

Váltakozó áramú rendszerek 4.zh

1.) Milyen célt szolgál a szigetelőtechnikában a biztonsági tényező?

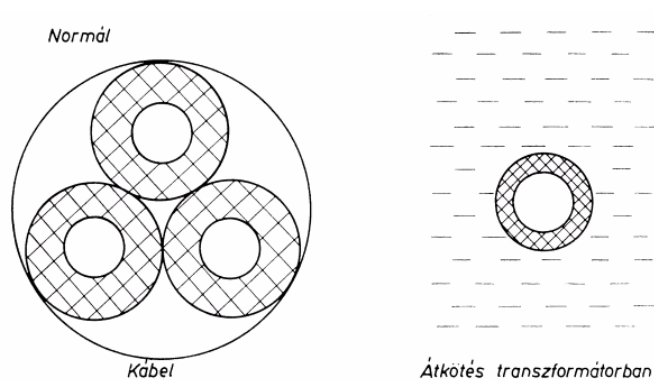
Szigetelésekben a szigetelőanyagokat csak a tényleges villamos szilárdságuknál, terhelésükönél kisebb igénybevételekkel szabad terhelni, hogy a szigetelésnek kellő üzembiztonsága legyen. Ezt a biztonságot a biztonsági tényezővel jellemezzük. A biztonsági tényező megválasztásának gazdasági jelentősége is van.

2.) Adja meg a látható, a látszólagos és a valódi biztonság definícióját!

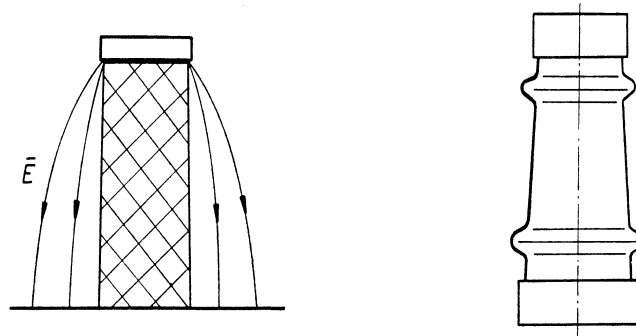
- A *látható biztonság* a próbafeszültségen és az üzemfeszültségen fellépő igénybevétel (térrősség), ill. a megfelelő feszültségek hányadosa. A próbafeszültségek nagyságának rögzítésével ennek az értéke adódik, tehát nem kell megválasztani.
- A *látszólagos biztonság* a méretezéskor alapul vett átütési szilárdság és az üzemi igénybevétel, ill. az átütési- vagy átívelőfeszültség és az üzemi feszültség viszonya. A szigetelések méretezése során általában ezzel a biztonsági tényezővel számolunk.
- A *valódi biztonság* a tényleges átütési- vagy átívelőfeszültség és az üzemi feszültség hányadosa. Üzemben lévő készülékek szigetelésének valódi biztonságát az átütéssel szemben csak a szigetelés átütésével (tehát tönkretételével) lehet meghatározni.

3.) Rajzolja le a szigetelések fő típusait!

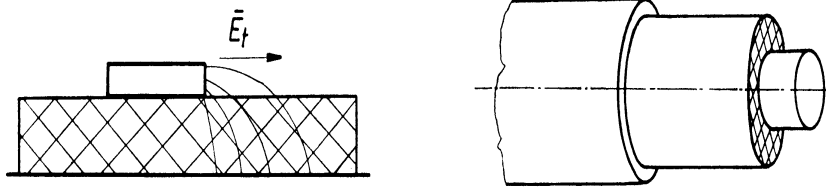
- Beágyazott típusú szigetelés:



- Támszigetelő típusú szigetelés:



- Részben beágyazott típusú szigetelés:



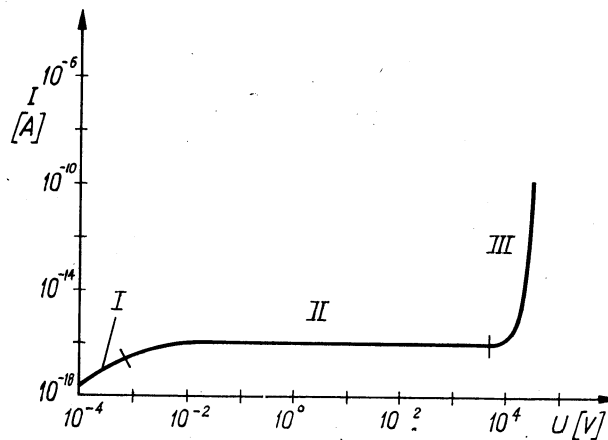
4.) Milyen módszereket ismer a szigetelések kihasználásának növelésére?

