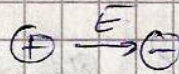


$$U \rightarrow E$$

$$E_{max} = f(U, \text{geometria})$$



E_{meg}

E_{int}

IX, 24.

Elektromos terítés

Kisenergiájú

- sírkisülés (egy kapacitás között)
- koronakisülés, pámados kisülés

Nagyenergiájú

- terjedő kisülés
- villámmeri kisülés \rightarrow sílökend, villámcsiklócsökend
- villám

Szűrőkisülés

- az az elektrosztatikus terítés, de a kapacitás között, nincs ami tovább táplálja az ívet, ezért nincs is termikus ionizáció

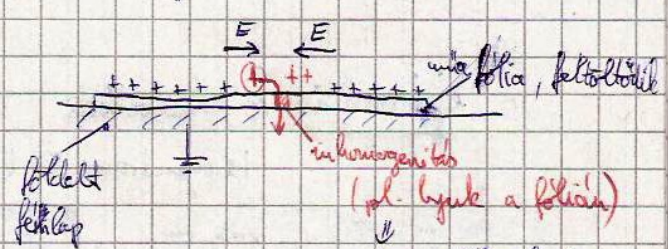
Koronakisülés, pámados



$r < 0,5 \text{ cm} \rightarrow$ koronakisülés
 $r > 3 \text{ cm} \rightarrow$ pámados kisülés

• az érték az inhomogenitásokon a legnagyobb

terjedő kisülés



- a környezetben lévő \oplus töltések elkerülnek a fólia felé
 \Downarrow
 nagy töltésű jön létre a kiürített rész hátoldala körül

Áramítás

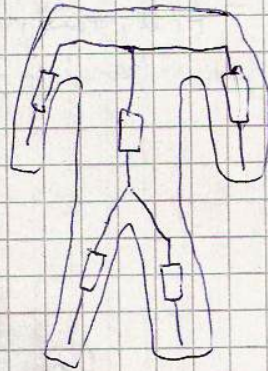
- talpponti ellenállás: 150Ω

- száraz bőrtalp: 80Ω

- nedves bőr: 450Ω

- gumi talp: függ

$$R_{\text{elő}} = R_{\text{b}} + R_t + R_{\text{ek}}$$

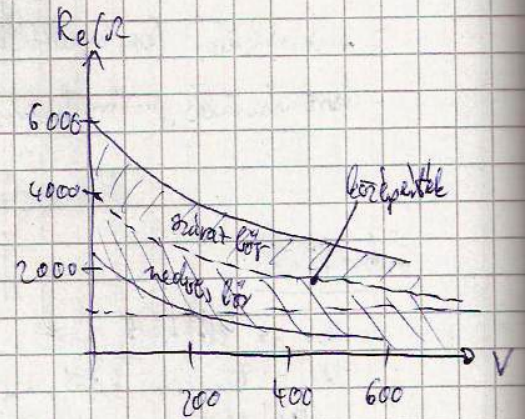


- a bőr jó szigetelő, de könnyen átüt

↓
a testfelületére jó csomó verejték,

ami által erősen hővezetőképességű a test ellenállása

• az emberi test ellenállása ált. $1k\Omega$ -nak vehető



- az áram hőhatára a szervezetben $\Delta T = 5^\circ\text{C}$, helyi barosodások is

↓
felhők rovasodhatnak, hiszaphatnak

- elektrolízis a testnedvekben

(egyendáram és körfesz. AC)

- villamos szünet a hőhatás következtében

• a bőrön kis áramú pont, körülete elszáradás (metallizáció) (akár is körfesz. ponton is)

↓
akkor függ, milyen felület fogott

• az izmok szünet megfűrés, nedveskörnyezetben gőzre váltak

ingerhatások: (50 Hz-en)

- 1.) érzékszab (válaszhat): 1-2 mA esetén
- 2.) elmozdít (izomgörcsöt okoz) áram \rightarrow nem képes elmozdítani a szervezetet
10-20 mA
- 3.) légszűrés zavarok (görcs a rekeszizmokban) : 40-60 mA
- 4.) kamrai fibrilláció (szívkamra-remegés) 80..100 mA - 3..4 A között
 \rightarrow felgyorsul a szívverés, nem tudja a vért keringtetni
↓
fibrillációt sükséges
• frekvencia függő
• irány (jobb-bal, fentlent le)
• állapot
- 4.) pillanatosság agyhullám
- igen nagy áramoknál (4 A felett)

érezküszab

- a nők érzékenyebbek az áramerősségre

Növekedési faktor (kamrai fibrillációhoz)

bal láb - bal kéz az 1 egység

↓

pl. mell-lát növekedési faktor : 1,73

↓

$$I_{\text{mell-lát}} = \frac{I_{\text{lk-ök}}}{1,73} = \frac{100 \text{ mA}}{1,73} \rightarrow \text{ebből árammal alakul ki kamrai fibrilláció}$$

Törpefesz. meghatározása:

- 27kg-os embernél 0,3%-a populációnak lép fel kamrai fibr., ez 87 mA-nál alakul ki \rightarrow mell-lát növekedési faktornal korrigálva: 50 mA
- a test ellenállása 1k Ω \rightarrow U = 50 V -ra alakított a törpefesz. határa (50 Hz)
(egyúttal 120 V)

