



Olaj regenerálás hatékonyságának kimutatása RVM diagnosztikával

Csépes Gusztáv, Kispál István Diagnostics Kft
Németh Bálint, BME
Laczkó Zsolt, MVM-OVIT Zrt.

XIV. Szigetelésdiagnosztikai Konferencia

Felsőtárkány, 2014. október 29-31.

Olaj regenerálás hatékonyság ellenőrzése RVM diagnosztikával

- 1. Előadás célja**
- 2. Röviden az olaj-papír szigetelés diagnosztikájáról**
- 3. RVM módszer és az eredmények kiértékelése**
- 3. Olajregenerálás hatékonyságának ellenőrzése RVM módszerrel**
- 4. Konklúziók**

Olaj regenerálás hatékonyság ellenőrzése RVM diagnosztikával

Az előadás fő célja:

Bemutatni az RVM módszer lehetőségeit és a módszer hatékonyságát egy jellegzetes esettanulmányon keresztül:

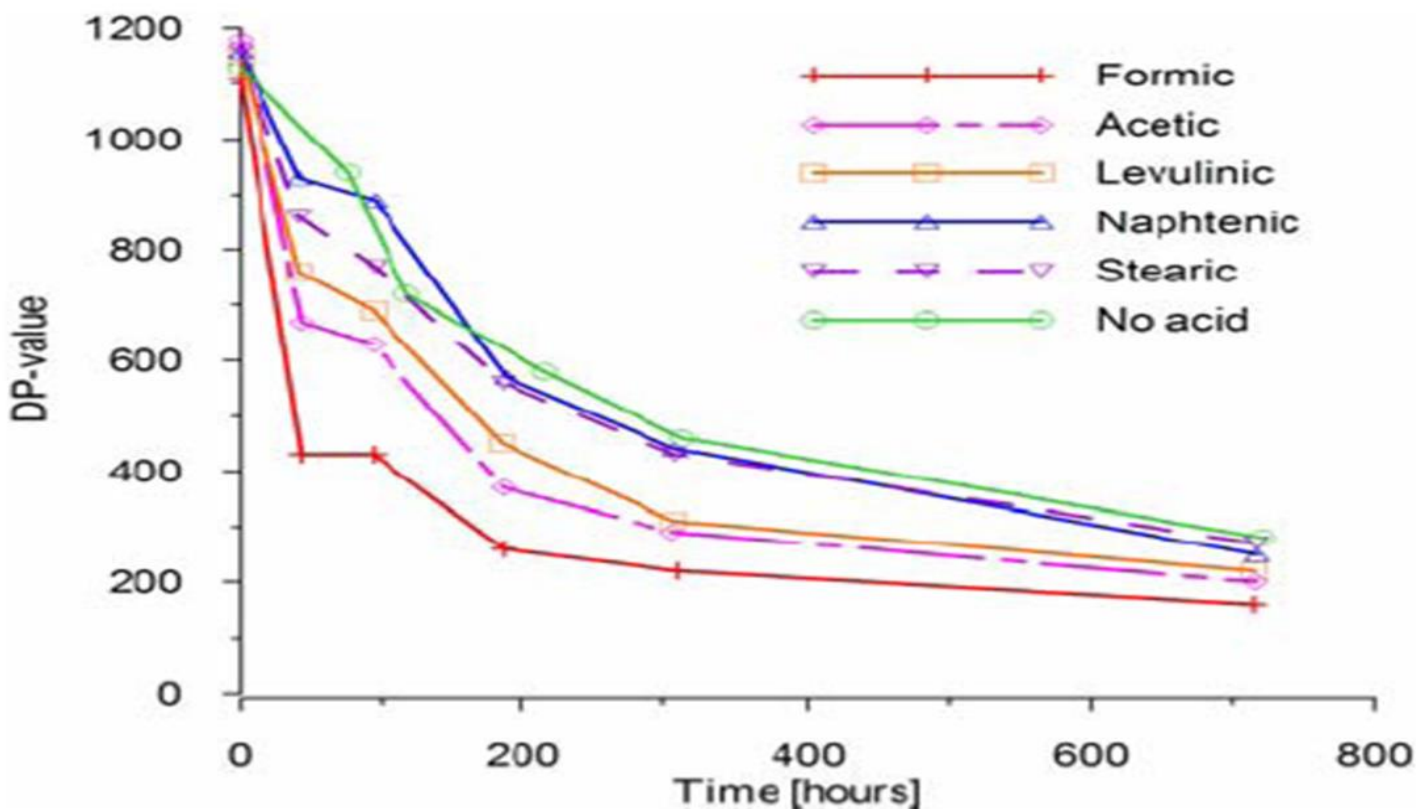
Hogyan tudjuk meghatározni az olajregenerálás hatékonyságát az RVM diagnosztikán keresztül?

Olaj regenerálás hatékonyság ellenőrzése RVM diagnosztikával

- Nagyfeszültségű trafók szigetelése **még mindig az olaj-papír**: megfelelően üzemeltetve élettartama meghaladhatja az 50 évet, így az elkövetkező **40-50 évben** az olaj-papír szigetelés menedzselése még **mindig fontos lesz**.
- Ez egy **bonyolult szigetelési rendszer**, nem olaj és nem papír, hanem **olajjal impregnált papír**, amelynek az **élettartama a papír élettartamától függ**.
- A **papírszigetelés** határozza meg a **trafó élettartamát**, ezért a **papírdiagnosztika nagyon fontos számunkra**.
- A papírdiagnosztika nemcsak pillanatnyi állapotra szolgáltat információt, **hanem** becslést ad a várható **élettartamra**, valamint az adott pillanatban az **üzembiztonságra** is.
- A papírszigetelés **romlása irreverzibilis**, az **olaj romlása korrigálható**, rossz papírszigetelés esetén **újra kell tekercselni a trafót**.
- Ezért tudnunk kell, hogy mi **okozza a papír romlását**, majd megfelelő és **hatékony diagnosztikát** kell alkalmazunk az állapot becslésére.

