



Transzformátorok on-line állapotfigyelő és állapotkiértékelő rendszere

Csépes Gusztáv
szakértő
MAVIR Rt.
2006. április





Cigre Working Group WG 12.18

Régi név: Cigre Working Group WG 12.18

GUIDE

for

**Life Management Techniques
For Power Transformers**

Prepared by

CIGRE WG A2.18WG members:

Members and former members contributing to the studies are:

V. Sokolov (UKR) – Convenor

J. Lapworth (GBR), J. Harley (USA), P. Guuinic (FRA) – Task

Force Leaders

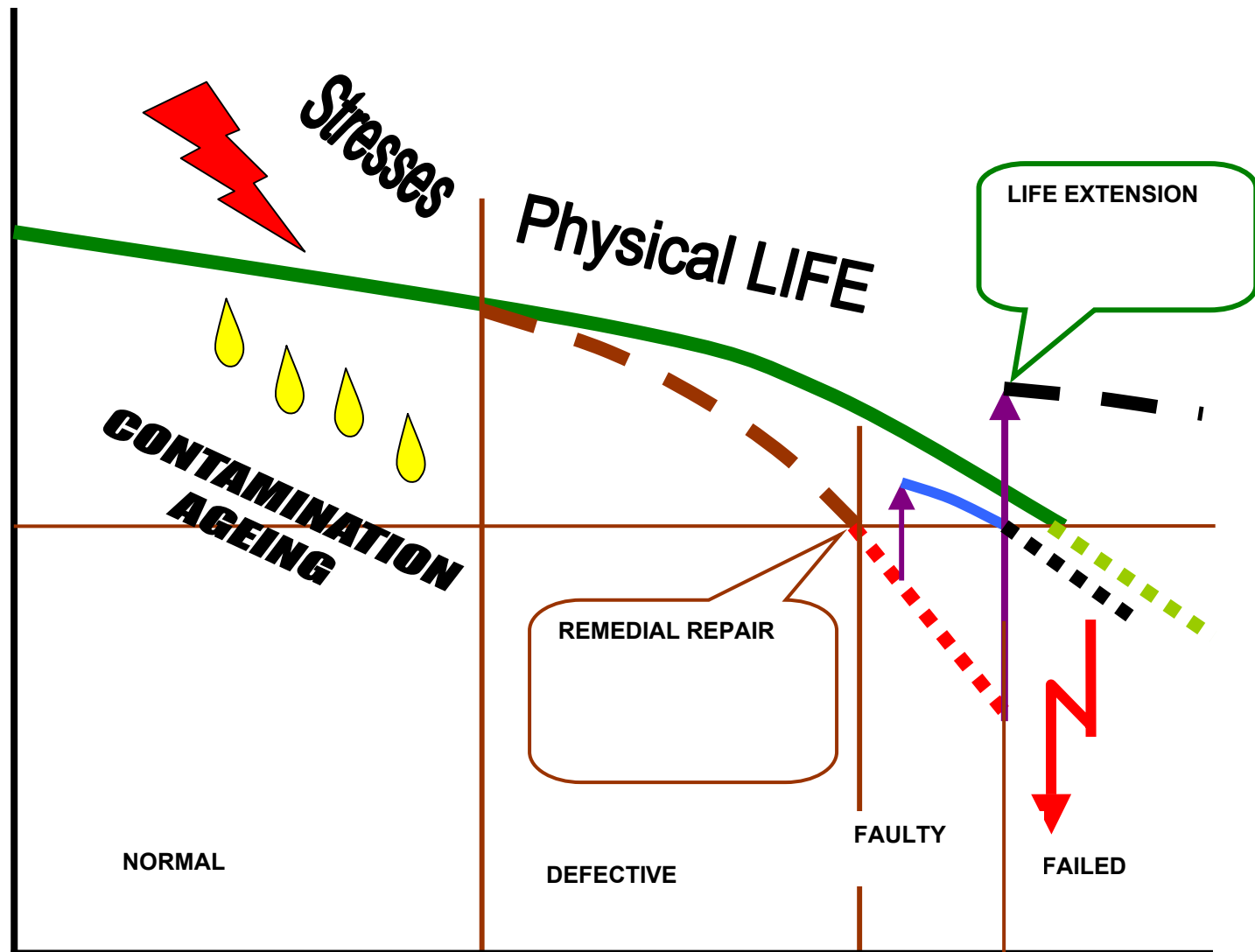
Transzformátor élettartam menedzselés célja:

- legdrágább egység, nehéz igazolni egy hiba miatti cserét még az élettartam vége előtt**
- de lehet, hogy olyan nagy a direkt és indirekt üzemben tartási költség, hogy igazolható a csere**
- Gazdasági, műszaki és stratégiai tényezők határozzák meg a berendezés élettartamát,**
- ezáltal nagyon nehéz egy univerzális útmutatót kialakítani, mert a költségek, főleg az indirekt költségek, javítás, üzemeltetés, felújítás, stb. eléggé változóak az egyes áramszolgáltatóknál**

A tanulmányban bizonyos mértékben gazdaságossági aspektusok is megtalálhatók, de többségében műszaki témakörök szerepelnek.