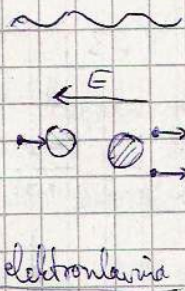
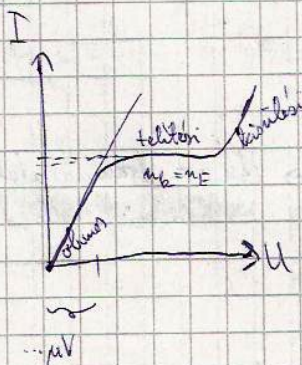
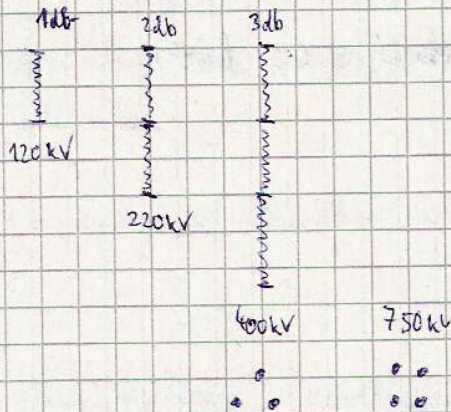
Erzet:

- szivás \rightarrow hőhatás miatt (ha keletkezett érintés vagy a földet érintés, nem lesz csak a szivás)
- ütés \rightarrow izomösszehúzó hatás miatt (nagyobb energiával)

Villámcsapás:

- nagyon rövid behatási ideje
- nem a test felületén, hanem a bőr felületén halad át az áram nagy része, ezért a szivás nem lesz direkt kérosodást (legfeljebb a szivás miatt az anyagok hátrahagyott részecskéi miatt)

IX. 27.



- levegőben mp-ként és cm³-ként mérhető
e⁻ keletkezik (koronás szivás, stb.)

Koronázás

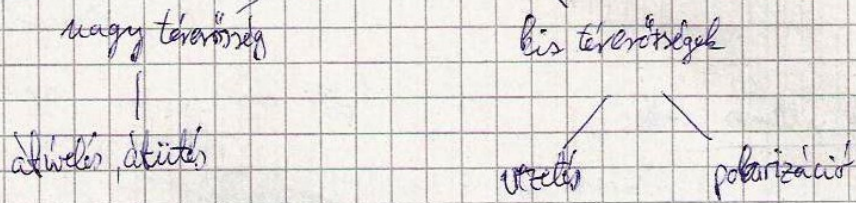
FRISCHEL - ingulátor

RF-áramok...

koronázás

e⁻ áramok
feszültség
kísérlet

Villamos jelenségek



Vezetés

X.11.

$$\gamma = \frac{J}{E}$$

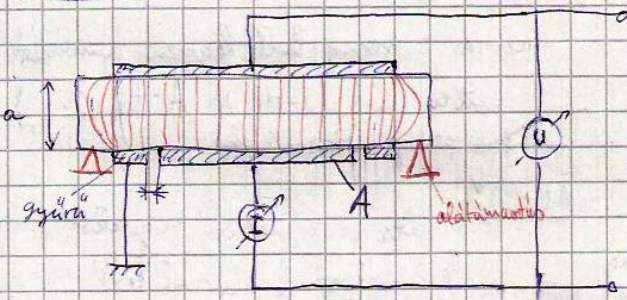
γ - fajl. vezetőképesség $\frac{1}{\Omega \cdot m}$

ρ - fajl. (terefogati) ellenállás $\Omega \cdot m$

J - áraműrűség

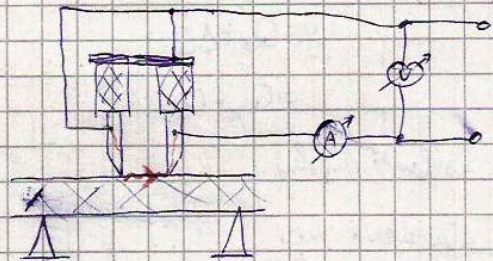
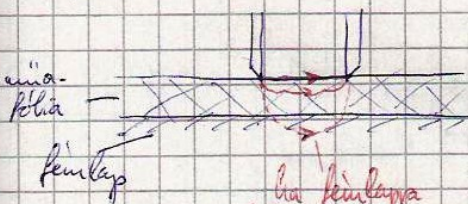
E - térerősség

terefogati ellenállás

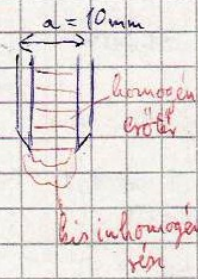


$$R = \rho \cdot \frac{a}{A} \rightarrow \rho [\Omega \cdot m]$$

felületi ellenállás



ha fémlemez helyesen, akkor is legkisebb áram \Rightarrow nem jó \Rightarrow alóball támasztással a felület

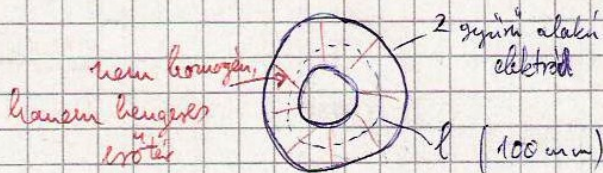


$$R = \rho_f \cdot \frac{a}{l}$$

felületi (surface - ρ_s)

$$[\rho_f] \rightarrow \Omega$$

német területen:



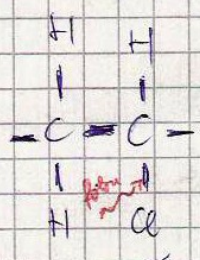
Öregedés oka

degree of polymerization (DP)

pl. papírnál DP: 5000..10000 (új)

