

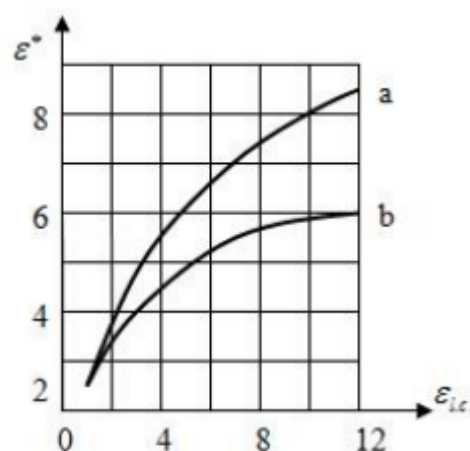
Domaća zadaća iz predmeta TVI

Zadatak 3:

Izvesti formule prema V.T. Renne. Izračunati dielektričnu propustljivost ϵ kondenzatorskog papira sa normalnom (1000 kg/m^3) i povećanom (1250 kg/m^3) zapreminskom masom:

- a) u neimpregiranom stanju
- b) impregniranim kondenzatorskim petrolejskim uljem ($\epsilon=2,2$), sovolom ($\epsilon=5$) i parafinom ($\epsilon=2,2$, faktor skupljanja $k=15\%$).

Pretpostaviti da dielektrična propustljivost celuloze iznosi 6,5 i gustina 1500 kg/m^3 . Uporediti rezultate proračuna za papir zapreminske mase 1000 kg/m^3 sa podacima na slici.2?



Slika 2 Dijagram promjene propustljivosti ϵ^* kondenzatorskog papira u zavisnosti od propustljivosti impregnirajućeg jedinjenja.

Rješenje:

a) $\epsilon_{1000}^* \approx 3,55$, $\epsilon_{1250}^* \approx 7,09$

b) Impregnacija kondenzatorskim petrolejskim uljem: $\epsilon_{1000}^* = 9,98$, $\epsilon_{1250}^* = 19,9$

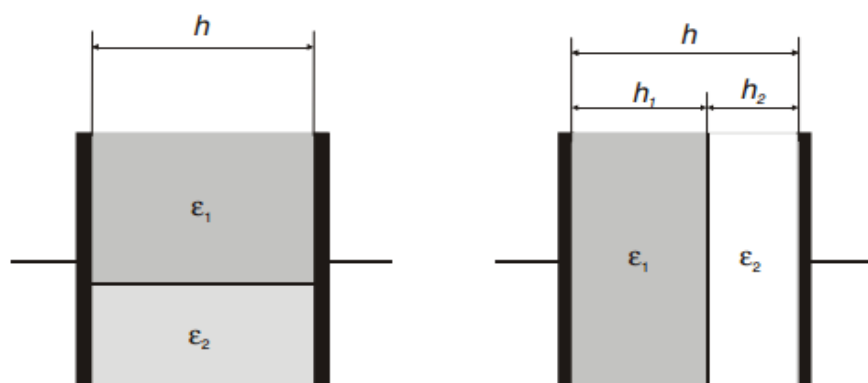
Impregnacija sovolom $\epsilon_{1250}^* = 130,41$. Impregnacija parafinom $\epsilon_{1000}^* = 3,56$, $\epsilon_{1250}^* = 4,6$

Upoređujući dobivene rezultate sa eksperimentalno dobivenim i predstavljenim dijagramima $\epsilon^* = f(\epsilon_{ic})$ kao što je prikazano na slici 2, vidimo da su oni približno isti.

- a) Kriva promjene za tečno impregnirajuće jedinjenje
- b) Kriva promjene za čvrsto impregnirajuće jedinjenje uz $k = 15 \%$

Rješenje:

Prvo ćemo izvršiti izvođenje V.T.Renne formule.