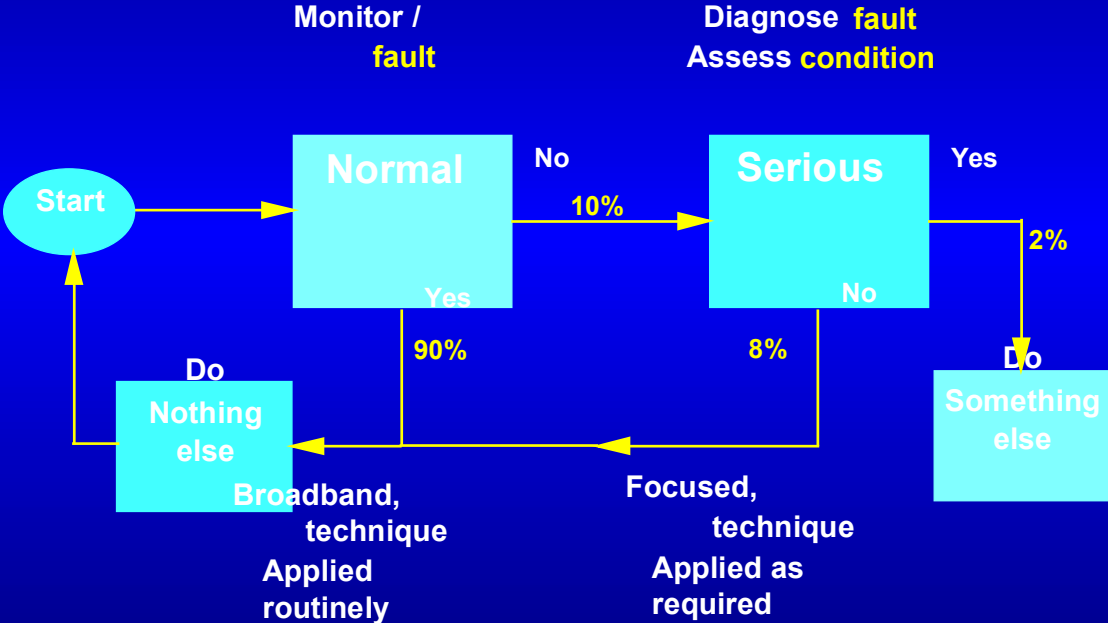
SAFETY MARGIN

CRITICAL LEVEL





Condition Monitoring



Transzformátorok on-line állapotfigyelő és állapotkiértékelő rendszere:

Transzformátor on-line monitoring rendszer

- Az alállomás legértékesebb eleme a transzformátor.
- A transzformátorok üzembiztonságát legnagyobb mértékben a szigetelés állapota befolyásolja, de fontos szerepe van még például a fokozatkapcsolók ill. az egész transzformátor mechanikai állapotának.
- Figyelembe véve a nagy beruházási, valamint a meghibásodás miatti transzformátor kieséssel járó költségeket belátható, hogy minél több és minél részletesebb információ szükséges az egységek állapotáról.

-Más szavakkal, a villamosenergia-rendszer megfelelő minőségen történő rendelkezésre állása szempontjából kiemelt fontosságú, hogy a villamosenergia-rendszer legértékesebb berendezései (esetünkben a transzformátor) megfelelő hatékonyságú, korszerű állapotellenőrzési rendszerrel rendelkezzenek.

-Az állapotellenőrzési rendszeren hagyományos értelemben főleg az előírt időközönként elvégzett (ún. off-line) vizsgálatokat, méréseket értik.

-Ez az elmúlt időszakban jelentős mértékben bővült a (ún. on-line) folyamatos állapotfigyeléssel, így teljesebb állapotismeret állhat a felhasználó rendelkezésére.

Az adatfeldolgozások célja a készülék diagnosztikához és karbantartáshoz (felújításhoz) kapcsolódó szakértői tevékenység támogatása.

Az állapotfigyelő központban futó főbb adatfeldolgozások a szakértői igényeknek megfelelően kialakított, esetenként nagy időtávot is felölelő: adatcsoportosítások, trendanalízisek és trendfigyelések, statisztikai elemzések.

Adatbiztonság, archiválási igények

Hosszú távú adatmegőrzési igény: transzformátor élettartama 40-50 év is lehet. A legnagyobb érték nem a hardver vagy a szoftver, hanem a szinte pótolhatatlan adatbázis.

Le kell tárolni egész élettartamának idejére az összes mért jellemzőt, mivel a különböző hosszú távú elemzések csak ezek segítségével végezhetők el.

- A hagyományos, időszakosan végzett off-line vizsgálati módszerek (HGA, RVM, FRA, $tg\delta$, szigetelési ellenállás, stb.) kiegészítve a korszerű on-line monitoring rendszerekkel hatékonyabb transzformátor diagnosztikát nyújtanak a végfelhasználók részére
- az on-line monitoring rendszer már a kifejlődés kezdeti állapotában érzékeli a hibát vagy bármilyen anomáliát, ezáltal csökkenti a hiba kialakulásának kockázatát,
- az on-line monitoring rendszer lehetővé teszi, hogy az üzemeltető optimalizálja a transzformátor terhelését anélkül, hogy növelné a meghibásodás kockázatát (ahhoz, hogy hatékonyan és üzembiztosan tudjuk használni a transzformátort minél pontosabban kell ismerni a tényleges, minden lényeges információra kiterjedő pillanatnyi állapotot),