- Kedvező alaptípus választása (a legkedvezőtlenebb a részben beágyazott alaptípusú szigetelés)
- Jól számítható elrendezés kialakítása
Erősen inhomogén erőterekben, elektródok éles szegélyén nehezen számítható télerősségek keletkeznek, a szigetelőanyag kihasználása is nagyon egyenlőtlen, emiatt kell a jó elrendezés.
- Hengeres erőterben:
 - Optimális sugárány megválasztása:
Itt ugyanis a legnagyobb és a legkisebb télerősségek aránya és az egész szigetelés térfogata is a legkedvezőbb.
 - A szigetelőanyagok rétegződése.
- Homogén erőterben a különböző permittivitású szigetelőanyagok rétegződése kedvezőtlen. A kisebb permittivitású anyagban ugyanis a permittivitások arányában nagyobb télerősség lép fel, s ez könnyen a kisebb permittivitású anyag túlterhelődéséhez vezethet.
- Gáz vagy folyékony halmazállapotú szigetelőanyagban lévő kis sugarú elektródokon nagy helyi télerősség és ennek következtében részleges kisülések léphetnek fel. Ezek a helyeken az erőter inhomogenitása jelentősen csökkenthető az elektródok burkolásával. A burkolat lehet szigetelőanyag vagy fém.
- Ugyancsak gáz vagy folyadék szigetelőanyagban, erősen inhomogén erőterben alkalmazzák az ernyőket és a válaszfalakat az elektródok közötti átütőfeszültség megnövelésére. Ezek a megoldások a rövid időtartamú túlfeszültségek ellen lettek kialakítva, vagyis magát a szigetelést az üzemi igénybevételekre méretezik, s a teljes átütést az elektródok közé helyezett válaszfalal vagy ernyővel küszöbölik ki.
- A részben beágyazott alaptípusú szigetelés a legkedvezőtlenebb az alaptípusok közül, mert az elektródok sarkainál, a szigetelőanyag felületén fellépő kisülések kis kezdőfeszültsége miatt a szigetelés átütésre nem használható ki. Célszerűen alkalmazható módszerek (a szigetelés vastagságának növelése nem gazdaságos módszer):
 - A részben beágyazott típusú szigetelés átalakítása beágyazott típusúvá.
 - A felület bevonása csökkentett ellenállású réteggel.
 - A szigetelésbe beépített potenciálvezérlő elektródok alkalmazása
 - Potenciálvezérlés külső elektródokkal.

5.) Rajzolja fel a szigetelések vezetését bemutató U-I karakterisztikát!

• Vezetés gázokban

- I. arányos szakasz
- II. telítési szakasz
- III. elektron lavina



($A = 100 \text{ cm}^2$, $a = 1 \text{ cm}$, homogén erőtér)

6.) Fogalmazza meg a polarizáció mindkét definícióját!

A szigetelőanyagokban a villamos erőtér által keltett egyik dielektromos folyamat a polarizáció. Amíg a vezetési folyamatban a töltéshordozók áthaladnak a szigetelőanyag teljes hosszában egyik elektródtól a másikig, addig a polarizációs folyamatban a töltéshordozók az erőtér hatására csak eltolódnak nyugalmi (erőtér nélküli) helyzetükből, és az erőtér megszűnése után oda visszatérnek. A szigetelőanyagokban eleve vannak pozitív és negatív töltéssel rendelkező részecskék, ionok vagy ionizált molekulacsoportok. Ezek a töltéshordozók nyugalmi állapotukban (villamos erőtér nélkül) úgy helyezkednek el, hogy egymás hatását közömbösítik, ekkor a szigetelőanyag kifelé semleges. Erőtér hatására a töltések eltolódnak eredeti helyükről, az eredő pozitív és negatív töltések súlypontja nem esik többé egybe, a szigetelőanyag kifelé makroszkopikus dipólussá válik, polarizálódik. A külső erőtér megszűntével a töltések visszatérnek nyugalmi állapotukba, a polarizáció tehát reverzibilis folyamat.

A polarizáció két definíciója:

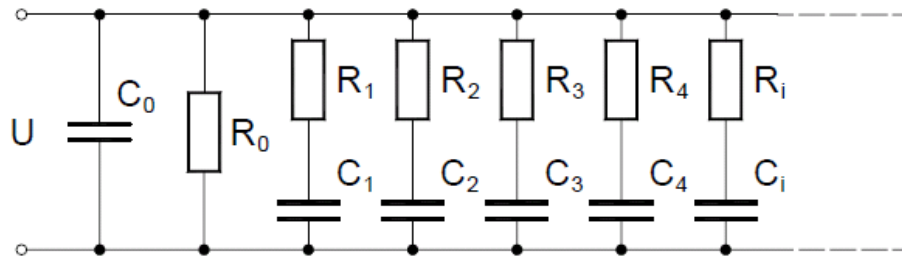
a) $P = \frac{Q_K}{A} = \sigma_K$ A kötött töltések felületi sűrűsége.

b) $P = \frac{M}{V}$ A térfogategységre jutó dipólusmomentum.

7.) Milyen polarizációfajtákat ismer? Becsülje meg a kialakulásukhoz szükséges időállandót!

- elektroneltolódási polarizáció, $T=10^{-14} - 10^{-16}$ s
- ioneltolódási polarizáció, $T=10^{-12} - 10^{-13}$ s
- hőmérsékleti ionpolarizáció, $T=10^{-2} - 10^{-4}$ s
- hőmérsékleti orientációs polarizáció, $T=10^{-6} - 10^{-10}$ s
- rugalmas orientációs polarizáció, $T=10^{-10} - 10^{-13}$ s
- határréteg-polarizáció, $T=10^{-2} - 1000$ s
- tértöltésű polarizáció, $T=10^{-2} - 1000$ s

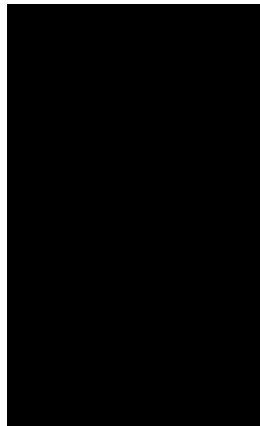
8.) Rajzolja fel a szigetelőanyag helyettesítő kapcsolását!



