



BASIC és ADVANCED „RVM transzformátor diagnosztika” - 2026

Csépes Gusztáv, Diagnostics Kft

XXIV. Szigetelésdiagnosztikai Konferencia, Kenese Bay Garden Resort & Conference, 2026. március 25-27.



Tartalomjegyzék

- 1. Az RVM téma 2026-os aktualitása, az előadás célja**
- 2. Leegyszerűsített, „BASIC RVM” diagnosztika**
- 3. Fejlettebb, „ADVANCED RVM” diagnosztika**
- 4. Konklúziók**



Röviden általában a DIAGNOSZTIKÁK-ról, majd az RVM 2026-as aktualitása

- Általánosan elmondható: az „elérhető” diagnosztikai ismeretek évről évre növekednek...
- Évről évre **növekvő ismeretek** a vizsgálandó **szigetelésben zajló romlási folyamatokról**, egyre **fejlettebbek a diagnosztikai műszerek**. Adódik a kérdés: **tudjuk-e követni a fejlődést, beépítjük az új infókat a** „mindenkori technikai színvonalnak” megfelelően?
- „**Konferenciánk**” feladatának tekinti a diagnosztikai alapismeretek követését, ismétlését...
- Jó lenne információt szerezni az új ismeretekről?
- Már a kérdések korrekt feltevéséhez is szükséges az alapok ismerete és a fejlődés folyamatos „követése”: jó válaszhoz =>kell jó kérdés is.
- Példa a humán diagnosztikából: egyre jobban megismerjük az emberi testet és az ott zajló folyamatokat, egyre fejlettebb diagnosztikai eszközök állnak rendelkezésre, így a végső diagnosztika is egyre finomodik...



- Az emberi diagnosztikához mindenki „ért”, így a párhuzam ajánlásával jobb „közelítést” ill. áttekintést kaphatunk a villamos szigetelésdiagnosztika **logikájáról, rendszeréről.**
- Tehát **analóg módon**, esetünkben is minél alaposabban meg kell ismernünk a szigetelések alapvető tulajdonságait, romlási folyamatokat, rendelkezésre álló vizsgálati módszereket, és végül megfelelő ismeretünknek kell lennie a diagnosztikai eredmények feldolgozásáról.
- Konferenciánk küldetésének tekinti a főbb diagnosztikák fejlődésének folyamatos követését és azok bemutatását (főleg **RVM, HGA, FRA** területén).
- Tehát, az évek során elhangzott előadások alapján megállapítható, hogy a rendelkezésre álló ismeretanyag igencsak megnövekedett.
- Fel tudjuk-e dolgozni ezt a nagy ismeretanyagot, nem haladja-e mindennapi lehetőségeinket az információ begyűjtése, feldolgozása, kiértékelése, hasznosítása stb. ?
- Egy átlagos szakember igencsak szerteágazó tevékenységet végez saját vállalatánál, így csak korlátozott időt tud biztosítani ezekre a diagnosztikákra.



- **A szakirodalom áttekintése és feldolgozása alapján látható, hogy rendkívül hasznos diagnosztikáról van szó, nem lenne jó, ha csak „korlátozottan hasznosítjuk”.**
- **Hiába a friss ismeretanyag, fejlett technika és diagnosztikai kiértékelések, stb. ha csak „korlátozott” az eredmény, és esetleg ez sem „pontos”, mert hiányzik pl. egy szabvány?**
- **Esetünkben igen nagy információ áll rendelkezésre és ha megfelelő mennyiségű időt és számítástechnikát „áldozunk” a diagnosztikára, akkor egészen jó eredményeket kapunk.**
- **Még egy kis előzetes „kitekintés”: szóba jöhetne az AI, MI=Mesterséges Intelligencia?**
- **Általában akkor van szükség MI-re, ha igen nagy adathalmazt kell feldolgozni, áttekinteni, minden oldalról körbe kell járni a lehetséges megoldásokat, stb.**
- **Igen, hasznos lehetne az MI, mert hagyományos technikával ezeket a diagnosztikákat csak igen gyakorlottak képesek véghez vinni, azok is jelentős eszköz és munkaráfordítással.**



- Már egy ideje a nagy adathalmaz esetén a „mechanikus” munkát segíti a számítógép, rengeteg „alprogrammal”, amelyek elvégzik a „fárasztó” részt, de a végső kiértékelésnek, ill. kreativitásnak nálunk kell lenni, és **összevetendők** más diagnosztikai eredményekkel.
- Azonban, ha nem ismerjük az alapvető folyamatokat, még jó kérdéseket sem tudunk sokszor feltenni, akkor hiába a fejlett technika, téves következtetések adódhatnak.
- Tehát továbbra is az a lehetséges válasz: szükség van az alapok ismétlődő áttekintésére, majd a részletek megfelelő számbavételére, ill. a folyamatos frissen tartásra.
- Szakirodalmi idézet, érdemes megfontolni: „Aki azt mondja, hogy egyszer valamit megtanult, és nem akar fejlődni, tovább tanulni, az tudásügyileg halálra van ítélve„....
- Magunk tapasztalhatjuk, hogy mennyit változott mérnöki szakma az utóbbi 50 évben: az alapokon kívül szinte minden változott, Tehát az állandó tanulás elengedhetetlen.



- Ezek után mi lehet az RVM előadás aktualitása 2026-ban? olyan nagy volumenű a rendelkezésre álló információ, hogy „kétséges” RVM diagnosztika mindenki által történő, teljeskörű és hatékony használata, így az alábbiak megfontolása javasolt:
- **Először**, minden előadásnál kerüljön sor a szükséges és minimális ALAPOK bemutatására, amellyel már el lehet végezni egy korlátozott diagnosztikát.
- **Másodszor**, a részletesebb diagnosztika céljából meg kell próbálni összefoglalni a hazai és nemzetközi információhalmazt, és az alapján **ADVANCED diagnosztikát készíteni**.
- **Előadás után láthatjuk**, a teljesebb ismeretanyag ismeretében, a BASIC mellett egy jóval hatékonyabb és finomra hangolt diagnosztikára van lehetőség.
- Tehát most is ebben a szellemben járunk el: az ALAPOK áttekintése után rövid bemutatásra, ill. felsorolásra kerülnek a bonyolultabb összefüggések, azaz a FEJLETT diagnosztika lehetősége.
- De egy ilyen konferencián a BASIC és az ADVANCED áttekintés mellett természetesen szükség van az újdonságok bemutatására is, hogy láthassuk a fejlődést is.



- **A mai kb. 25-30 perces előadás az alábbiakat teszi lehetővé:** röviden az **alapok** áttekintése, majd ugyancsak röviden a **fejlettebb RVM** diagnosztika lehetőségének bemutatása.
- **FONTOS:** Ismerve a rendelkezésre álló **hazai és nemzetközi kutatási anyagot** elmondható, hogy csak az **összefüggések „tömör előadása”** is több nap időtartamot tenne ki.
- **De ha a hallgatókkal történő „interaktivitást”** is betervezve a jobb érthetőségért, egy hosszabb **„kérdés-felelet”** előadásra is szükség lenne... de erre nincs mód...
- **Akkor nézzük meg a mi helyzet az RVM diagnosztikával 2026-ban?**
- Többször volt szó a rendelkezésre álló információkról, de **nézzük mi is az?**
- Ismert, hogy ebben a témakörben, a BME, azon belül is **Csernátorny-Hoffer András** vezetésével, a 70-es években több kötet tanulmány született (megbízó az MVMT).
- CsH hirtelen halálával megakadt a hatalmas kutatási anyag **végző feldolgozása**, azonban később az „RVM nemzetközi karrier kezdődött, azóta is minden évben „spektrum tanulmányok” tucatjai születnek. De előbb lássuk mi a „BASIC” és mi az „ADVANCED”.



Röviden az ajánlott „RVM BASIC” és „RVM ADVANCED” technikákról

- Az **olaj-papír szigetelésű** nagytrafók élettartama egyenlő a szilárd olaj-papíros összetett szigetelés élettartamával, ezért **alapvető fontosságú a papír szigetelés diagnosztikája.**
- Az **RVM diagnosztika** az olajjal impregnált szilárd **papírszigetelés tulajdonságaira** jellemző „spektrum jellegű” adatokat szolgáltat, tehát **alkalmasnak kell lennie** trafó diagnosztikára.
- **BASIC alkalmazás:** alapvetően az „olaj-papír szigetelés” **víz tartalmának** szabvány alapján történő meghatározása, és egy kis „**egyszerűsített öregedésbecslés**”.
- **ADVANCED alkalmazás:** teljes mértékben kihasználja a „SPEKTRUM módszer előnyeit: olaj-papír szigetelés **víz tartalmának és öregedésének** meghatározása, várható élettartam.
- **Részletesebben: papírszigetelés állapota** határozza meg a trafó élettartamát, ezért az RVM diagnosztika nemcsak a **pillanatnyi állapotra** szolgáltat információt, hanem **becslést ad a várható élettartamra**, az **optimális üzemeltetési paraméterek** beállítására, a szükségessé váló trafó **karbantartási beavatkozásokra**, az adott pillanatban az **üzemeltetés biztonságára**, stb., **ez lenne a teljes ADVANCED RVM diagnosztika.**

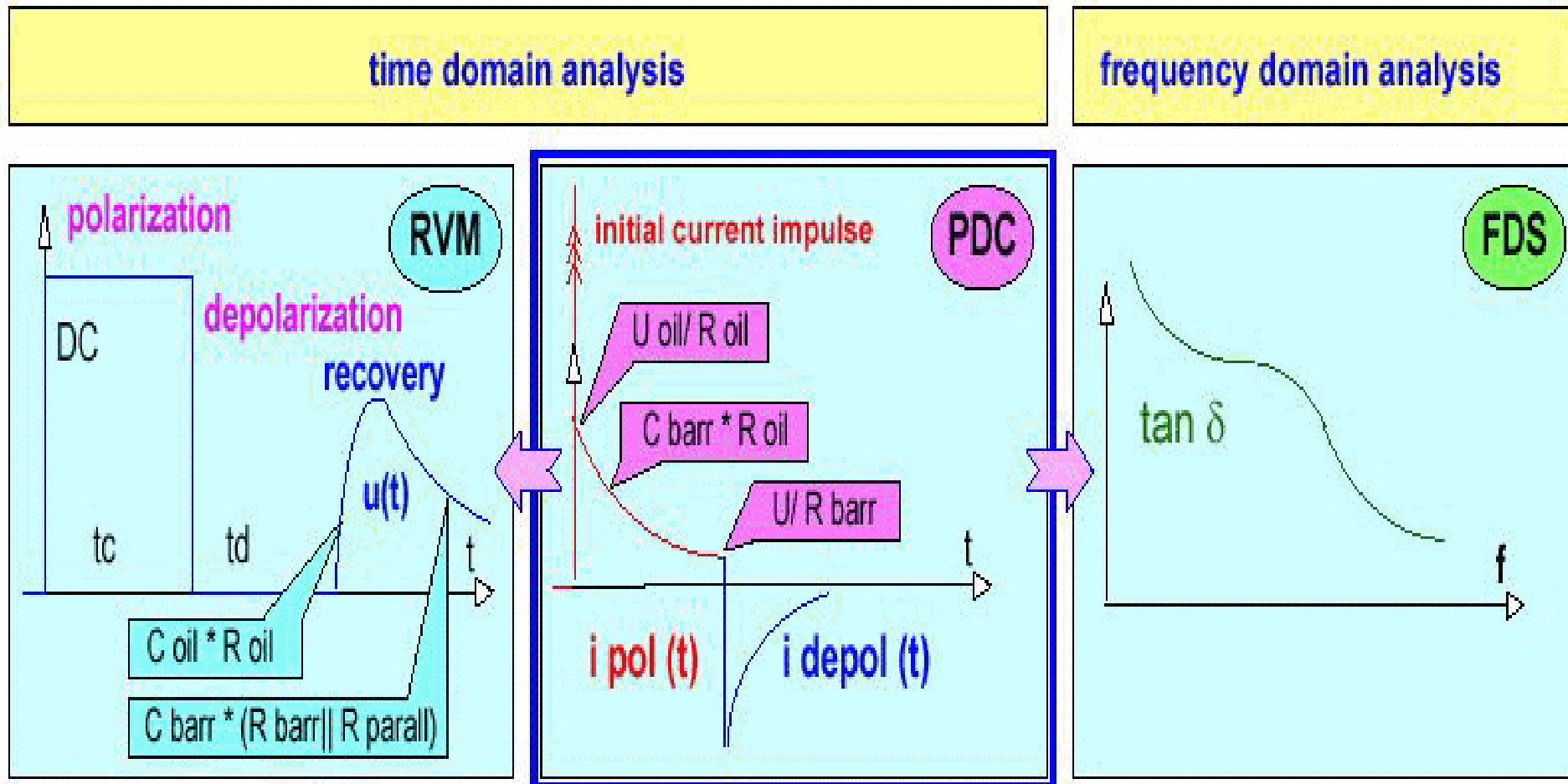


RVM (visszatérő feszültség mérés) – BASIC alkalmazás

- **RVM technika helye a trafó diagnosztikájában:**
- Megismételve: a *trafó általános állapota esetében láttuk, hogy az **élettartam végső soron egyenlő a papírszigetelés élettartamával, mert ha egy bizonyos szint alá romlik,** akkor lehet, hogy az **a trafó élettartamának a vége,** egy új trafó vétele gazdaságosabb.*
- Az olaj-papír szigetelés öregedés/elnedvesedése erősen befolyásolja a szigetelőanyagban fellépő nagy időállandós polarizációs spektrumot.
- A BME kutatási eredményei alapján olyan **„spektrum módszerek”** születtek (RVM, FDS, PDC), amelyek által jelentősen **bővült és javult a trafódiagnosztika hatékonysága.**
- *A mai napig rendelkezésre álló információk alapján az általános romlásra vonatkozó diagnosztikák közül a **SPEKTRUM módszerek a leghatékonyabbak.***
- *Figyelmet papír romlásra fordítva, az **RVM technika is jóval felülmúlja a többi, hagyományos diagnosztikák hatékonyságát.***



BME kutatás eredménye: három polarizációs spektrum módszer kifejlesztése





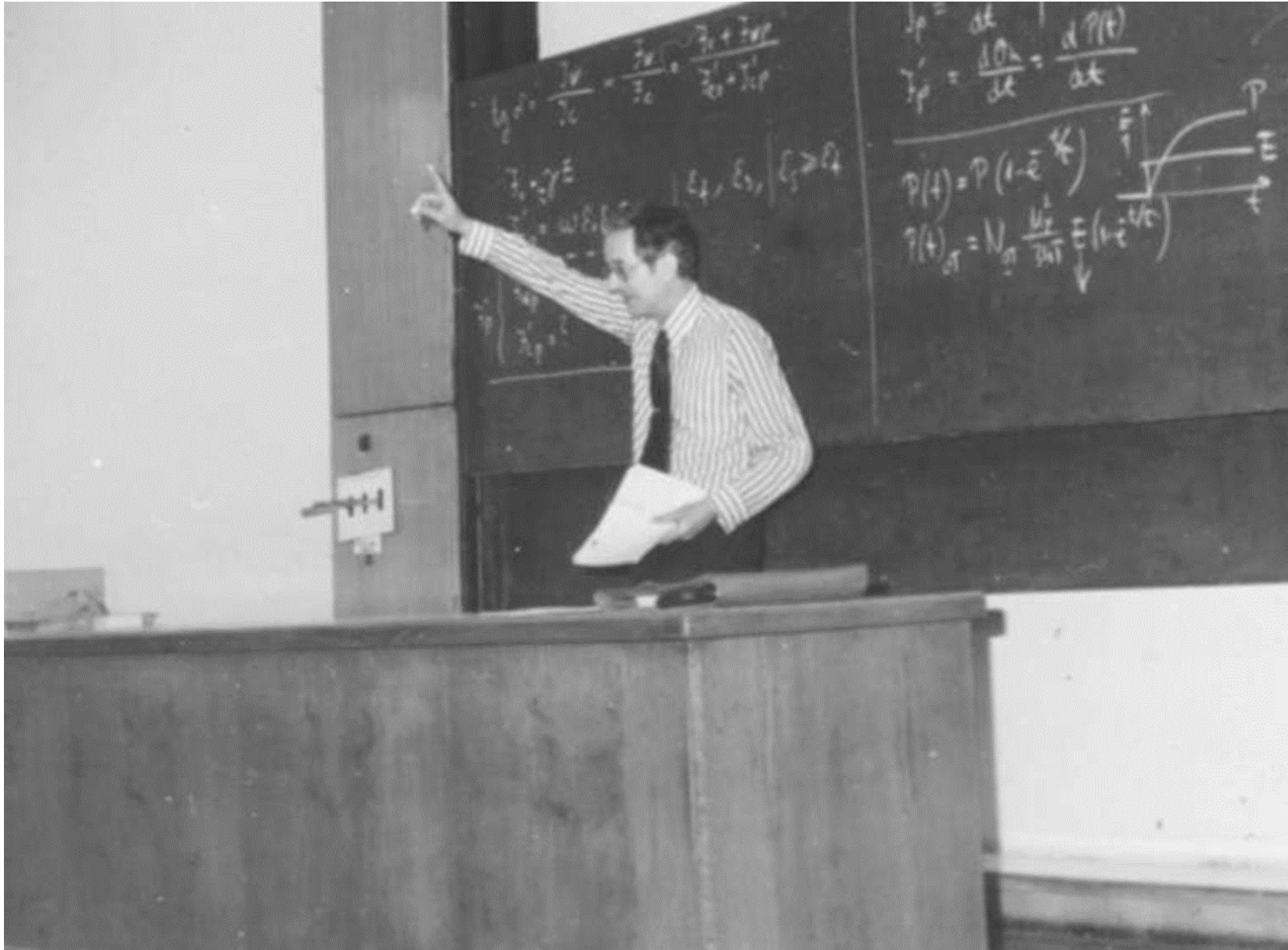
- **Most csak az RVM** mérés technikáról lesz szó, de tudni kell, hogy **mindhárom spektrum módszer (RVM, FDS, PDC) egyenértékű**, csak az alkalmazott **mérés technikában különbözik**.
- Azáltal, hogy **három módszer egyenértékű, bármelyik módszerrel mért adatok átkonvertálhatóak** a másik kettőbe (lásd majd a BME adatbázist is).
- Diagnosztika szempontjából az **RVM technika azért előnyös** a másik kettőhöz képest, mert az **automatikus mérőműszer közvetlenül spektrumgörbét** ad, amelyből már a mérés alatt, **közvetlenül leolvashatók és értékelhetőek az időállandók**, amelyek a **diagnosztika alapjai**.
- A **spektrum módszerek igen nagy információ tartalommal bírnak**, de az a tapasztalt, hogy **ez nem kerül kihasználásra**, mert **spektrum módszereket ugyanúgy akarják használni**, mint **a hagyományos diagnosztikákat**, ahol **csak egy paraméter kiértékelése folyik**.
- Az új módszerek hatékonyabb hasznosítása céljából **érdemes pár szót szólni a „hagyományos” vizsgálatokról**.
- A **hagyományos mérés egyetlen mennyiséget** (pl. 50Hz-es tgδ) használ és ezzel **az egyetlen adattal próbáljuk jellemezni a több tonna, inhomogén állapotú** olaj/papír tömeget.



- **De az „inhomogén szigetelési állapot”** nehezen jellemezhető egyetlen paraméterrel.
- Azért „inhomogén állapotú”, mert **minden állapotjellemző inhomogén**: a hőmérséklet eloszlás is, ennek következtében az erősen hőmérsékletfüggő az öregedés, tehát **különböző szigetelés részek eltérően romlanak**, az egész papír tömegére nézve a szigetelési állapot sem egyenletes.
- Ezt az állapotot szeretnénk **egy paraméterrel jellemezni? Minden hőmérsékletfüggő és mi még a szigetelés hőmérsékletét sem ismerjük: akár 20 fok is lehet a min-max különbsége**, ezért még **nehezebb kiértékelni a mért mennyiségeket**.
- Tehát a minden szempontból jelentkező „inhomogenitás” miatt nehéz egy „mérőszámmal” **jellemezni a kiterjedt szigetelést**, ezért lépnek fel **diagnosztikai anomáliák a hagyományos mérések alkalmazásakor**.
- Ellenben a **spektrum módszerek egy egész polarizációs spektrumot használnak diagnosztikára**, a szigetelés különböző állapotú részei **tükröződnek a spektrumban**, ezért **alkalmasak a spektrum módszerek az inhomogén szigetelés jellemzésére**.