- az on-line monitoring és szakértői rendszer kiértékelése alapján több idő marad a beavatkozásokra, javításokra, kikapcsolásra, esetleg késleltetheti egy korábbi off-line diagnosztikával már selejtezésre vagy javításra ítélt egység lekapcsolását (üzemidő meghosszabbítás),
- az on-line szakértői rendszer a rendszerezett diagnosztikai információkat koncentrálnak tárolja, ugyanakkor a korszerű hálózati kommunikációs elérések segítségével elérhetővé teszi az egyre csökkenő kezelő és szakértő személyzet számára,
- az on-line szakértői rendszer folyamatosan mutatja a transzformátor aktuális állapotát („röntgen kép”, a felszerelt érzékelők a beépítési helyeken ábrázolják a pillanatnyi mért értékeket),

- az on-line szakértői rendszer a tárolt adatokat időintervallumra, időpontra keresés ill. ugrással diagramon megjeleníti,
- az on-line szakértői rendszer gyűjti, tárolja és archiválja a transzformátor teljes élettartama alatt felhalmozódó on-line és off-line információt, a gyűjtött információt megfelelő algoritmusokkal feldolgozza,
- on-line monitoring rendszer hatására optimalizálhatók az időszakos ellenőrzési vizsgálatok, azaz a speciális, adott esetben off-line vizsgálatokat csak abban az esetben kellene végrehajtani, amikor a szakértői rendszer által mutatott állapotinformációk ill. romlási tendenciák pontosabb diagnózist vagy a részletes állapotbecslést tesznek szükségessé,



Beépített on-line monitoring szenzorok:

kondenzátor típusú átvezetőre szerelt 1-1 db feszültségcsúcs érzékelő és átalakító a 400 és 120 kV-os nagyfeszültségű kapcsokon (összesen 6db)

1 db olajhőmérséklet érzékelő (tartalék mérőzseb a transzformátor fedelén az érzékelő elhelyezéséhez)

1 db környezeti hőmérséklet érzékelő

Hűtők olaj ki- belépő hőmérsékletei

érzékelő a fokozatkapcsoló állásának érzékelésére

érzékelő a fokozatkapcsoló hajtás felvett teljesítményének érzékelésére,

érzékelő nyomáscsökkentő szelepek állapotának figyelésére

konzervátor olajsztint érzékelő

- közvetlen tekercshőfok érzékelők az un. „hot-spot” hőmérsékletek mérésére (6 db érzékelő: 3 db a nagyfeszültségű tekercshez, 3 db a közös tekercshez, + 1 db 6 csatornás jelfeldolgozó egység)
- olajban oldott gázok vizsgálatára Hydran M2 típusú detektor érzékelő az olajban oldott víz mérésére (Hydran-ba integrálva)
- Vasmaghőmérséklet mérése három oszlopban Pt 100-as hőmérőkkel

Hűtésautomatika által szolgáltatott jelek:

Olajszivattyúk állapotjelzései

Hűtők fokozat besorolása

Hűtőfokozatokhoz tartozó ki- ill. bekapcsolási hőmérsékletek

Segédüzemi állapotjelzések

Ventilátor állapotjelzések

Segédüzemi szekrény hőmérséklet
Ventillátorok és szivattyúk üzemóra számolása
Olajhőmérséklet jelzések
Olajhőmérséklet lekapcsolás
N és K tekercsmérséklet jelzések
Számított Hot-spot hőmérséklet érték
Becsült elhasznált élettartam
Becsült maradék élettartam az aktuális melegponti hőmérséklettel
Aktuális élettartam fogyási sebesség
Hűtők állapotjelzései
Olajáramlás jelzők jelzései
Transzformátor üzemideje
Egyéb hibajelzések

Átvezetőszigetelő mérőelektródájára csatlakozó mérések

Üzemi fázisfeszültség és üzemi valamint tranziens túlfeszültségek mérése

Átvezetőszigetelő kapacitás változásának mérése

Aktív rész állapotjellemzőinek vizsgálata

Olaj hőmérséklet mérés (több ponton)

Száloptikás hőmérsékletmérés

Olajban oldott gázképződés és az időbeli változások figyelése (Hydran)

Olaj nedvességtartalom mérése

Tekercshőmérséklet (hot spot számítás)

Terhelhetőség (számítás)

Öregedési ill. élettartam jellemzők számítása

Vasmag hőmérséklet mérés

Fokozatkapcsoló állapotjellemzőinek vizsgálata

Fokozatkapcsoló pozíciójának kijelzése

Fokozatkapcsoló hajtás állapotjellemzők vizsgálata

Olajhőmérséklet mérése (diverter switch)

Kapcsolt terhelési áramok összegzése

Fokozatváltás időtartama

Hűtőrendszer állapotjellemzőinek vizsgálata

Keringtető szivattyúk állapotjellemzőinek vizsgálata

Hűtőventillátorok állapotjellemzőinek vizsgálata

Hűtő ki- és belépő olajhőmérséklete mérése

Környezeti hőmérséklet mérése

Keringtető szivattyúk és hűtőventillátorok üzemben töltött idejének gyűjtése



Transzformátor on-line monitoring

Konzervátor állapotjellemzőinek vizsgálata

Olajsztint figyelése

Transzformátor üzemeltetési jellemzőinek figyelése

Terhelő és zárlati áramok mérése

Meddő és wattos teljesítmények figyelése

Rugalmasan bővíthetőség (pl. a további opcionális mérésekkel)