Slika 25 – Kondenzatori s dva a) paralelna b) serijski spojena dielektrika

Za paralelnu vezu vrijedi:

$$C^* = C_1 + C_2$$

Pošto je ovo pločasti kondenzator imamo sljedeće kapacitete:

$$C_1 = \varepsilon_0 \varepsilon_{r1} \frac{S_1}{h}$$

$$C_2 = \varepsilon_0 \varepsilon_{r2} \frac{S_2}{h}$$

Ako to uvrstimo u početnu formulu vrijedi:

$$C^* = \varepsilon_0 \varepsilon_{r1} \frac{S_1}{h} + \varepsilon_0 \varepsilon_{r2} \frac{S_2}{h} = \varepsilon_0 \varepsilon^* \frac{(S_1 + S_2)}{h}$$

Pri čemu vrijedi da efektivna propustljivost nehomogenog dielektrika ε^* ima izraz:

$$\varepsilon^* = \varepsilon_1 \frac{S_1}{(S_1 + S_2)} + \varepsilon_2 \frac{S_2}{(S_1 + S_2)}$$

Iz formula za volumne sadržaje za prvi i drugi dielektrik vrijedi:

$$y_1 = \frac{S_1}{(S_1 + S_2)} \quad i \quad y_2 = \frac{S_2}{(S_1 + S_2)}$$

Slijedi:

$$y_1 + y_2 = 1$$

Pa konačna formula za efektivnu propustljivost nehomogenog dielektrika:

$$\varepsilon^* = \varepsilon_1 y_1 + \varepsilon_2 y_2 = \sum_i^n \varepsilon_i \cdot y_i$$

Za serijsku vezu vrijedi:

$$C^* = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

Pošto je ovo pločasti kondenzator imamo sljedeće kapacitete:

$$C_1 = \varepsilon_0 \varepsilon_{r1} \frac{S}{h_1}$$

$$C_2 = \varepsilon_0 \varepsilon_{r2} \frac{S}{h_2}$$

Ako to uvrstimo u početnu formulu vrijedi:

$$C^* = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{r1} \frac{S}{h_1} \cdot \varepsilon_0 \varepsilon_{r2} \frac{S}{h_2}}{\varepsilon_0 \varepsilon_{r1} \frac{S}{h_1} + \varepsilon_0 \varepsilon_{r2} \frac{S}{h_2}} = \varepsilon_0 \varepsilon^* \frac{S}{(h_1 + h_2)}$$

Pri čemu vrijedi da efektivna propustljivost nehomogenog dielektrika ε^* ima izraz:

$$\varepsilon^* = \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2}{\varepsilon_1 \frac{h_2}{(h_1 + h_2)} + \varepsilon_2 \frac{h_1}{(h_1 + h_2)}}$$

Za ovaj slučaj volumni sadržaji su:

$$y_1 = \frac{h_1}{(h_1 + h_2)} \quad i \quad y_2 = \frac{h_2}{(h_1 + h_2)}$$

Slijedi:

$$y_1 + y_2 = 1$$

Pa konačna formula za efektivnu propustljivost nehomogenog dielektrika:

$$\varepsilon^* = \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2}{\varepsilon_2 y_1 + \varepsilon_1 y_2}$$

Odnosno:

$$\frac{1}{\varepsilon^*} = \frac{y_1}{\varepsilon_1} + \frac{y_2}{\varepsilon_2} = \sum_i^n \frac{y_i}{\varepsilon_i}$$

Dalje izvođenje se dijeli na tri dijela:

- Neimpregnirani papir
- Papir impregniran tečnim jedinjenjem
- Papir impregniran jedinjenjem koje postaje čvrsto

Neimpregnirani papir:

Iz relacije za serijsku vezu:

$$\frac{1}{\varepsilon^*} = \frac{y_1}{\varepsilon_1} + \frac{y_2}{\varepsilon_2}$$

Slijedi:

$$\varepsilon^* = \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2}{\varepsilon_2 y_1 + \varepsilon_1 y_2}$$