Olaj regenerálás hatékonyság ellenőrzése RVM diagnosztikával

Különböző savak különbözően gyorsítják a papír degradációját
(csökkentik a DP, a polimerizációs fok értékét)



Olaj regenerálás hatékonyság ellenőrzése RVM diagnosztikával

Alapvető ismeretek

- Az üzemeltetési időszak alatt az **olajból és a papírosból öregedési termékek (főleg savak, víz és iszap) képződnek.**
- A **savas és nedves olaj tulajdonságai** rosszak, **megtámadja a papírt is és ezáltal drasztikusan csökkenti a trafó élettartamát.**
- Normál üzemi körülmények mellett az ásványolajok **élettartama 20-25 év**, de **regenerálással visszaállítható az új állapot**, így megduplázható, újabb regenerálással háromszorozható az **eredeti élettartam.**

Olaj regenerálása (IEC 60422)

- A szabvány **egyértelműen meghatározza, hogy mi a regenerálás**, de még sokan keverik az egyszerű és olcsóbb eljárással, az olaj „**kezeléssel**” (árájánlat?).
- A regenerálás olyan **eljárás**, amely a **mechanikai** eszközökön túlmenően, **kémiai és adszorpciós** úton távolítja el az oldható és oldhatatlan szennyeződések az olajból, hogy jellemzőit, amennyire csak lehet, az **eredeti értékre állítsa vissza.**

Olaj regenerálás hatékonyság ellenőrzése RVM diagnosztikával

- A regenerálást gyakran olajfinomítóban végzik, de végezhető a **helyszínen is, legjobb a hatékonyság működő trafón feszültség alatti regeneráláskor.**
- Az olaj regenerálás lényegében az **olaj új állapotát állítja vissza, tehát hatékonyabb, mint az egyszerű olajkezelés, ill. az olajcsere.**

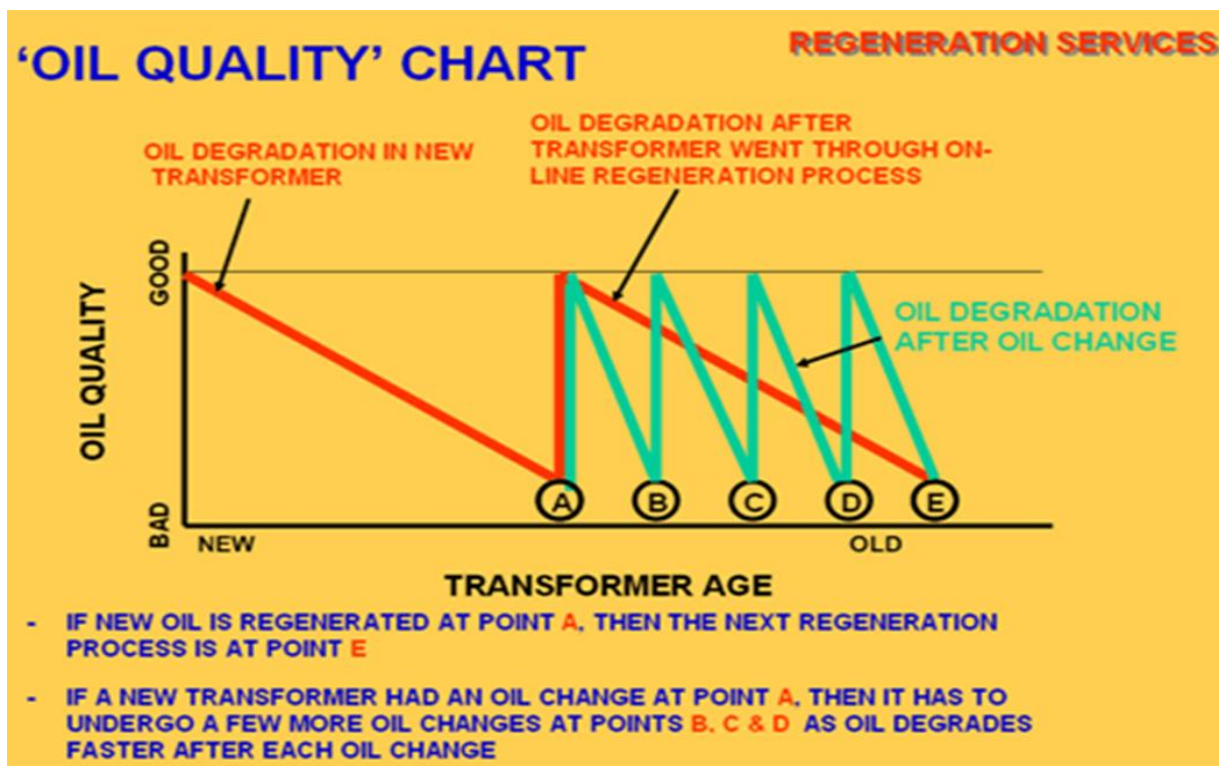
De miért is jobb regenerálás, mint az olajcsere?

- Az **öregedési termékek nagy része (savak esetén akár 9/10 része) a papírosban vagy annak felületén halmozódik fel, és csak 1/10 öregedési termék van az olajban.**
- Az „egyszerű olajcserével” csak ez az **1/10 öregedési termék kerül eltávolításra, az öregedési termékek 9/10 része a papírrétegek között marad és az újra bekapcsolás után az öregedési termékek egy része „kimosódik” a papírrétegek közül és az olaj rövid időn belül hasonló rossz értékekkel fognak rendelkezni, mint olajcsere előtt voltak.**
- Regeneráláskor a teljes olajmennyiség **többször átcirkulál a trafón, a papírrétegek között, „átöblíti” a szilárd szigetelést.**
- **Költséghatékony, on-line végezhető:** módszer rendkívül gazdaságos, mert nem **kell le- és felszerelni, szállítani, az üzemelő trafót nem kell kikapcsolni.**

Olaj regenerálás hatékonyság ellenőrzése RVM diagnosztikával

Regenerálás vagy olajcsere

- **Piros vonal:** az olaj romlása egy új állapotból és egyszer volt egy olajregenerálás, legközelebb E időpontban kell majd regenerálni.
- **Zöld vonal:** az olaj romlása, amikor az A időpontban olajcsere volt, de azután mindig gyorsabban romlik az olaj, ezért kell még cserélni a B, C, D időpontokban is.