Átvezetőszigetelő olajnyomás mérés

Átvezetőszigetelő mérőkapcsán PD mérés

Buchholz relé gáztartalom mérés

Rezgésmérés közvetlenül olajon keresztül

Konzervátor légtér nedvességtartalom mérés

Üzemi- és túlfeszültségek figyelése

- túlfeszültség figyelés a NF és KF oldali átvezető szigetelőkön (3 szigetelő), funkciója a transzformátor túlfeszültségeinek
- regisztrálása és ezáltal az élettartam fogyás számítások támogatása
- az élettartam fogyás számítások támogatása kapacitásváltozás figyelés a pillanatnyi érték és a hosszú átlagok összehasonlításával kritikus kapacitásváltozás esetén figyelmeztetés, majd riasztás megjelenítés diagramon
- segédüzemi szekrény hőmérséklet



Transzformátor on-line monitoring

Köszönöm a figyelmet

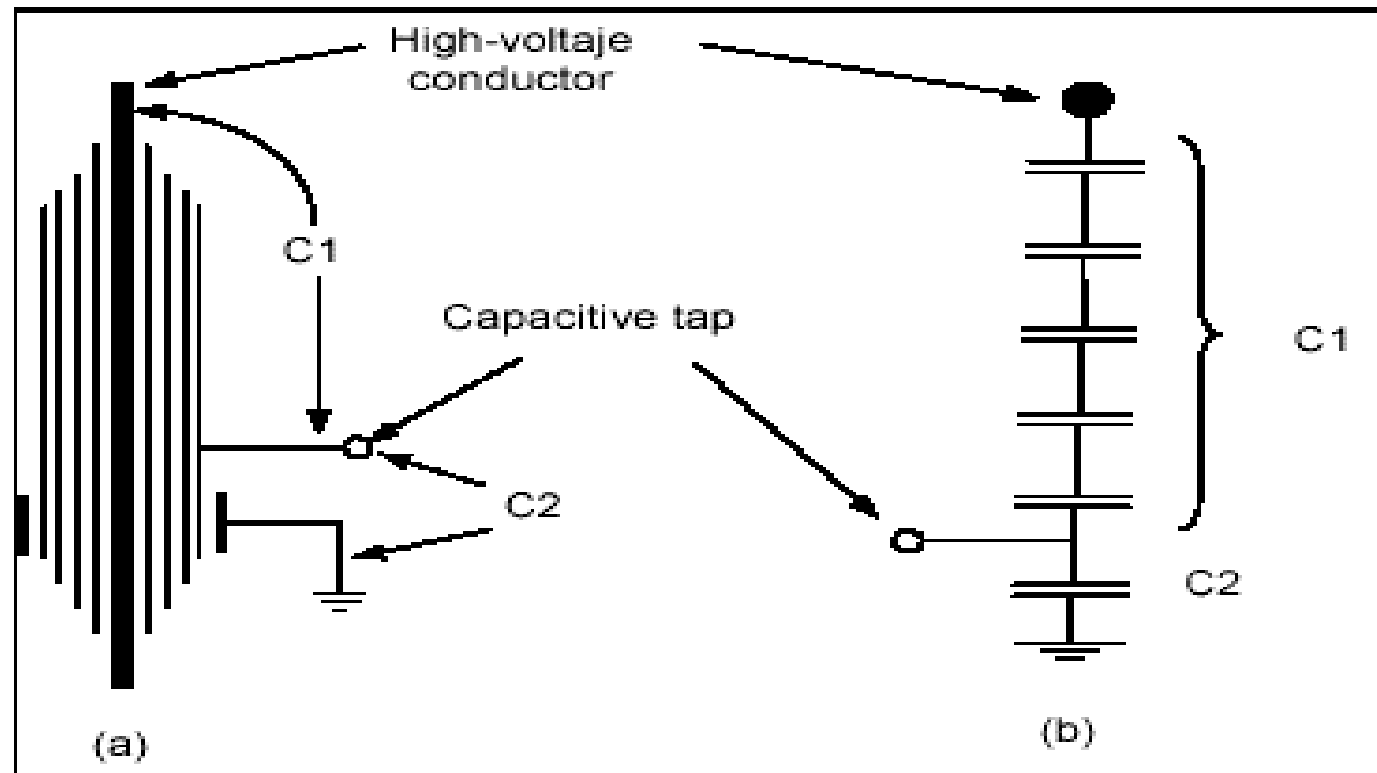


Figure 1 Diagram of a condenser type bushing (a) longitudinal cross and (b) equivalent circuit.