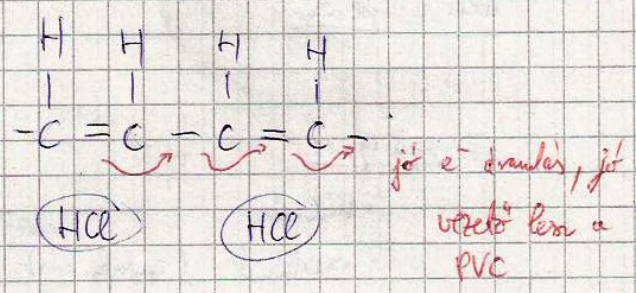
↓
500 (elhasználódott) → a polimerizációs fok csökken
(a polimer láncok hossza)

1.) vinyl-klórid:



monomer → ^{elől} több Cl → polivinilklórid (PVC)

2.) → gyű egy fém → keverék a Cl atom → egy H is utána
↓
HCl keletkezik



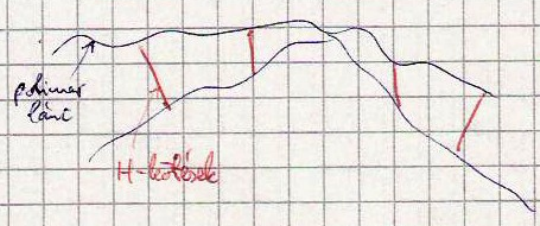
3.) HCl keletkezés elleni stabilizátor

↓
a degradációs mechanizmust felére, megakadályozza

Üvegátmeneti hőmérs.

XLPE - crosslink fém etilén (terhálódott polietilén)

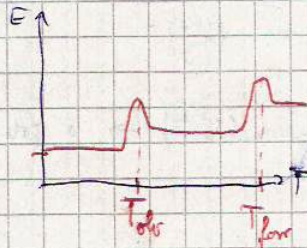
↓
H-keletkezés



- képeresek alapból elosimni egymáson a molekulák → T_m elérével rövidebbé válnak
- ezt a hőmérsékletet előre üvegátmenet, továbbá a műa./gumi → pl. teli/nyári gumi
- ↓
T_m beállítható a gyártási technológiával

Kalorimetria → az anyag hőfelvételét méri

- olvadási, forrási és a hőfelszív. nem csak a T növekedés fordításán hanem a kémiai kötések megváltoztatására is



Hőigénybevétel

- sokkal gyorsabban elvezetik a kedvező tulajdonságokat a műanyagok

Vill. igénybevétel

Környezeti ig. s.

- nedvesség
- oxidáció (szulfidáció) a levegőben lévő O_2 hatására

▷ Kémiai folyamatok

- oxidáció, depolimerizáció, keresztirányú kialakulása, treeing

▷ fizikai foly.

- mechanikai: repedés, fészkesedés, nedvesedés

- villamos: részkeletések, treeing

↓
a fém igénybevétel megszüntével visszafordul

Szigetelési anyagok

- a szerves anyagokra jellemző (cellulóz, ...)

Vízgátoló csoportosítása:

- I.
- Röncsolásos
 - átütési vízsz.
 - mintavétel, vízsz.
 - Röncsolásmentes
 - sfer. próba
 - dielektr. jell. vízsz.
 - részleges kímélés v.

- II.
- Gyártás előtti / közbeni
 - gyártás utáni
 - üzem közbeni

Szigetelési ellenállás

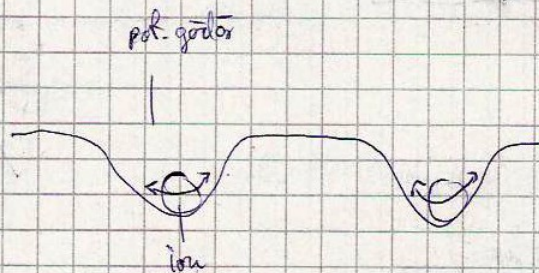
- elt. ionvezetés van



- homogén vezeték



nagy T esetén nagy a mozgás → képesek átugrani a pot. gödör falát



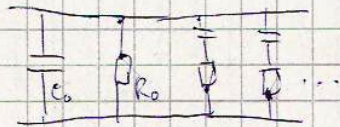
Folyadékok:

- víz foly

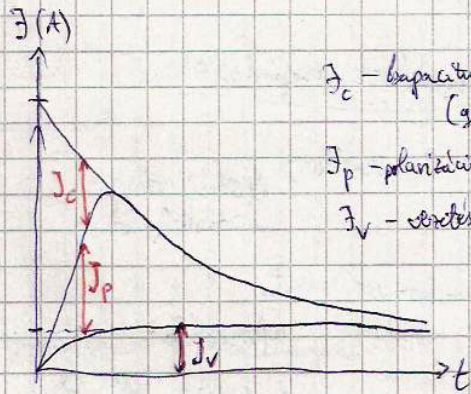


katodotikus vezeték (a foly.-ban lévő szerves ionok vezetnek)

Polárizációs spektrum



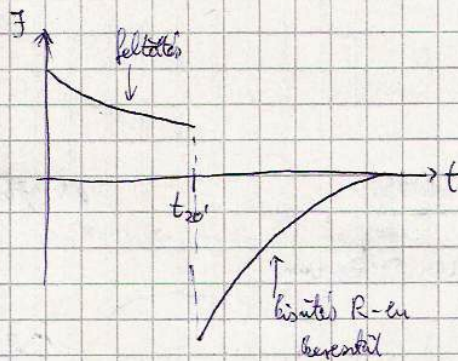
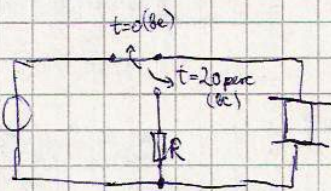
geom. kapac. irányított
elektrolit



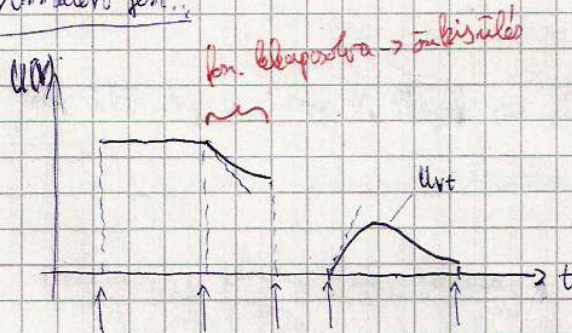
J_c - kapacitás feltöltés (geom. kap.)