Pa iz relacije za volumni sadržaj:

$$y_1 + y_2 = 1$$

Imamo:

$$y_1 = 1 - y_2$$

Pojedine volumne sadržaje možemo definirati kao odnos gustine papira i gustine celuloze:

$$y_2 = \frac{D_p}{D_c}$$

Sada imamo:

$$y_1 = 1 - \frac{D_p}{D_c}$$

Vratimo sve u početni izraz:

$$\varepsilon^* = \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2}{\varepsilon_2 (1 - \frac{D_p}{D_c}) + \varepsilon_1 \frac{D_p}{D_c}}$$

Pošto se radi o neimpregrirano papiru vrijedi:

$$\varepsilon_1 = 1 \quad i \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_c$$

Tada uvrštavanjem u izraz dobijamo konačnu:

$$\varepsilon^* = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_c (1 - \frac{D_p}{D_c}) + \frac{D_p}{D_c}}$$

Odnosno:

$$\varepsilon^* = \frac{1}{(1 - \frac{D_p}{D_c}) \cdot (1 - \frac{1}{\varepsilon_c})}$$

Papir impregriran tečnim jedinjenjem:

Iz relacije za serijsku vezu:

$$\frac{1}{\varepsilon^*} = \frac{y_1}{\varepsilon_1} + \frac{y_2}{\varepsilon_2}$$

Slijedi:

$$\varepsilon^* = \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2}{\varepsilon_2 y_1 + \varepsilon_1 y_2}$$

Pa iz relacije za volumni sadržaj:

$$y_1 + y_2 = 1$$

Imamo:

$$y_1 = 1 - y_2$$

Pojedine volumne sadržaje možemo definirati kao odnos gustine papira i gustine celuloze:

$$y_2 = \frac{D_p}{D_c}$$

Sada imamo:

$$y_1 = 1 - \frac{D_p}{D_c}$$

Vratimo sve u početni izraz:

$$\varepsilon^* = \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2}{\varepsilon_2 \left(1 - \frac{D_p}{D_c}\right) + \varepsilon_1 \frac{D_p}{D_c}}$$

Pošto se radi o impregriranom papiru vrijedi:

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_{ic} \quad i \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_c$$

Pri čemu su:

$\varepsilon_c \rightarrow$ dielektrična propustljivost celuloze

$\varepsilon_{ic} \rightarrow$ dielektrična propustljivost impregriranog jedinjenja

Tada uvrštavanjem u izraz dobijamo konačnu:

$$\varepsilon^* = \frac{\varepsilon_c \varepsilon_{ic}}{\varepsilon_c \left(1 - \frac{D_p}{D_c}\right) + \varepsilon_{ic} \frac{D_p}{D_c}}$$

Odnosno:

$$\varepsilon^* = \frac{\varepsilon_{ic}}{\left(1 - \frac{D_p}{D_c}\right) \cdot \left(1 - \frac{\varepsilon_{ic}}{\varepsilon_c}\right)}$$

Papir impregriran jedinjenjem koje postaje čvrsto:

Iz relacije za serijsku vezu:

$$\frac{1}{\varepsilon^*} = \frac{y_1}{\varepsilon_1} + \frac{y_2}{\varepsilon_2} + \frac{y_3}{\varepsilon_3}$$

Slijedi:

$$\varepsilon^* = \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3}{\varepsilon_2 \varepsilon_3 y_1 + \varepsilon_1 \varepsilon_3 y_2 + \varepsilon_1 \varepsilon_2 y_3}$$