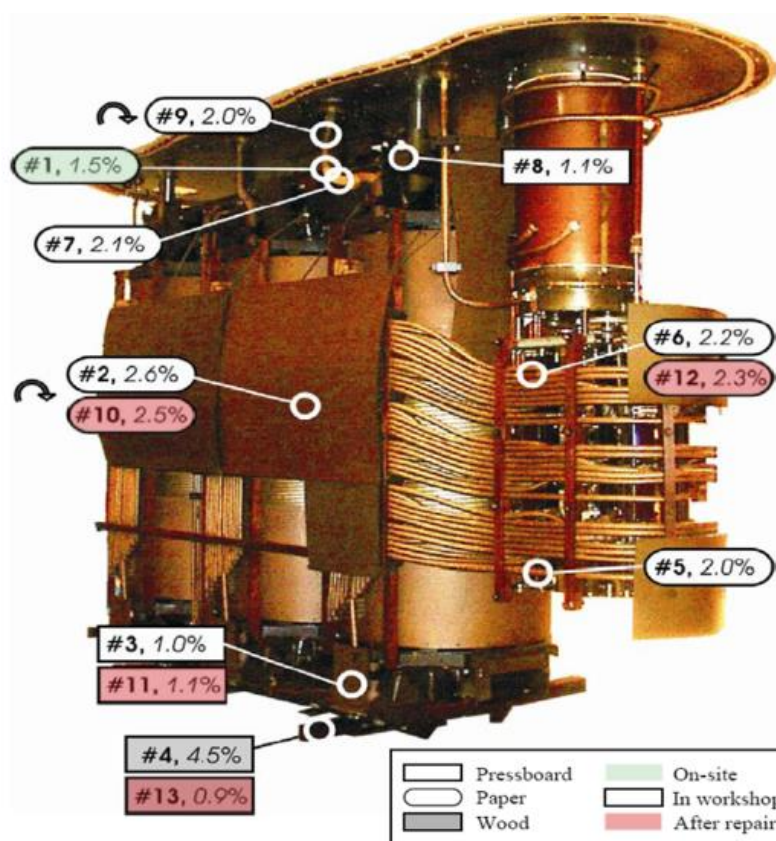


Olaj regenerálás hatékonyság ellenőrzése RVM diagnosztikával

- Tehát jelentős különbség van mind műszakilag, mint költségben **az olajcsere, olaj „kezelés” és az olaj regenerálás között**, de hogyan tudhatja megkülönböztetni a megrendelő, hogy mit kap? Természetesen **legfontosabb az olaj vizsgálata**.
- De hogyan tudja **biztonsággal eldönteni**, hogy az **olaj regenerálás megfelelő hatékonysággal folyt le**, mennyi öregedési termék maradt **a papírrétegek között?**
- A „**hagyományos**” **diagnosztikai módszerek** (veszteségi tényező, abszorpciós tényező, stb.) csak **egy paramétert használnak** a szigetelés jellemzésére.
- Egy **több tonna szigetelőanyagot** tartalmazó trafóban **hőmérséklet eloszlása, elnedvedése ill. öregedése erősen inhomogén**, hogyan lehetne **egyetlen diagnosztikai értékkel jellemezni**, ezért rengeteg **anomália** van használatukkal.
- Ezek a szigetelésjellemzők mind **erősen függnek a hőmérséklettől**, de azt is nagyon **nehéz meghatározni (alsó, felső, átlag hőmérséklet?)**.
- Tehát a „**hagyományos**” **diagnosztikai módszerek egyedül nem alkalmasok** egy ilyen bonyolult szigetelési rendszer **korrekt diagnosztizálására**.

Olaj regenerálás hatékonyság ellenőrzése RVM diagnosztikával

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

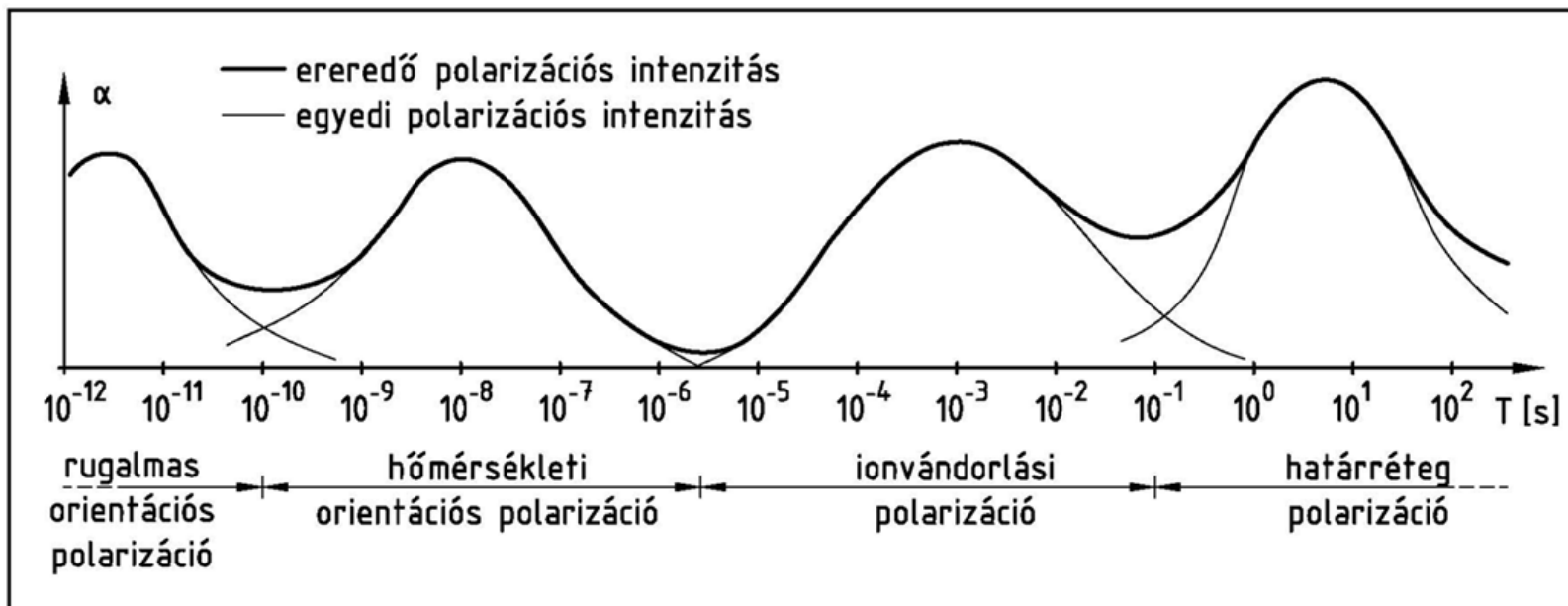
Kerek fehér keret: papír
Négyszögletes fehér keret: prespan
Négyszögletes szürke keret: fa