Átvezető monitoring

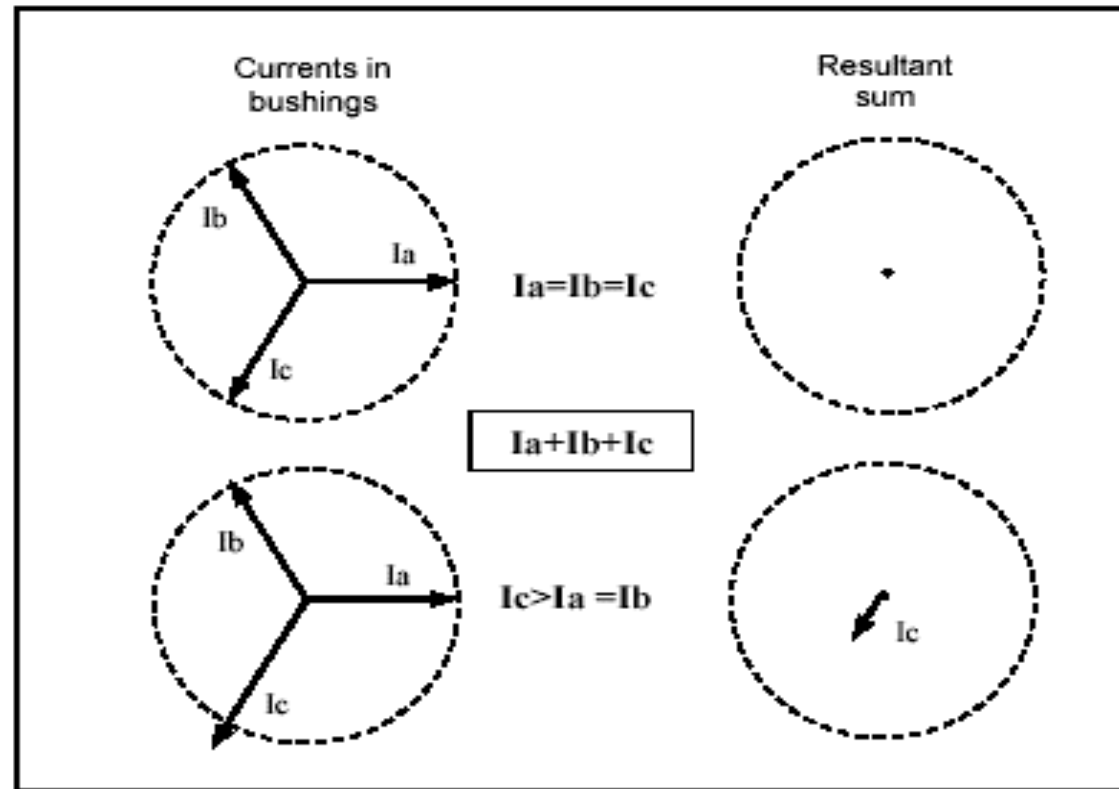


Figure 2 Schematic diagram of the capacitive currents of each bushing.

Átvezető monitoring

Élettartam számítások

- Az on-line monitoring rendszer a tekercs legmagasabb melegponti hőmérsékletét egyrészt védelmi célra, másrészt termikus öregedési sebesség (élettartam csökkenés) számítására használja.
- A termikus öregedéssel kapcsolatos még a normál élettartamhoz megengedhető terhelés, ill. szükségállapotú terhelhetőségek számítása.
- A transzformátor olaj-papír szigetelési rendszerű, élettartamát döntő mértékben a hőmérséklet és a nedvességtartalom határozza meg.
- A hosszúidejű túlterhelés következménye a szilárd cellulóza szigetelés termikus romlása (öregedése).

-Az idő függvényében a cellulóza láncok átlagos hossza depolimerizáció miatt csökken, következésképpen csökken a papír mechanikai szilárdsága.

Ezt a romlást (öregedést) leginkább a hőmérséklet, az igénybevétel időtartama, a nedvességtartalom és az oxigéntartalom befolyásolja.

Ez a folyamat megfordíthatatlan és ez határozza a transzformátor élettartamát.

-Az IEC 60076 és az IEC 60354 szabványok jelenleg hatályos változatai az elhasznált élettartam számításánál csak a hőmérsékletet veszik figyelembe az alábbiak szerint:

-IEC 60076 szerint: 20°C-os környezeti hőmérséklet esetén a 98°C-os Hot-Spot hőmérséklettel (78 °K melegedés) üzemelő transzformátornak egységnyi a relatív élettartam csökkenése (öregedési sebessége), az ilyen körülmények között üzemelő transzformátor az IEC 60354 szabvány szerint kb. 25 évig tartható vállalható kockázattal üzemben.