- Tehát a hagyományos módszerek után **ezért jelentenek minőségi változást** a spektrummódszerek bevezetése a trafó diagnosztikába. De ha úgy használjuk, mint a hagyományos méréseket, akkor **elvész** a spektrum módszerek **nagy előnye**.
- Tehát **létezik** egy **nagy információ tartalmú diagnosztika**, amely **igen hatékony**, de az **egyszerűsített alkalmazással**, vagyis a **hagyományos** módon történő kiértékeléssel, csak **korlátozottan hatékony**. Ez a fő probléma, azért kell mélyebben elmerülni a részletekben.
- **Röviden még :**
- Tehát, **hatékony olaj-papíros szigetelésdiagnosztika** egyik feltétele a rendkívül összetett szigetelés fizikai tulajdonságainak minél mélyebb és pontosabb ismerete.
- Fontos még egyszer kiemelni: rendkívül **fontossággal bír a papíros nedvességtartalma**: a **víz gyorsítja az öregedést**, növeli a szigetelés veszteségeit, **PD-t indíthat** be, növeli a **buborékképződést**, stb.
- **Röviden még a BME kutatómunkáról:**



**BME,
Dr.
Csernátony.Hoffer
András**



- Az **1970-es években** nemzetközileg is intenzív munka új diagnosztikai módszerek keresésében, mert a **klasszikus diagnosztikai jellemzők kiértékelése sok anomáliával** járt.
- **Pontosabban kellett volna ismerni**, hogy az olaj-papíros szigetelési rendszerekben hogyan **megy végbe a romlás**, és a romlás **hogyan hat a villamos paraméterekre**.
- Az **MVMT (NIM, OMFB támogatással) megbízta a BME-t** kutatás-fejlesztési munkák elvégzésével, ill. koordinálásával.
- Mintegy 10 kutatóintézetre kiterjedő munkát **Dr. Csernátony-Hoffer András** irányította.
- **Célkitűzés az olaj-papír szigetelés dielektromos alapjelenségeinek vizsgálata, az anomáliák okainak feltárása, hatékonyabb vizsgálati eljárások kifejlesztése, stb.**
- **Ebben a kutatómunkában lett kidolgozva – többek között – a három spektrum módszer: RVM, FDS, PDC.**
- **Lássunk egy kis ízelítőt, hogy milyen mérések elvégzésére került sor a 70-es években a BME és az együtt működő vagy 10 kutatóintézetben.**



A széleskörű kutatómunka keretében az alábbi olajjal impregnált papíros modellek (próbatárgyak) készültek a **víz tartalom és az öregedés vizsgálatára:**

- Új próbatárgy: (Pt:lp/01: $\text{tg}\delta = 0,01\%$, vagy $10^4 \text{tg}\delta = 100$ 90°C -on),
- Közepesen öregített: (Pt:lp/02: $\text{tg}\delta = 0,1\%$ vagy $10 \text{tg}\delta = 1000$ 90°C -on),
- Erősen öregített: Pt:lp/03: $0.5\% \leq \tan(\delta) \leq 0.7\%$ ($10^4 \text{tg}\delta = 5-7000$ 90°C -on).
- Pt:lp+pp: lágy olaj-papír szigetelés prespán távtartókkal.
- Pt:lp: egybefüggő lágy olaj-papír távtartó nélkül.
- Hőmérséket: 6 különböző érték, 13°C -os lépések 25°C és 90°C között.
- Nedvességtartalom 5 különböző érték: 0.5%, 1%, 2%, 3% és 4 % között (új, teljesen rossz).
- $\text{tg } \delta/\text{C}$ mérésnél: 0.05Hz és 50 Hz között 8 frekvencián.
- AC mérések: 6 – 1400 V között 8 értéken.
- DC mérések: 5 - 1000 V között 8 értéken.
- Visszatérő feszültség: töltés/kisütési idő 0.02s/0.01s és 1000s/500s között 15 érték.
- „Valós trafókon” történő labor (kiégett KF trafó és „kiégett a labor”), helyszíni mérések (NF)

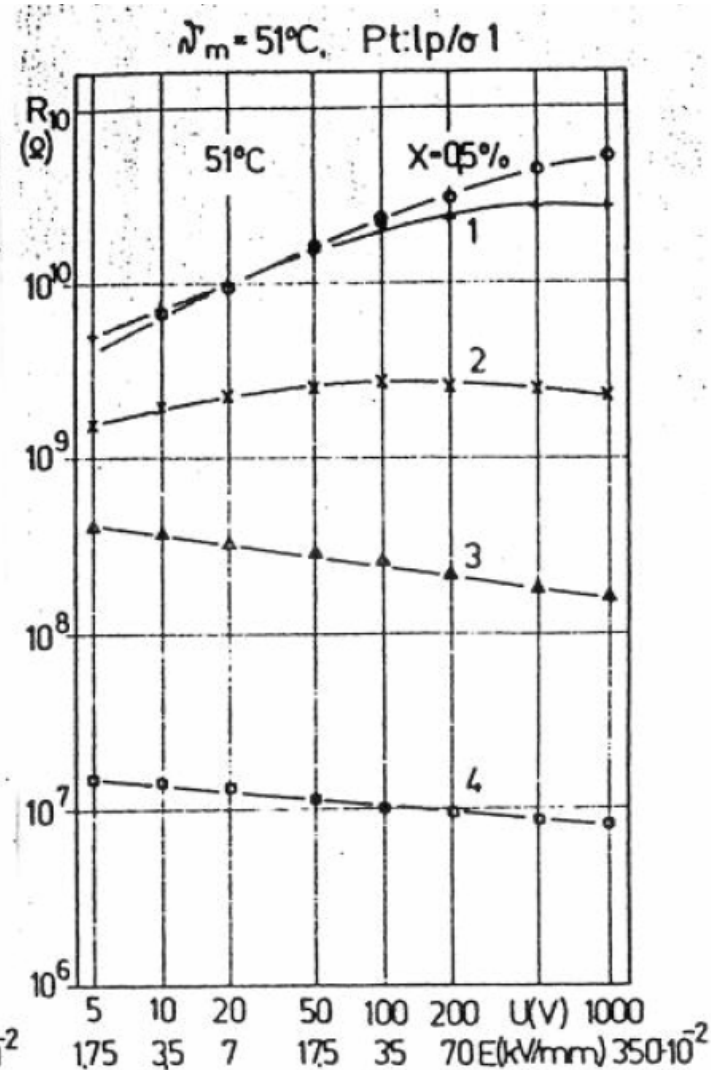
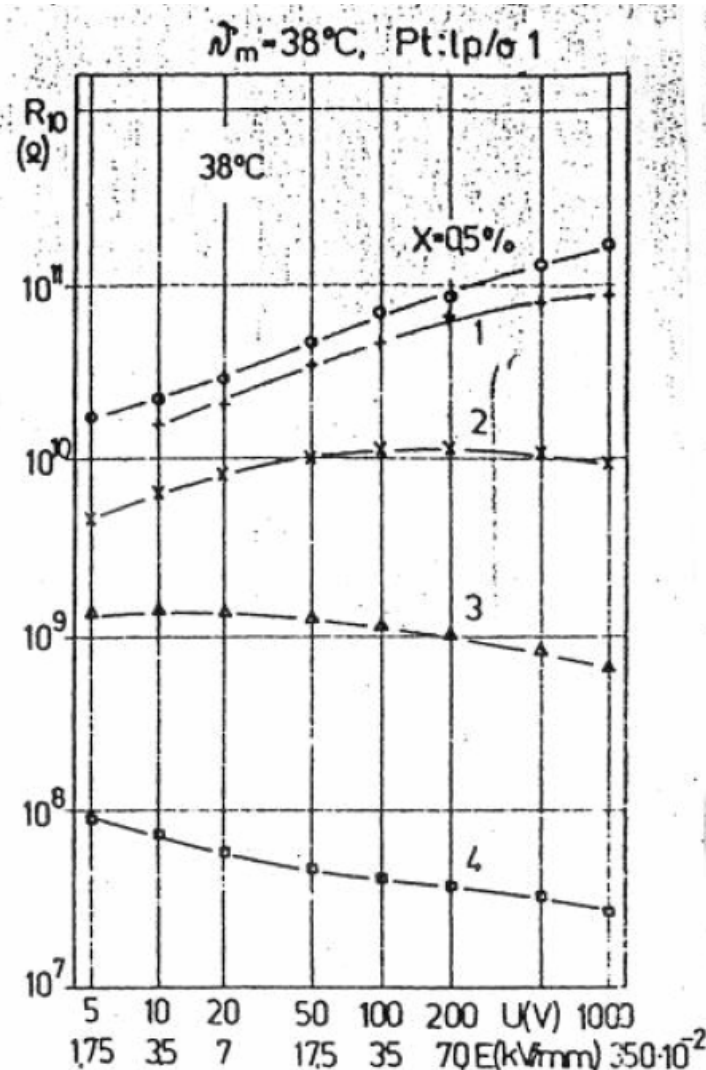
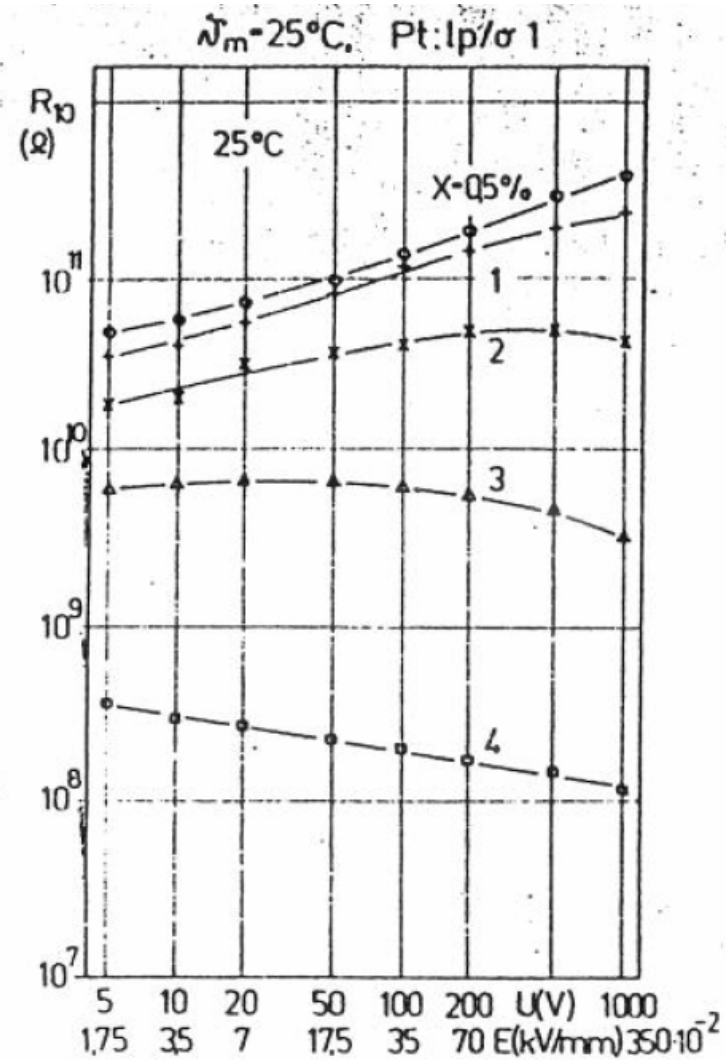


A BME kutatás során az alábbi főbb mérések kerültek elvégzésre:

- **R10: 10 perces szigetelési ellenállás (U/I hányados), $R_{10}(U;T;X)$ jelentése:** 10 perces ellenállás a feszültség (U), hőmérséklet (T) és a papír víztartalma (X) függvényében.
- **50Hz-es $\text{tg}\delta$: dielektromos veszteségi tényező 50Hz-en:** $10^4 \text{tg}\delta(U;T;X)$ jelentése, mint fentebb.
- **$\text{tg}\delta$: dielektromos veszteségi tényező állandó feszültségen mérve:** $\text{tg}\delta(f;T;X)$ jelentése: mérés a frekvencia (f), hőmérséklet (T) és a papír víztartalmának (X) függvényében (**FDS**).
- **C: kapacitás állandó feszültségen mérve:** $C(f;T;X)$ jelentése: mérés a frekvencia (f), hőmérséklet (T) és a papír víztartalmának (X) függvényében (**FDS**).
- **Visszatérő feszültség (RVM) két paraméterének mérése:** : $U_{r\max}, S_R(t_C/t_D;T;X)$
- **Visszatérő feszültség maximum értéke:** $U_{R\max}(t_C/t_D;T;X;)$ jelentése: U_v mérése a töltési/kisütési idő (t_C/t_D), hőmérséklet (T) és a nedvességtartalom (X) függvényében.
- **Visszatérő feszültség kezdeti meredekségének mérése:** $S_R(t_C/t_D;T;X)$ jelentése: S_r mérése a töltési/kisütési idő (t_C/t_D), hőmérséklet (T) és a nedvességtartalom (X) függvényében.
- **Töltési/kisülési áram mérése, időfüggvényből az időállandók és intenzitás értékek számítógépes meghatározása.**

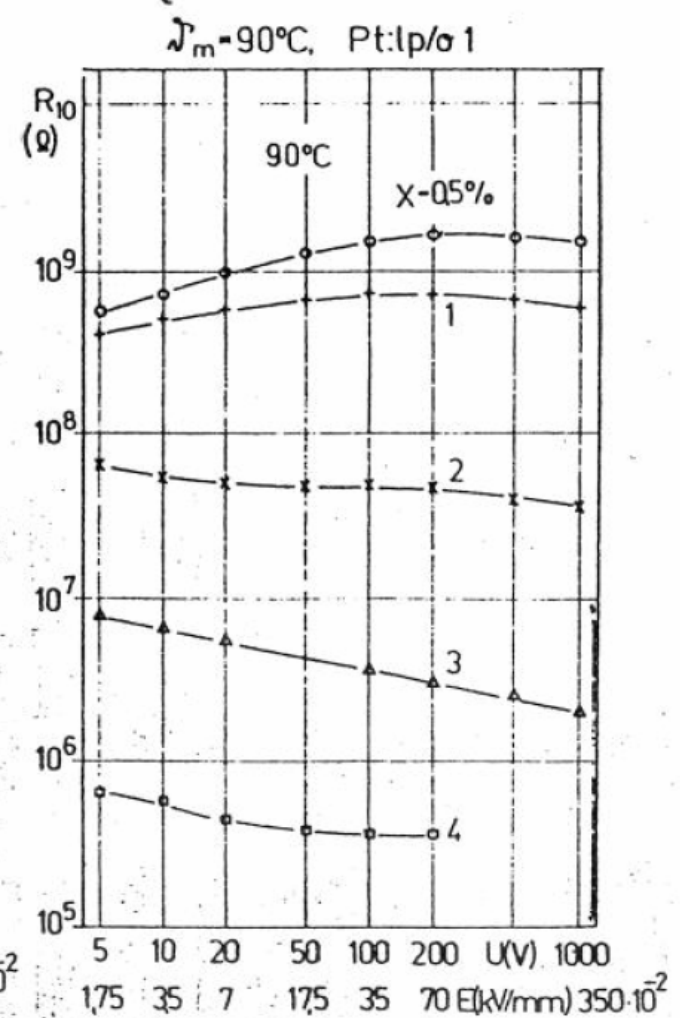
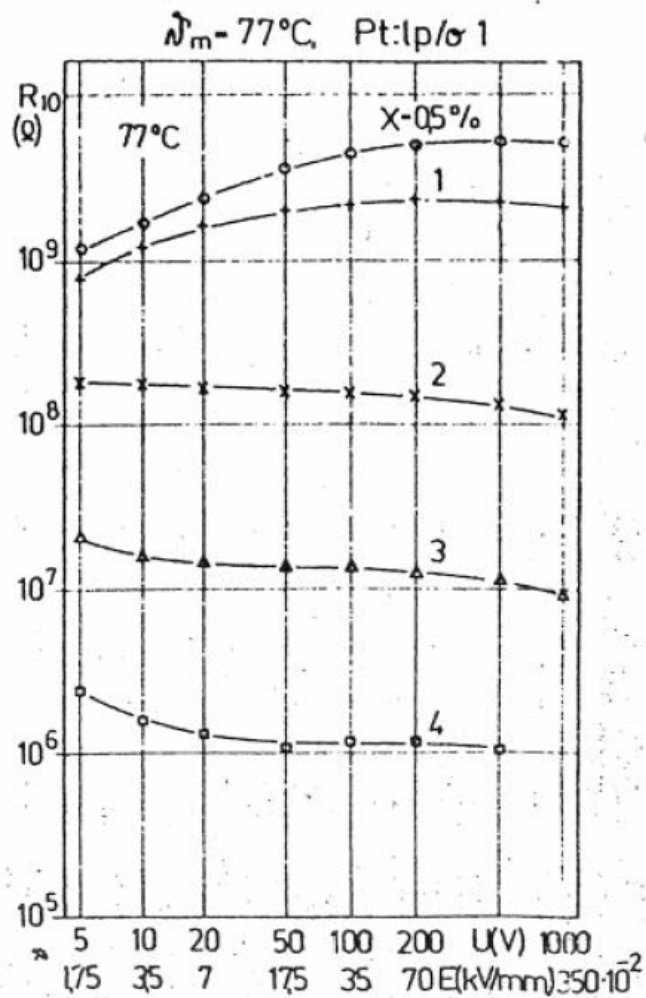
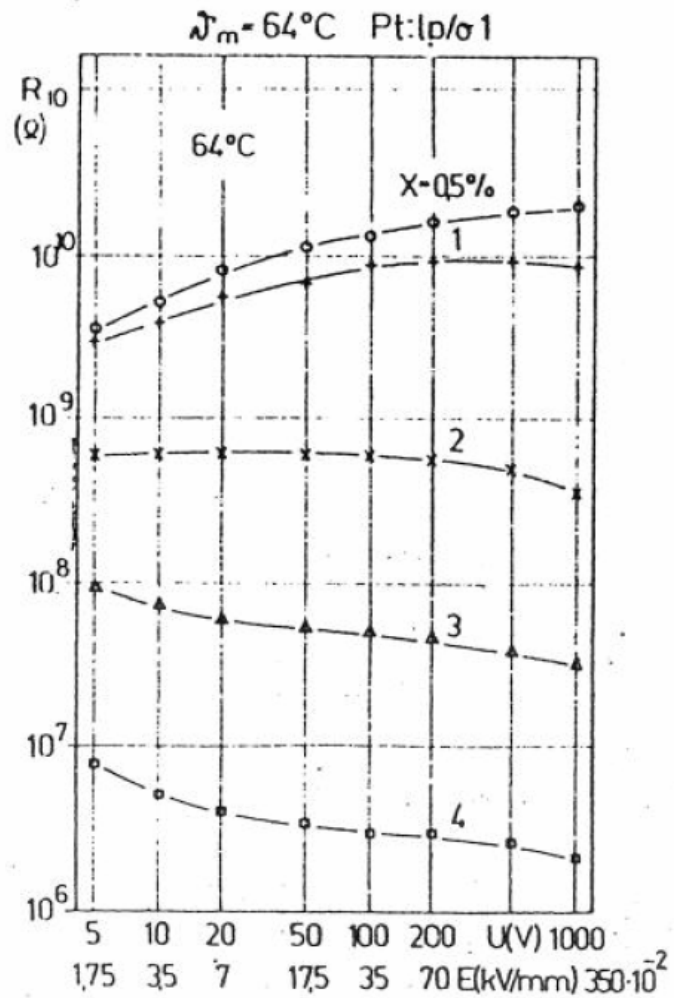


R₁₀ (U, T, X) függvényében: U (feszültség), T (hőmérséklet), X (papír víztartalom)



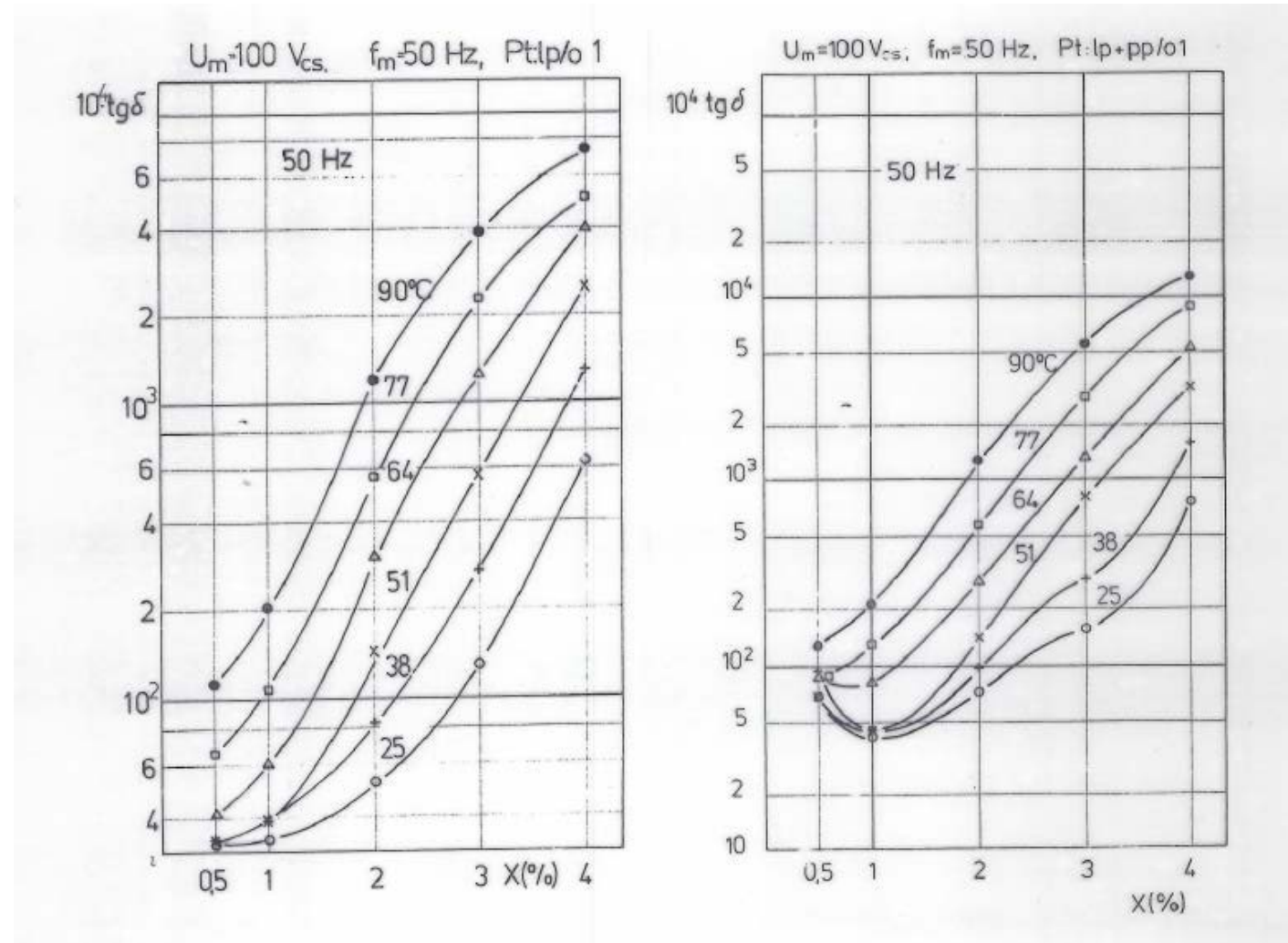


- R₁₀ (U, T, X) függvényében: U (feszültség), T (hőmérséklet), X (papír víztartalom)