J_p - polarizációs tagok áram

J_v - ohmi áram



Vismelési fém...



fém. kapacitása → indukció

Aug.
poté R-
Zárva

geom. kapac.
és a kis t
RC-tagok
kiszűrés

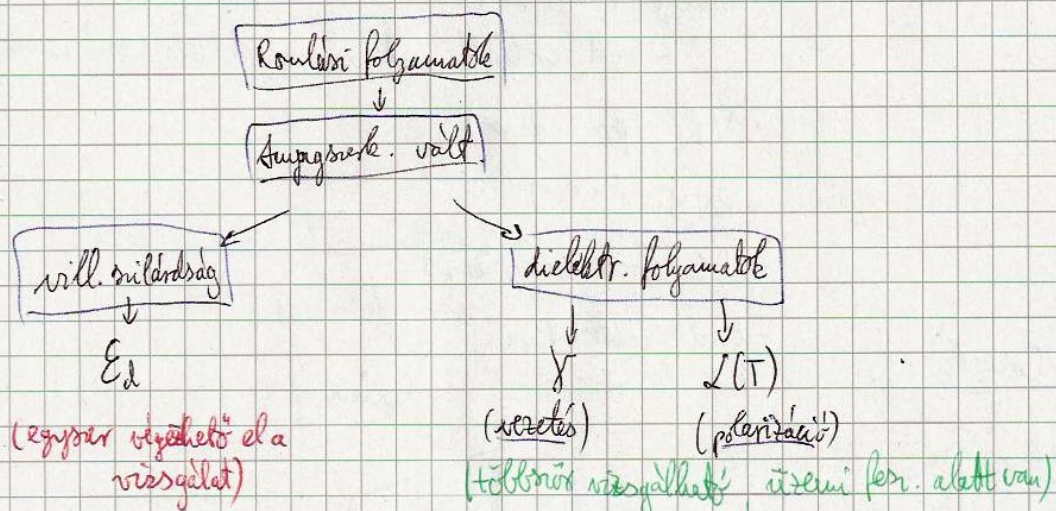
▷ Diagnosztika

- követelmények:

- vill. szilárdság
- mechanikai
- kémiai

- életkoruk vége:

- amelyek britikus jellemző nem teljesíti a
tervezéshez megadott küszöbértéket



▷ Értekezési foly.: (amalgámok. vizsgálata)

• Fizikai:

- mechanikai: repedés, töredéksúly, nedvesség ...
- vill.: töltésmérés, töltés ...

- Kémiai:

- oxidáció, depolimerizáció, károsítóanyag kialakulása, töltés

kémiai:

FTIR - Fourier IR vizsgálata (infra fény elnyelés)

pol. fok - polimerizációs fok vizsgálata (hány monomerből áll)

○ IT -
stabilitási vizsg.

mechanika: - gyorsabban változnak, mint a vill. tulajdonságok

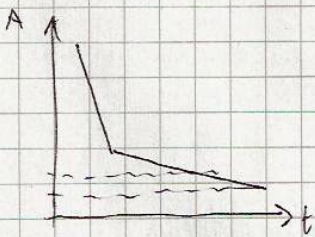
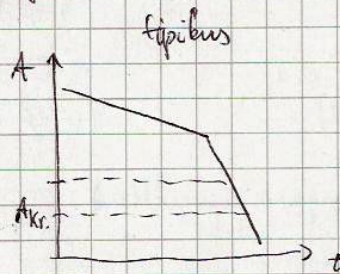
- sűrűségváltozás
- keménység
- alakadási nyúlás
- rugalmasság

villamos:

- dielektrikus:

- $\tan \delta$ (veszt. tény.)
 - vált. erőterék mekkora veszt. tény. okoz a melegezésen
- VR (fen. válasz)
- RVM (-11-)
- IRC (relaxációs áram)
- diel. spektroszkópia

o Öregedés:



nehégyartékok keletkeznek egy jellenség

Dielekt. folyamatok

Vezetés

- jöndekül ϵ vezetős

↑
folyadékokban (szennyeződések miatt)

- itt ionos és kationikus, ritkábban ϵ vezetős. (ideális anyagban ϵ^- nem vezet)

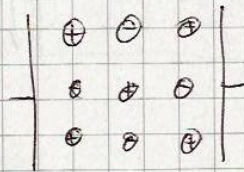
- nem szabályos = kristályos a gyakorlatban, vannak hibák, ezek az idegen ionok leírakodhatnak, vezethetnek

- hőmérs. függős ($T \uparrow \Rightarrow$ romlik az ellenállása, nő a vezetőkép.)