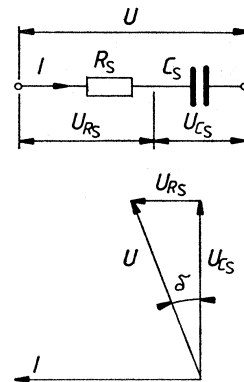
C_0 : geometriai kapacitás, R_0 : szigetelési ellenállás, R_i , C_i : egyes polarizáció-típusokat jellemző időállandók

9.) Milyen egyszerűsített helyettesítő-kapcsolást ismer a szigetelőanyagokra? Rajzolja fel a vonatkozó két fázorábrát!

Reális szigetelés gyakorlati helyettesítő kapcsolásai

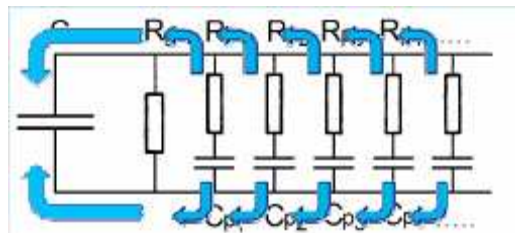


Párhuzamos helyettesítő kapcsolás



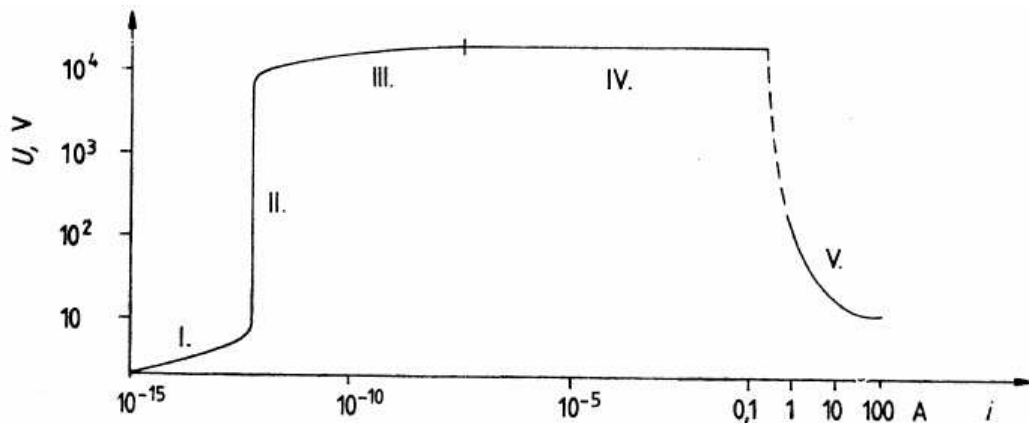
Soros helyettesítő kapcsolás

10.) Mutassa be a visszatérő feszültség jelenségét!



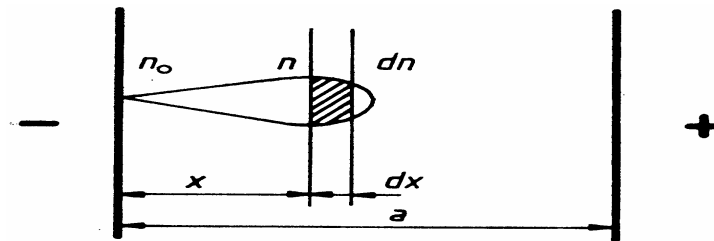
Először feltöltjük a szigetelőanyagot, majd egy rövid időre rövidre zárjuk a geometriai kapacitást. Ezáltal C_g kisül, azonban a polarizációs tagok $T_i = R_i C_i$ időállandója nagyobb, ezért ezek a tagok nem sülnek ki, így a polarizációs tagokból töltésáramlás indul meg a geometriai kapacitás felé, amely így a rövidzár megszűnése után ismét feltöltődik.

11.) Rajzolja fel a szigetelőanyagok átütésére vonatkozó I-U karakterisztikát!

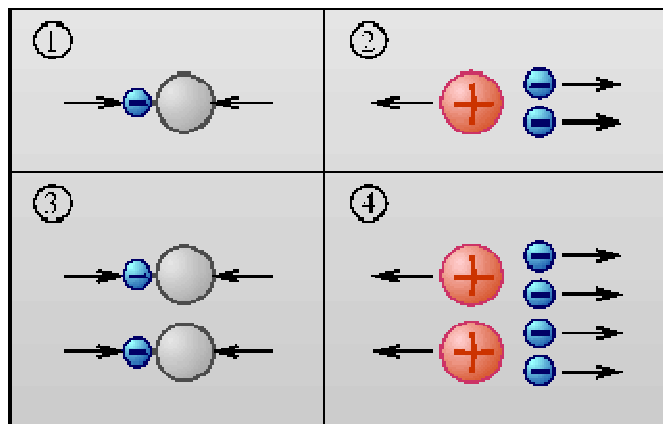


12.) Írja le az elektronlavina kialakulását! Mi az alapvető töltéshordozókat létrehozó fizikai folyamat?