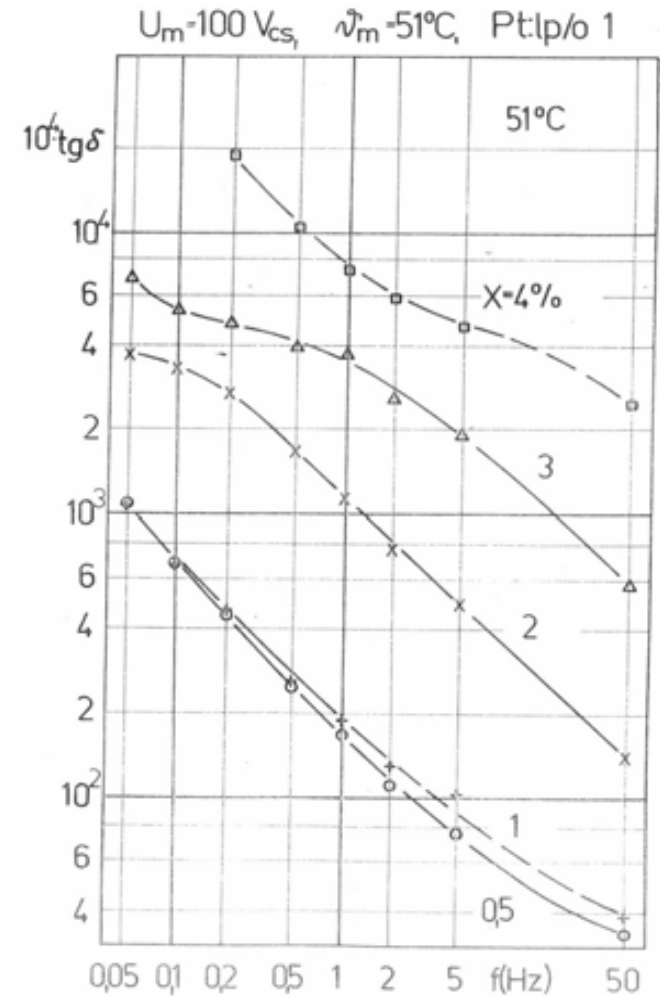
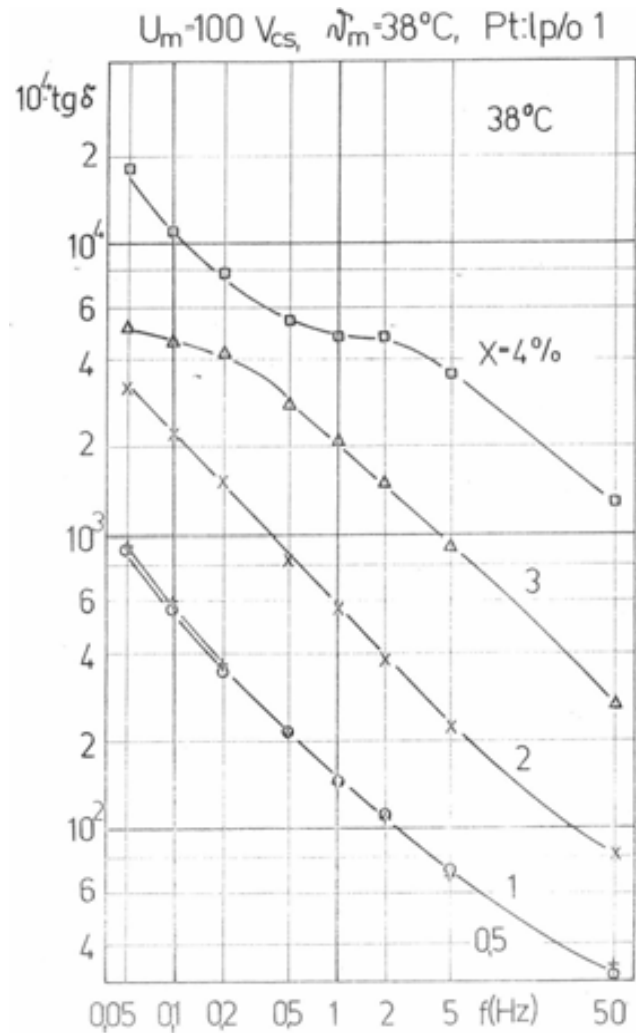
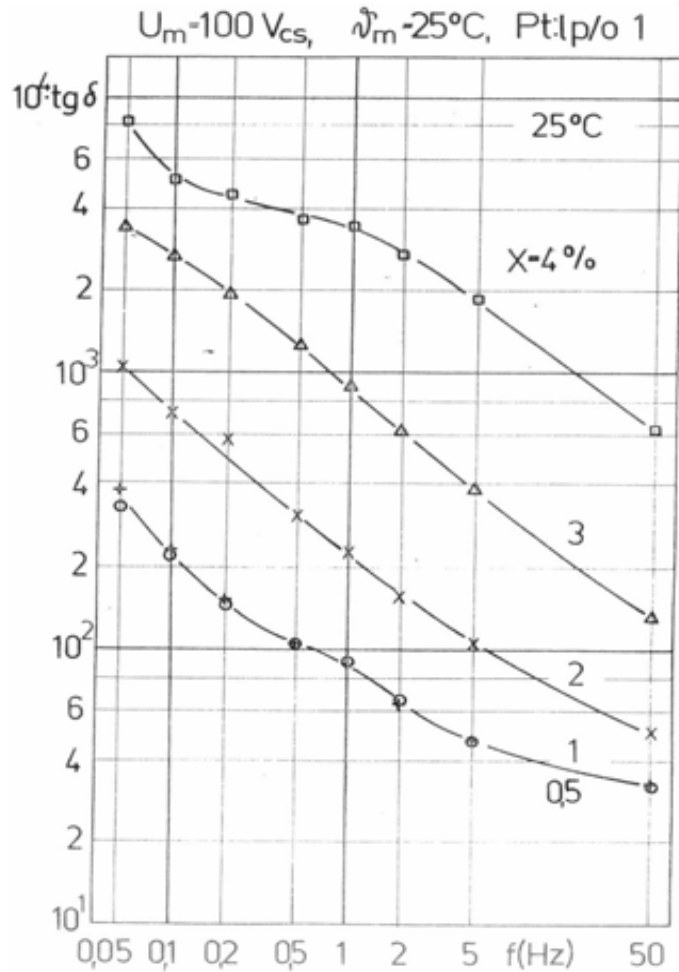


10⁴tgδ 50Hz-en mérve (U;T;X): U (feszültség), T (hőmérséklet), X (papír víztartalom)



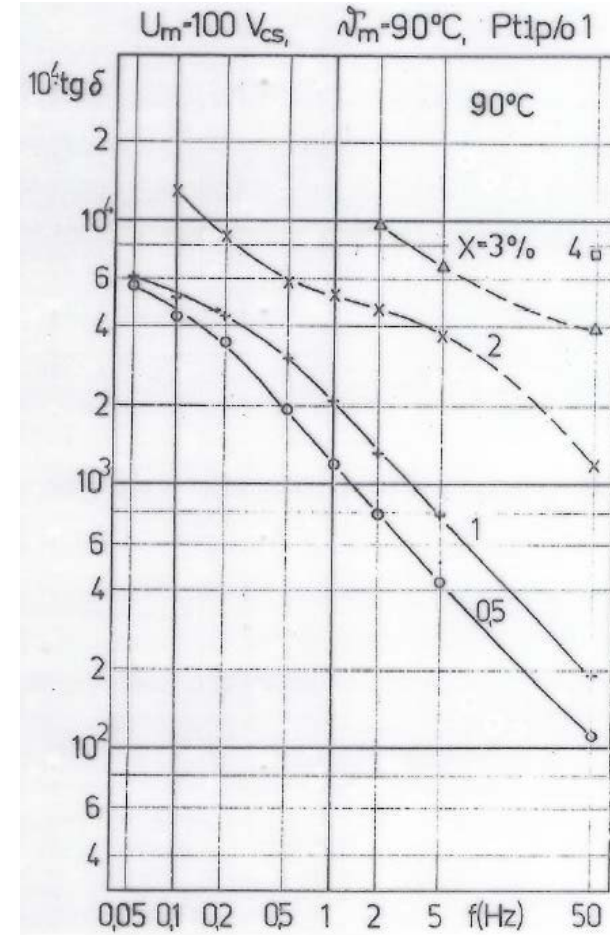
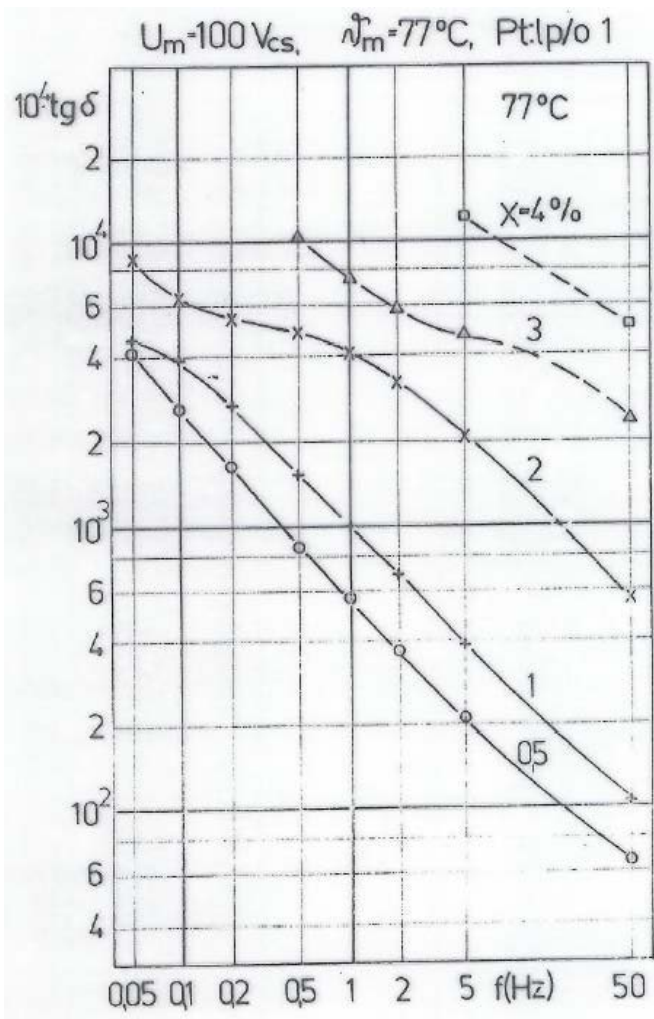
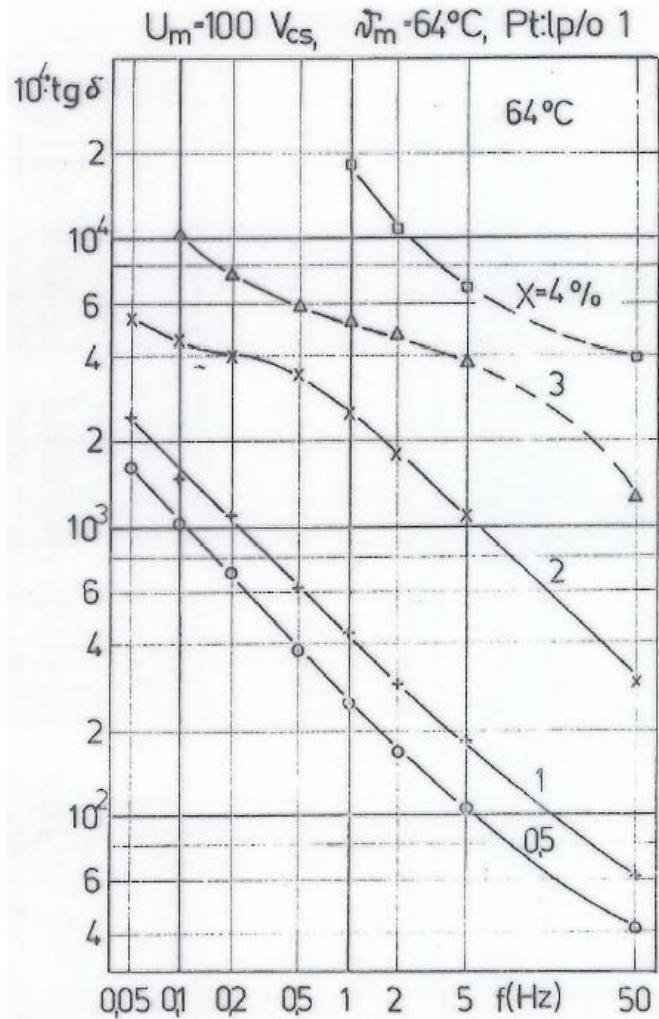


10⁴tgδ frekifüggése (f;T;X): f (frekvencia), T (hőmérséklet), X (papír víztartalom)



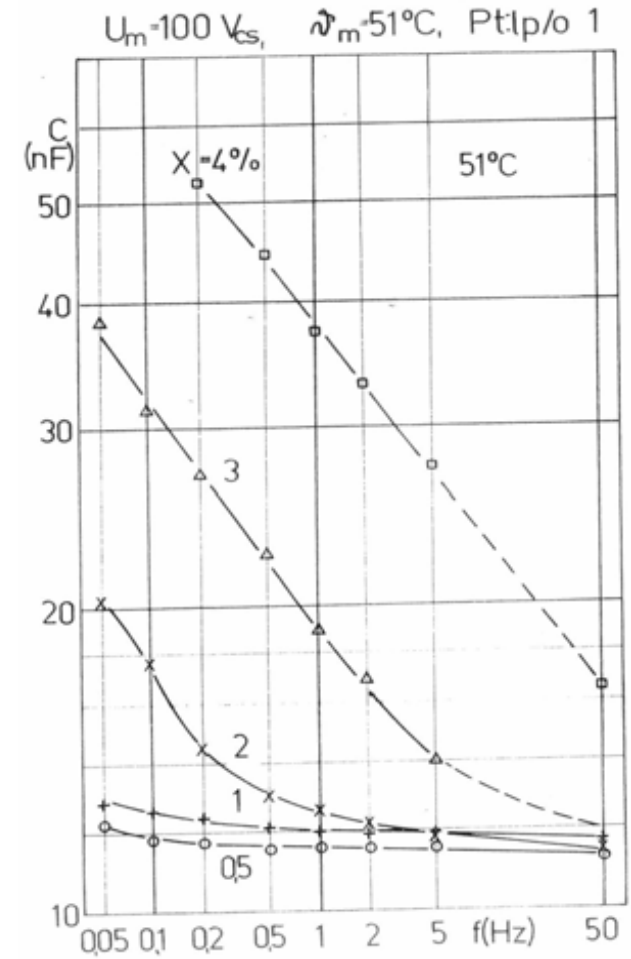
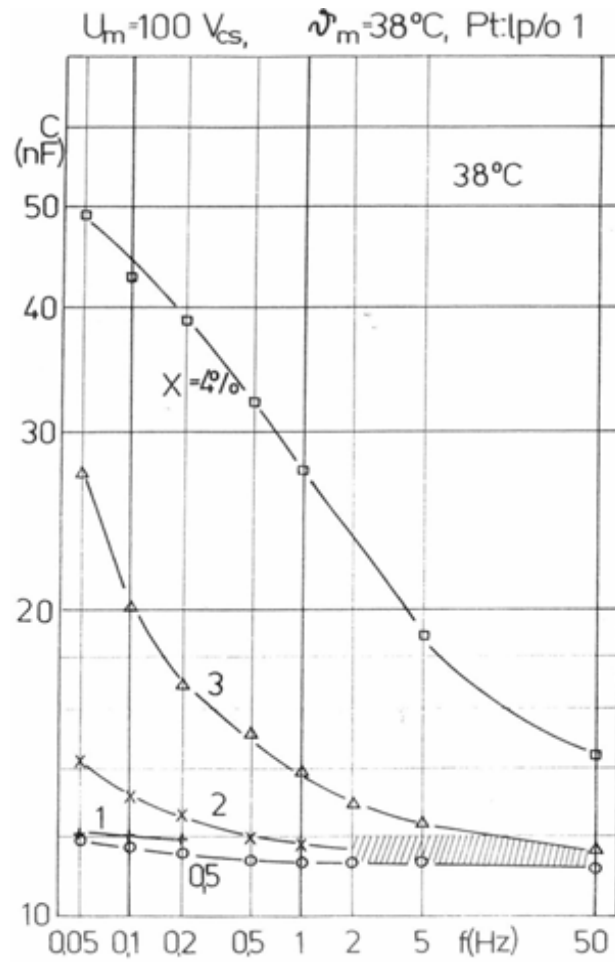
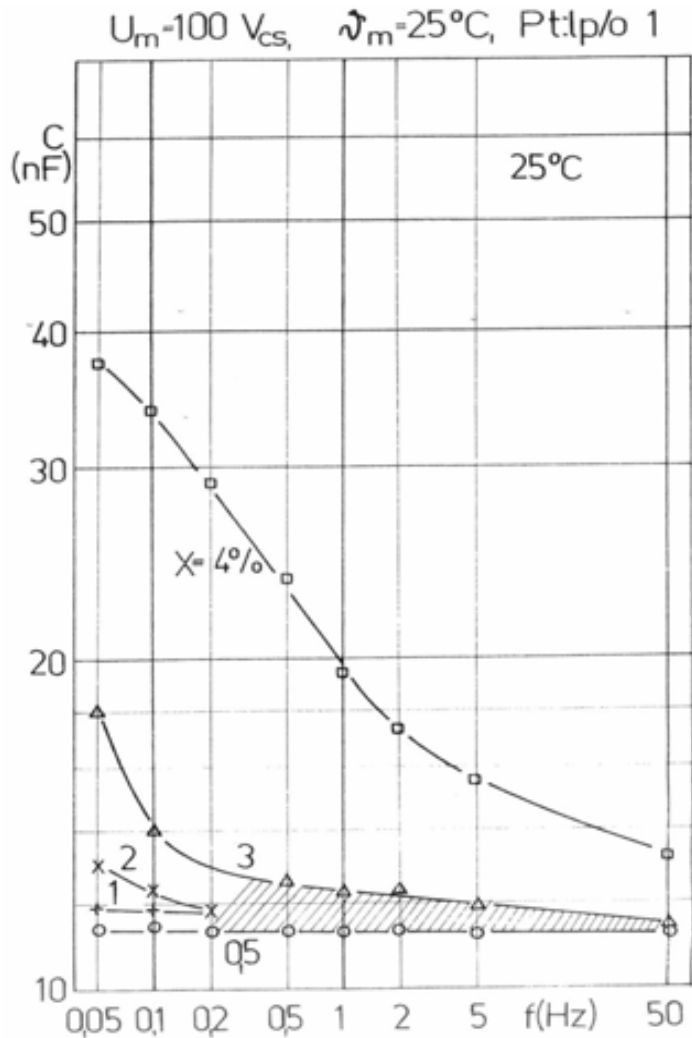


104tgδ frekifüggése (f, T;X): f (frekvencia), T (hőmérséklet), X (papír víztartalom)





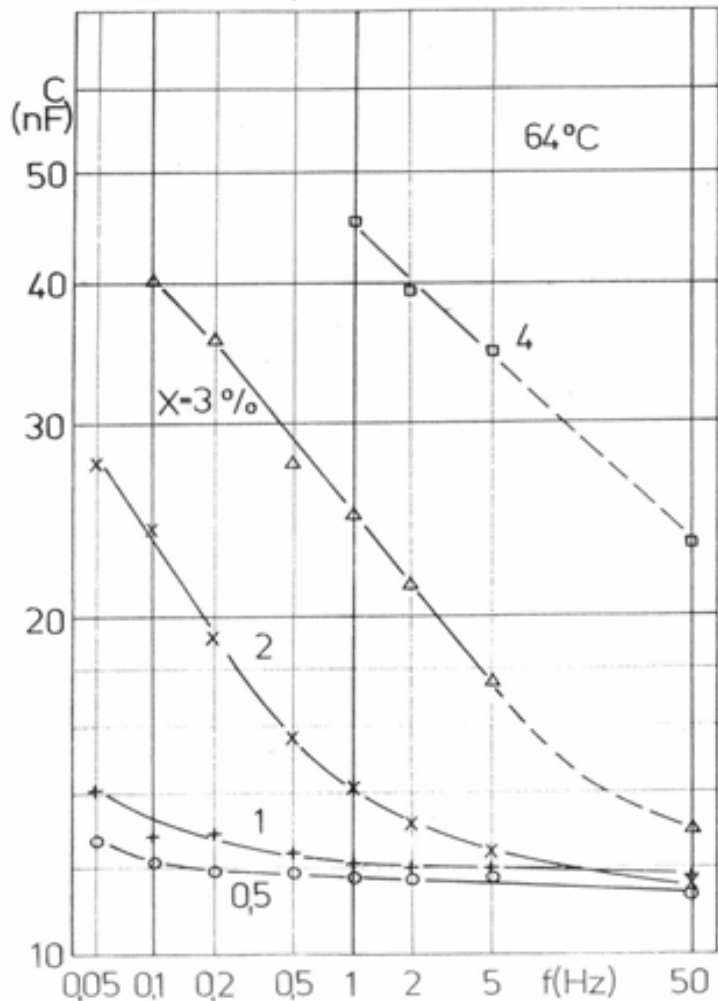
Kapacitás C frekifüggése: (f, T, X) mérése: f (frekvencia), T (hőmérséklet), X (papír víztartalom)



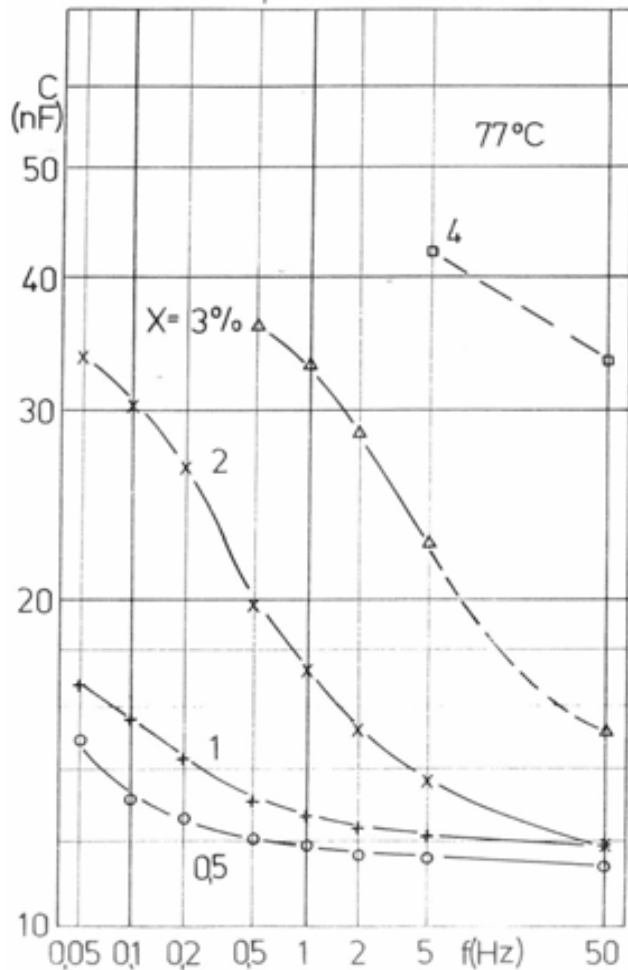


Kapacitás C frekifüggése: (f, T, X) mérése: f (frekvencia), T (hőmérséklet), X (papír víztartalom)

