7.2. $\varepsilon_r = 1 + \frac{N \alpha_e}{\varepsilon_0}$?

$$1 + \frac{N.\alpha_e}{\varepsilon_0} = \frac{1.7\times10^{-40}\ F\,m^2}{8.85\times10^{-14}\ atom}\ \frac{cm}{F} + 1$$

$$\left[\frac{1.8\ g}{39.95\ cm^3}\ \frac{mol}{g} \times 6.02\times10^{23}\ \frac{atom}{mol}\right]$$

$\varepsilon_r(Ar) = 1.52$.

7.7. $\frac{loss}{vol.}$ $W_{vol} = \omega E^2 \varepsilon_0 \varepsilon_r' \tan\delta$?

$\omega = 2\pi f$

XLPE @ 60Hz

$$2\pi\,\frac{60}{s}\left(10^5\,\frac{V}{cm}\right)^2 8.85\times10^{-14}\,\frac{F}{cm}\ 2.3\times3\times10^{-4}$$

2.3×10^{-4} $\frac{W}{cm^3}$ $\frac{J}{s}$ $\frac{F.V^2}{cm^3}$

7.13 $\left(\frac{C}{cm^2}\right)$ Polarizat. = d. Stress $\rightarrow \frac{F}{A}$?

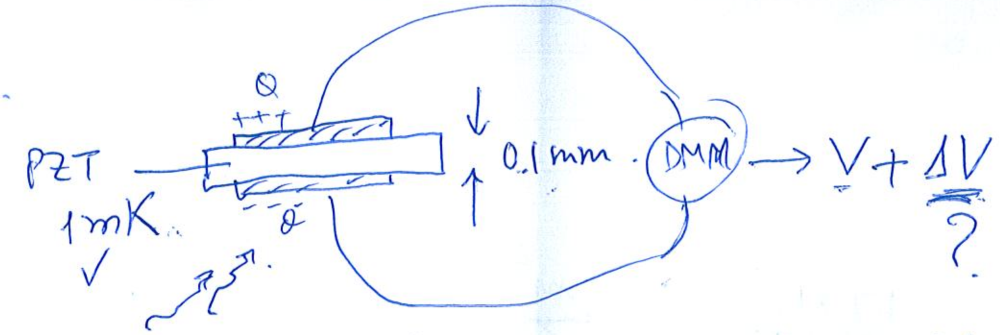
↓spark. ?

$$\frac{Q}{A} = \frac{d.F}{A} = (C)V = \left(\frac{\varepsilon_0\varepsilon_r' A}{l}\right).V$$

$$\rightarrow F = \frac{\varepsilon_0\varepsilon_r' A.V}{l.d} = \frac{8.85\times10^{-14}}{1\,cm}\,\frac{F}{cm}\,1000\,\pi\left(\frac{0.3\,cm}{2}\right)^2 \frac{3500\,V}{250\times10^{-12}}\,\frac{V}{m}$$

$$= 87.6\,\frac{F.V^2}{m} = \frac{J}{m} = \frac{N.m}{m}$$

[illegible]



coeff.

$$p = \frac{[\Delta P]}{\Delta T}$$

$$\Delta P = \frac{Q}{A} = \frac{CV}{A} = \left(\frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r' A}{l}\right)\frac{\Delta V}{A}$$

$$\rightarrow p = \left[\frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r' \Delta V}{l}\right] \frac{1}{\Delta T}$$

$$\Delta V = \frac{p \cdot l \cdot \Delta T}{\varepsilon_0 \varepsilon_r'} = 15\ \text{mV}$$

เฉลยปัญหาท้ายบทที่ 7 Dielectrics.

(7.2)

จาก $\varepsilon_r = 1 + \frac{N\alpha_e}{\varepsilon_0}$ โดย $\alpha_e = 1.7\times10^{-40}\ F.m^2$, $\varepsilon_0 = 8.85\times10^{-12}\ \frac{F}{m}$ หรือ $8.85\times10^{-14}\ \frac{F}{cm}$.

$$N = 1.8\ \frac{g}{cm^3}\cdot\frac{mol}{39.95\ g}\cdot 6.02\times10^{23}\ \frac{atoms}{mol} = 2.71\times10^{22}\ cm^{-3}$$

$$\therefore \varepsilon_r = 1 + \frac{2.71\times10^{22}}{cm^3}\cdot\frac{1.7\times10^{-40}\ F\ cm^2\ (10^4)}{8.85\times10^{-14}\ \frac{F}{cm}} = \underline{1.52}. \quad \#$$

(7.7)

หา $\frac{\text{powerloss}}{\text{ปริมาตร}}$ ของ XLPE (cross-linked polyethylene) ← ใช้ทำฉนวนสายไฟ เพราะทนความชื้นอยู่ได้

และ Al_2O_3 (Alumina หรือ เซรามิกส์) ← ใช้เป็นฉนวนในหัวเทียนรถยนต์หรือฉนวนอุปกรณ์ เพราะทนแรงกระแทก และมี dielectric breakdown ที่สูง.