Olaj regenerálás hatékonyság ellenőrzése RVM diagnosztikával

- A „hagyományos” diagnosztikai módszerek **egyedül nem, de a polarizációs spektrum módszerek már alkalmasok** egy ilyen bonyolult szigetelési rendszer korrekt vizsgálatára.
- **Miért alkalmasok a spektrum módszerek, és miért jelenthetjük ezt ki nagy biztonsággal?**

Röviden a polarizációs spektrum mérésekről

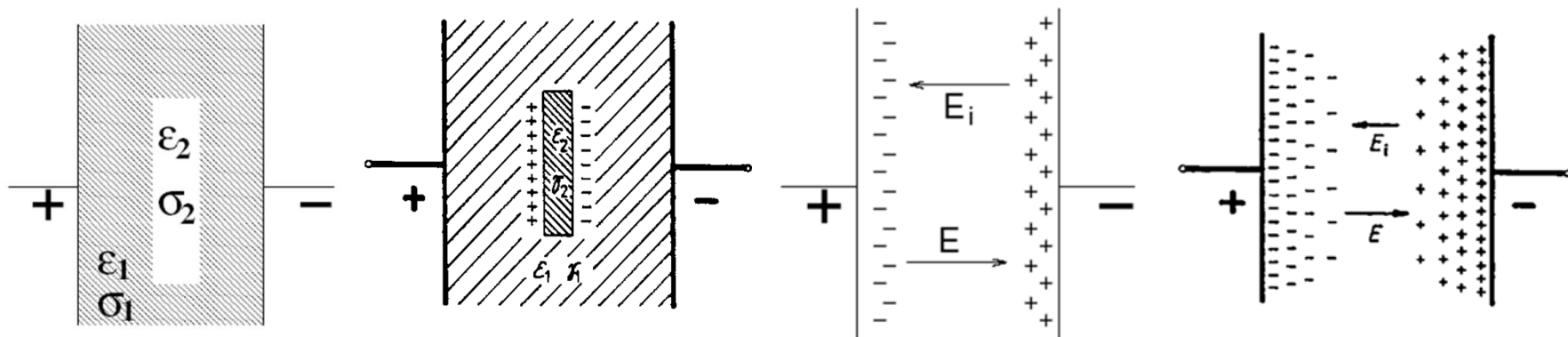
- Itt látható az **elemi polarizációk** számunkra érdekes tartománya (**határréteg polarizáció**)



Olaj regenerálás hatékonyság ellenőrzése RVM diagnosztikával

Miért pont a határréteg polarizációt vizsgáljuk?