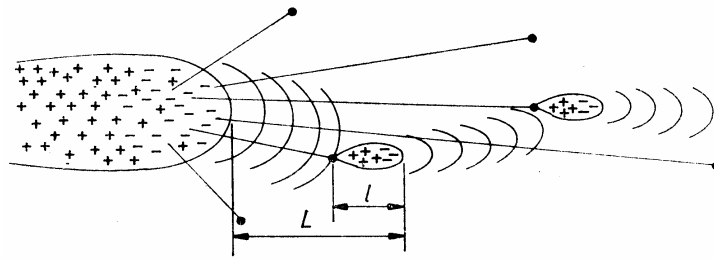
A szigetelőanyagokban kis számban mindig jelen vannak töltéshordozók, például hőionizáció, vagy a kozmikus sugárzás révén. Az ionok mozgékonyasága nagyságrendekkel kisebb, mint az elektronoké, ezért az elektronokhoz képest gyakorlatilag mozduatlannak tekinthetők, a viszonyokat elsősorban az elektronok ütközési ionizációja fogja meghatározni. Nagy térerősség hatására az elektronok gyorsulnak és nekiütköznek más részecskéknek, melyek ennek hatására pozitív ionra és elektronokra esnek széjjel, s az így keletkező elektronok felgyorsulva további ionozásra képesek, a töltéshordozók száma ezért gyorsan nő. A töltéshordozók hőmozgásuknak megfelelően a térre merőleges irányban is diffundálnak, így képződik a lavina jellegzetes alakja.



Elektronlavina alakja



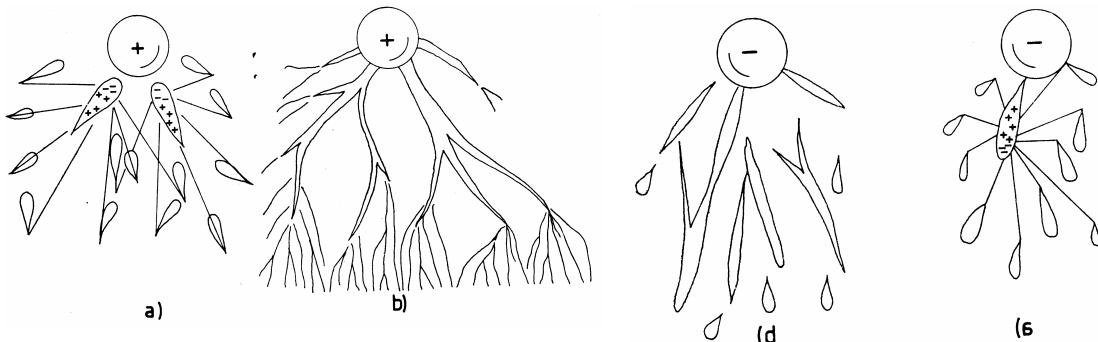
Az elektronlavina kialakulása



Anódirányú csatorna fejlődése

13.) Írja le a pamatos kisülés kialakulását! Mi az alapvető töltéshordozókat létrehozó fizikai folyamat?

Nem csak ionozások, hanem gerjesztések is lezajlanak a szigetelőanyagokban a fotoionozás következtében (fotoionizálás során az ütköző elektron nem tud ionizálni, csak gerjeszt). A nagy energiájú fotonok a lavina előtt haladnak és ezzel ionozást hoznak létre a lavina előtt, ún. szekunder lavinát indítanak. Ezzel ionozott csatorna jön létre. A primer lavina aztán eléri a szekunder lavinában lévő lassabb pozitív ionokat, viszont a tömegarány nagyon eltérő és az elektronok sebessége nagy, így nincs rekombináció. Az elektronok így tovább gyorsulnak, s a csatornában a kisülés átalakul: vékony, fonalszerű ágacskák jelennek meg, melyek percegő hangot adnak, színük fehér. Ez a pamatos kisülés (streamer).



Pamatos kisülés pozitív illetve negatív gömbön

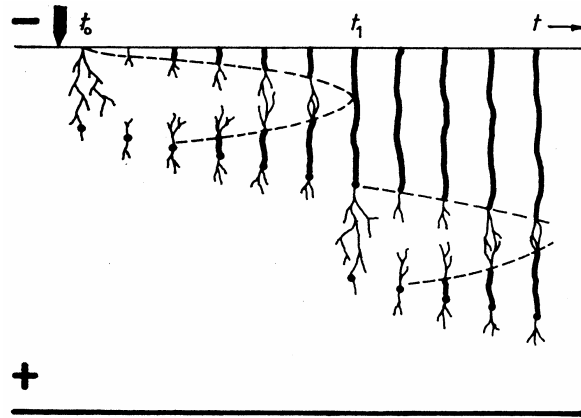
14.) Írja le a csatornakisülés kialakulását! Mi az alapvető töltéshordozókat létrehozó fizikai folyamat?

A csatornakisülés, vagy más néven vezérkisülés (leader) a pamatos kisülésből továbbfejlődő instacioner kisülés. A feszültség növekedése hatására a vékony áramszálak helyett megjelenik egy zezzugos csatorna. A pamatok a pinch-hatásnak köszönhetően (a párhuzamos áramszálak megpróbálnak összehúzódnival) egy fényesebb csatornában gyűlnek össze.

A csatornakisülés során a hőionozás a döntő folyamat, a molekulák egymással ütközve is képesek leszakítani.

A kisülési csatorna kialakulásához szükség van valamennyi időre.