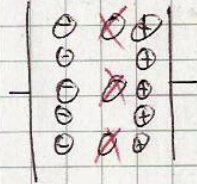
- nedvességfüggős

Polarizáció

- töltésvándorlás (E hatására) az anyagban belül, erőtelj. kibágyosodás után visszavándorolnak



$E=0$



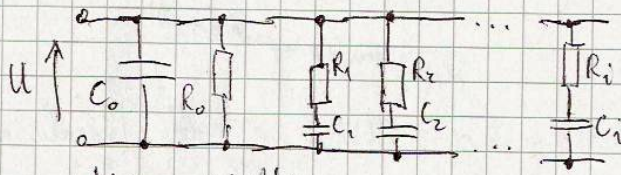
\rightarrow
 E

- elektron eltolódás
- ion eltolódás (kristályokban)
- hőmérs. orientáció
- rugalmas -||- (csak kicsit mozdulnak el)
- téröltéses polar.
- heterogén polar.

Dipolizációs spektrum

50 Hz-en téröltéses és hőmérs. orientációs polar. lép fel

szigetelőanyag helyettenti kapcsolása



geometriai kapacitás
↓
szigetelőanyag nélküli kapac.

vezetési ellenállás

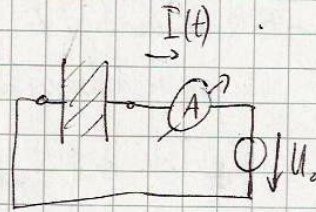
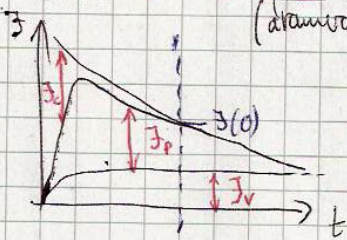
$$\frac{C_i}{C_0} = \frac{\Delta \epsilon_i}{\epsilon_0}$$

$$\tau_i = R_i C_i$$

↓
az egyes polarizációs fázis-időállandói

Egyenfermültségi viszg.

1. Szivárgási áram mérése
(áramváltóval mérve km. mérés esetén)



$$\vec{J} = \gamma E + \frac{\partial D}{\partial t} = \gamma E + \epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} + \frac{\partial P}{\partial t}$$

$$\vec{J} = \vec{J}_v + \vec{J}_c + \vec{J}_p$$

↓
vezetési áram | geom. kap. feltöltés | polarizációs (Ri Ci tagok feltöltése)

↓
hamar elhűnik a kapacitás áram (milla km pár sec. múlva)

nem t=0, hanem amikor a kapacitás áram megszűnik

$$\vec{J}(t) = \vec{J}_v + \vec{J}_p(t)$$

$$\vec{J}(0) = \vec{J}_v + \vec{J}_p(0) = E \cdot \gamma + E \cdot \beta$$

$$\vec{J}(\infty) = \vec{J}_v = E \cdot \gamma$$

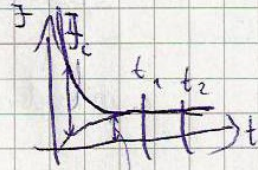
(a polarizációs tagok már lecsúsztak)

$$\gamma = \frac{\vec{J}(\infty)}{E} \quad \text{áramos vezetékiség}$$

$$\beta = \frac{\vec{J}(0) - \vec{J}(\infty)}{E} = \frac{\vec{J}_p(0)}{E} \quad \text{polarizációs vezetékiség}$$

Abszorpciós tényező

$$k_A = \frac{I(t_1)}{I(t_2)} = \frac{I_p(t_1) + I_v}{I_p(t_2) + I_v}$$



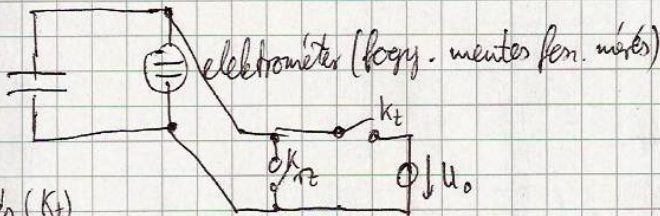
ha $k_A \sim 1 \rightarrow$ rossz a sig.

↓ (pl. már meglévő) I_v
 I_p nem is lép fel

$k_A > 1$ (ha $k_A \gg 1 \rightarrow$ a polar. tag a jelentő)

- a szabvány 1 percet ír elő

2) Fém. válassz mérése



1.) töltés (K_1)

$$t_{\text{tölt}} \cong 100 - 1000 \text{ s}$$

2.) átkapcsolás (K_1 nyitva)

3.) rövidkötés (K_2 zártva)

$$S_d = \frac{\gamma \cdot V_{cd}}{\epsilon_0}$$

4.) r_2 bontás \rightarrow fém. növekedik a szigetelőn

(visszatérő fém.), mert a pol.

folyamatok nem „épültek” le

teljesen a kábelben,

mert túl rövid volt a rövidzáros

ideje (és nagy a polar. időállandó)

$$S_d = \frac{V_{cd}}{r_g}$$

$$T_g = R_g \cdot C_g$$

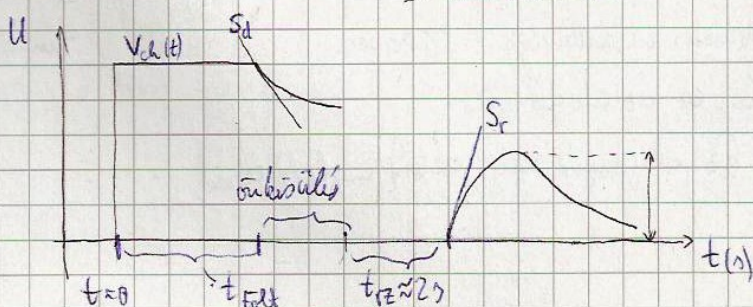
A kívülről fész.:

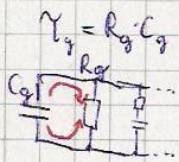
Visszatérő fém. \rightarrow

$$S_r = \beta \cdot V_{cd} / \epsilon_0$$

$$S_r = V_{cd} / r_g$$

$$T_r = R_p \cdot C_g$$

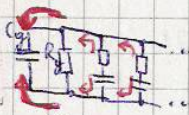




- a kitérésési fn. kezdeti meredeksége (S_d)

Egyenesen arányos a vezetőképességgel ($Y = \frac{\epsilon_0}{R_g C_g}$)

1. kitérés. Kiseb anyagot
teljes kialakítás
számkutára

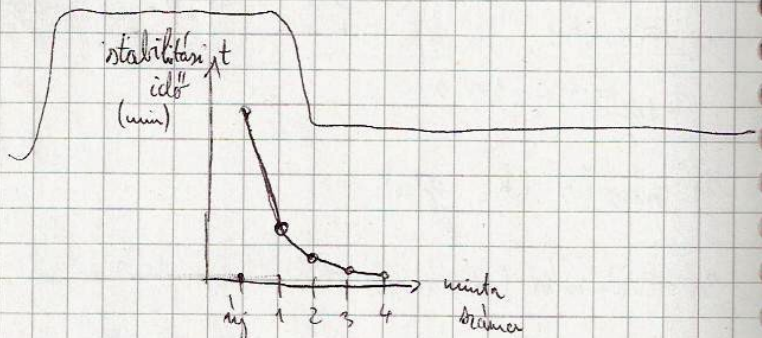
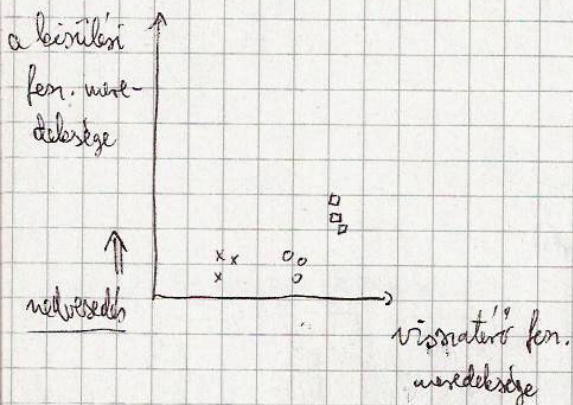


- a visszatérési fn. -||- (S_{rr})

-||- a polar. vezetőképességgel ($\beta = \frac{\epsilon_0}{R_p C_g}$), ahol R_p az eredő
a polar. ki-
bírás

ahol R_p az
sok R_i tag eredője

- a módszer előnye, hogy a diel. flý. (vezetés és polarizáció)
egymástól függetlenül vizsgálható



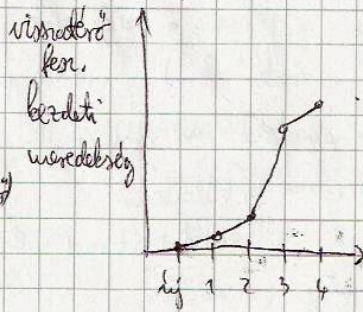
Alkalmazás PVC vizsgálásán:

a PVC örleményt hirtelen

↓
a klór kiválik belőle

↓
a stabilizátor befogja a klórt,
de egyszer telítődik (stabilitási idő)

↓
ekkor a klór szorokként jelenik
meg, ez mérhető



a kábelben stab-
anyag van
a paraméterek
javítására,
de ez az idő
múltával el-
tűnik a PVC-ból

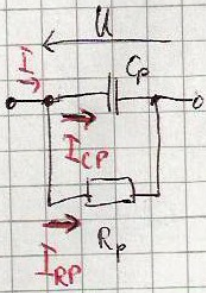
domináns spektrum:

- fő vizsgeltés domináns időállandója ~ 2000 sec.
- öregedéssel csökken ez az időállandó
- a nedvesedés (az olajpapír vizg. esetén) mérhető ezzel

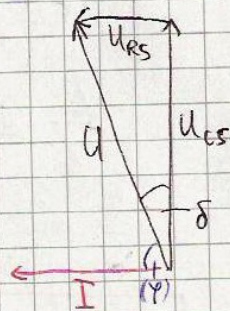
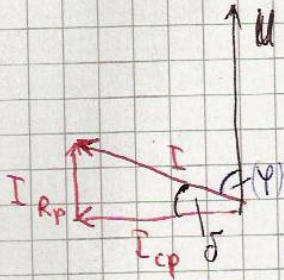
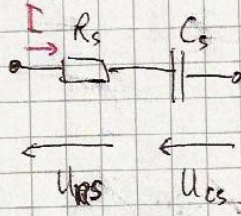
Vezetéski veszteség mérése (tg δ)

(egyetlen frekvencián vizsgáljuk a szig-t, a többi RC-tag nem nagyon járhat bekk)
 $f = 50 \text{ Hz}$

a) parallel.
 helyett.
 kápos.



b) soros hely. kápos.