จาก Slide # 18. $\frac{\text{powerloss}}{\text{volume}} = \omega\xi^2\varepsilon_0\varepsilon_r'\tan\delta$

XLPE: $2\pi f\cdot\left(100\times10^3\ \frac{V}{cm}\right)^2\cdot 8.85\times10^{-14}\ \frac{F}{cm}\cdot 2.3\ \tan\delta = 0.0128\ f\cdot\tan\delta$

Al_2O_3: $2\pi f\left(100\times10^3\ \frac{V}{cm}\right)^2\cdot 8.85\times10^{-14}\ \frac{F}{cm}\cdot 8.5\ \tan\delta = 0.0473\ f\cdot\tan\delta$

เช็คหน่วย $\frac{1}{s}\cdot\frac{V^2}{cm^2}\cdot\frac{F}{cm} = \frac{1}{s}\cdot\frac{J}{cm^3} = \frac{W}{cm^3}$ (energy → power)

ที่ 60Hz: สำหรับ XLPE $\frac{\text{loss}}{\text{vol}} = 0.0128\times60\times3\times10^{-4}\ \frac{W}{cm^3} = 0.23\ \frac{mW}{cm^3}$ #

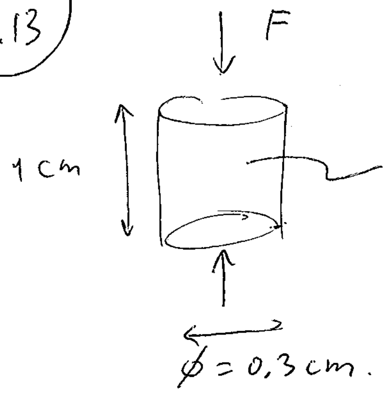
" Al_2O_3 " $0.0473\times60\times1\times10^{-3}\ \frac{W}{cm^3} = 2.84\ \frac{mW}{cm^3}$ #

ที่ 1 MHz: สำหรับ XLPE $\frac{\text{loss}}{\text{vol}} = 0.0128\times10^6\times4\times10^{-4}\ \frac{W}{cm^3} = 5.12\ \frac{W}{cm^3}$ #

" Al_2O_3 " $0.0473\times10^6\times1\times10^{-3}\ \frac{W}{cm^3} = 47.3\ \frac{W}{cm^3}$ #

(7.13)

2/3



$d = 250 \times 10^{-12} \frac{m}{V}$

$\varepsilon_r = 1000$

$\xi_{br} = 3.5 \times 10^{3}$ V

จาก $P = d \cdot T$ — stress $\equiv \frac{\text{force}}{\text{area}} \left(\frac{N}{cm^2}\right)$

P ← induced polarization $\left(\frac{C}{cm^2}\right)$ หน่วยเหมือนกับ charge density หรือ ความหนาแน่นของประจุ

d ← piezo coeff $\left(\frac{m}{V}\right)$

หรือ $P = d \cdot \frac{F}{A}$ —— (1)

ต้องการหา force (F) ที่ทำให้เกิด spark คือ $V_{br} = 3.5 kV$

ซึ่งจะเกิดขึ้นได้ต่อเมื่อ ประจุสะสม หรือเหนี่ยวนำที่ plate ทั้ง 2 เท่ากับ (จาก Q = CV)

$$Q = CV = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r \cdot A}{d} \cdot V$$

d ← ระยะห่างระหว่าง plate ทั้ง 2 (อย่าสับสนกับ piezo coff.)

$$\therefore Q = \frac{8.85 \times 10^{-14} \frac{F}{cm} \cdot 1000 \cdot \pi (0.15\ cm)^2 \cdot 3500\ V}{1\ cm} = 2.19 \times 10^{-8} \text{ Coulomb.}$$

↑ ประจุนี้ก็มีค่าเท่ากับ (P.A) นั่นเอง

polarization $\left(\frac{C}{cm^2}\right)$, area (cm^2), piezo coeff.

แทนค่า ลงไปใน (1) เขียนอีกรูปได้คือ $(P \cdot A) = dF$

$$\therefore \text{แรงที่ต้องกดคือ } F = \frac{Q}{d} = \frac{2.19 \times 10^{-8}}{250 \times 10^{-12}} \frac{\text{Coulomb}}{m/V}$$

เช็คหน่วย $\frac{C}{m/V} = \frac{C \cdot V}{m} = \frac{F \cdot V \cdot V}{m} = \frac{FV^2}{m} = \frac{J}{m} = N$

$$\therefore F = 87.6\ N. \quad \#$$

PZT Pyro

$\left\{ \begin{array}{l} \text{pyro coeff } p = 380 \times 10^{-6} \dfrac{C}{m^2 \cdot K} \\ \varepsilon_r = 290 \end{array} \right.$

$\Delta T = 1\ mK$

จาก $p = \dfrac{\delta P}{\delta T}$ (p: pyro coeff, P: polarization) $\longrightarrow \delta P = p \cdot \delta T = 380 \times 10^{-6} \dfrac{C}{m^2 \cdot \cancel{K}} \cdot 10^{-3} \cancel{K}$

$= 3.8 \times 10^{-7} \dfrac{C}{m^2}$.

แต่ พื้นที่ของผลึก PZT เท่าเดิม ∴ polarization ที่เปลี่ยนแปลงไป (δP) จะส่งผลให้ประจุที่ plate แต่ละข้างเปลี่ยนแปลงไป $\Delta Q = \delta P \cdot A$ (จาก $Q = CV$ ∴ หาก C คงตัว $\Delta Q = C \Delta V$)

หรือ แรงดันระหว่าง plate เปลี่ยนแปลงไป

$\Delta V = \dfrac{\delta P \cdot A}{C} = \dfrac{\delta P \cdot \cancel{A} \cdot d}{\varepsilon_0 \varepsilon_r \cancel{A}}$ (d: gap = 0.1 mm.)

$\therefore \Delta V = \dfrac{3.8 \times 10^{-7} \frac{C}{m^2} \cdot 0.1 \times 10^{-3}\ m}{8.85 \times 10^{-12} \frac{F}{m} \cdot 290} = 0.0148\ V$ #

↑ ประมาณ 15 mV วัดได้โดย DMM