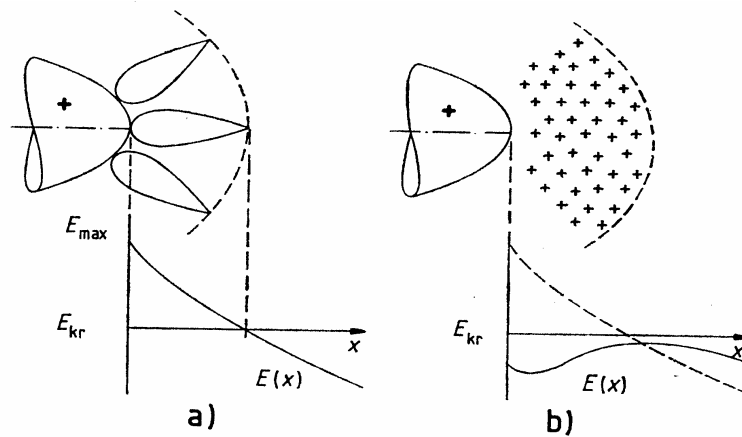
Emellett mivel a szigetelőanyagban az atomok valamilyen struktúrát alkotnak, ezért az átütési csatorna irányított, nem tud akármilyen irányban kialakulni.



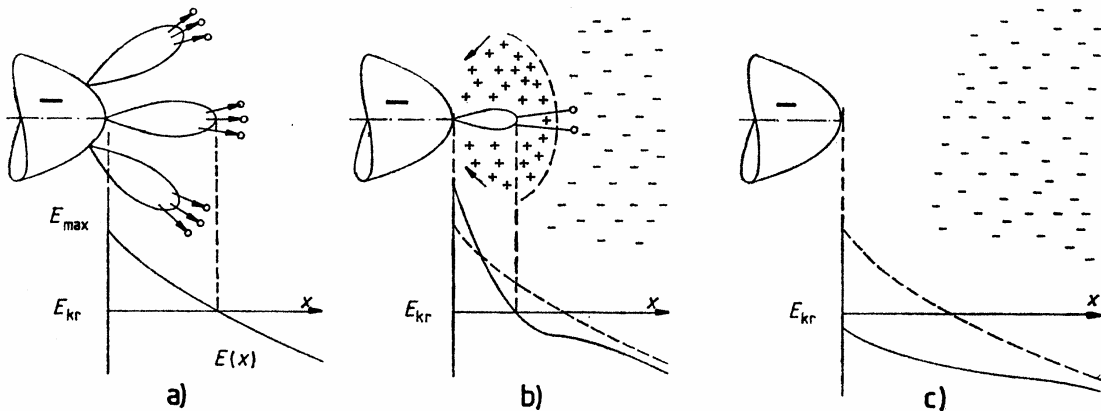
A kisülés fejlődésének képe

15.) Mutassa be a pozitív és a negatív csúcson előtti koronakisülés kialakulását!

A koronakisülés nem egy pontos fogalom, csak azt jelenti, hogy az elektródon részleges kisülés lép fel. Nagyon sűrű impulzusszerű kisüléseket jelent. A csúcson környékén részleges kisülés alakul ki, ezt nevezzük koronakisülésnek. Kis áramú, hosszú időtartamú, energiája térben és időben elosztott.



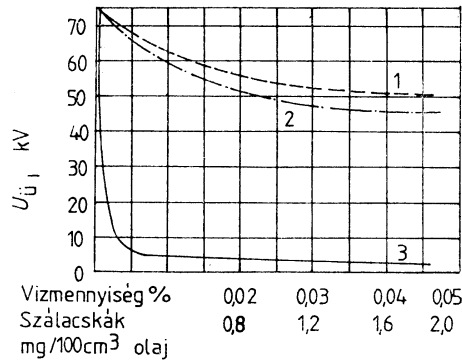
Koronakisülés pozitív csúcson: ilyenkor a tértöltést az erőter kiszippantja



Koronakisülés negatív csúcson: a negatív elektród előtt egy nagy negatív töltésfelhő alakul ki. Sok idő alatt a másik elektród kiszippantja ezeket.

16.) Hogyan változik a folyadékok átütése szál alakú és cseppfolyós szennyezések hatására?

Transzformátorolaj átütőfeszültségének változása a szennyezés függvényében



- 1: csak nedvesség
- 2: csak száraz szálak
- 3: nedvesség és szálak együtt

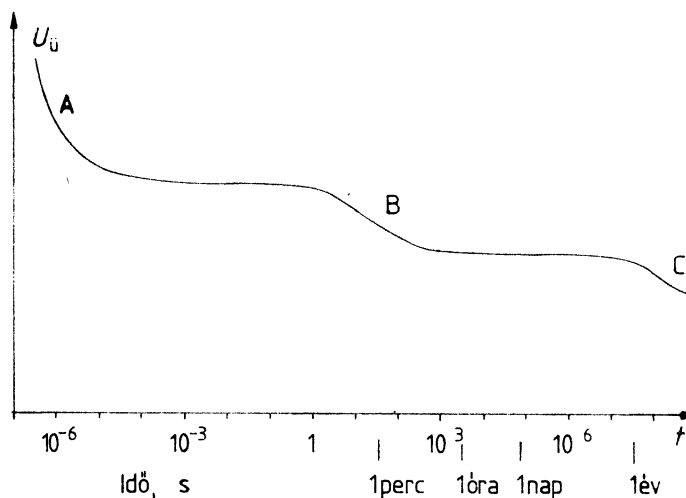
$f = 50 \text{ Hz}$

A nagyobb permittivitású szálak anyagok átütést okoznak.

17.) Írja le a szilárd kristályos anyagokban kialakuló átütést!

A szigetelőanyagokban az atomok/molekulák valamilyen rend szerint vannak, vagyis az átütési csatorna nem tud tetszőleges irányban kialakulni: az átütési csatorna irányított.