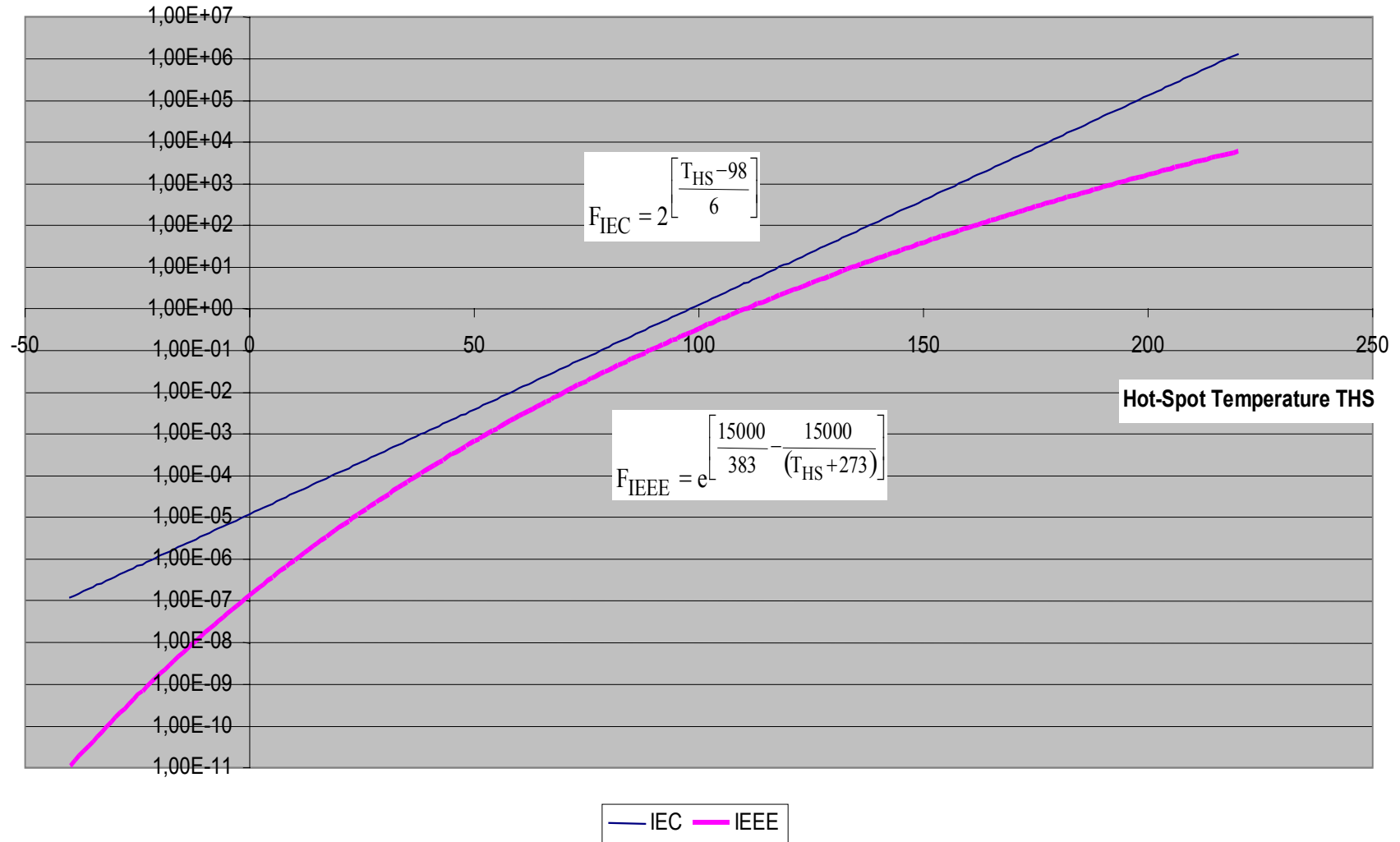
-Ha a Hot-Spot hőmérséklet a fent említett 98°C -nál 6°C -al nagyobb, a transzformátor a relatív élettartam csökkenését megduplázza (feleződik az élettartam), amíg 6°C -al kisebb Hot-Spot hőmérséklet a transzformátor a relatív élettartam csökkenését felezi, azaz az élettartamát megduplázza.

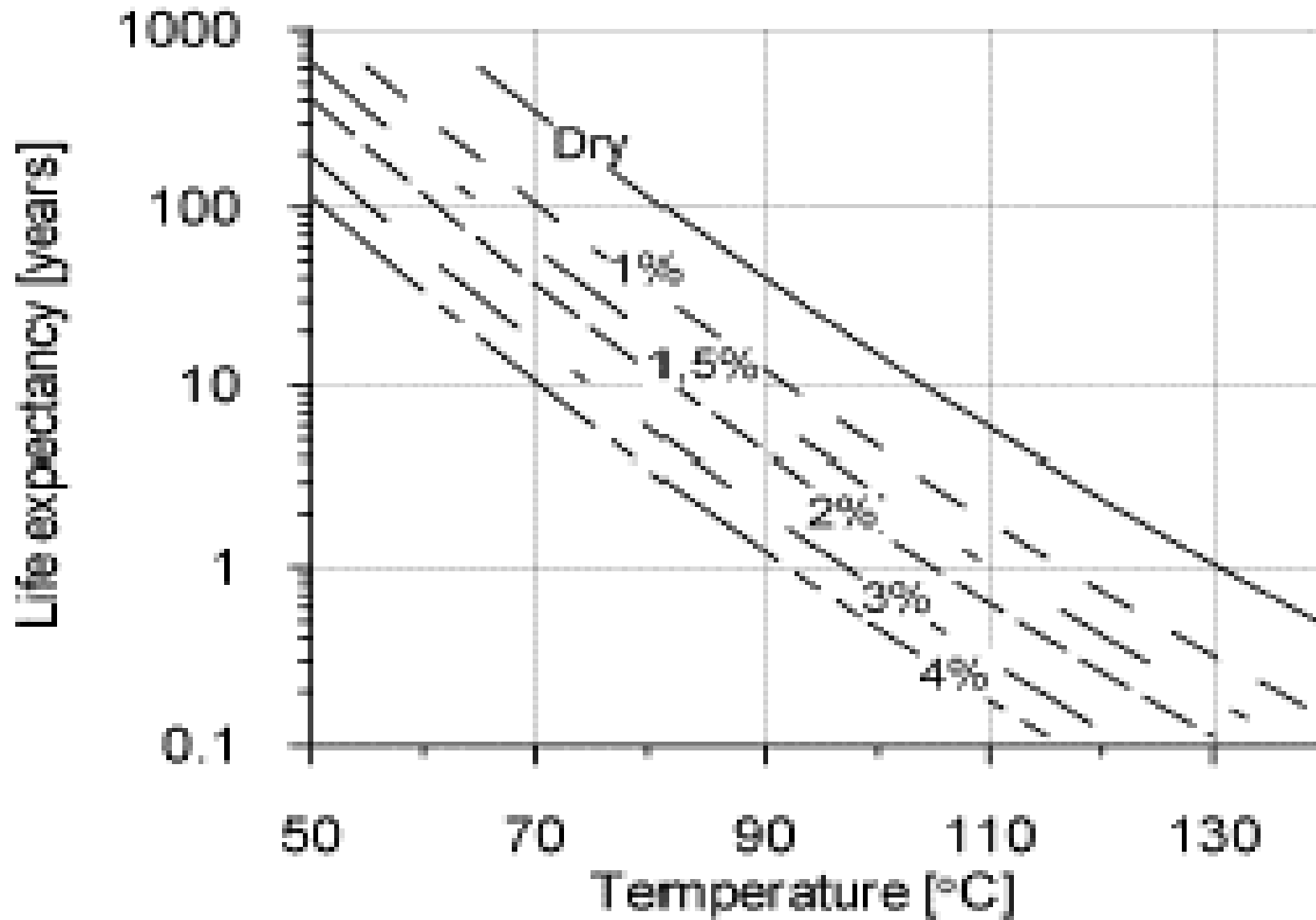
Az öregedési vagy romlási sebességi egy másik számítási módja az IEEE módszer. Az IEEE a transzformátorok viszonylagos öregedési sebességét 110°C (283°K) melegponti hőmérséklet esetén tekinti egységnyinek, ami 20°C környezeti hőmérsékletnek és 78°K melegponti melegedésnek felel meg. .