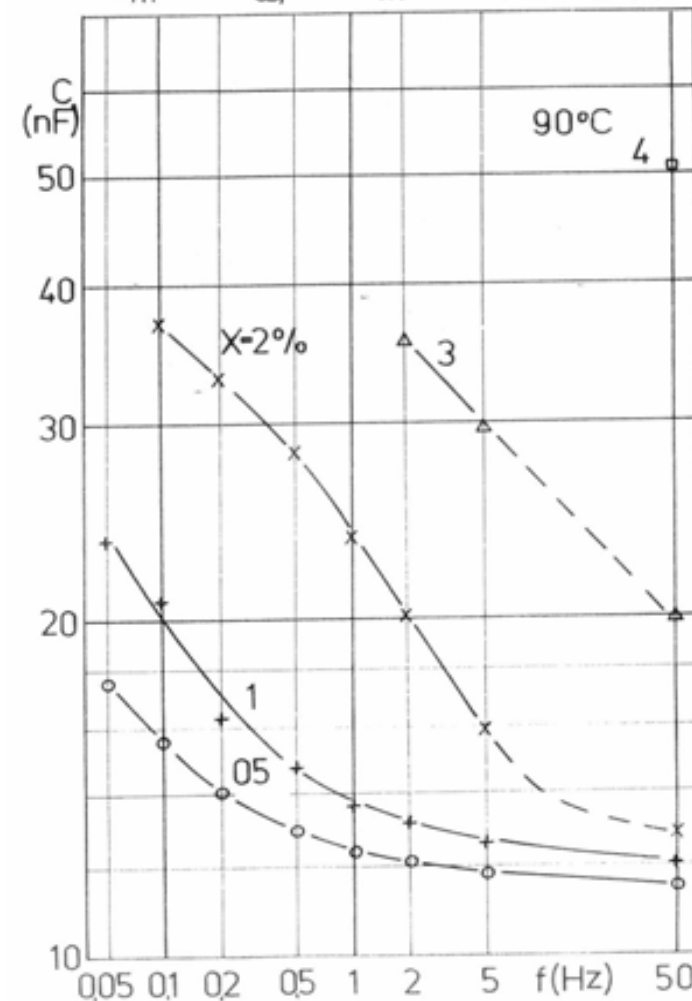
$U_m=100 V_{cs}$, $\vartheta_m=64^\circ C$, Pt:lp/o 1



$U_m=100 V_{cs}$, $\vartheta_m=77^\circ C$, Pt:lp/o 1



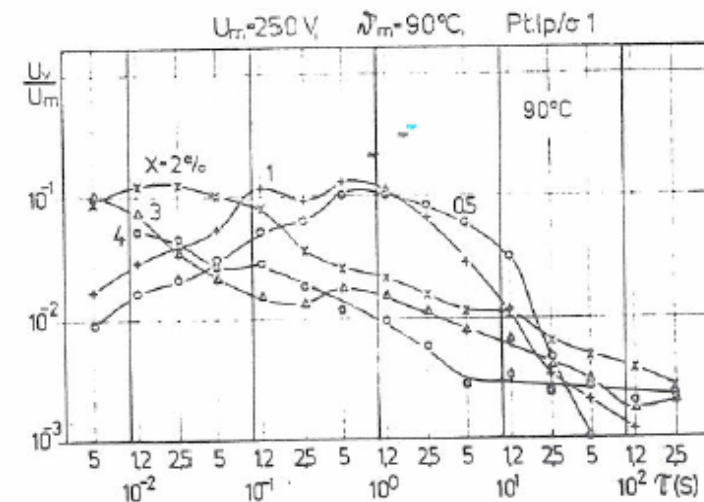
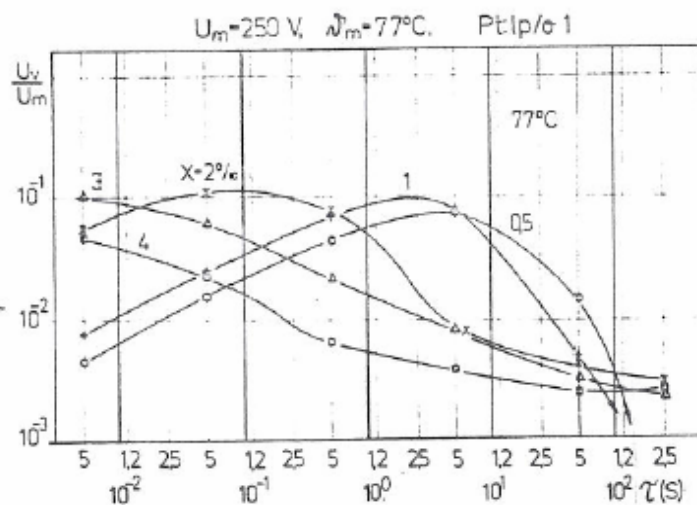
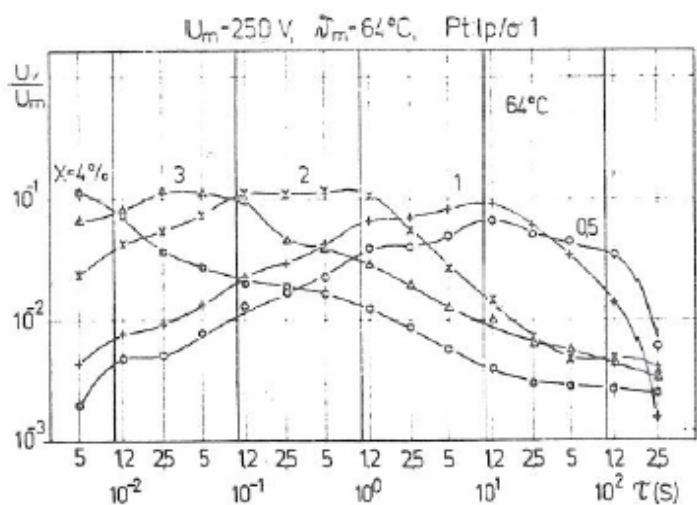
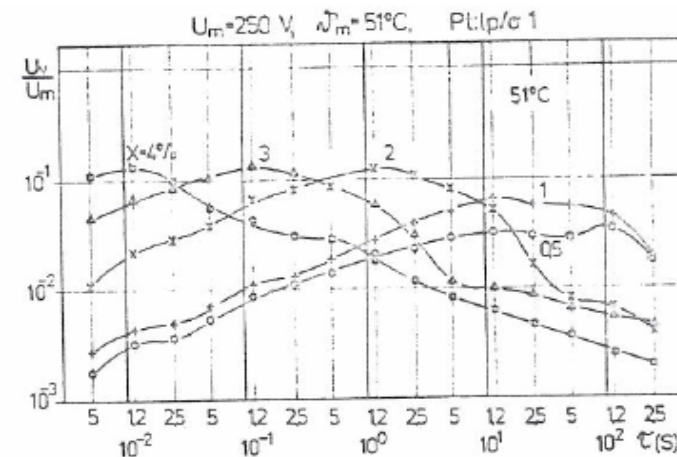
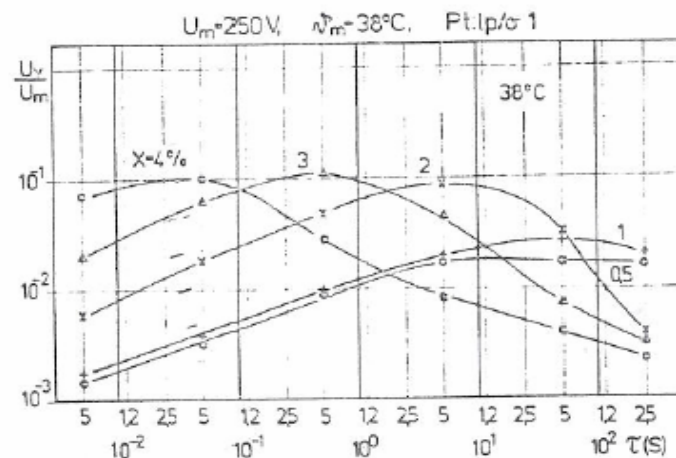
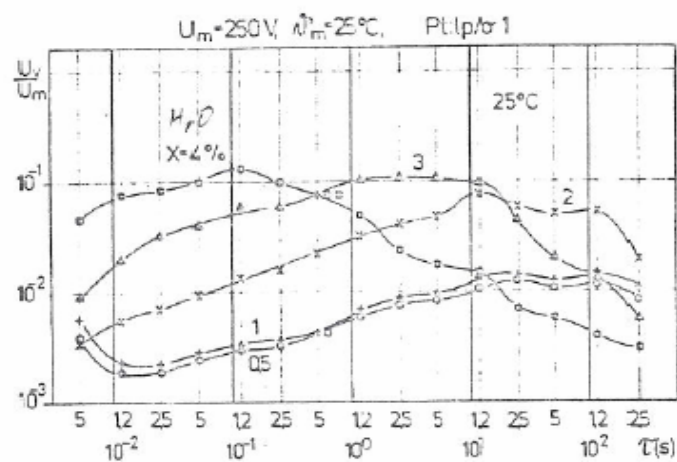
$U_m=100 V_{cs}$, $\vartheta_m=90^\circ C$, Pt:lp/o 1





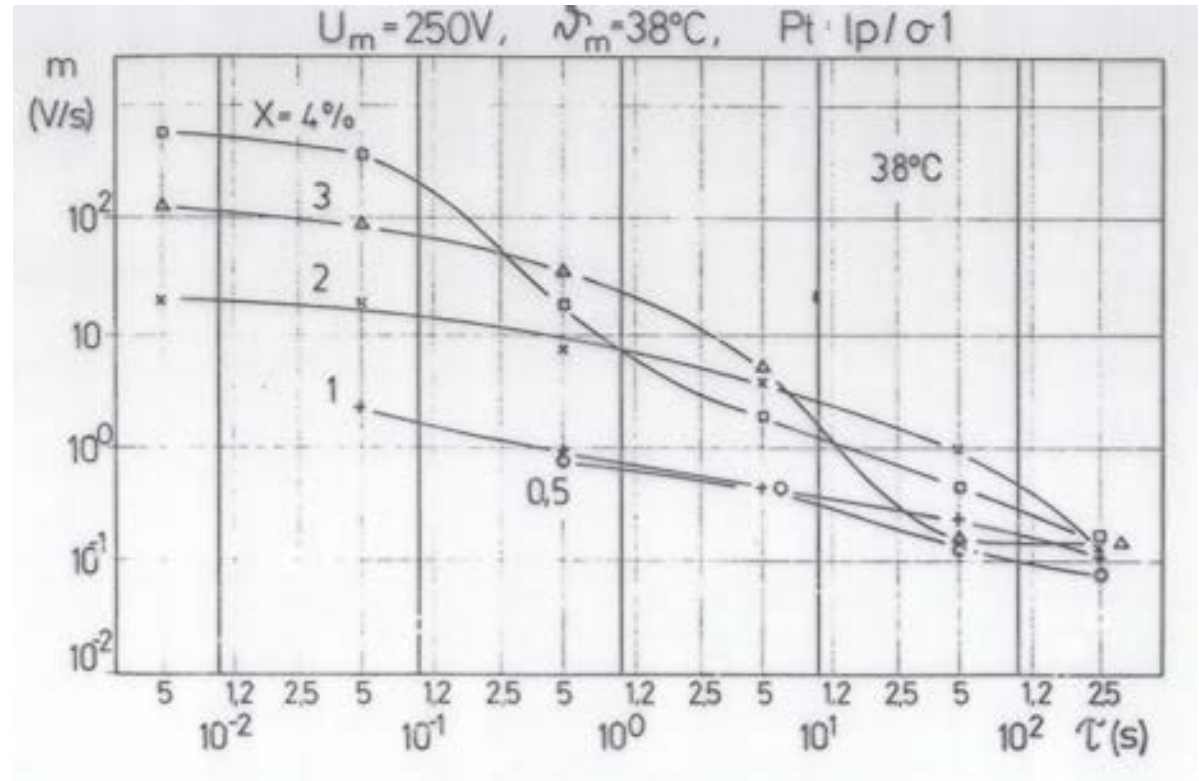
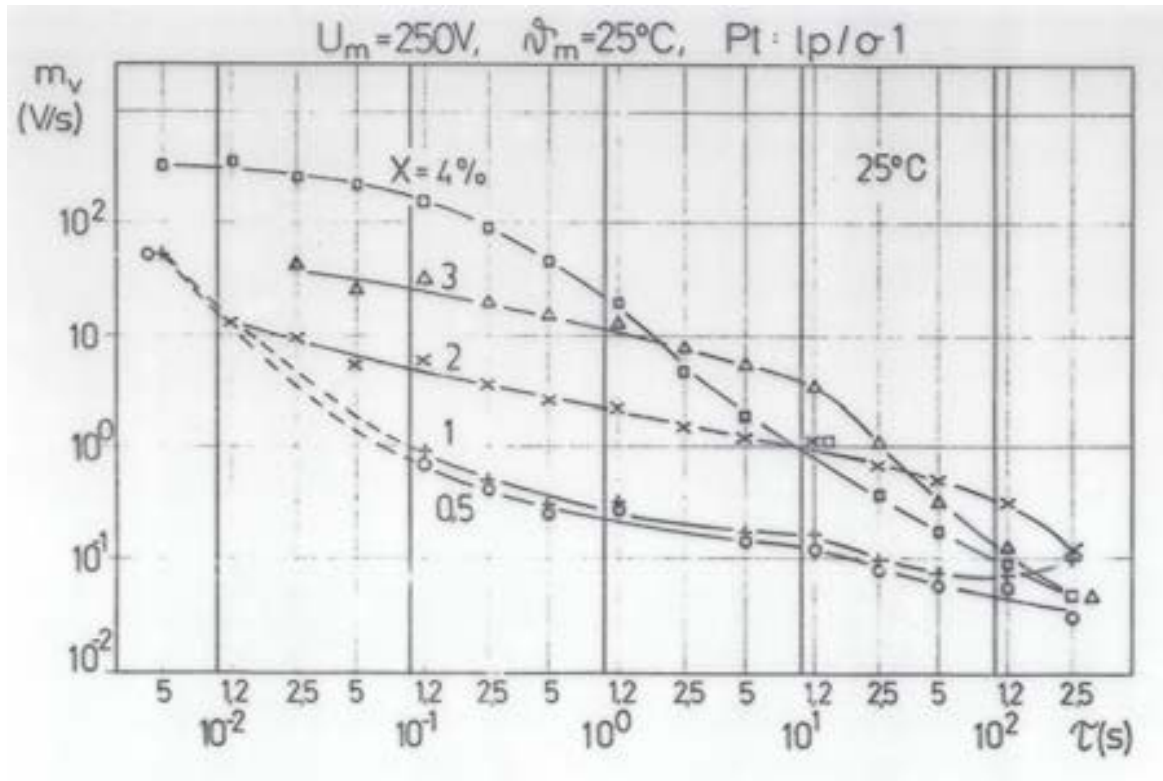
Visszatérőfeszültség csúcsértékének időállandófüggése:

$U_v/U_m = UR_{max}(tC/tD; T; X)$, (tC/tD =időállandó, T (hőmérséklet), X (papír víztartalom))



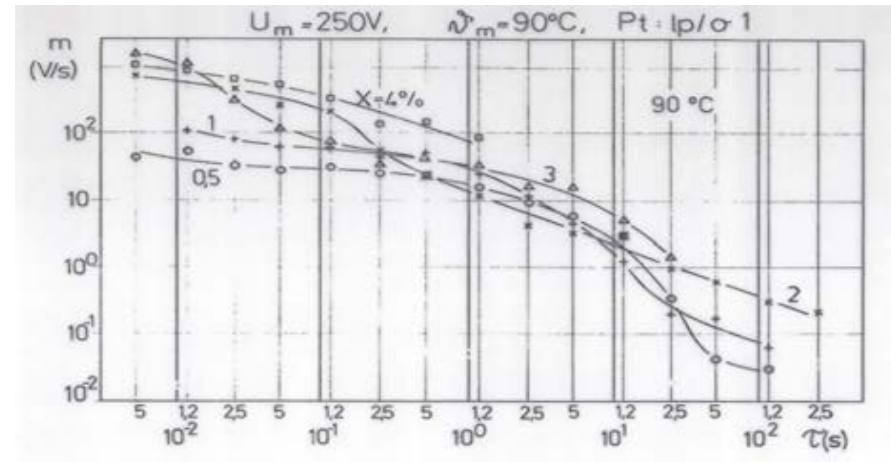
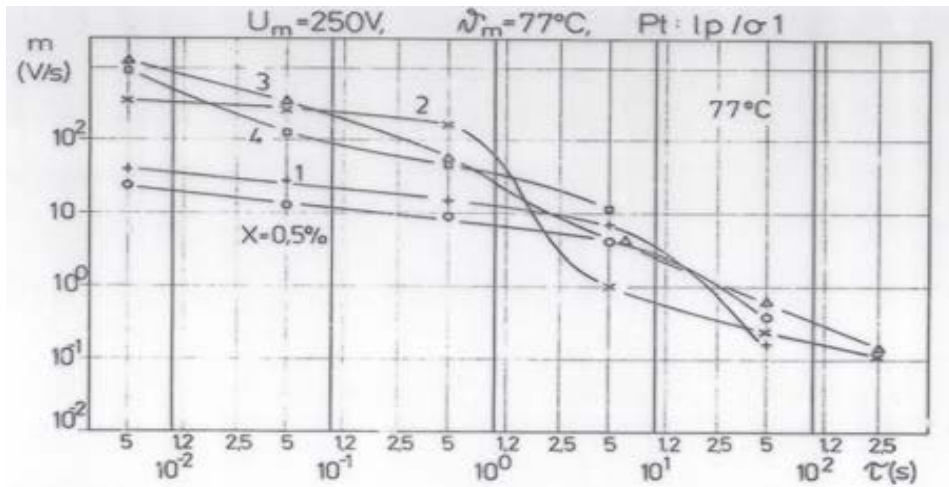
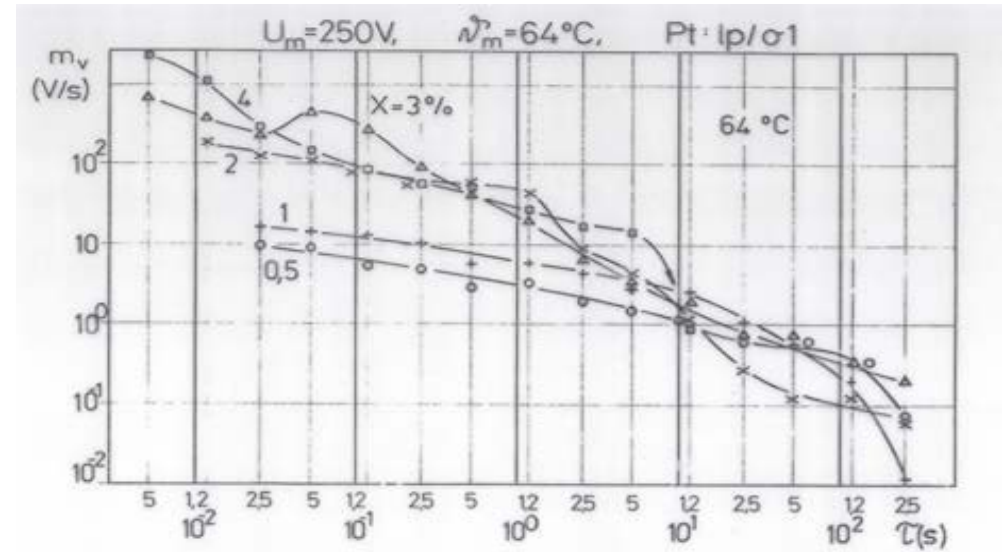
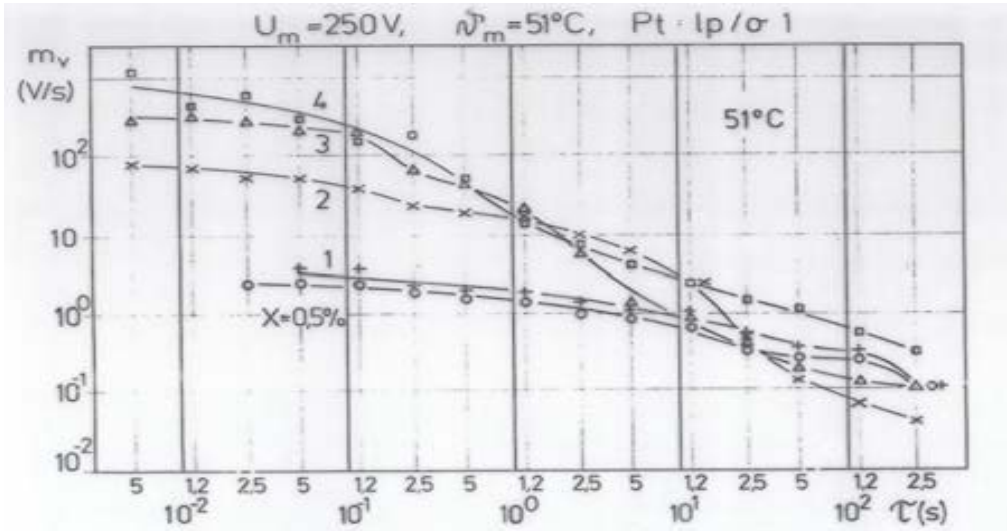


Visszatérőfeszültség kezdeti meredekségének időállandófüggése:
 $m_v = SR(tC/tD; T; X)$, ($tC/tD = \text{időállandó}$, T (hőmérséklet), X (papír víztartalom))





**Visszatérőfeszültség kezdeti meredekségének időállandófüggése:
SR(tC/tD;T;X),(tC/tD=időállandó,T(hőmérséklet),X(papír víztartalom))**