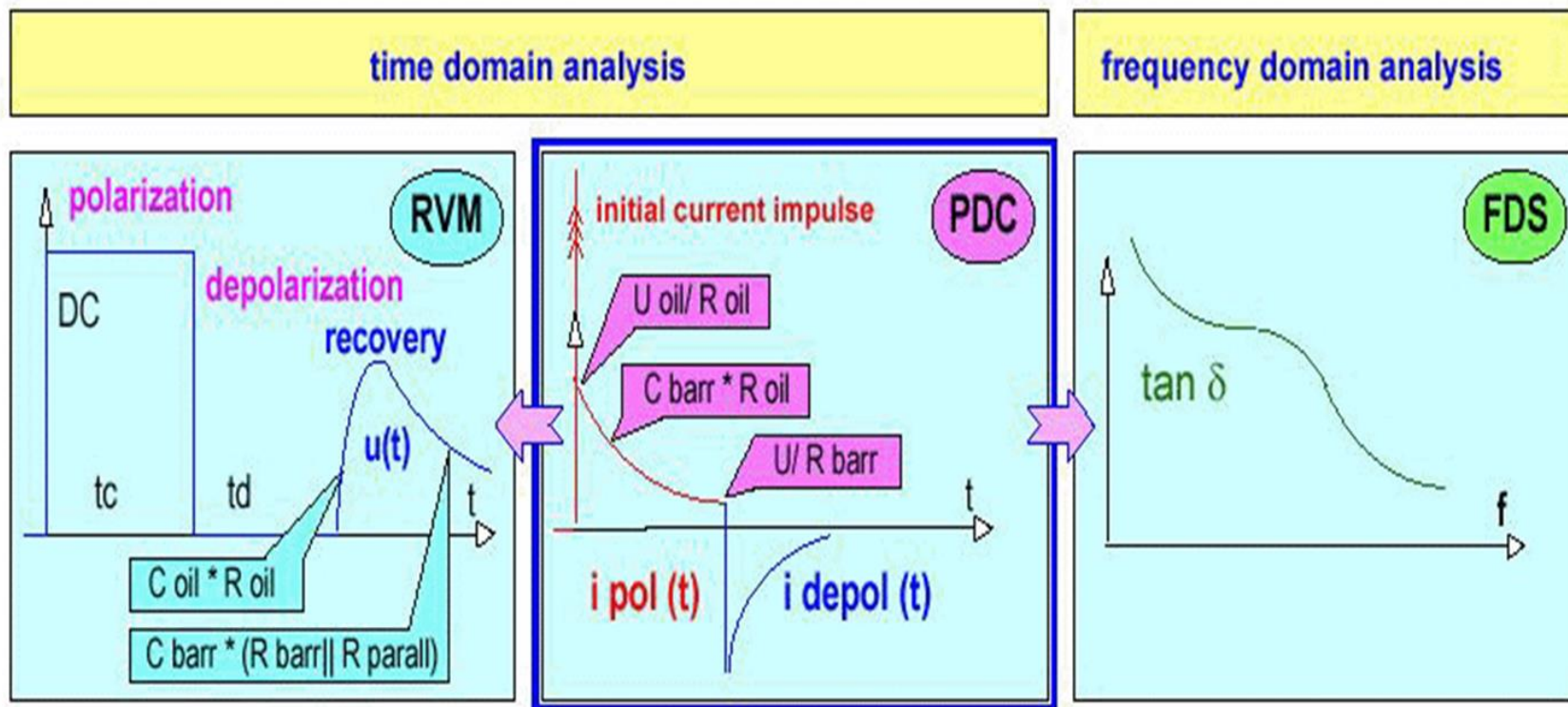
- Akkor alakul ki, amikor a szigetelőanyag **különböző „arányú” permittivitással és fajlagos vezetőképességgel rendelkezik**, ill. ha nem teljesül az alábbi egyenlőség: $\epsilon_1 \sigma_2 = \epsilon_2 \sigma_1$
- Ez ritkán teljesül, az olaj-papíros szigetelésnél nem teljesül, ezért a **határfelületi vezetési folyamatban odaszállított töltések felhalmozódnak és ez dipólust képez, vagyis polarizációt**. A polarizáció időállandója nagy, a $10^{-3} - 10^{+3}$ s.
- Miért szeretnénk vizsgálni a határréteg polarizációt?** Mert **érzékeny a víz és öregedési termék tartalomra**.
- Az **RVM pontosan ezt a polarizáció vizsgálja** (időállandóját és intenzitását méri).



Olaj regenerálás hatékonyság ellenőrzése RVM diagnosztikával

Polarizációs spektrum vizsgálati módszerei

- Visszatérő feszültség: RVM - Return Voltage Measurement (időtartomány)
- PDC - Polarisation and Depolarisation Currents, (időtartomány)
- FDS - Frequency Domain Spectroscopy: $C/tg\delta$ frekvencia függése



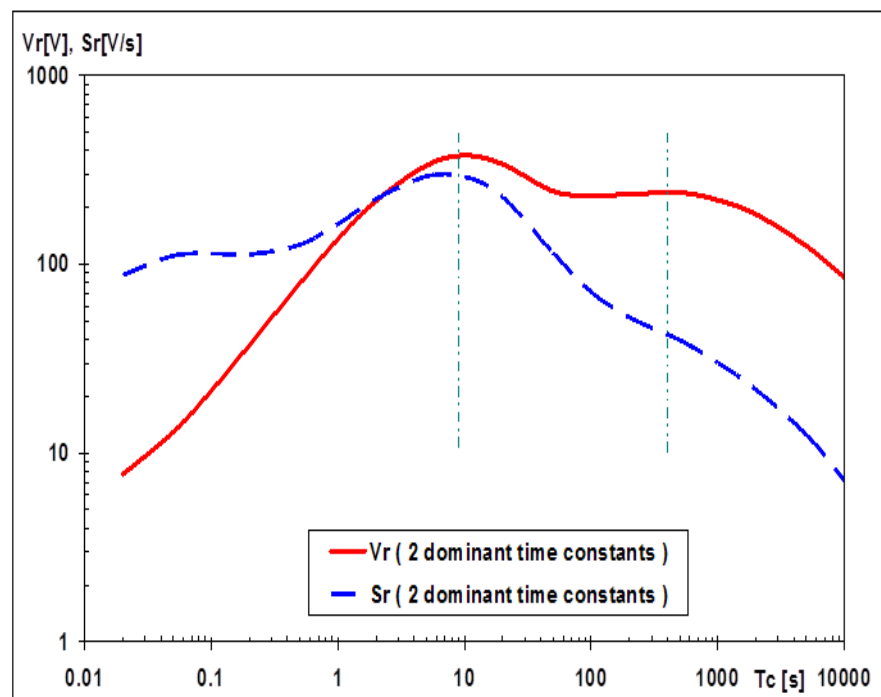
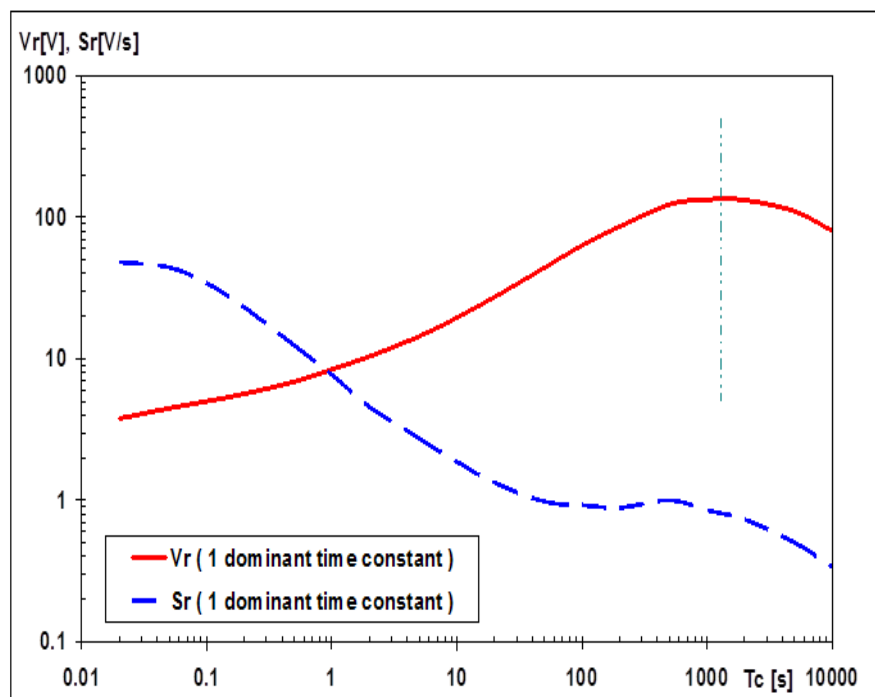
Olaj regenerálás hatékonyság ellenőrzése RVM diagnosztikával