• vezétki áram:

$$I_v = \frac{U}{R_p}$$

• kápos. áram:

$$I_c = \omega C_p \cdot U \quad (\text{abs. érték})$$

$$\text{tg } \delta = \frac{I_v}{I_c} = \frac{U/R_p}{\omega C_p U} = \frac{1}{\omega R_p C_p}$$

$$P = \frac{U^2}{R_p} \Rightarrow R_p = \frac{U^2}{P}$$

• vezetési tény.:

$$P = \omega C_p U^2 \cdot \text{tg } \delta \Rightarrow C_p = \frac{P}{\omega U^2 \text{tg } \delta}$$

$$\frac{U^2}{P} = \frac{U^2}{P} \Rightarrow R_s = R_p \cdot \sin^2 \delta$$

• mivel δ kicsi $\rightarrow \cos \delta \approx 1$ és $\sin \delta \ll 1$

$$R_s \ll R_p$$

$$C_s \approx C_p$$

I az áram

$$U_c = \frac{I}{\omega \cdot C_s}$$

$$U_R = I \cdot R_s$$

$$\text{tg } \delta = \frac{U_R}{U_c} = \frac{I R_s}{I / \omega C_s} = \omega R_s C_s$$

$$P = \frac{U_R^2}{R_s} = \frac{U^2}{R_s} \cdot \sin^2 \delta \Rightarrow R_s = \frac{U^2}{P \sin^2 \delta}$$

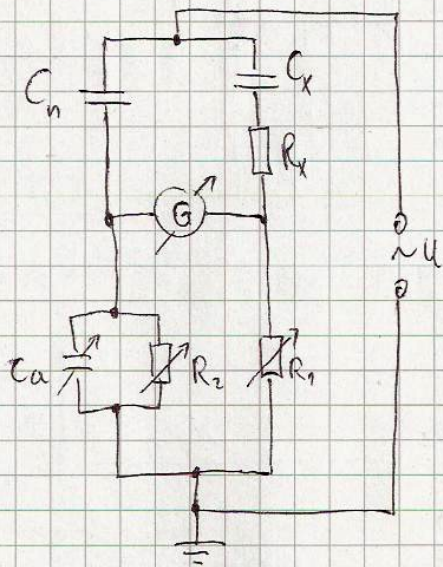
$$P = I \cdot U_R = \omega C_s \cdot U^2 \cdot \cos^2 \delta \cdot \text{tg } \delta \Rightarrow$$

$$C_s = \frac{P}{\omega U^2 \text{tg } \delta} \cdot \frac{1}{\cos^2 \delta}$$

$$C_s = C_p \cdot \frac{1}{\cos^2 \delta}$$

• mérés Schering hídval:

(\ominus : tápellátás)



G - galvanométer,
nullindikátor

kiegyenlítés feltétele:

$$Z_n \cdot Z_1 = Z_2 \cdot Z_x$$

$$Z_1 = R_1$$

$$Z_x = R_x + \frac{1}{j\omega C_x}$$

$$\frac{1}{Z_2} = \frac{1}{R_2} + j\omega C_a$$

$$\frac{1}{Z_n} = j\omega C_n$$

valós és képzetes tagok megegyeznek az egyenlet két oldalán

$$C_x = C_n \cdot \frac{R_2}{R_1}$$

$$\tan \delta = \omega R_2 C_a$$

$$R_x = R_1 \cdot \frac{C_a}{C_n}$$

($= \omega R_x C_x$)

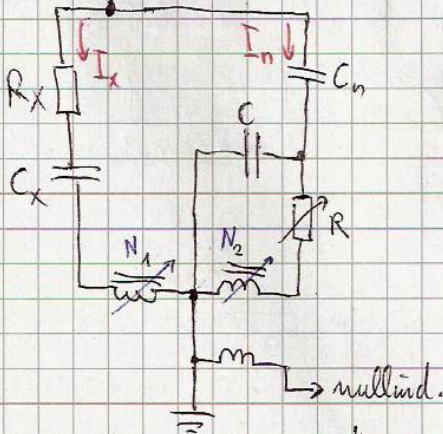
• mérés áramkomparátorral

• Glynne-híd

(ma ilyen az elektronikus mérőműszerek a hálózati mérés)

$$I_x \cdot N_1 = I_n \cdot N_2$$

mágyfesz:



$$C_x = C_n \cdot \frac{N_2}{N_1}$$

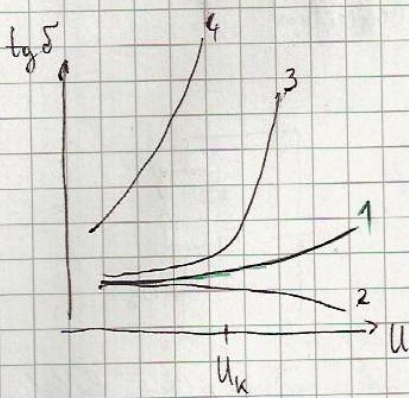
$$\tan \delta = \omega R (C_n + C)$$

- jól le kell mérésesen
átmérésolni

- nagyon pontos; a kiegyen-
lítés automatizálható

• Automatikus mérőhíd

↓
nullát mutat ha
a tekercs (körös a vasmag) fluxusa nulla



1. δ (alig változik a ker. függvényében)
2. öregedés, ionos vezeték
3. rész kisülések megjelenése
4. elhúzóesedétt

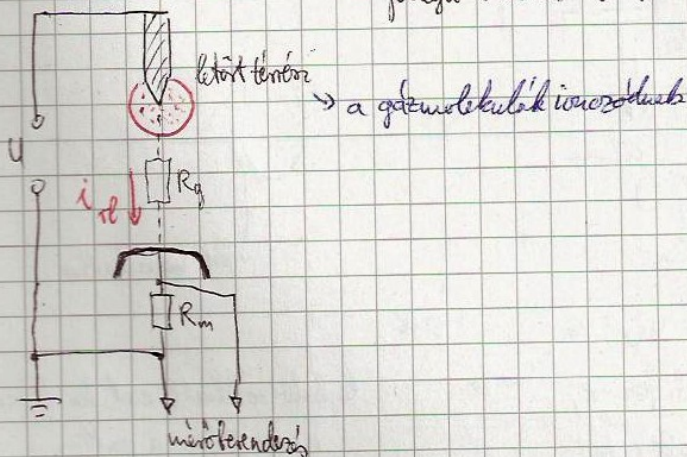
$\text{tg } \delta$ nem a geometriától függ, hanem anyagi tulajdonságoktól