RVM eredmények ALAP (BASIC) kiértékelése



RVM eredmények ALAP (BASIC) kiértékelése

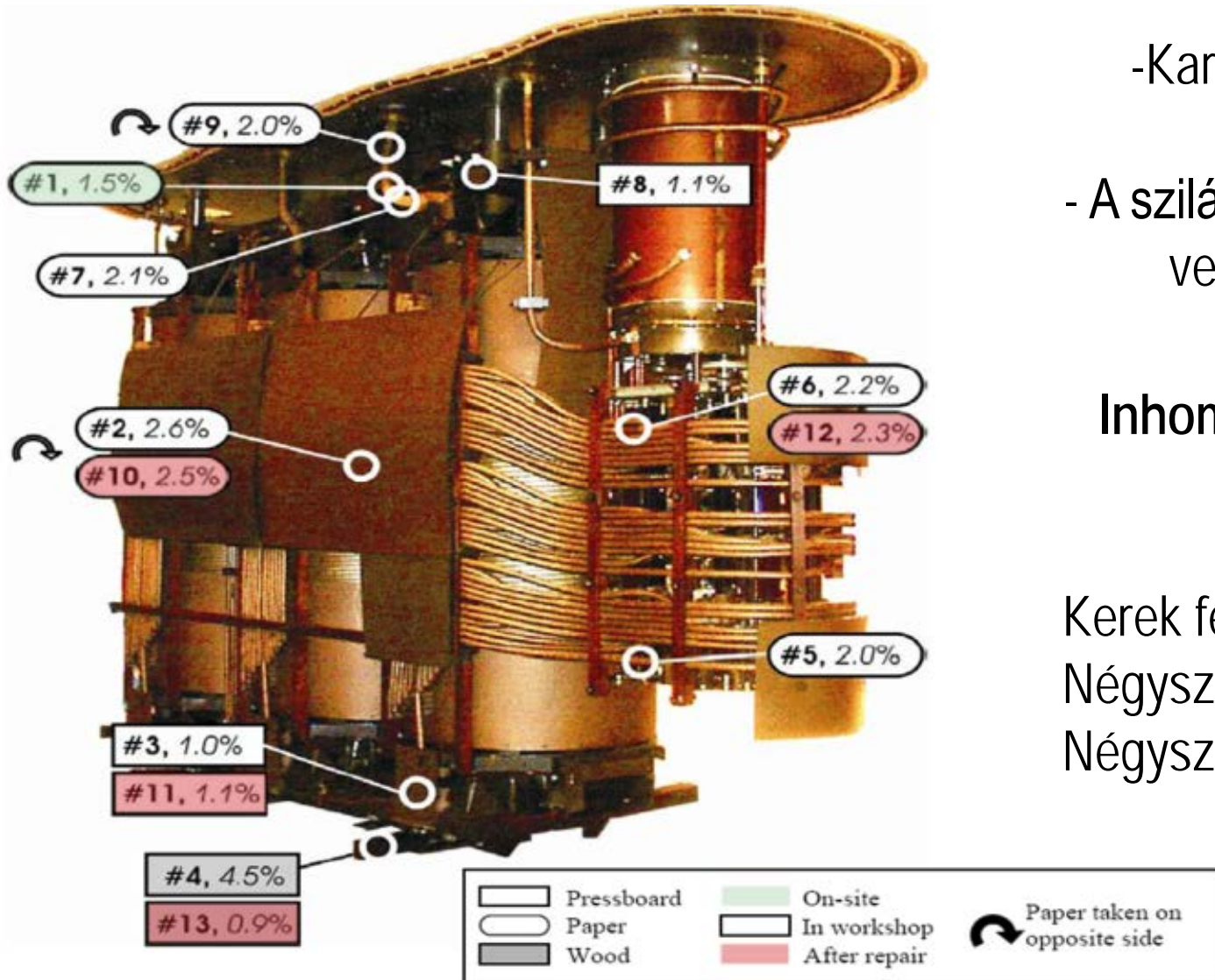
- Az RVM módszer már több mint **40 éve létezik** és még „időben” sikerült az „**alap kiértékelésre**” egy szabványt is létrehozni, amely még ma is hatályos: **MSZ 19323**
- Az **MSZ 19323** lényegében nem a teljes „spektrum kiértékelést” tartalmazza, a leegyszerűsítések miatt korlátozott hatékonyságú.
- Az RVM „spektrum módszer”, ezért úgy is kellene használni.
- De, bár spektrum módszer, „hagyományos” módszerek kiértékelésén” használják, de így is mindenképpen **több, mint ha egy hagyományos** (egy paraméteres) módszer.
- **Leegyszerűsítések:** lényegében víztartalomfüggés, az **öregedésre** („egyenértékű víztartalom”) egy külön „**időálló hőmérséklet átszámítási képlet**” került bevezetésre.
- **MIÉRT több az „egyszerűsített RVM BASIC” is mint „hagyományos” módszerek?**



RVM eredmények ALAP (BASIC) kiértékelése

- Bár egyszerűsített, azaz hagyományosan történik az RVM BASIC kiértékelés, de az automata műszer által felvett spektrumgörbe már nem tartalmaz „anomáliákat”, a mért spektrumok már valós inhomogén állapotot tükrözik, csak azért „RVM BASIC”, mert nem használjuk ki az **RVM teljes lehetőségeit**, azaz, „**hagyományos**” módon értékelünk ki!
- Az **összes konferencián** ezen a területen próbáltunk minél több információt közzétenni.
- **Ismert**: a trafó egy nagyon dinamikus rendszer, több tíz tonna szigetelőanyaggal, ahol semmi és sohasem „homogén”: hőmérséklet, ennek megfelelően az **egyensúlyi állapothoz tartozó paraméterek (vízmegoszlás, stb.) is folyamatosan változnak.**
- Az **öregedés sem homogén**, mert az inhomogén nedvesség hőmérséklet miatt szintén inhomogén eloszlásúak. Nagyon nehéz követni a folyamatokat de az RVM ezt már tudja. **Megemlítendő**, hogy az **Elektrotechnika 2021/5-6** számában magyarul is hozzáférhető az RVM **hatékonyabb diagnosztikáját** tárgyaló tanulmány.

Az „inhomogén” állapot nehézséget okoz a kiértékelésben: Példa a nedvességtartalom eloszlásra a trafó szilárd szigetelésének különböző helyeiről vett mintákból



- Karl Fischer technikával (KFT) becsült nedvességtartalom
- A szilárd szigetelésének különböző helyeiről vett mintákból (presspan, lágypapír, keményfa)

Inhomogén nedvességeloszlás a trafó szigetelésében

Kerek fehér keret: papír
 Négyzetes fehér keret: presspán
 Négyzetes szürke keret: fa



Transzformátorok szigetelési állapotának üzemi ellenőrzése villamos vizsgálatokkal

Az MSZ-09-00.0352:1988 helyett

Transformer insulation condition test in the field with electrical tests

E nemzeti szabványt a Magyar Szabványügyi Testület a nemzeti szabványosításról szóló 1995. évi XXVIII. törvény alapján teszi közzé. A szabvány alkalmazása e törvény 6. §-ának (1) bekezdése alapján önkéntes. A törvény 6. §-ának (2) bekezdése értelmében műszaki tartalmú jogszabály hivatkozhat olyan nemzeti szabványra, amelynek alkalmazását úgy kell tekinteni, hogy az adott jogszabály vonatkozó követelményei is teljesülnek. A szabvány alkalmazása előtt győződjön meg arról, hogy nem jelent-e meg módosítása, helyesbítése, vagy nincs-e visszavonva, továbbá hogy műszaki tartalmú jogszabály hivatkozik-e rá.

Előszó

Az MSZ-09-00.0352:1988 megjelenése óta több magyar nemzeti szabvány jelent meg a transzformátorok olajtöltetéknek, valamint az olajban oldott gázoknak a vizsgálatára vonatkozóan, ezért szükségessé vált e szabvány átdolgozott formában való korszerűsítése, kiadása.

Az e szabvány alapját képező európai/nemzetközi és az azoknak megfelelő magyar nemzeti szabványok a következők:

EN 60567:1992	MSZ EN 60567:2000*
EN 60599:1999	MSZ EN 60599:2000*
IEC 296:1982	MSZ IEC 296:1988**
IEC 60422:1989	MSZ IEC 60422:2000

E szabvány előírásai nincsenek ellentmondásban a jelenleg érvényben lévő európai / nemzetközi szabványokkal.

* Jövahagyó közleményei bevezetett, angol nyelvű szabvány

** Az MSZ IEC 296:1988 tartalmazza az IEC 296:1982/A1:1986 módosítását is

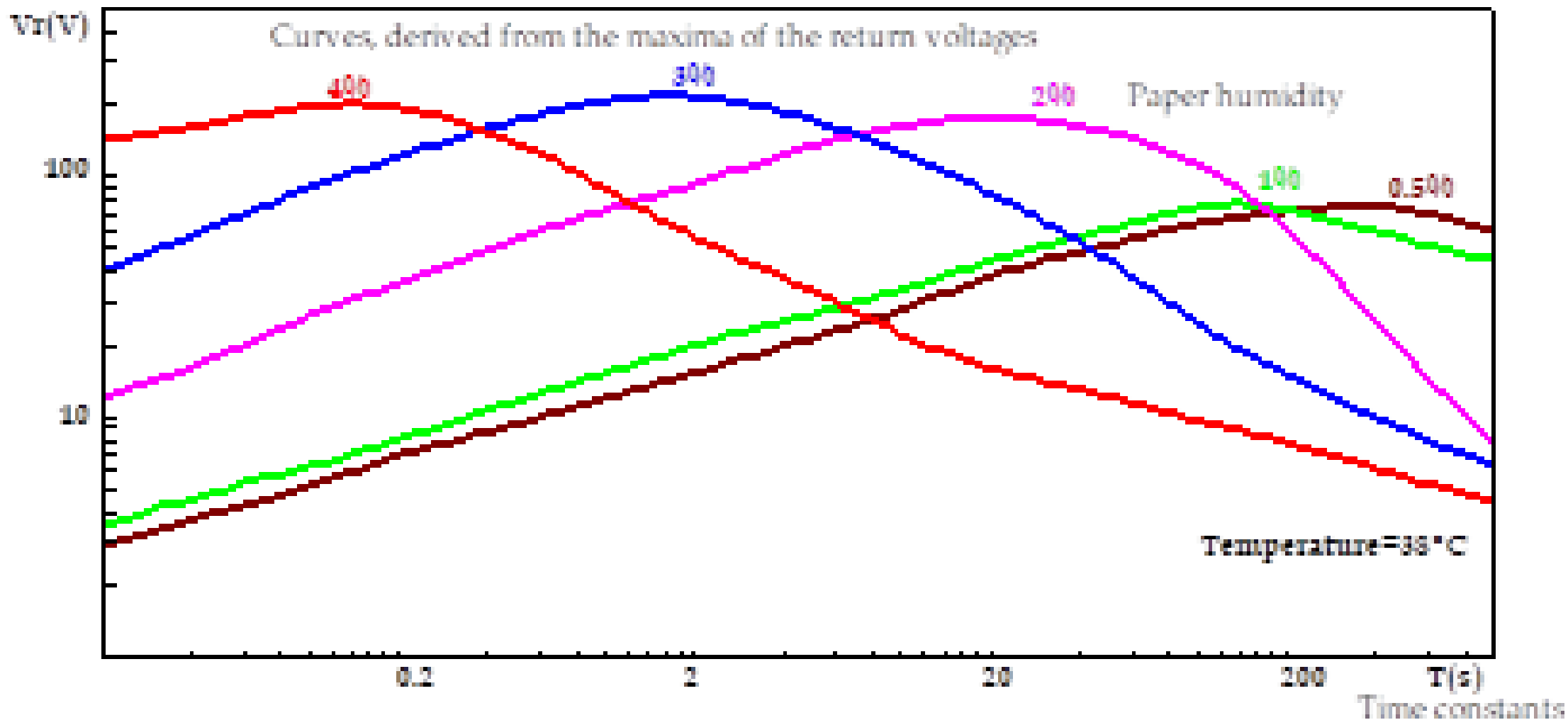
3. táblázat: A töltési és a rövidzárási idők, az időállandók és a pihentetési idők

t_i / t_{rz}	τ (s)	t_p (s)
20 ms / 10 ms	0,01	1
100 ms / 50 ms	0,05	1,5
200 ms / 100 ms	0,1	3
1 s / 0,5 s	0,5	15
2 s / 1 s	1	30
10 s / 5 s	5	150
20 s / 10 s	10	300
100 s / 50 s	50	1500
200 s / 100 s	100	3000
1000 s / 500 s	500	– (vagy 15000)
2000 s / 1000 s	1000	– (vagy 30000)
5000 s / 2500 s	2500	– (vagy 75000)
10000 s / 5000 s	5000	– (vagy 150000)

Kiértékeléskor a „spektrum” időállandója T= töltési idővel



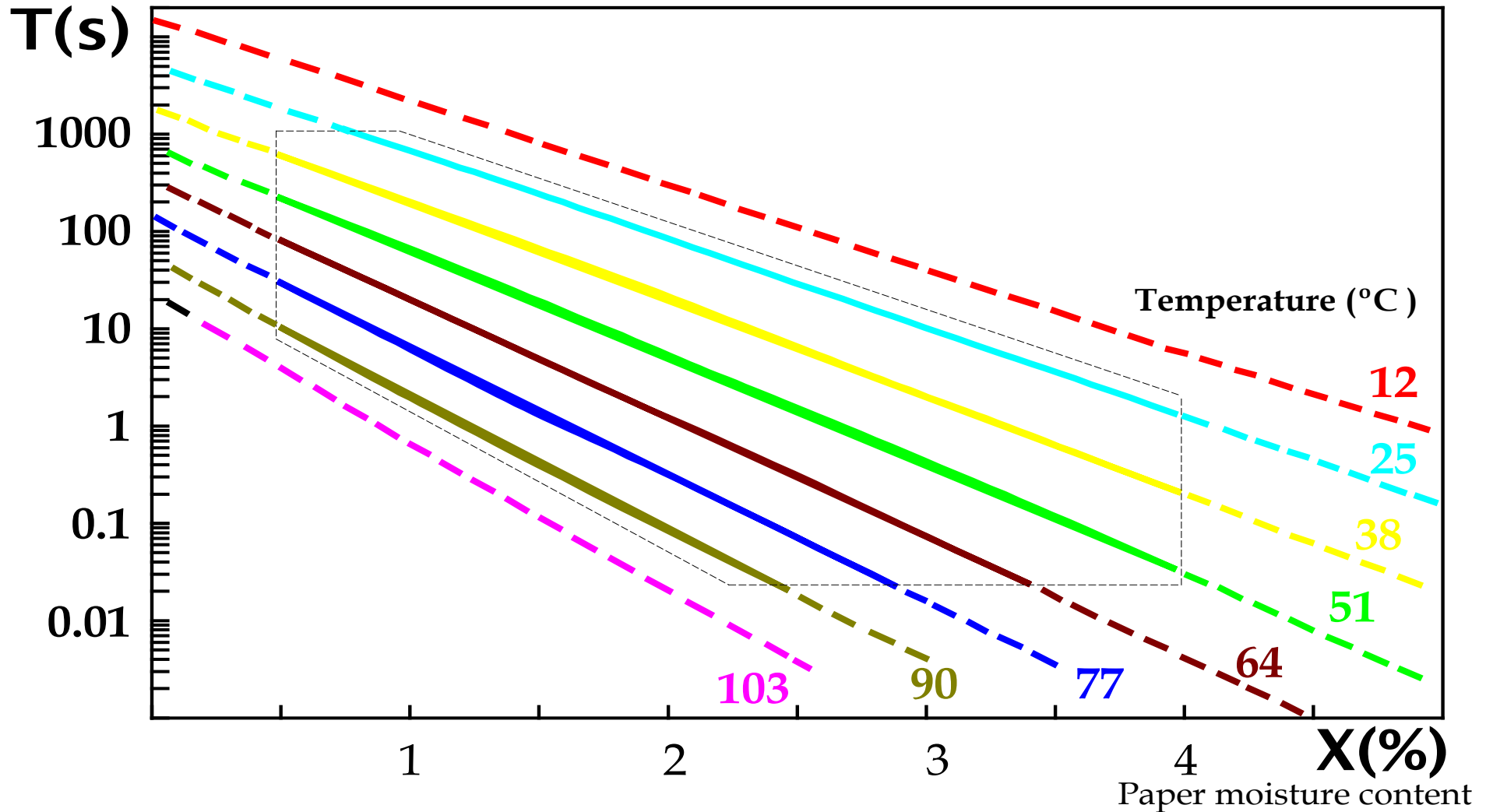
BASIC ALAP kiértékelés: itt is CSAK víztartalom-hőmérséklet-időállandó függés látható





CSAK víztartalom-hőmérséklet-időállandófüggési nomogram

dominant time constant

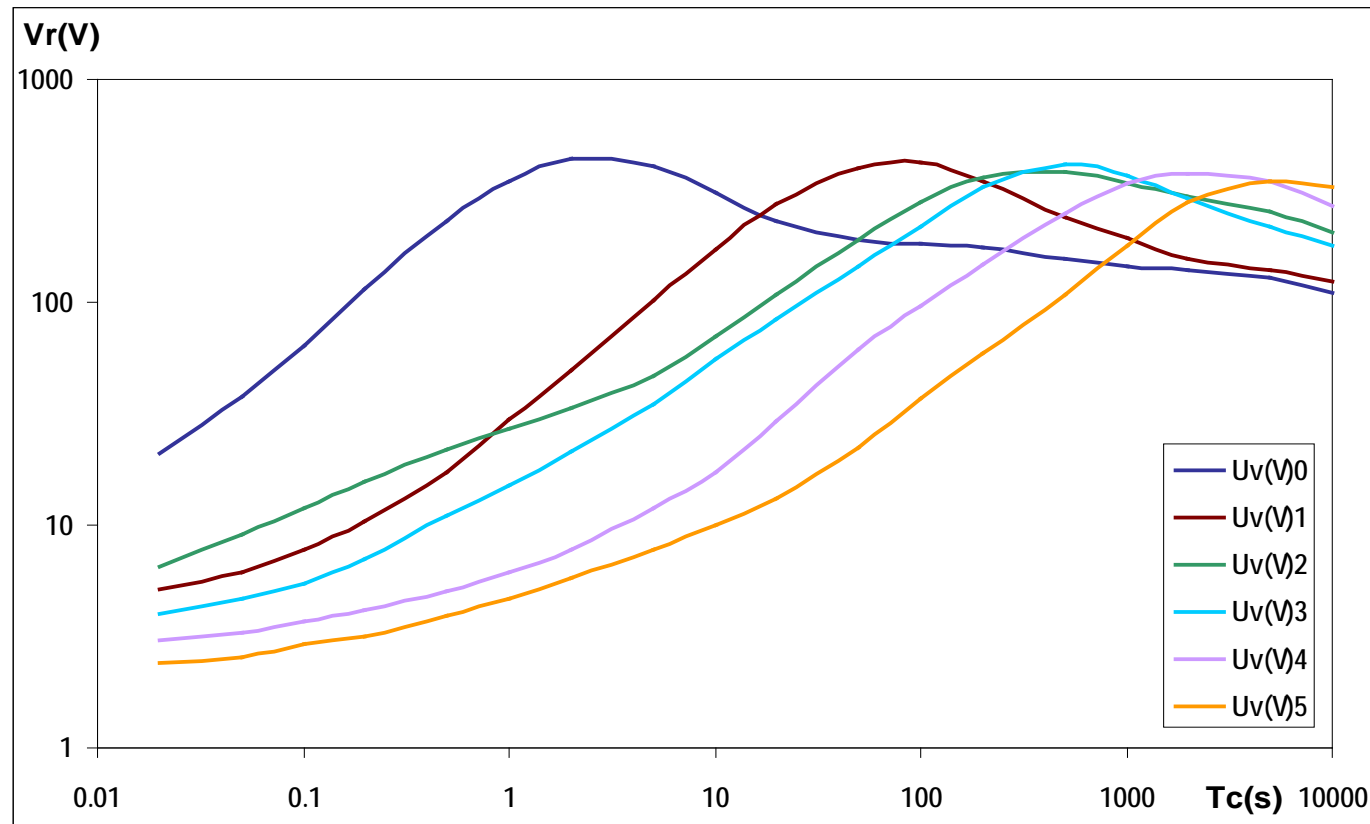




**„RVM BASIC” „egyszerű majd fokozatos
bővítése”, végül
„ADVANCED”, HALADÓ RVM kiértékelés**

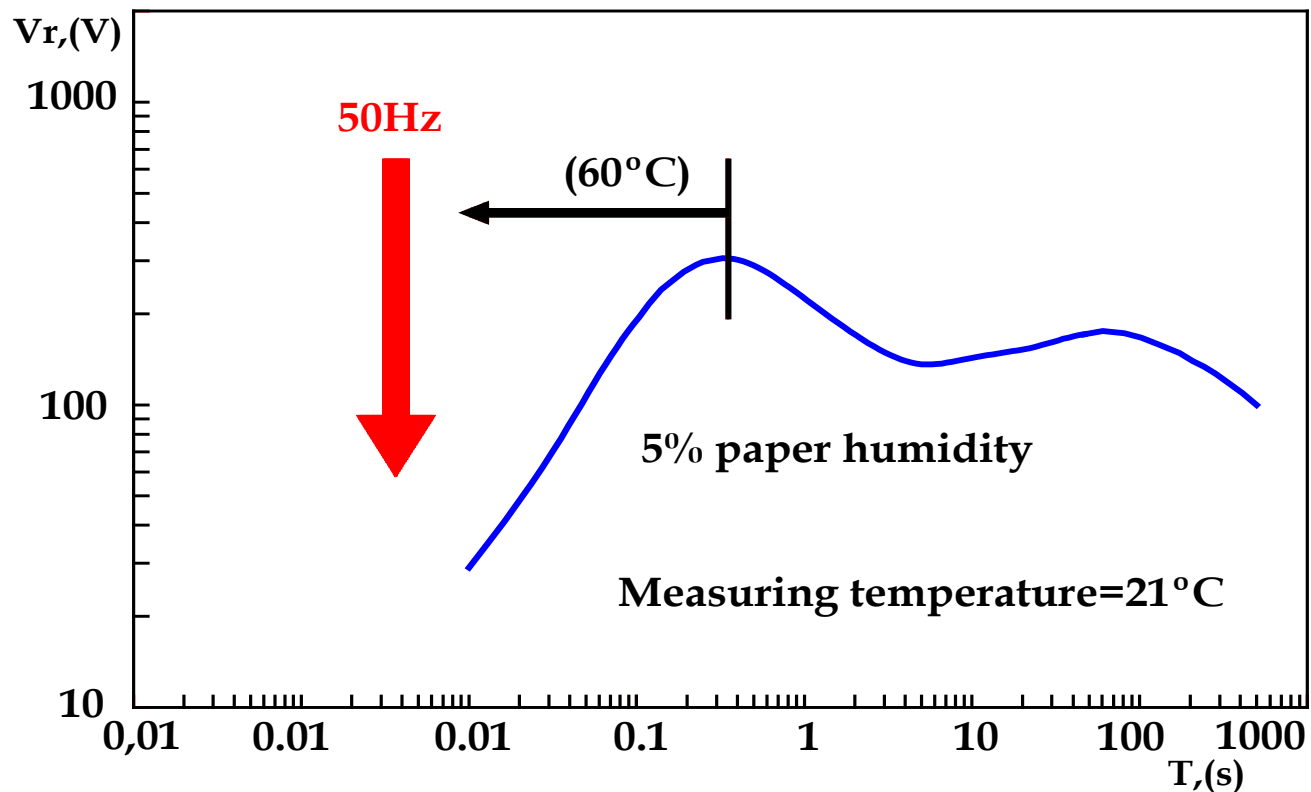


- „**Szemléletes**”, csak a víztartalomra vonatkozó RVM spektrumok mozgását mutató ábra, de hasonló görbék adódnak az öregedésre.
- **Elnedvesedéssel és az öregedéssel egyre több „domináns időállandó” jelenik meg, a romlással egyre kisebbek lesznek és az egyes időállandók folyamatosan közelítenek az 50Hz hálózati feszültségre jellemző 3ms időállandóhoz. Ha elérik, akkor biztos az átütés.**





Ez az ábra már két domináns időállandós esetet mutat: víztartalomra és öregedésre jellemzőt. Cél, hogy a 3 ms környezetében még a legnagyobb üzemi hőfokon sem legyen jelentős polarizáció. Ez a trafó üzemben ütött át kb. 60 fokon. RVM mérés és a BME adatbázis alapján az „egyenértékű” nedvességtartalom kb. 5%, Ebben az esetben a kisebb időállandó üzemi hőfokon kb. 3ms volt, tehát megindulhatott a buborékképződés, biztos az átütés.