Miért jelenthetjük ki, hogy az RVM alkalmas az inhomogén olaj-papír szigetelés diagnosztizálására?

- Mert a **BME-én hatalmas kísérleti munkát hajtottak végre és rendelkezésre állnak az adatok a korrekt kiértékelésekhez.**
- **Ezek a vizsgálatok – többek között – az alábbiak voltak:**
 - RVM, FDS, PDC mérések
 - Új próbatárgy: (Pt:lp/01: $\text{tg}\delta = 0,01\%$, vagy $104 \text{ tg}\delta = 100 \text{ } 90^\circ\text{C-on}$),
 - Közepesen öregített: (Pt:lp/02: $\text{tg}\delta = 0,1\%$ vagy $10 \text{ tg}\delta = 1000 \text{ } 90^\circ\text{C-on}$),
 - Erősen öregített: Pt:lp/03: $0.5\% \leq \tan(\delta) \leq 0.7\%$ ($104 \text{ tg}\delta = 5-7000 \text{ } 90^\circ\text{C-on}$).
 - Pt:lp+pp: lágy papír, presspan távtartók
 - Pt:lp: lágy papír távtartó nélkül
 - Hőméréseket: 6 különböző érték, 13°C -os lépések 25°C és 90°C között.
 - Nedvességtartalom 5 különböző érték: 0.5%, 1%, 2%, 3% and 4 %.
 - $\text{tg } \delta/\text{C}$ mérésnél: 0.05Hz és 50 Hz között 8 frekvencia.
 - AC mérések: 6 – 1400 V között 8 értéken.
 - DC mérések: 5 - 1000 V között 8 értéken.

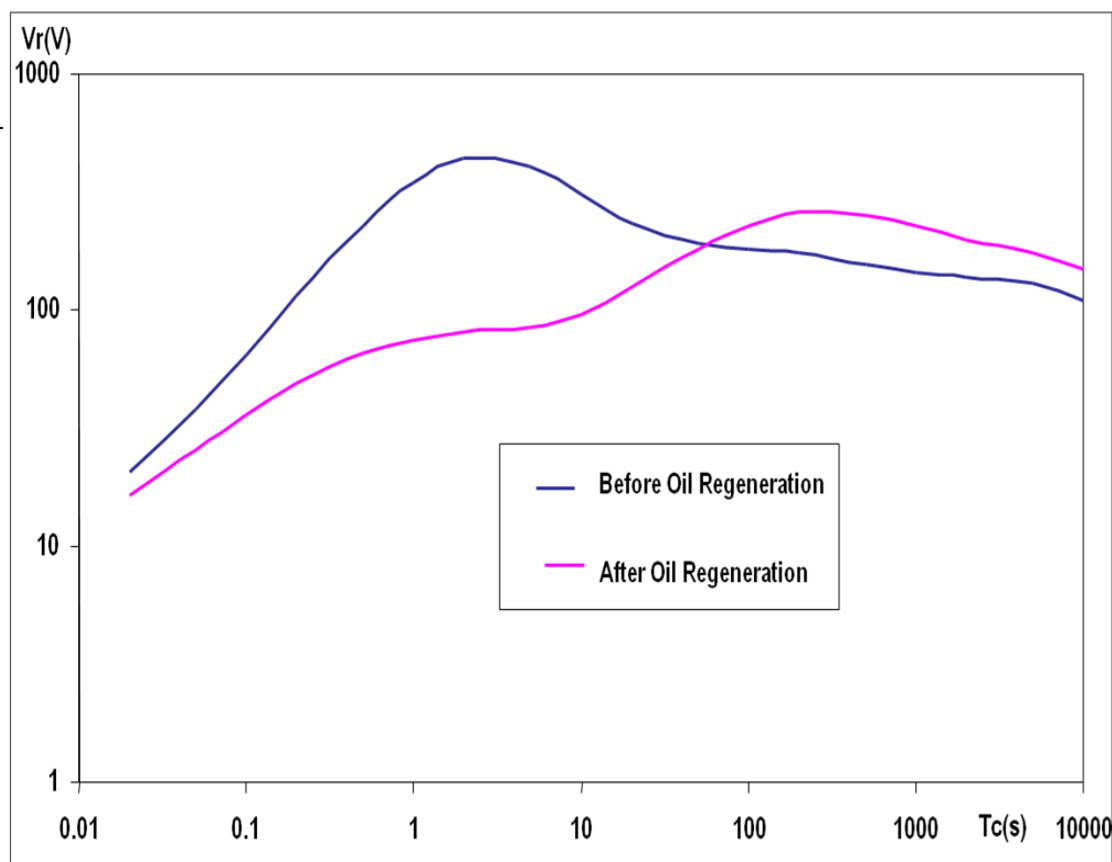
Olaj regenerálás hatékonyság ellenőrzése RVM diagnosztikával

Tipikus egy ill. két domináns időállandójú RVM spektrumok: csak elnedvesedés, vagy elnedvesedés és öregedés.