Tehát 110°C -on még egységnyi, 120°C -on már kb. 2,7 a romlás sebessége. Ez azt jelenti, hogy pl. 2000 órás üzemeltetés 120°C hot-spot hőmérsékleten egyenértékű 5400 órás 110°C -on történő üzemeltetéssel.

IEC and IEEE Aging

Aging Speed





- A „hatályos” IEC 60076 és az IEC 60354 szabványok az elhasznált élettartam számításánál csak a hőmérsékletet veszik figyelembe, de az olaj-papíros szigetelésnél az élettartam egyaránt erősen függ a hőmérséklettől és a nedvességtartalomtól.
- A hőmérséklet és a nedvességtartalom függés közös figyelembevétele bonyolultabb összefüggéssel jellemezhető, mint az egyszerű hőmérsékletfüggés, ezért az élettartam meghatározása a „kettős függés” (hőmérséklet és nedvességtartalom) követésére megadott görbesereg iterációjával történhet.
- A szóban forgó görbesereg alapján pl. száraz (0,5 % víz a papírban) és 95°C melegponti hőmérséklet esetén kb. 25 év az élettartam, de kb. 1 % nedvességtartalom és ugyancsak 95°C melegponti hőmérséklet esetén már csak kb. 8 év a várható élettartam.

A felhasználói igényeknek megfelelően különböző, az „élettartammal kapcsolatos paraméterek” definiálhatók, mint ahogy az alábbiakban is láthatók:

„Még hátralévő élettartam”:

Az aktuális Hot-Spot hőmérsékleten, a feltételezett teljes élettartamból, az adott pillanatban érvényes elhasznált élettartamból és az aktuális terhelésből meghatározza, hogy ha az aktuális terhelés nem változna, akkor hány év lenne hátra az élettartamból.

„Aktuális élettartam fogyási sebesség”:

A fent említett IEC 60354 szabvány szerinti „elhasznált élettartam számításánál” leírtak alapján megadja, hogy az aktuális Hot-Spot hőmérséklet (és természetesen ehhez a hőmérséklethez tartozó aktuális terhelés) mellett mekkora az élettartam-fogyási sebesség.

„Meddig állhat fenn az aktuális terhelés, hogy az öregedés egységnyi legyen?”

-Ha egy transzformátor hot-spot hőmérséklete tartósan alacsonyabb a kisebb terhelése miatt, mint a 25 éves feltételezett élettartamra megadott 98 °C , akkor az eredeti 25 éves élettartamot figyelembe véve a transzformátor rövid időre jobban is terhelhető.