Ez a trafó az adott üzemi hőfokon már nem volt biztonságosan üzemeltethető, két nagyságrenddel nagyobb időállandó (300ms) már biztonságot nyújtana. Szükségszerű volt az átütés, mert beindult a buborékkiválás.



ADVANCED RVM kiértékelésről röviden

- **Alap kiértékelés mellett** lehetőség van egy **ADVANCED** kiértékelésre is, ehhez ismerni kell:
- A **BME összes, RVM-re vonatkozó referenciamérését: víz-, öregedés és hőmérsékletfüggés.**
- Az **időközben** megjelent **hazai és nemzetközi szakirodalmat**, különös tekintettel a **buborékképződésre, elnedvesedésre, öregedésére, élettartamra, stb.**
- Fontos a már több helyen publikált **„dielektromos veszteség”** elméleten alapuló **RVM** kiértékelés ismerete.
- **Még egyszer: az Elektrotechnika 2021/5-6 számában magyarul is hozzáférhető** egy, az **RVM** diagnosztika **hatékonyabb (ADVANCED)** felhasználását bemutató tanulmány.
- **Fontos a műszaki eredmények folyamatos figyelése**, mert még mindig rengeteg kutatómunka folyik, **évente sok „referencia” adat születik**, és egyre több tapasztalat halmozódik fel, stb.
- **Igazi megoldás** egy **„számítógépes”** kiértékelés lenne, vagy az **MI. MI-re lélekben** érdemes felkészülni, a **fokozatos MI „ráhangolódásra”** lenne szükség a **minél nagyobb RVM hatékonyság** eléréséhez.

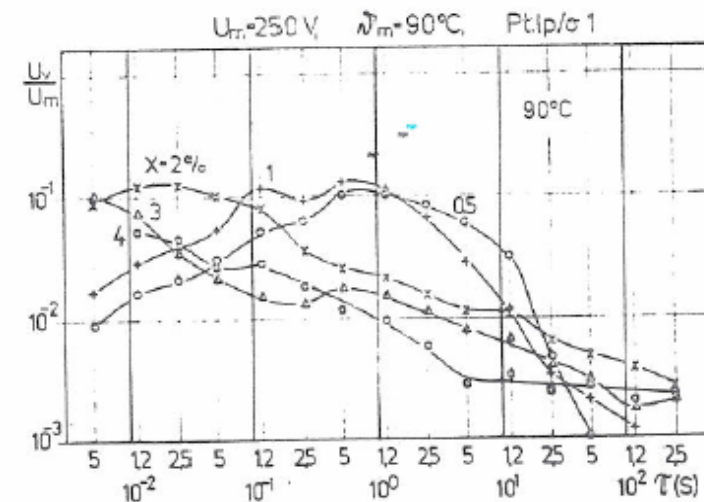
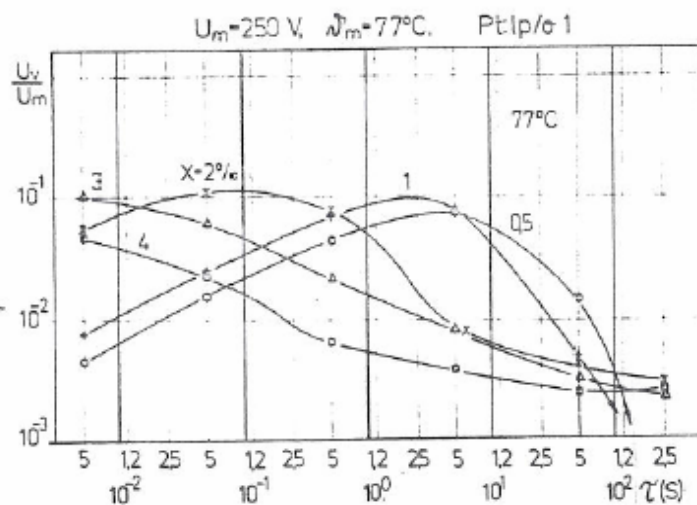
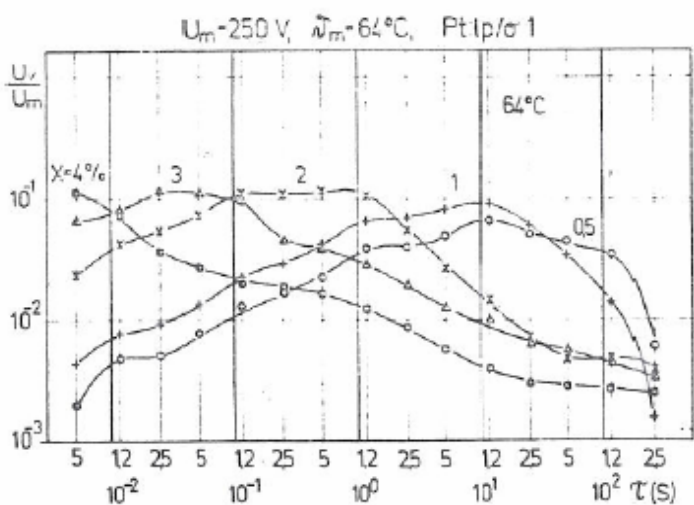
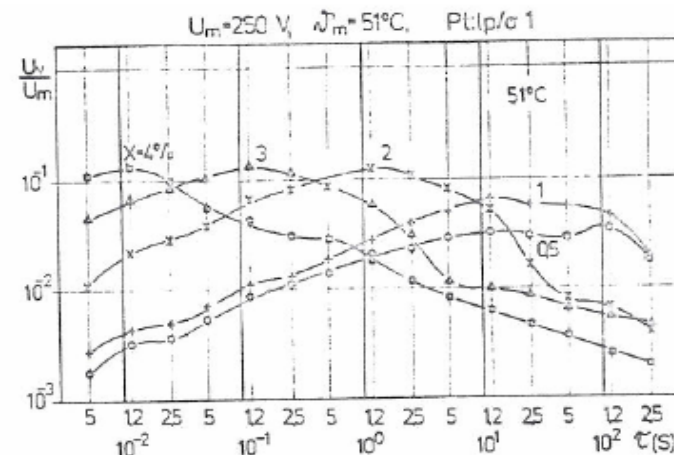
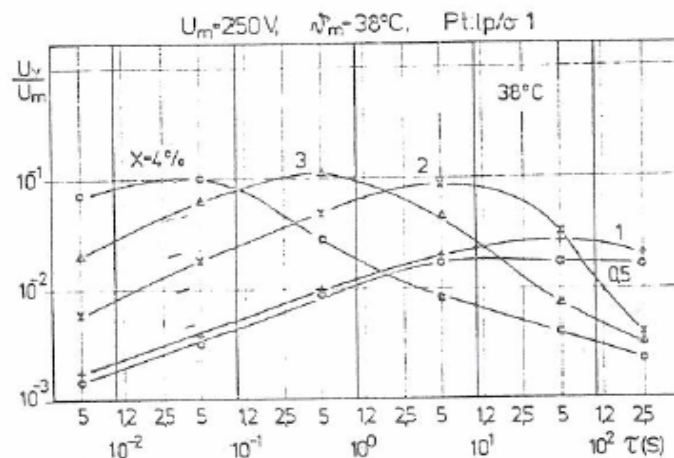
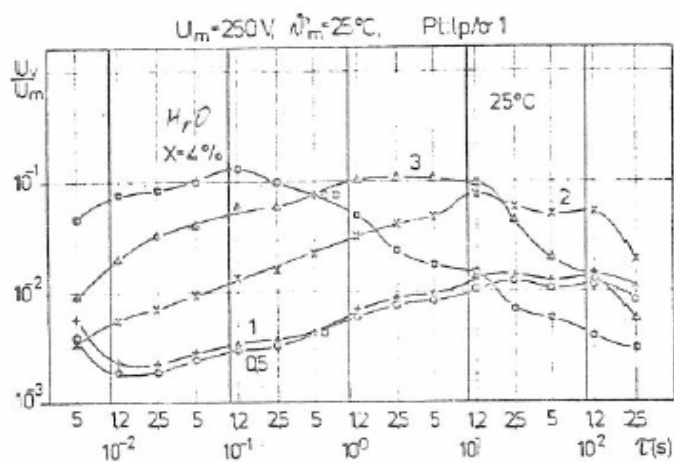


ADVANCED HALADÓ kiértékelés 1:

BME referencia RVM görbék használata



Visszatérőfeszültség csúcsértékének időállandófüggése: $UR_{max}(tC/tD; T; X)$, (tC/tD =időállandó, T (hőmérséklet), X (papír víztartalom))





ADVANCED HALADÓ kiértékelés 2: buborékképződés folyamatán keresztül



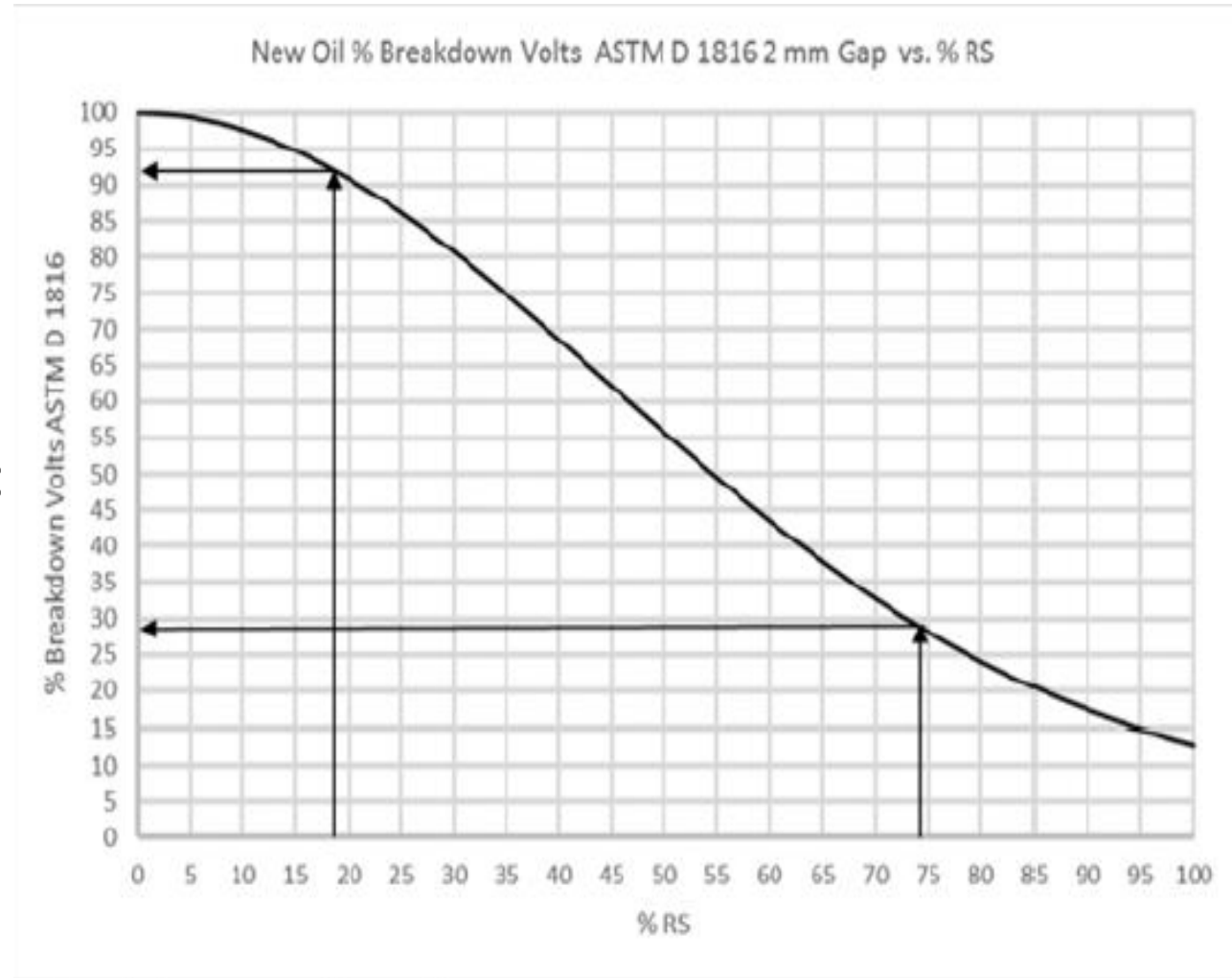
ADVANCED kiértékelés előtt ALAPOK: nedvesség hatása a buborékképződésre

- A terhelés következtében **veszteség** keletkezik a trafóban, megemelkedik a hőmérséklet.
- Ezenkívül az **50Hz-es térerő** hatására **lokális** dielektromos veszteség is keletkezik a **szigetelésben**, amely nedvesség és öregedési termékek hatására **növekszik**.
- Nagyobb veszteség miatt nő a **lokális hőmérséklet**, ami miatt **újra növekszik a veszteség**, egyre magasabb lesz a **lokális hőmérséklet** (lavina effekt!), **víz** tartalom, **öregedési termék felhalmozódás** által meghatározott hőmérsékleten **átütés következik be** (lásd ábrákat).
- A víz tartalom és öregedés **mértékétől függő hőmérsékleten** beindul **lokálisan a buborékképződés**, és ha nagy a helyi **térerősség**, **PD keletkezik**, végül **átütés következhet be**.
- **Magasabb hőmérséklet**, nagy **papír víz** tartalom, nagy **olaj öregedési termék felhalmozódás**, mind **PD beindulást okoz**.
- **Az egyszer megindult rész kisülés (PD)** viszont már **önfenntartó** lehet, kialakása rendszerint csak **jóval kisebb térerőnél** következik be. Ha nem alszik ki a PD, jön az **átütés**.
- Ezért fontos az **alapvető folyamatok részletes ismerete**.



Átütési feszültség és az olaj relatív víz telítődése (RS) közötti összefüggés

- Ismert, hogy **közvetlen összefüggés van a szigetelő olaj átütési szilárdsága és a relatív telítődése (RS) között** (lásd az ábrát).
- **Ez csak olajátütés, papír nélkül.** Két **kiemelt pont látható az ábrán**: az olaj **RS=20%-nál** az átütési szilárdság **csak 10%-ot** csökken, de **RS=75%-nál** az átütési szilárdság **csökkénés már 70%**.
- **Ez már jelentős átütési szilárdság csökkenés, ez már átütéshez vezethet.**

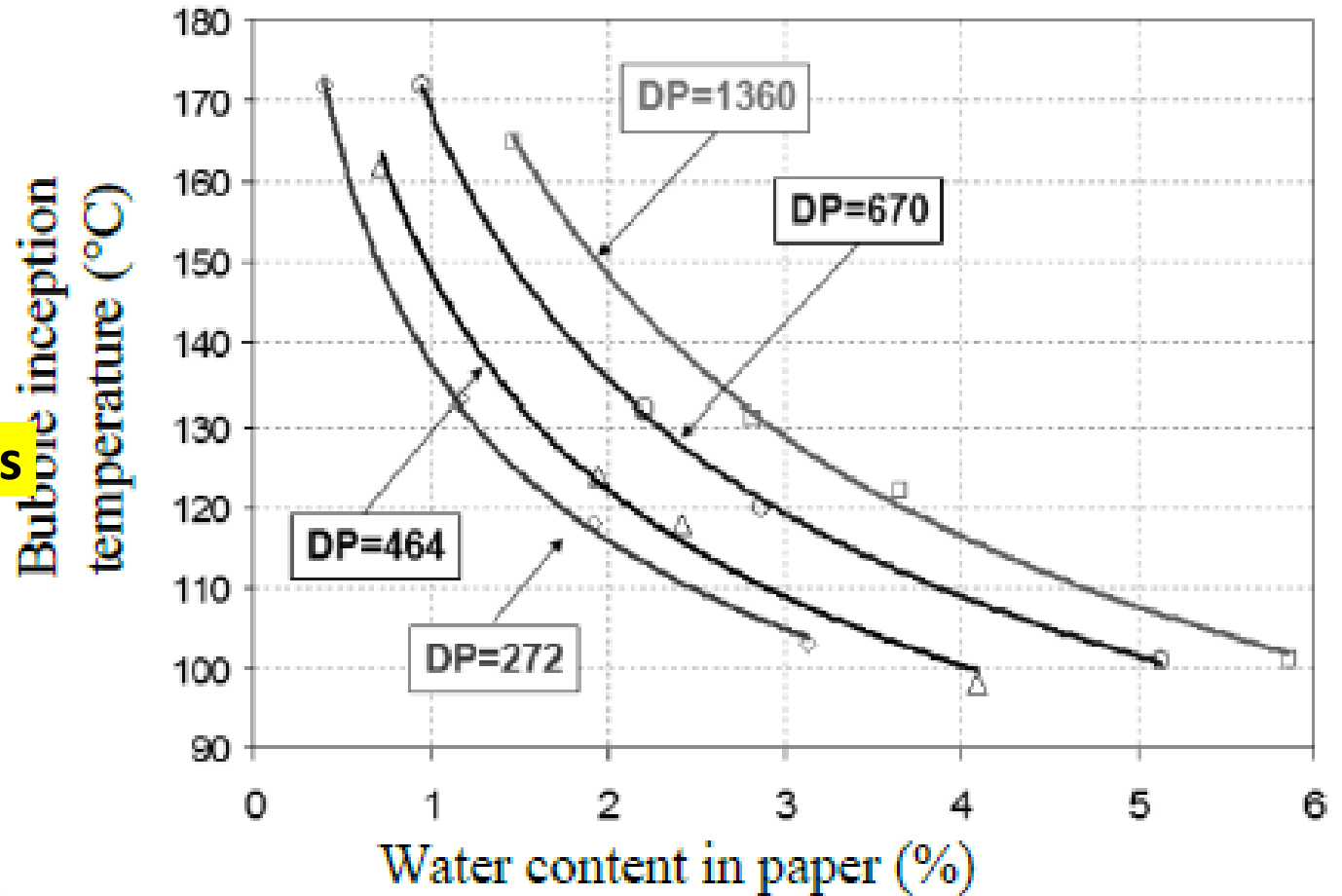




Az ábrán a „**papír víztartalom és öregedés együttes hatása a buborékképződés küszöbhőmérsékletére**” összefüggés látható, **DP** (lényegében öregedés) a paraméter.

Minél **szárazabb a papír** (kicsi a víztartalom), és **minél nagyobb a DP (új papír)**, annál nagyobb a **buborék képződés küszöbhőmérséklete (2% víznél 140-155°C)**, öreg papírnál (DP=464) és 2% víztartalomnál már csak **120 °C a küszöbhőmérséklet**.

0,5%-nál a buborékképződés küszöb hőmérséklete 200°C felett, 2%-nál csak kb. 140°C, 4%-nál alig 110 °C.





ADVANCED kiértékelés előtt **ALAPOK: nedvesség hatása a buborékképződésre**

- A **víz/öregedési termék** a részleges kisülések (PD) kialakulását azzal segíti elő, hogy a hőmérséklet, térerő, nedvesség együttes hatására **buborékok keletkeznek az olajban.**
- **Az a térerő, amelynél a buborékképződés megindul, erősen függ a hőmérséklettől, víztartalomtól, felhalmozódó öregedési termékektől.**
- **Nagyobb papír nedvességtartalom, ill. magasabb olaj öregedési termék felhalmozódás esetén a buborékképződés már 10 kV/cm térerősség mellett megindulhat.**
- **PD léphet fel, olyan geometriájú helyeken is, amelyeken a buborékok nélkül ez nem várható. Víz/öregedés növekedésével csökken a buborékképződési küszöbhőmérséklet.**
- Figyelembe véve a **fenti veszélyeket, meglepődhetünk azon, hogy miért nincs olyan szabvány, amelyben szereplnének az ilyen jellegű „határértékek” (víz, öregedés)?**
- Mert nincs is olyan **„hagyományos” módszer, amellyel a trafó kapcsokon végrehajtható villamos mérésekkel ez megállapítható lenne.**



Néhány „**praktikus víztartalom adat**” az RVM mérések és a szakirodalom alapján

- Igazán a **papír víztartalmára nincs szabvány**, az RVM és a szakirodalom alapján „beszélnek” róla, így hasznos lehet a kiértékeléseknél az alábbi **„praktikus” tájékoztató érték**:
- Az új trafókra vonatkozóan van a legtöbb „megegyezés”, bár ekkor sem teljesen homogén, de új, homogénebb már nem lesz. Gyári szárítás után lehet mérni a papír víztartalmát. Nagy teljesítménynél és feszültségnél a szigetelő papíros új állapotú víztartalma 0,4 -0,5 súly% legyen, de van ahol csak annyit adnak meg, hogy: **legyen 1%-nál kisebb a víztartalom**.
- A legnagyobb víztartalomra van ahol 5% a határértékről beszélnek, de az RVM alapján ez 35/20kV esetén még elmegy, de 120kV feletti trafóknál ez már a „biztos” átütés területe.
- Szakirodalomban üzemi nagytrafókra „magas víztartalomra” 1,8-2,0% adnak meg, afelett szárítani kell. **Tipikusan jó állapotnak a 0,5-0,8%-ot nevezik. Az RVM ezt megerősíti.**
- Szakirodalmi adat az is, hogy ha elér egy trafó 1,4-1,6%-ot, akkor egy helyszíni szárításnál 1,4-1,6%-ról 1,0-0,9%-ra víztartalomcsökkenés érhető el. Az RVM ezt is megerősíti.
- Ha nincs szabvány, akkor a szakirodalomból lehet tájékoztató értékeket szerezni, de **konkrét papír víztartalom ott sincs.**



- Miért **nincsennek még „ilyen fix adatok”**? Mert **nem homogén** a rendszer sem hőmérsékletben, sem öregedésben, sem víztartalomban.
- Persze vannak **kapcsokon mérhető egyes villamos jellemzők**, amelyből **megkísérlik a papír víztartalmára és öregedésére diagnózist felállítani**.
- Ilyen **„egy paraméteres” módszerek** (szigetelési ellenállás, abszorpciós tényező, 50Hz-es $\tan \delta$ stb.) **problémája**, hogy **semmilyen szempontból nem homogén a szigetelési rendszer**.
- Ha **teljesen homogén lenne a rendszer**, akkor **egy „paraméterrel is jellemezhető lenne a szigetelés**.
- Minden erősen hőmérsékletfüggő, de tudjuk, hogy a trafó legkisebb és legnagyobb **hőmérséklete között akár 17-20°C is lehet**, akkor mit vegyünk **„trafó hőmérsékletnek”**?
- Az **elnedvesedés és az öregedés erősen hőmérsékletfüggő** (6°C-onként feleződnek, ill. duplázódnak a kémiai folyamatok): már a **kiindulási állapot sem homogén**, de bizonyos **üzemidő után a szigetelés állapot igencsak inhomogén**.
- Na és **ott van az a tény**, hogy **igen kiterjedt szigetelésről van szó**, azaz, **több tonna, inhomogén állapotú olaj/papír tömeget kell kiértékelnünk**.