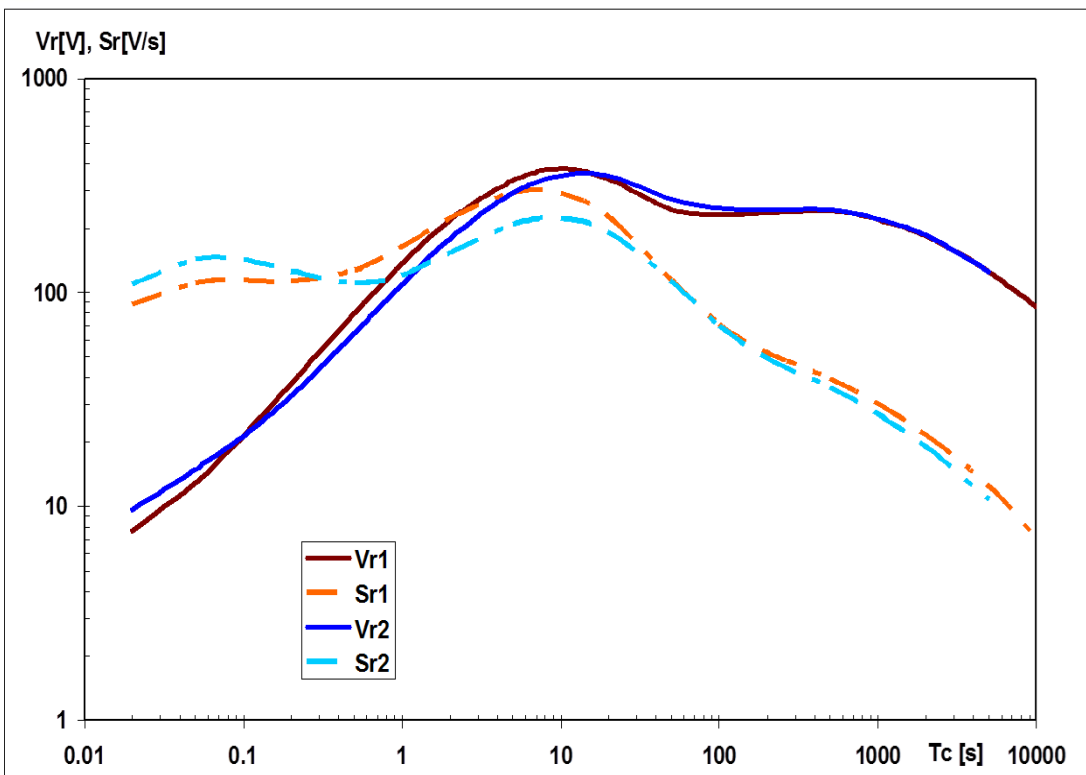
Olaj regenerálás hatékonyság ellenőrzése RVM diagnosztikával

Olaj regenerálás hatása az RVM polarizációs spektrum görbékre



Kék görbe: RVM spektrum regenerálás előtt
Píros görbe: RVM spektrum regenerálás után

Olaj regenerálás hatékonyság ellenőrzése RVM diagnosztikával

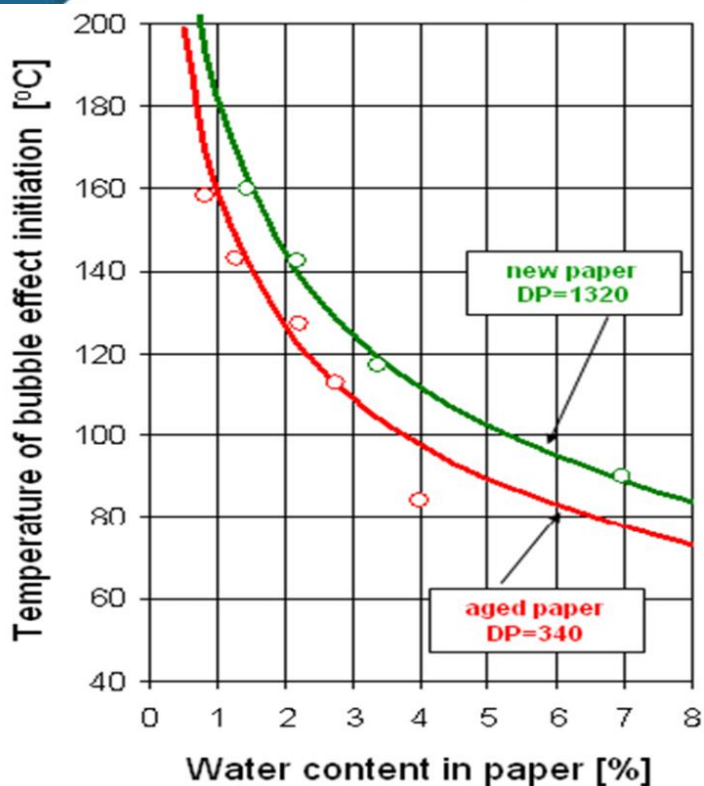


**Trafó felújítás előtt és után
mért RVM görbék.**

**Enyhén nedves, de sok
öregedési termék
felhalmozódva.**

**Nem volt olajcsere sem
regenerálás**

Olaj regenerálás hatékonyság ellenőrzése RVM diagnosztikával



Az RVM az üzembiztonságra is választ ad, de hogyan?

Ha beindul a buborékképződés, azután már közel az átütés.

Fontos a buborékképződés küszöbhőmérséklete, ami függ a papír víztartalmától és öregedésétől.

Vízszintes tengelyen a papír víztartalma, függőlegesen a buborékképződés küszöbhőmérséklete, paraméter a DP (új DP=1320) és öregedett papír (D=340) esetén.