Rész kisülések vizsgálata (részleges leterelés)

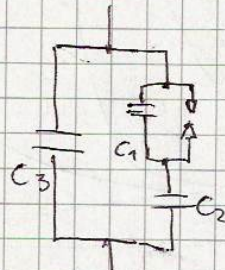
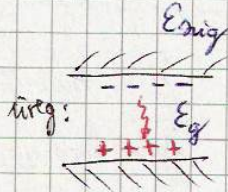
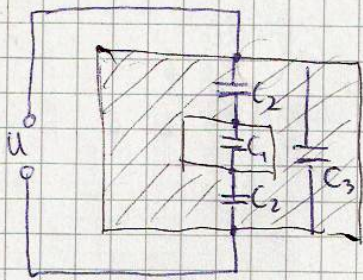
- koronakisülés: gázokban / folyadékokban az erősen inhomogén erőterek esetén (ahol nagy a térerősség) kisülés bekövetkezik
- lebő / üregkísülés: szilárd szigetelő gázzal töltött üregben, vagy folyadékokban lévő gázbuborékokban jelenik meg
- felületi / hiszterikusisülés:
 - az n elektroda körül; különb. helyzetű szigetelő határfelületén (az áram köztől keletkezik)

1.) Koronakisülés

- áramgenerátoros jellegű a kisülés (R_g nagy, R_m a mikroimp. kien)



2.) Útregkivülés (pl. gáztöltésű a sugárral becsüdjében)



$E_g \ll E_{reg} \rightarrow$ inhomogén E , töltés felhalmoz.

$C \approx C_3 \gg C_1 \gg C_2$

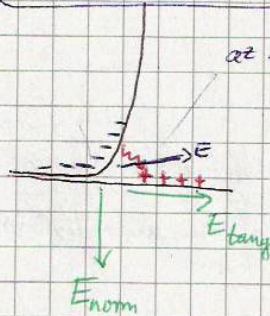
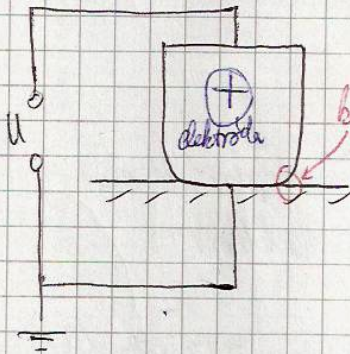
↓
kivülés
↓
tárol az úreg

- kivüléskor C_1 rövidbeár $\rightarrow C_{eredes} \uparrow (\Delta C)$

$\Delta U = \frac{Q}{\Delta C} \downarrow$ (a töltés állandó)

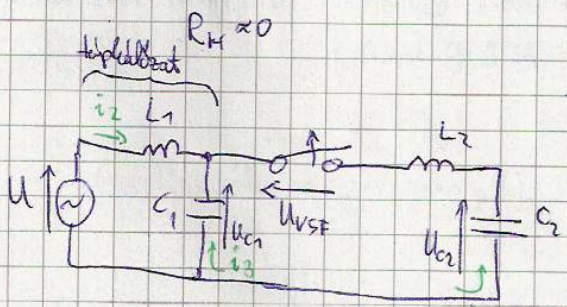
$\Delta q = C \cdot \Delta U$ (a kem. kiegyenlítődés irányul)

3.) Kisérőkivülés
(korona és úregkiv. bevezetése)



az w egyre tövebb (az E hatására)

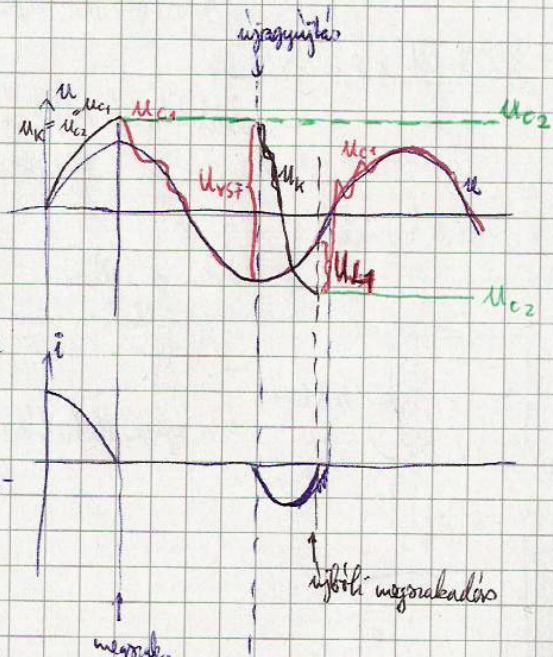
I. Kapacitív terhelés mérnöki feladata



$U_{VSF} = U_{C1} - U_{C2}$ (ha L_2 -t elhanyagoljuk)

- mérnöki árammúlát mérve

- a mérés pillanatában $U_{C1} = U_{C2} = U_k$
 utána U_{C1} beáll a hál. for. x ,
 U_{C2} marad ahol volt (ideális esetben)



legkisebb zökkenés esetén, ha $U_{VSF} \max$,
 akkor ebben a pontban:
 $U_{VSF} > 2U$ is lehet