- **Ezért kezdődött el a BME vezetésével a szóban forgó vizsgálatssorozat. Kidolgozásra került három, viszonylag új diagnosztikai módszer, amellyel a szigetelések nagyidőállandójú (alacsony frekvenciás) polarizációs spektrumát lehet vizsgálni.**
- **Miért ezt a polarizációs tartományt (0,01 – 10000 s) vizsgáljuk? Mert itt a legnagyobb az olaj-papír szigetelés romlására adott válaszjel terjedelme: jó-rossz között 5-6 nagyságrend!!**
- **Az RVM technikán keresztül láthatjuk, hogy a kutatás során olyan eredmények születtek, amelyekkel nagyon hatékonyan ellenőrizhető több tonna, inhomogén olaj-papír szigetelőanyag is és ez beigazolódott az utóbbi 40 éves gyakorlati alkalmazás során is.**
- **Az RVM módszer lényege, hogy a különböző, de egyre növekvő $t_c/t_d=2$ időpárokkal töltünk, majd rövidre zárunk a $t_c=0,2s$ -tól $t_c=10000s$ időállandó tartományban. Felvesszük a visszatérő feszültség időfüggvényét, mérjük a kezdeti meredekséget (S_r), a csúcsértéket (V_r), valamint a csúcsértékhez tartozó időt (t_{peak}). Ha a kezdeti meredekséget és a csúcsértéket a töltési idő, mint polarizációs időállandó ($T_{pol}=t_c$) függvényében ábrázoljuk, akkor RVM technikával felvehetjük a határréteg polarizáció adott időállandó tartományú spektrumát.**



ADVANCED RVM kiértékelés 3:

polarizációs veszteség keletkezése

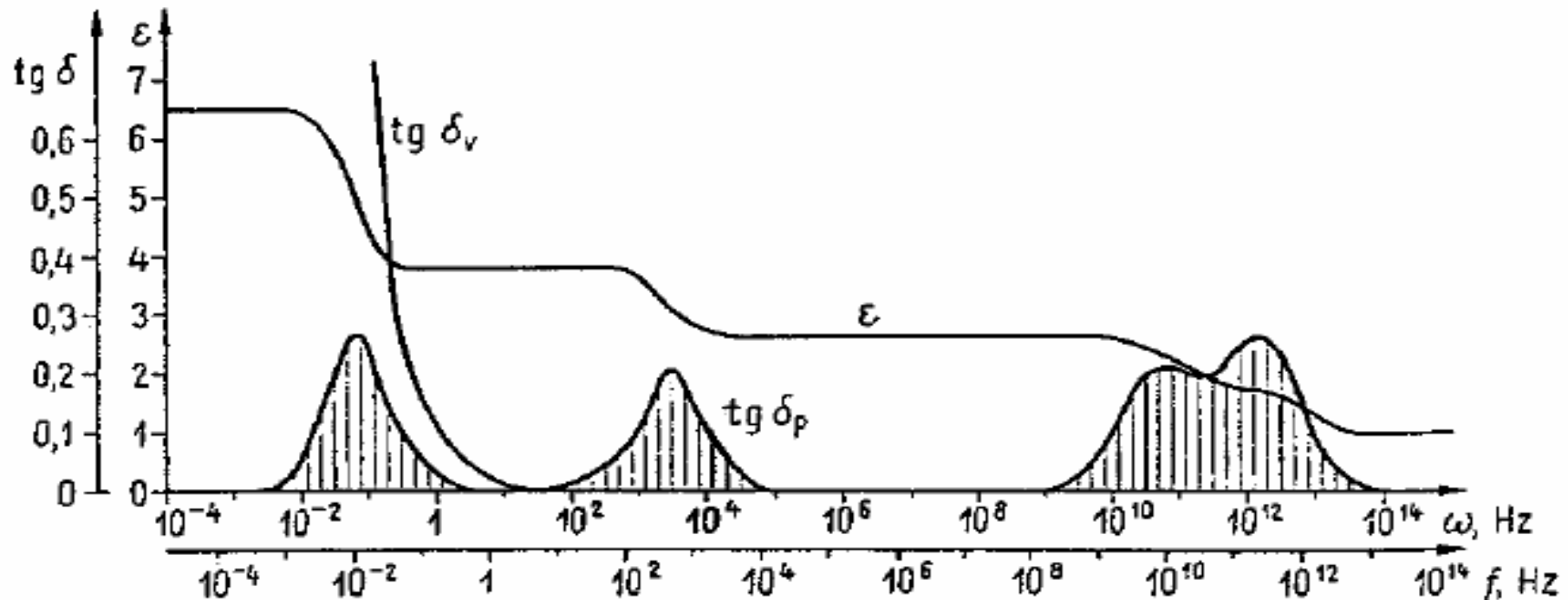
PI: Három különböző időállandójú polarizációval rendelkező spektrum

- Egyes polarizáció fajták intenzitásának + vezetési veszteség ($\text{tg}\delta = \text{tg}\delta_v + \text{tg}\delta_p$) eredőjeként áll elő az eredő tg delta.

- Csak az 50Hz-es veszteségi tényező mérése önmagában nem elegendő, ismerni kell a spektrum további részeit, hogy hőmérséklet változás esetén tudjuk, hogy mekkora veszteségi teljesítmény változás várható. **Laboratóriumi alpmérések szükségesek (referenciák)!**

Kritikus frekinél „jellegzetesen” változik a tg és ϵ : $\text{tg}\delta = \text{tg}\delta_v + \text{tg}\delta_p (= \epsilon'')$ és $C = \epsilon$, ill. ϵ' .

$$\text{tg } \delta = 1 / (\rho \epsilon_0 \epsilon \omega) = 1 / (\rho \epsilon_0 \epsilon 2 \pi f) \text{ (fordítva arányos a frekvenciával)}$$

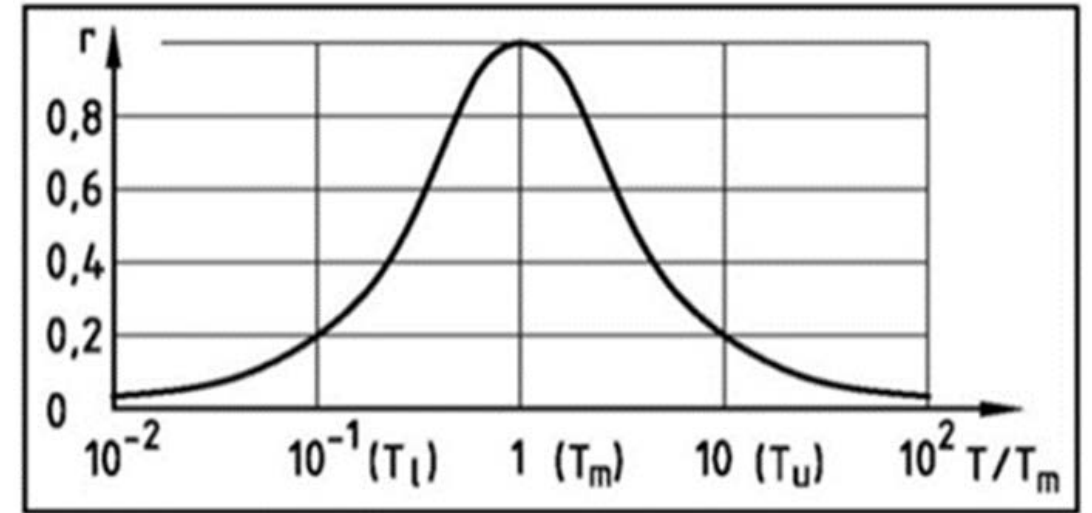




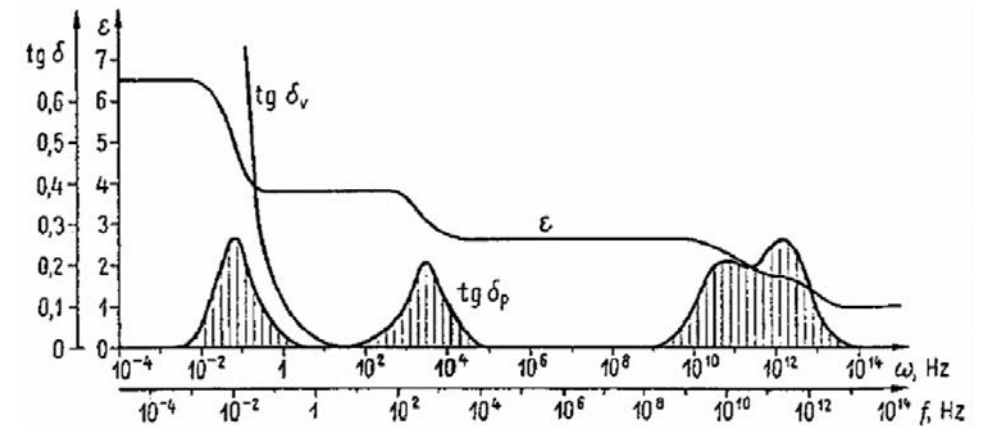
Az 50 Hz környezetében (mint rezonancia frekvencián) keletkező dielektromos veszteség a jobboldali felső ábrán látható.

Estünkben az üzemi feszültség 50 Hz, a hozzátartozó polarizáció időállandója $T_m = 1/\omega \sim 3\text{ms}$.

A jobboldali felső és alsó ábrán jól látható, hogy polarizációs veszteség csak a „rezonancia” frekvencián, ill. két nagyságrendű közelében van (0,3 s-nál legyen nagyobbak az időállandók. Tehát veszteség csak akkor keletkezik, ha a polarizáció időállandójú frekvenciás feszültséggel gerjesztjük (3ms).



50 Hz körüli időállandó tartomány

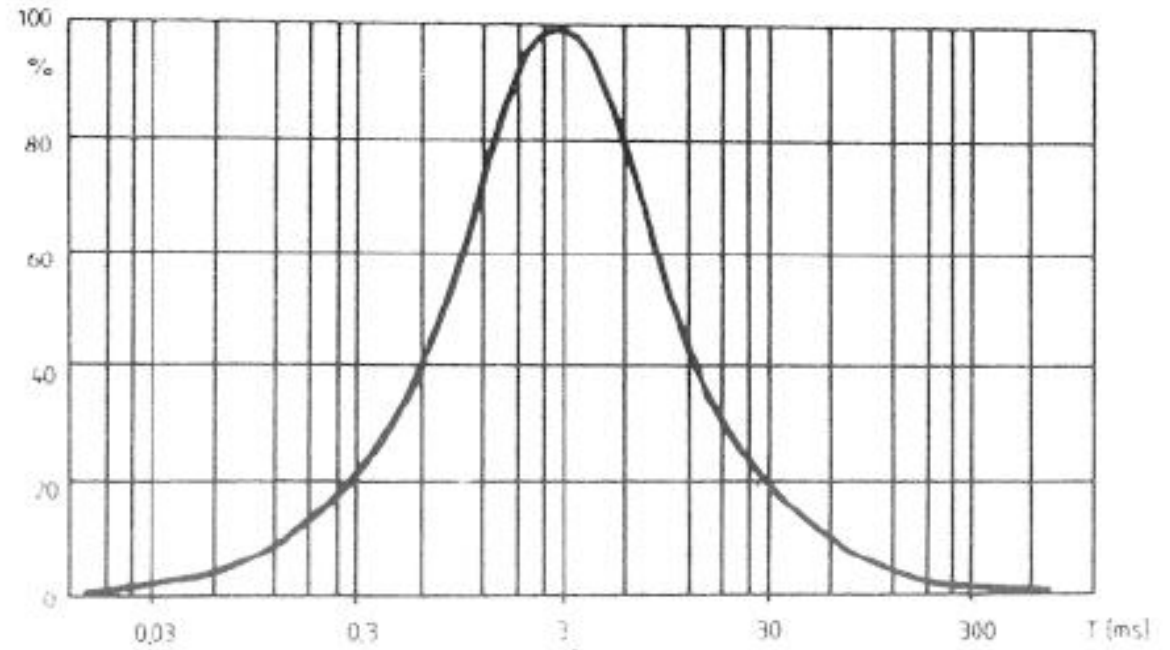


tgδ εr időállandó / frekvencia függése

A hő-villamos átütés úgy jön létre, hogy a **térerősség** következtében jelentkező polarizációs és vezetési veszteségi tényező **felmelegíti az anyagot és a meleg és buborékos anyagnak annyira lecsökken a villamos szilárdsága, hogy az adott feszültségen átütést okoz.**

Ha az **időállandó függvényében konstans eloszlású polarizációt** feltételezünk, akkor adott frekvencián az alábbi ábrán látható módon alakul a polarizáció okozta veszteség az elemi folyamatokra vonatkoztatva (**50Hz esetén „r” a viszonylagos veszteség**).

$$T = \frac{1}{2\pi f} \approx 3 \text{ ms} \quad (f=50\text{Hz}, T=3\text{ms})$$



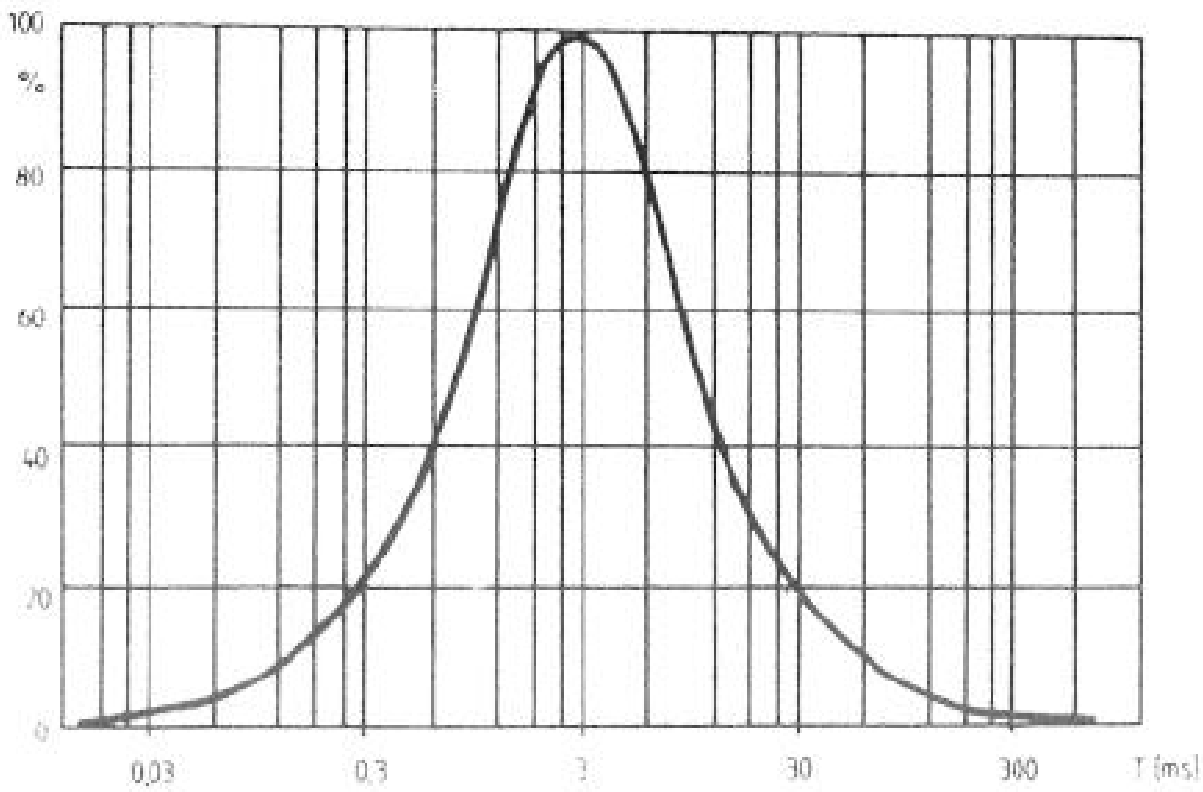
ÁBRA: Az elemi folyamatokra vonatkoztatott **viszonylagos veszteség ($\text{tg}\delta$)** 50Hz-es mérőfrekvencián: r (%). 50 Hz-nek megfelelő időállandó ms mértékegységben



Az elemi folyamatokra vonatkoztatott viszonylagos veszteség ($tg\delta$) 50Hz-es mérőfrekvencián: r (%). 50 Hz-nek megfelelő időállandó „ms” mértékegységben

Látható, hogy maximális veszteség a $T=1/\omega$ időállandónál (kb. 3ms) lép fel, ettől kisebb vagy nagyobb frekvenciánál a veszteség erősen csökken.

Egy nagyságrenddel kisebb vagy nagyobb frekvenciák esetén a polarizáció által okozott veszteség a maximális veszteségnek már csak kb. 20%-a, két nagyságrenddel (3ms) eltérésnél pedig a maximális veszteség csak 3%-a.





RVM diagnosztika „HALADÓ” módon



ADVANCED HALADÓ kiértékelés – ajánlás RVM alapján

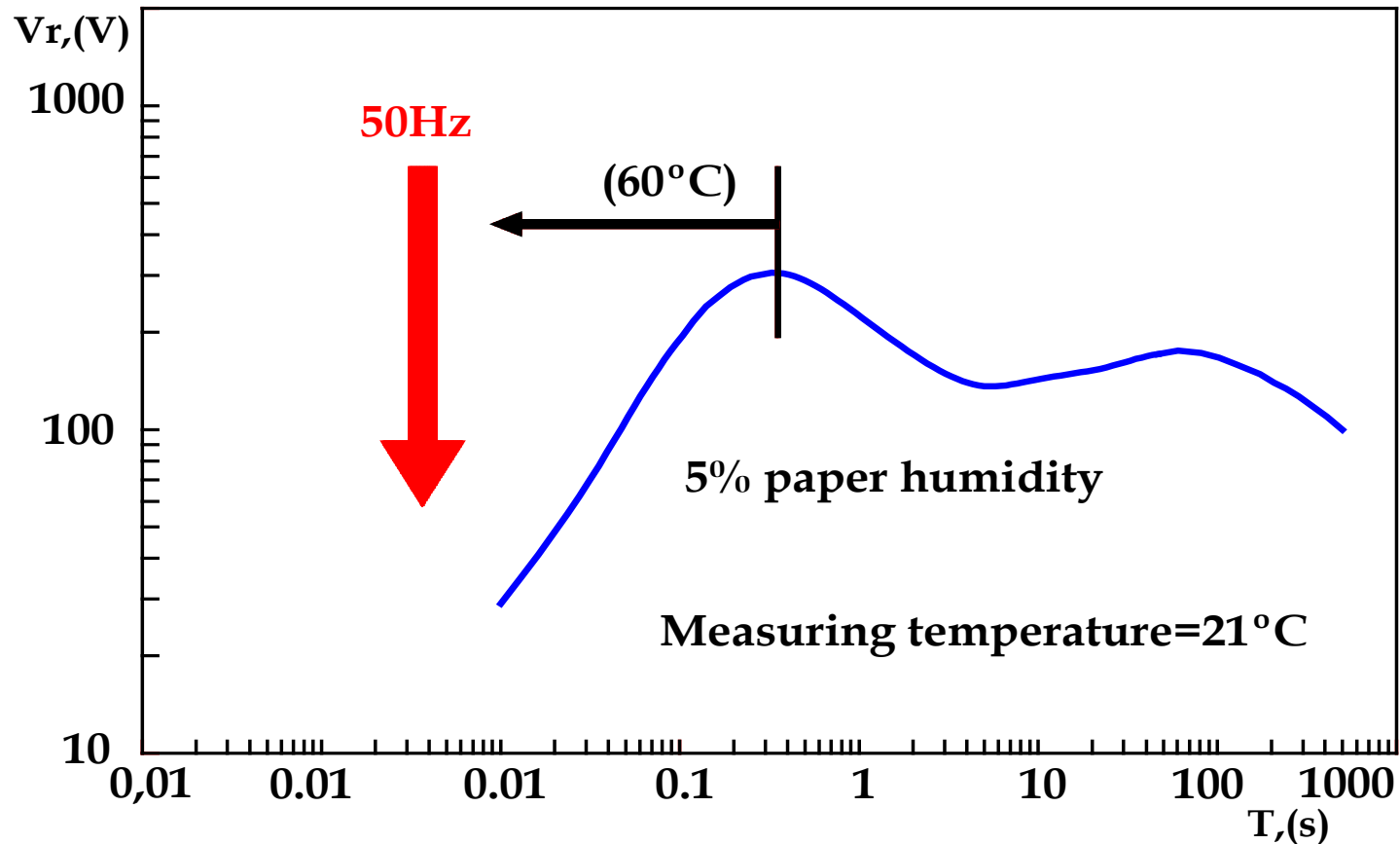
- 20ms-2000s (5000s) közötti RVM spektrum felvétele, BME görbékkel összehasonlítás.
- Ha nincs BME referencia adathalmazunk, számítsuk át a domináns időállandókat 20°C, ill. legnagyobb üzemi hőfokra.
- Megfelelő az a szigetelés, amelyiknek a domináns időállandói legnagyobb üzemi hőfokon nem kisebbek, mint 300 ms (átütés 3ms-nál, kétnagyságrend biztonság!)
- A kritérium a hő-villamos átütés (buborékképződés) biztos elkerüléséből állítható fel.
- Durva összehasonlítás céljából nézhetjük a 20°C-ra történő átszámítást is: megfelelő az a szigetelés, amelyiknek a domináns időállandói nagyobbak, mint 1s, valamint a 20ms-1s-os tartományban sem jelentős a polarizáció intenzitása.
- Belátható, hogy ugyanazt az eredményt kapjuk polarizációs veszteség, valamint buborékképződés szempontjából az alacsony hőmérsékleten üzemeltetett nedvesebb egységre, mint kisebb víztartalmú trafó nagyobb hőmérsékletű üzemeltetésére.
- A buborék képződés és a hő-villamos átütés kockázata mindkét esetben lényegében azonos.