Biztonságos a trafó, ha a buborékképződés küszöbhőmérséklete (új és száraz szigetelés esetén $>250^{\circ}\text{C}$), jóval nagyobb, mint a maximális üzemi hőmérséklet (105°C)

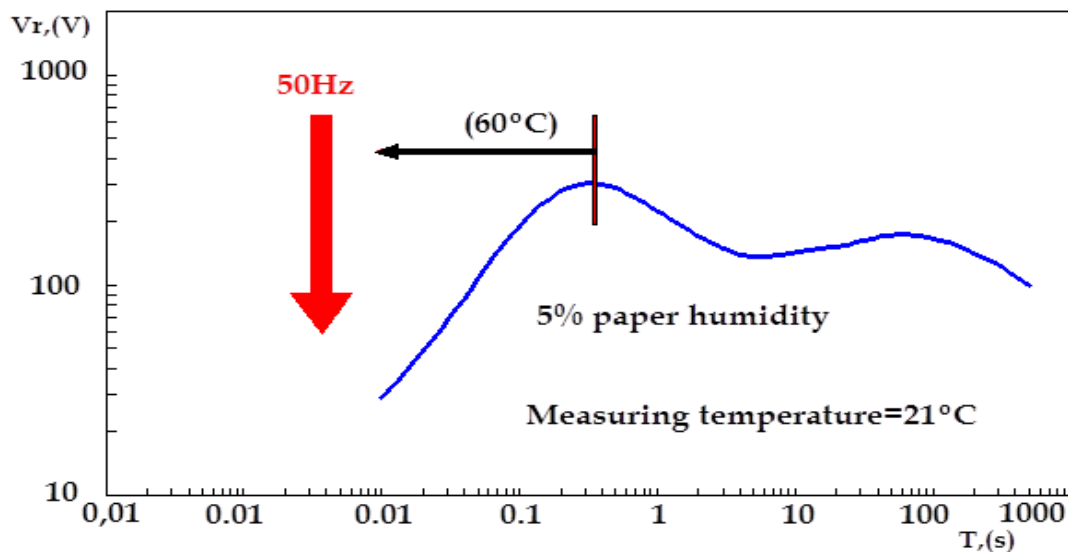
Olaj regenerálás hatékonyság ellenőrzése RVM diagnosztikával

Nedvesség és öregedés hatása a buborékképződésre

- **A térerő, nedvesség és öregedési termékek hatására buborékok, majd részleges kisülések keletkeznek az olajban.**
- **Üzemi, vagy túlterhelési hőmérsékletek mellett, nagyobb papír nedvesség tartalom ill. magasabb olaj öregedési termék felhalmozódás esetén a buborékképződés már 10 kV/cm térerősség mellett megindulhat.**
- **Ezek hatására pedig részkisülések léphetnek fel, olyan geometriájú helyeken is, ahol a buborékok nélkül ez nem volna várható.**
- **Az egyszer megindult részkisülés viszont már önfenntartó, kialakása rendszerint csak jóval kisebb térerőnél következik be.**

Olaj regenerálás hatékonyság ellenőrzése RVM diagnosztikával

Trafó üzembiztonsága, ill. üzemben tarthatósági állapot meghatározás RVM diagnosztikával



Nincsenek szabványok a trafó papírszigetelés öregedésére és víztartalmára, mert az amúgy is **nehezen lenne mérhető a víz inhomogén eloszlása miatt**. Mi a **teljes RVM görbével jellemezzük az állapotot** tudomásul véve az inhomogenitást, nem számít, hogy mi okozza.

Az **RVM módszer** lehetővé teszi a papír öregedés és nedvességtartalom eloszlás **megbízható vizsgálatát**, ezáltal meghatározható az az öregedési és elnedvesedési **határérték**, amelynek a fennállása esetén a trafó az **adott hőmérsékleten, mint határértéken még biztonsággal** üzemeltethető (**nincs buborékkiválás**).

Olaj regenerálás hatékonyság ellenőrzése RVM diagnosztikával

Buborék képződési küszöbhőmérséklet meghatározása

- Hőmérsékletnövekedés hatására gyorsul az öregedés, a szigetelésben gázok szabadulnak fel, ami miatt csökken az átütési szilárdság.
- Főleg a fentiek miatt az IEC 354 (Loading Guide for Oil-immersed Transformers) a hot-spot hőmérsékletet 140°C-ban limitálta (a régebbi IEEE Loading Guide ezt a hőmérsékletet 180°C-ban adta meg).
- A pontosabb mérések kimutatták, hogy a gázképződés „határhőmérséklete” függ a nedvességtartalomtól és az öregedéstől is.
- Az eredmények azt mutatják, hogy nagyobb nedvességtartalom és öregedés esetén az IEC által megadott 140°C határhőmérséklet alatt is megindulhat a gázképződés.
- Számítandó mennyiség: buborékképződési küszöbhőmérséklet
- Felhasználandó adatok: átlagos papír víztartalom és „buborékképződési küszöb hőmérséklet - papír víztartalom jelleggörbe”.
- A fenti adatokból és a jelleggörbékéből számítandó a buborékképződési küszöb hőmérséklete.

Olaj regenerálás hatékonyság ellenőrzése RVM diagnosztikával

Konklúziók

- Az olaj-papír szigetelés öregedése **nagyon bonyolult folyamat**
- A trafó élettartamát a **papíros élettartama** határozza meg
- A papíros élettartamát erősen **befolyásolja az olaj állapota**
- **Öreg, savas olaj gyorsítja az öregedést, ezért regenerálni kell**, nem elég egy egyszerű kezelés, vagy olajcsere
- A regenerálás eltávolítja a savas termékeket, meghosszabbítja az élettartamot, növeli a trafó terhelhetőségét.
- Az **olaj regenerálás hatékonyságának** kimutatáshoz **megfelelő** diagnosztika kell
- Az **RVM módszer alkalmas a korrekt diagnosztikára** és a regenerálás hatékonyságának ellenőrzésére.

Olaj regenerálás hatékonyság ellenőrzése RVM diagnosztikával

**Köszönöm a
figyelmet!**

