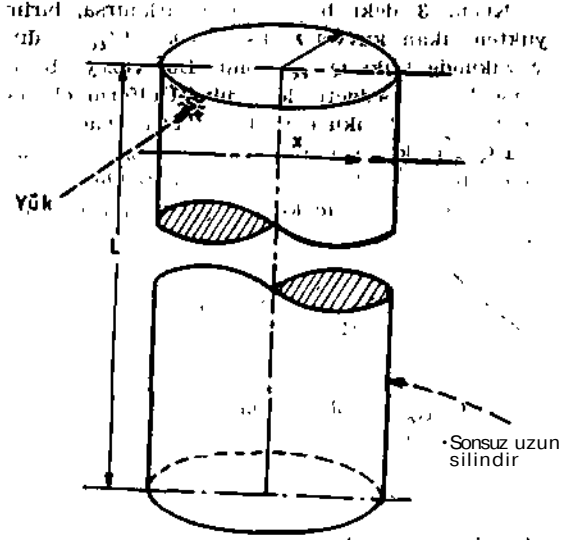
yazılarak :

$$V_{max} = sr^2 / (4 \epsilon_0) \quad (29)$$

bulunur. Birimleri kullanarak :

$$V_{max} = 2,83 \cdot 10^{12} \text{ Sİ}^2 / E \text{ volt} \quad (30)$$

elde edilir.



Şekil 4 - Silindirde üniform yük

(Devami gelecek sayıda)

m.o.&»z<>x<>^

**ETİBANK GENEL MÜDÜRLÜĞÜNDEN**

**ELEKTRİK YÜKSEK MÜHENDİS VE MÜHENDİSLER ARANIYOR**

Genel Müdürlüğümüz merkezinde Hava Hatları ve Transformator merkezlerinin tatbikat projelerinin hazırlanması veya hazırlanan Projelerin kontrol edilmesi, ihale işlerinin yürütülmesi gibi konularda çalıştırılmak üzere Elektrik Yüksek Mühendis veya Mühendisleri alınacaktır.

4/10195 sayılı kararname hükümlerine göre atanacak olanlara yevmiye ile ağırhk v.s. zamları ödenecek; muayyen bir süre çalışanlar ise vazife veya görgü ve bilgilerini artırmak üzere dış memleketlere staj için gönderilebileceklerdir.

İsteklilerin bizzat veya, hal tercümesini havi bir mektupla Şebekeler Dairesi Başkanlığı Necatibey Caddesi No. 5/2 Ankara adresine müracaatlan. (Telefon : 1193 83)