Pa iz relacije za volumni sadržaj:

$$y_1 + y_2 + y_3 = 1$$

Zbog impregnacije jedinjenja koje postaje čvrsto moramo uzeti u obzir koeficijent skupljanja k i prethodno definiranih ostalih imamo:

$$y_2 = \frac{D_p}{D_c}$$

$$y_1 = k \cdot y_p = k \cdot \left(1 - \frac{D_p}{D_c}\right)$$

$$y_3 = (1 - k) \cdot y_p$$

Vratimo sve u početni izraz:

$$\varepsilon^* = \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3}{\varepsilon_2 \varepsilon_3 y_1 + \varepsilon_1 \varepsilon_3 y_2 + \varepsilon_1 \varepsilon_2 y_3}$$

Pošto se radi o impregriranom papiru koji postane čvrst vrijedi:

$$\varepsilon_3 = \varepsilon_{ic} \quad i \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_c \quad i \quad \varepsilon_1 = 1$$

Pri čemu su:

$\varepsilon_c \rightarrow$ dielektrična propustljivost celuloze

$\varepsilon_{ic} \rightarrow$ dielektrična propustljivost impregriranog jedinjenja

Tada uvrštavanjem u izraz dobijamo konačnu:

$$\varepsilon^* = \frac{\varepsilon_c \varepsilon_{ic}}{\varepsilon_c \varepsilon_{ic} k y_p + (1 - y_p) \varepsilon_{ic} + \varepsilon_c y_p (1 - k)}$$

Odnosno:

$$\varepsilon^* = \frac{\varepsilon_c \varepsilon_{ic}}{\varepsilon_c y_p (1 - k) + \varepsilon_c \varepsilon_{ic} k y_p + \varepsilon_{ic} (1 - y_p)}$$

Rješavanje na osnovu podataka iz zadatka:

a)

$$\varepsilon^*_{1000} = \frac{1}{\left(1 - \frac{D_p}{D_c}\right) \cdot \left(1 - \frac{1}{\varepsilon_c}\right)} = 2,294$$

$$\varepsilon^*_{1250} = \frac{1}{\left(1 - \frac{D_p}{D_c}\right) \cdot \left(1 - \frac{1}{\varepsilon_c}\right)} = 3,39$$

b) Petrolejsko ulje $\varepsilon = 2,2$:

$$\varepsilon^*_{1000} = \frac{\varepsilon_{ic}}{\left(1 - \frac{D_p}{D_c}\right) \cdot \left(1 - \frac{\varepsilon_{ic}}{\varepsilon_c}\right)} = 3,93$$

$$\varepsilon^*_{1250} = \frac{\varepsilon_{ic}}{\left(1 - \frac{D_p}{D_c}\right) \cdot \left(1 - \frac{\varepsilon_{ic}}{\varepsilon_c}\right)} = 4,90$$

Sovola $\varepsilon = 5$:

$$\varepsilon^*_{1000} = \frac{\varepsilon_{ic}}{\left(1 - \frac{D_p}{D_c}\right) \cdot \left(1 - \frac{\varepsilon_{ic}}{\varepsilon_c}\right)} = 5,91$$

$$\varepsilon^*_{1250} = \frac{\varepsilon_{ic}}{\left(1 - \frac{D_p}{D_c}\right) \cdot \left(1 - \frac{\varepsilon_{ic}}{\varepsilon_c}\right)} = 6,19$$

Parafin $\varepsilon = 2,2$ $k=15\%$:

$$y_{p_{1000}} = \left(1 - \frac{D_p}{D_c}\right) = 0.333$$

$$\varepsilon^*_{1000} = \frac{\varepsilon_c \varepsilon_{ic}}{\varepsilon_c y_p (1 - k) + \varepsilon_c \varepsilon_{ic} k y_p + \varepsilon_{ic} (1 - y_p)} = 3.55$$

$$y_{p_{1250}} = \left(1 - \frac{D_p}{D_c}\right) = 0.1667$$

$$\varepsilon^*_{1250} = \frac{\varepsilon_c \varepsilon_{ic}}{\varepsilon_c y_p (1 - k) + \varepsilon_c \varepsilon_{ic} k y_p + \varepsilon_{ic} (1 - y_p)} = 4.6$$