Kristályos anyagokban elsősorban tisztán villamos átütés jellemző. Ilyenkor az anyagban fellépő nagy télerősség az állandó töltéssel rendelkező töltéshordozókat (elektronokat ill. ionokat) kiszakítja a helyükről és az anyagban a gázokhoz hasonlóan töltéshordozó-lavinaszerű folyamat indul meg. A villamos átütés igen rövid ($10^{-4} - 10^{-6} \text{ s}$) alatt kialakul, megindulásához viszonylag nagy télerősség szükséges.



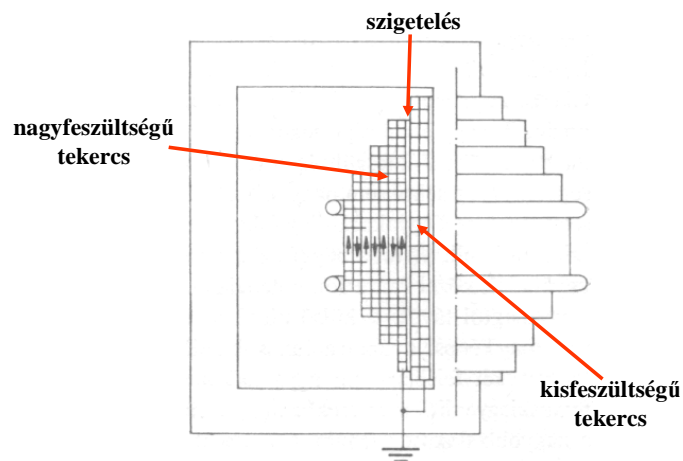
Kisülések szilárd szigetelőanyagokban (nem csak kristályos anyagra)

18.) Mutassa be a próbatranszformátorok lépcsős tekercselését!

A szigeteléseket általában az üzemi feszültség kétszeresét elérő, vagy legalábbis megközelítő feszültséggel próbálják. A feszültség növelése azonban akadályba ütközik a szigetelések miatt, a szigetelésre jutó igénybevétel ugyanis nagyon megnövekszik.

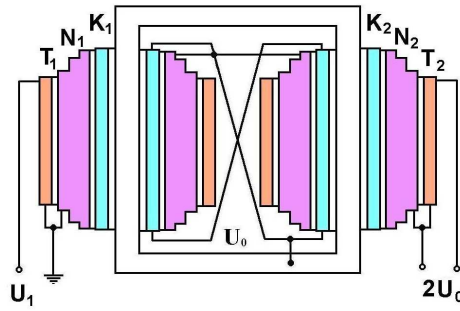
A szigeteléssel kapcsolatos problémákat úgy igyekeznek csökkenteni, hogy a földelt alkatrészek közelébe a tekercselés kisebb feszültségű részeit helyezik el, a nagyobb feszültségű részek pedig egyre távolabb kerülnek a földelt alkatrészekről, különösen a vasmagtól. Ezt mutatja a Fischer-rendszerű transzformátor:

Lépcsős felépítésű nagyfeszültségű tekercselés, áramirányok feltüntetésével



A tekercselés több, egymás felett elhelyezkedő közös tengelyű hengert képez, a külső rétegek azonban mindig rövidebbek a belül lévőkénél. A legbelső réteg a legkisebb feszültségű és egyben ez van legközelebb a vasmaghoz. A következő réteg az elsővel sorba kapcsolódik, tehát a földhöz képest nagyobb feszültségen van, de a belül lévő tekercs már a vasmagtól elválasztja. Az első és a második tekercs közötti feszültségkülönbség még nem nagy. A második tekercs hossza is kisebb és ezáltal nagyobb szigetelési távolság adódik a tekercs vége és a vasmag között. A feszültség a tekercselés rétegei mentén kifelé haladva fokozatosan nő, de a szerkezeti kialakítás következtében növekszik a tekercs és a vasmag közötti szigetelési távolság is. Ez a tekercselési rendszer tehát egyenletesen növekvő feszültségeloszlást biztosít mind sugárirányban, mind a tekercsek végén tengelyirányban, a szigeteléseket így jól használja ki.

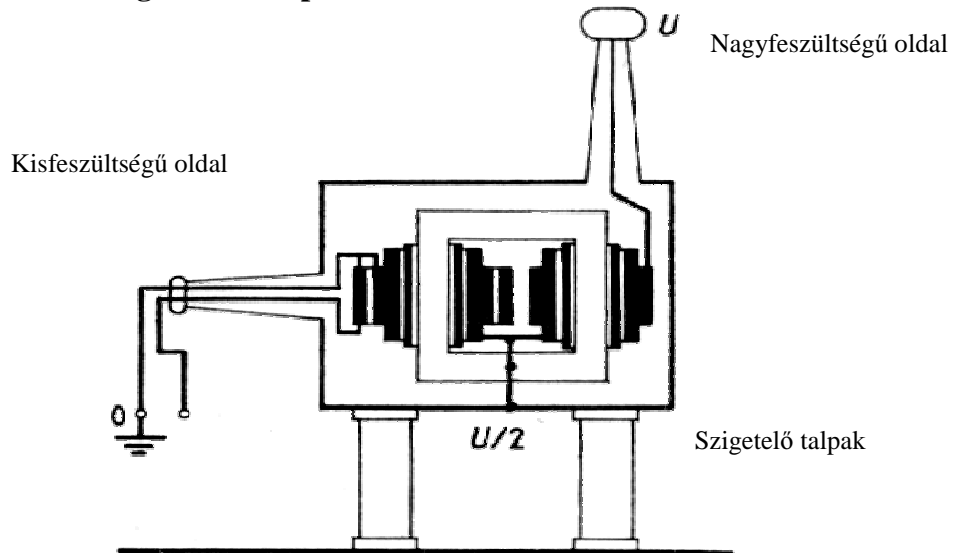
Az eredeti Fischer-féle transzformátorban a vasmag két oszlopára van elosztva a tekercselés, az egyes tekercsek sarkos részén nagy átmérőjű gyűrűket helyeznek el, hogy a térerősség helyi növekedését meggátolják.