- Ha akkora a **veszteség hő, hogy beindul a buborékképződés, akkor a vége átütés lehet.**
- Tehát a **diagnosztika alapja az, hogy a polarizációs veszteségek hatására ne jöjjön létre olyan helyi túlmelegedés, ami akár közvetlen hő-villamos átütést okozna.**
- Az **RVM görbékről közvetlenül leolvasható, hogy milyen domináns időállandók fordulnak elő a mérési hőmérsékleten, ezért praktikus az RVM a másik két spektrumméréshez képest.**
- Ki kell számolni, az adott hőfokon mért időállandó mennyi lenne a **maximálisan megengedett üzemi hőfokon,** és akkor megkapjuk, hogy a **legnagyobb hőmérsékleten az adott állapotú szigetelésben milyen veszteség termelődik, beindul – e a buborékképződés.**
- Ha a dielektromos **veszteség a 3 ms értéken a legnagyobb, tökéletes átütés, két nagyságrenddel eltérő értéken viszont már elhanyagolható a buborékképződés.**
- Tehát azt a célt kell kitűzni, hogy **ne legyen olyan időállandó a spektrumban, amely a 3 ms-os értéket két nagyságrenddel megközelíti.**
- Azaz, a legnagyobb **üzemi hőmérsékleten 0,3 s-nál ne legyen kisebb időállandó.**
- **Ha a legkisebb időállandó mégis kicsi, akkor, akkor a megfelelő karbantartásig vagy javításig nem engedünk meg olyan nagy üzemi hőmérsékletet, csökkentjük a terhelést és fokozzuk a hűtést, lehetővé téve a biztonságos üzemelést: nincs szabvány, a CIGRE GUIDE is jó!!!**



Cél, hogy a **3 ms környezetében** még a legnagyobb üzemi hőfokon sem legyen jelentős polarizáció. Ez a trafó üzemben ütött át kb. 60 fokon. RVM mérés és a BME adatbázis alapján az „egyenértékű” nedvességtartalom kb. 5%, de ami fontos, hogy üzemi hőfokon a legkisebb domináns időállandó kb. **3ms volt**, tehát megindulhatott a buborékképződés.



Ez a trafó az adott üzemi hőfokon már nem volt biztonságosan üzemeltethető, sőt szükségeszerű volt az átütés, mert beindult a buborékkiválás.



ADVANCED HALADÓ kiértékelés 4: élettartamkiterjesztés



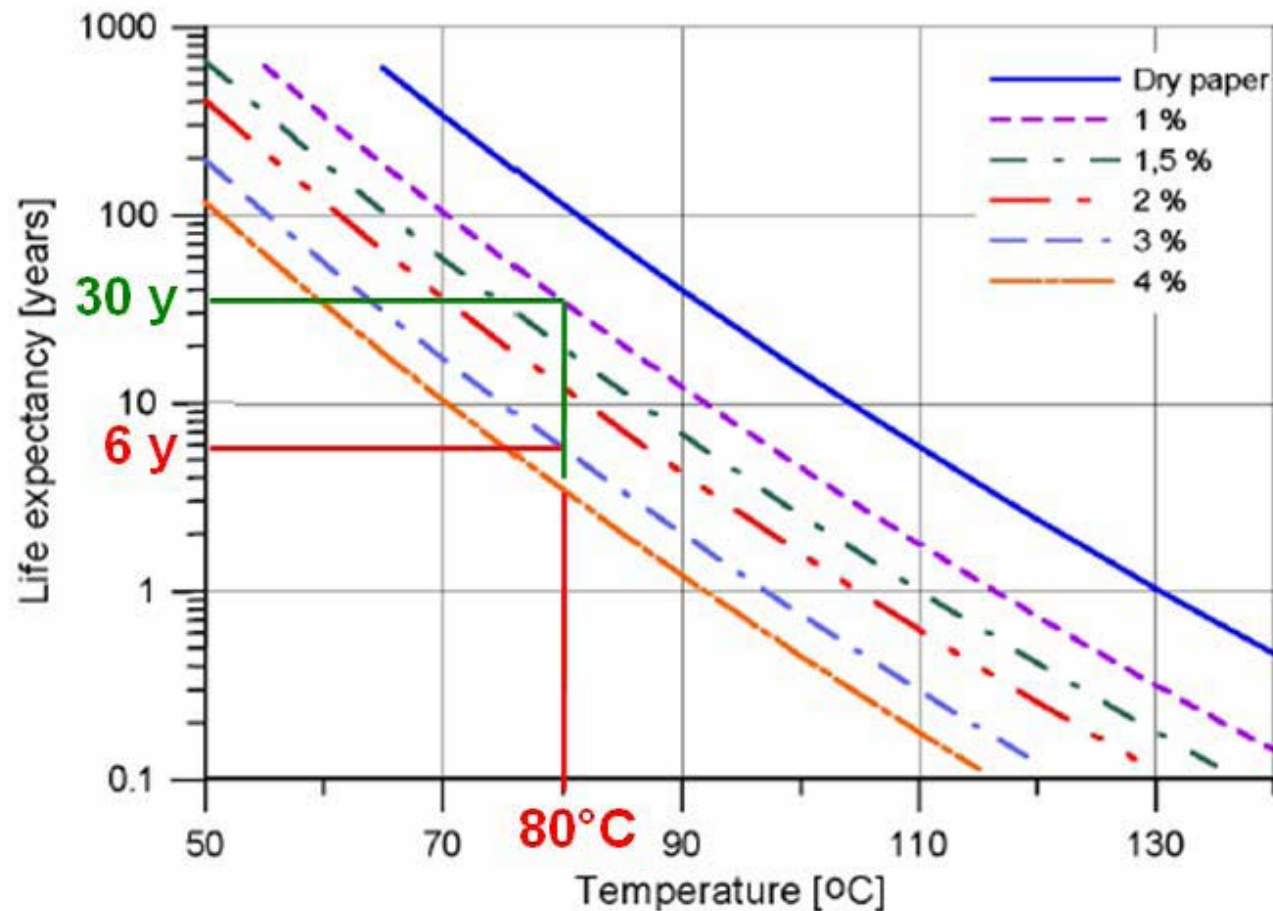
Trafó élettartam függés a hőmérséklettől és a nedvességtartalomtól (öregedéstől)

Látható, hogy mekkora a hasonlóság az itteni görbék és az RVM monogram között!!!

Moisture in paper (%)

1%

3%

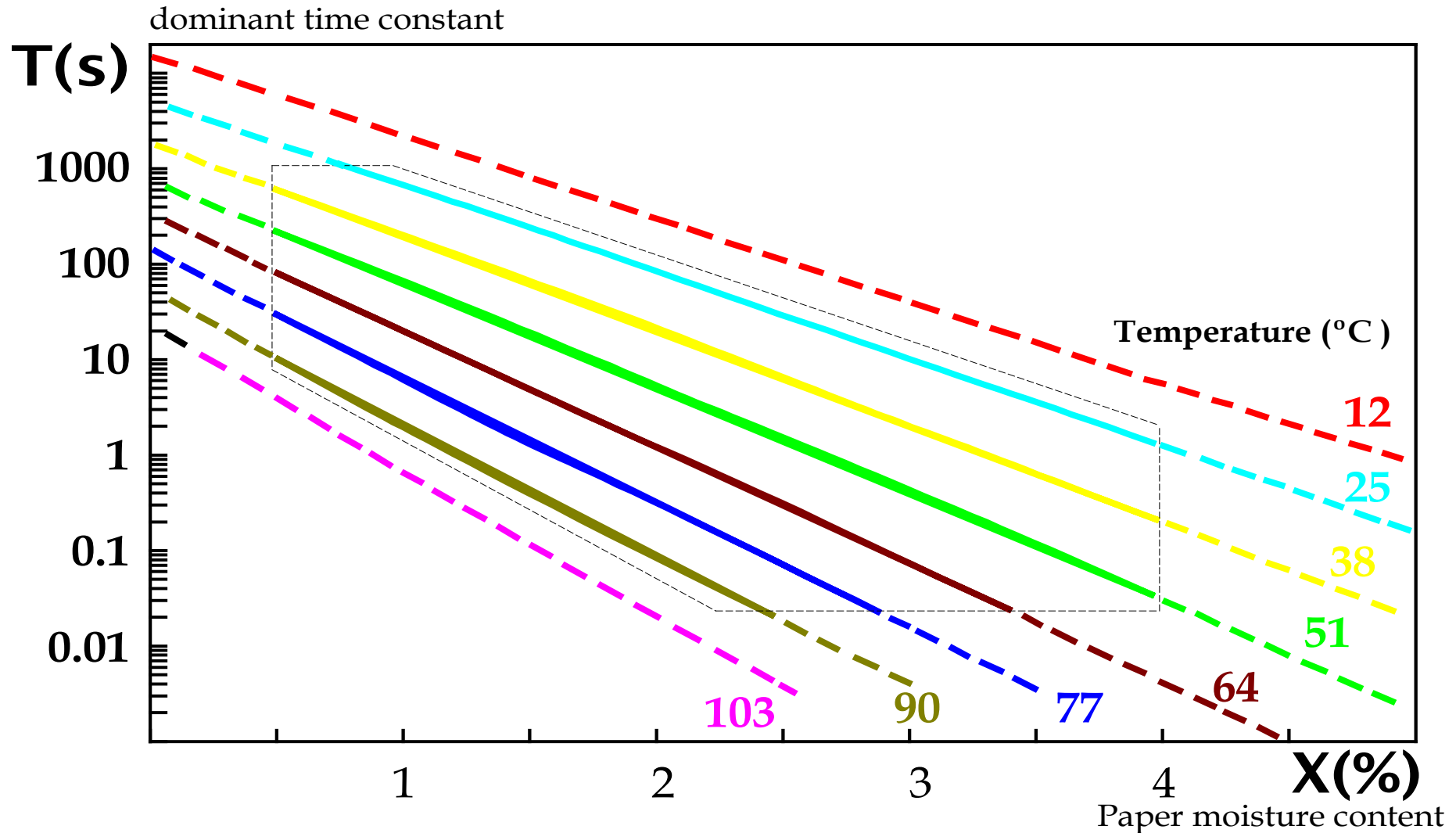


Source: SINTEF

**80°C-on üzemeltetve a trafót 1% papír víztartalomnál a várható élettartam kb. 30 év.
Ha a víztartalom 3%-ra nőne, akkor a várható élettartam kb. 6 évre csökkenne.**



Nomogram: RVM mérések 25-90°C közötti hőmérsékleten



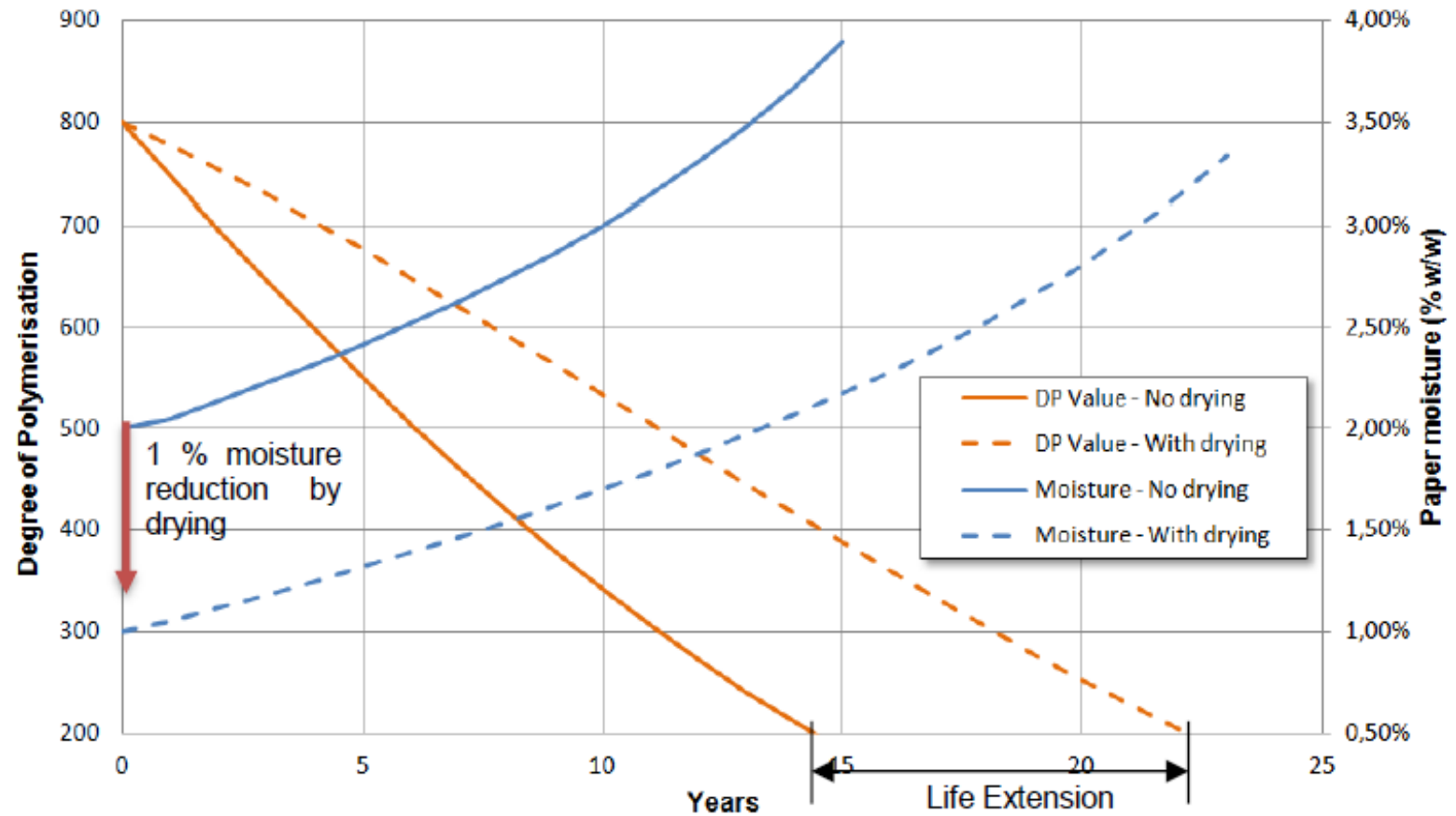


**CIGRE TB887: Élettartamkiterjesztés
szimulációs példája a papír
víz tartalmán keresztül bemutatva**

Termikusan javított Kraft papír (TUK) két különböző víztartalomnál (2% és 1%) 70°C-on: mennyivel terjeszthető ki az élettartam 1%-os kiszáritással?

Egy általános, jól ismert szabály, hogy a papírszigetelés 1%-os víztartalom növekedésének 2-es faktossal változtatja az élettartamot: felére csökkenti az élettartamot.

Tehát a víztartalom vizsgálata nagyon fontos





ADVANCED kiértékelés 5:

szakirodalom folyamatos követése

CIGRE TB 887 (2022)

CIGRE A2 Technical Brochure (TB) 887: Life extension of oil filled transformers and shunt reactors – 2022 (WG A2.55)



RVM diagnosztika kiértékelési fejlődését figyelve fontos a CIGRE TB 887-es tanulmánya.

- Ha áttekintjük, **hogy mi került a TB 887-es tanulmányban rögzítésre**, megállapíthatjuk, lényegében **ugyanazek, mint az RVM esetében felsorolásra került.**
- *Tehát, bár hiányzik a kiértékeléshez a szabvány, a CIGRE TB 887 „GUIDE” alapján ismerjük a célt, az eszközöket, ki kell választani a célnak megfelelő hatékony diagnosztikákat.*
- **A kiértékelés legpontosabban a BME adatbázis referencia spektrumaival történő összehasonlításával végezhető el bármely spektrummérés esetén: RVM, PDC, FDS.**
- Egyszerűbb és gyakorlatban elegendő pontosságú a **„buborék képződés kezdeti hőmérsékletének” alapuló kiértékelés, amelyhez a szigetelésben uralkodó határréteg időálló polarizációs veszteség legkisebb „rezonancia vagy kritikus frekvenciáját”, vagy a hozzá tartozó „kritikus időálló” kell kiszámítani.**
- **Ha ismerjük adott mérési hőmérsékleten a legkisebb „kritikus frekvenciát”, akkor viszonyítani kell az 50Hz-hez tartozó kb. 3ms-hoz: a kritikus frekvencia legyen nagyobb a legnagyobb üzemi hőmérsékleten 3ms-nál, mert átütés következhet be.**



- **A TB 887-es 3.3.3 Moisture Risk/Elnedvesedési kockázatok** alpontjában felsoroltak ugyanazok, mint a **mi RVM előadásainkban elmondunk (megerősítés!).**
- **A TB 887-hez képest a mi tanulmányaink, előadásink pluszban azt is tartalmazzák, hogyan lehet az RVM technika alkalmazásával hatékony választ ad a felmerülő kérdésekre.**
- **RVM tanulmányokban bemutatásra kerülnek:** elnedvesedési és öregedési alapok, buborékképződés, nedvességtartalom inhomogén eloszlása, stb.
- **Azaz, az RVM tanulmányokkal és előadásokkal, ugyanazokat jelenségeket mutatjuk be, mint amit a TB 887 igényel,** (szabványok hiánya miatt ez igen fontos) de ezek a tanulmányok választ is adtak, hogyan lehet az RVM technikával a felmerülő kérdéseket nagy részét megoldani.
- **A TB 887 jó alap, hogy helyes kérdéseket tehessünk fel, és összhangba** hozzuk a felmerülő kérdéseket és arra **adandó válaszokat,** amelyeket a BME kutatásokból ismerünk.
- A TB 887 tanulmány **úgy tekinthető, mint egy útmutató (guideline)** az élettartam kiterjesztéshez.



A TB 887-es tanulmányból a témánkkal kapcsolatban röviden még az alábbiak rögzíthetők:

- Az utóbbi 10 év alatt az **időalapú stratégiáról az állapot alapú, ill. kockázatalapú stratégiára** változott a **trafók karbantartása**, így az eszközezelők állandóan a berendezések **optimális alkalmazását célozzák meg**.
- Mivel a **diagnosztikai technikák egyre javultak az utóbbi években**, az üzemeltetők keresik az **olyan technikákat**, a méréseket, módszereket, hogy **kiterjeszthessék az üzemelő trafók és söntfojtók élettartamát**.
- Az **RVM és a TB 887 kapcsán** megjegyzendők, hogy **nagy kockázatot jelent a magas víztartalom** a buborékképződés miatti átütésben. Valószínűsíthető, hogy **3 %-nál a „hotspot” hőmérséklet meghaladhatja a túlterhelésnél megengedett határértéket**.
- **4% nedvességtartalom mellett, és felette**, a trafó **terhelést csökkenteni** akár jelentősen is csökkenteni kell a névleges értéke alá, így **elkerülhető a buborékképződést, ill. átütés**.
- RVM-el megállapítjuk a romlás okát és beavatkozunk: ha **nedves a papír akkor szárítunk, ha öregedés is van, akkor regenerálunk is**.



Konklúziók



Konklúziók

- A spektrummódszerek, ezen belül az RVM diagnosztika területén, a BME kutatás során, valamint a hazai és nemzetközi szakirodalomban **óriási adathalmaz halmozódott fel.**
- Kérdés: **feldolgozható-e** ez a **nagy ismeretanyagot, nem haladja-e** meg mindennapi **lehetőségeinket** az információ begyűjtése, feldolgozása, kiértékelése, hasznosítása stb. ?
- Még egy kis „kitekintés”: szóba jöhetne az **AI, MI=Mesterséges Intelligencia?**
- **Általában ilyenkor lenne szükség AI, MI-re (MI=Mesterséges Intelligencia):** ha igen **nagy adathalmazt** kell **feldolgozni, áttekinteni, minden oldalról körbe kell járni** a lehetséges megoldásokat, stb.
- **Évenkénti előadásokkal a Konferencia is feladatának tekinti az alapvető diagnosztikai ismeretek követését.**
- Hagyományos „manuális” technikával a korrekt kiértékelést **csak igen gyakorlottak képesek megcsinálni, akkor is** jelentős munkaráfordítással.



Konklúziók (folytatás)

- Még az MI előtt a „mechanikus munka” elvégzésre ott a számítógép, rengeteg „alprogrammal”, amelyek elvégzik a munka mechanikus részét, de a végső kiértékelésnek, ill. kreatitásnak nálunk kell lenni.
- Ha nem ismerjük az alapvető folyamatokat, még jó kérdéseket sem tudunk feltétlenül feltenni, szükséges az alapok, majd a részletek folyamatos frissen tartása.
- Szakirodalomból olvasható, és azt hiszem elfogadható: „Aki azt mondja, hogy egyszer valamit megtanult, és nem akar fejlődni, tovább tanulni, az tudásügyileg halálra van ítélve,,.
- Először, minden előadásnál kerüljön sor a szükséges és minimális ALAPOK bemutatására, amellyel már el lehet végezni egy korlátozott diagnosztikát: **BASIC diagnosztika**.
- Másodszor, a részletesebb diagnosztika céljából meg kell próbálni összefoglalni, a rendelkezésre álló információhalmazzt: **ADVANCED diagnosztika**.



**Köszönöm a
figyelmet!**