T1,T2: tápláló tekercs
N1,N2: nagyfeszültségű tekercs
K1,K2: kiegyenlítő tekercs

Az eredeti Fischer-rendszerű elrendezés

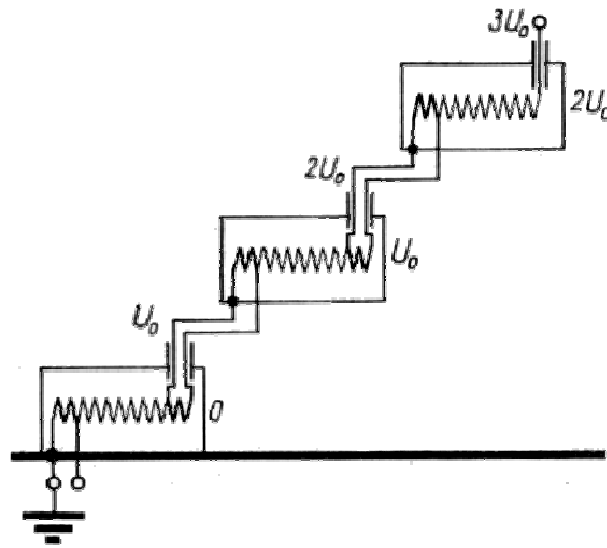
19.) Mutassa be a szigetelházas próbatranszformátor kialakítását!



Osztott tekercsű próbatranszformátor a földtől szigetelt házzal és vasmaggal

A szigetelházas kialakítás az átvezetőszigetelők problémája miatt került bevezetésre: az átvezetőszigetelők kúszásra hajlamos elrendezést alkotnak. Megoldást jelenthet a fenti elrendezés, amikor a fémházat $U/2$ feszültségre helyezik, s ekkor csak feleakkora átvezetőszigetelő szükséges.

20.) Rajzolja le a próbatranszformátorok kaszkád táplálásának kapcsolását! Mi a célja e táplálás kialakításának?



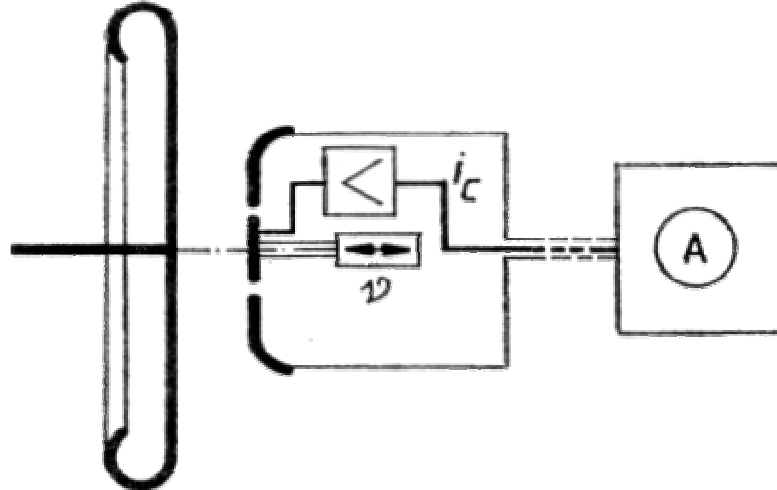
Kaszkád transzformátor kapcsolása

A lépcsős transzformátorok táplálásának legkorszerűbb módja a kaszkád transzformátor. Ezt olyan takarékkapcsolású egységek alkotják, amelyeknek nagyfeszültségű végén megcsapolás van a következő fokozat táplálásához szükséges kisfeszültség előállítására. E tekercsrész két vége között a következő fokozat táplálásához szükséges néhány száz V vagy 1-2 kV feszültség jelenik meg, a földhöz képest azonban ennek a feszültségnek minden pólusa közelítőleg az egységfeszültséggel egyenlő potenciálon van.

A kaszkád transzformátoroknál nem jelentkeznek a lépcsős transzformátoroknál meglévő több hiba:

- Egy egységgel akkora U_0 feszültséget lehet előállítani, amit az átvezető szigetelések és a belső szigetelés lehetővé tesz. Ha sorba kapcsolunk vele egy azonos szerkezetű transzformátort, annak a háza és a vasmagja a földhöz viszonyítva az első egység feszültségére kerül, így a transzformátorok házát a növekvő egységek számával egyre nagyobb feszültségre kellene szigetelni.
- Másik probléma az olyan egységek kisfeszültségű táplálása, melyek háza nem földpotenciálon van, ugyanis a kisfeszültségű tekercset legfeljebb U_0 egyenfeszültségre tudjuk elszigetelni a vasmagtól és a háztól, a második fokozatra pedig ez már $2 U_0$.

21.) Rajzoljon fel egy rezgőkondenzátoros voltmérőt! Mutassa be a működését!



Rezgőkondenzátoros voltmérő elvi felépítése

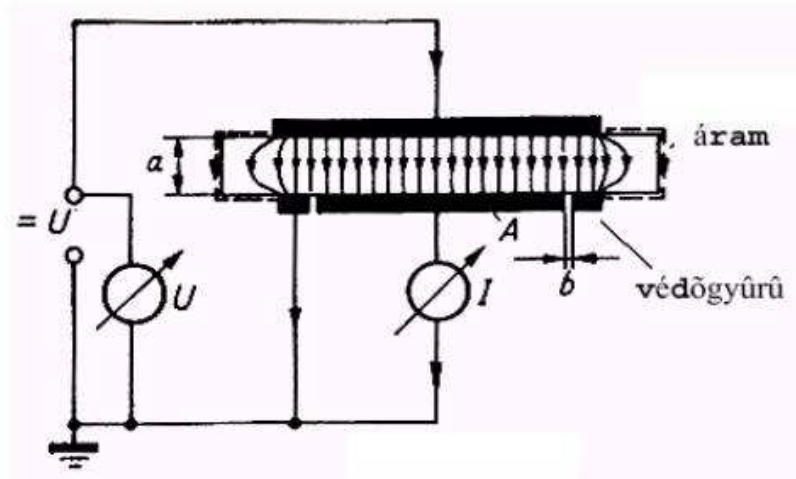
Generátor-elven működő voltmérőt, vagyis $i_c = \frac{dQ}{dt} = C(t) \frac{dU}{dt} + U(t) \frac{dC}{dt}$, tehát áramot akkor kapunk, ha a feszültség vagy a kapacitás változik.

A kondenzátor távolságának periodikus változtatásával (rezgetésével) a fennálló villamos erőterrel szemben mechanikai munkát végzünk, aminek hatására az összekötő vezetékben váltakozó áram indul el. Rezgetni lehet pl. kristállyal.

22.) Hogyan méri a szigetelőanyagok fajlagos térfogati ellenállását? Mi az egysége?

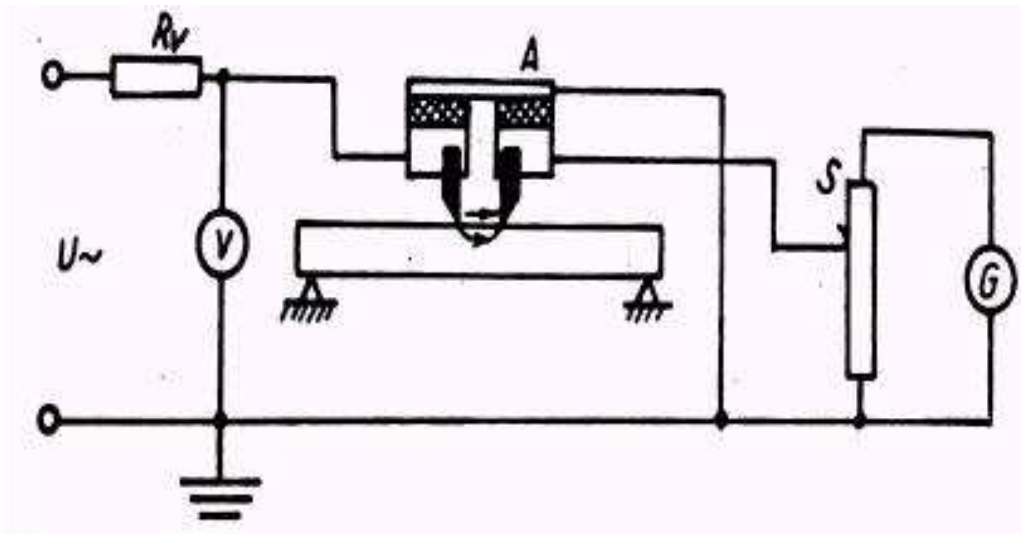
Fajlagos térfogati ellenálláson az 1cm élhosszúságú kocka két szemben fekvő lapja között mérhető ellenállást értjük, ha áram csak az anyag belsejében folyik és a tér homogén. A mértékegysége, mivel $\rho = \frac{aU}{AI} = R \frac{a}{A}$, tehát $[\rho] = \Omega \frac{m}{m^2} = \frac{\Omega}{m}$.

A megfelelő feltételeket ún. védőgyűrűs elektród-elrendezés segítségével lehet biztosítani. A védőgyűrű szerepe az, hogy a felületen és a tér inhomogén részén átfolyó áramot a műszer megkerülésével vezesse el. Fontos, hogy az elektródok egész felületükkel felfeküdjenek a szigetelőanyagra, különben a felület nagysága határozatlan lesz, a tér pedig elveszti homogenitását.



Fajlagos térfogati ellenállás mérésére szolgáló elrendezés

23.) Hogyan méri a szigetelőanyagok fajlagos felületi ellenállását? Mi az egysége?



Fajlagos felületi ellenállás mérésére szolgáló elrendezés

Felületi ellenálláson a szabvány szerint a szigetelőanyagra fektetett 2db 100mm hosszúságú, egymástól 10mm távolságra lévő párhuzamos elektród között mért ellenállásokat értjük. A felületi ellenállás nem egyértelmű anyagi jellemző, ugyanis semmilyen elektród-elrendezéssel nem tudjuk kiküszöbölni, hogy a felületen kívül az anyag belsejében is folyjon áram. A hiba csökkentésére a szigetelőanyagot alá kell támasztani.

A fajlagos felületi ellenállás mértékegysége: Ω .