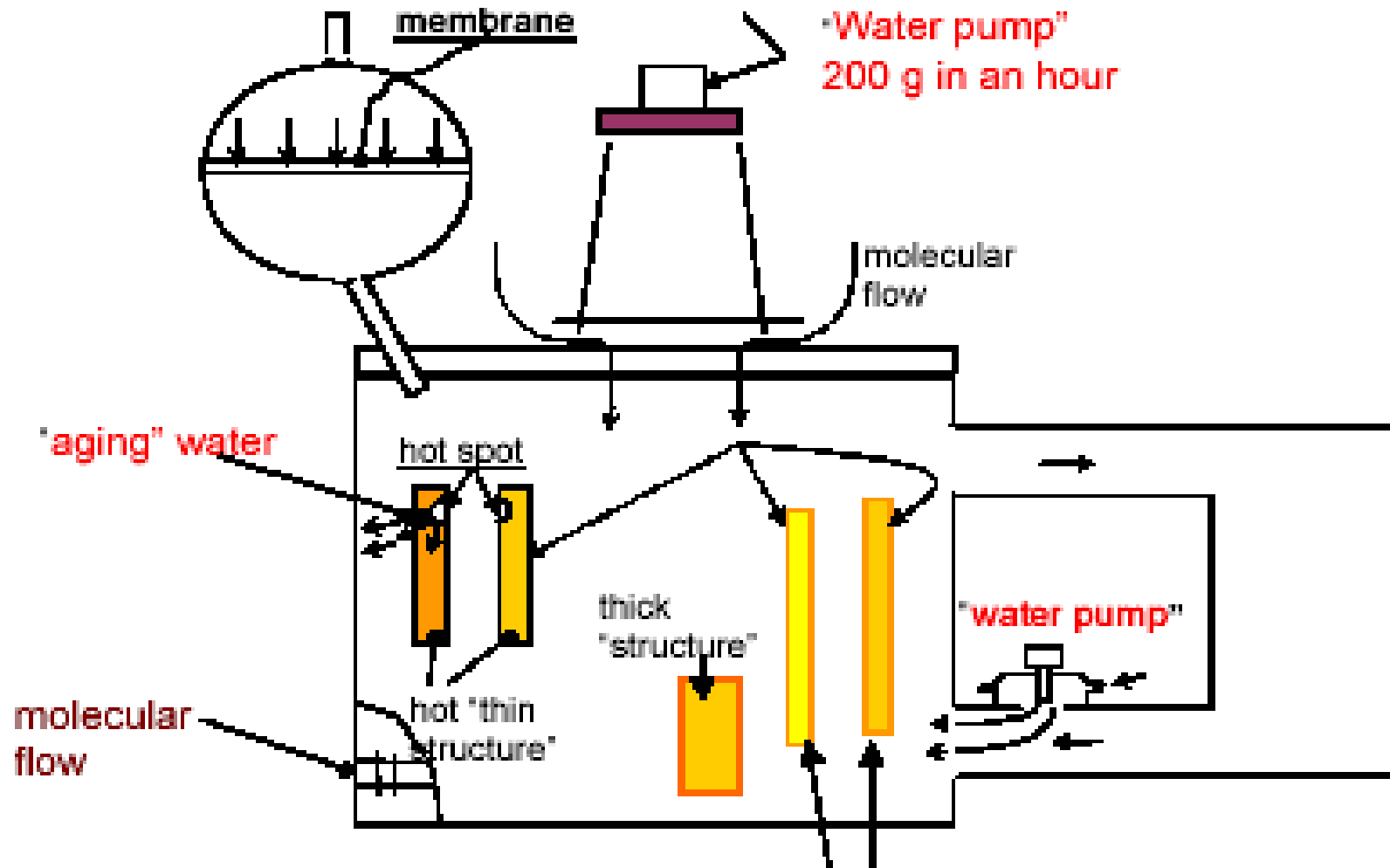
-Pl. ha a trafó 4 éve üzemelne mindig 6 °C -al 98 °C alatt, akkor a várható élettartamából csak „2 évet” fogyasztana el, és ha továbbra is ilyen (92 °C -os) hot-spot hőmérsékleten (azaz, ennek megfelelő terheléssel) üzemeltetnénk, akkor a várható élettartama kb. kétszerese lenne a fentebb megadott 25 évnek.

-a program meghatározza, hogy aktuális Hot-Spot hőmérsékletet (az aktuális terhelést) feltételezve, mennyi ideig üzemelhet még a transzformátor anélkül, hogy az elhasznált élettartam nagyobb lenne, mint az aktuális üzemi évek száma.

On-line nedvességtartalom monitoring

- Az olaj leglényegesebb tulajdonságait nagymértékben befolyásolja a pillanatnyi relatív nedvességtartalom és a hőmérséklet.
- E két paraméter legfontosabb hatása az olajban végbemenő gázképződésre van mert ha ez egy viszonylag magas érték és ez egy nagy térerősség igénybevételi helyen jelentkezik, akkor adott esetben átütés következhet be.
- Az olajban oldott víz, gáz értéke állandóan változik, a berendezés állapotának meghatározása céljából monitoring jelleggel kell rendelkezésre állnia.
- Ez az információ a laboratóriumi méréseknél nem áll, ill. nem állhat rendelkezésre, bár valójában mérni szokták.

Transzformátor on-line monitoring



- A papír nedvességtartalom meghatározása két különböző módszerrel történik.
- Az egyik esetben a papír nedvességtartalma az olaj nedvességtartalmából kerül meghatározásra „egyensúlyi görbék” alapján.
- A másik esetben pedig a papíros nedvességtartalma off-line módon bevitt, az RVM vizsgálat alapján meghatározott nedvességtartalom.
- Az utóbbi esetben, először az első gyári off-line RVM mérés során kapott nedvességtartalmat kerül bevitelre adatként.
- Ezt követően mindig a legfrissebb RVM mérési eredményeket kell rögzíteni és az összes bevitt RVM mérési eredményt le kell tárolni, archiválni.

Transzformátor on-line monitoring



Olajban oldott nedvesség tartalom figyelése, papír nedvesség számítása egyensúlyi állapotgörbék felhasználásával

A Hydran M2 a hidrogén egyenérték mellett az olaj nedvességtartalmát is méri.

-Kijelzésre kerül egyrészt a pillanatnyi érték, valamint az óras növekmény.

-Az olaj és a papír nedvességtartalma, valamint a hőmérséklet szoros kapcsolatban van.

- Papír nedvességtartalom számítás az olajban oldott nedvességtartalom, tekercs átlaghőmérséklet és az egyensúlyi görbék alapján (a tekercs átlaghőmérséklet a „direkt hot-spot” átlaghőmérséklet egy állandóval történő korrekciójával határozandó meg).

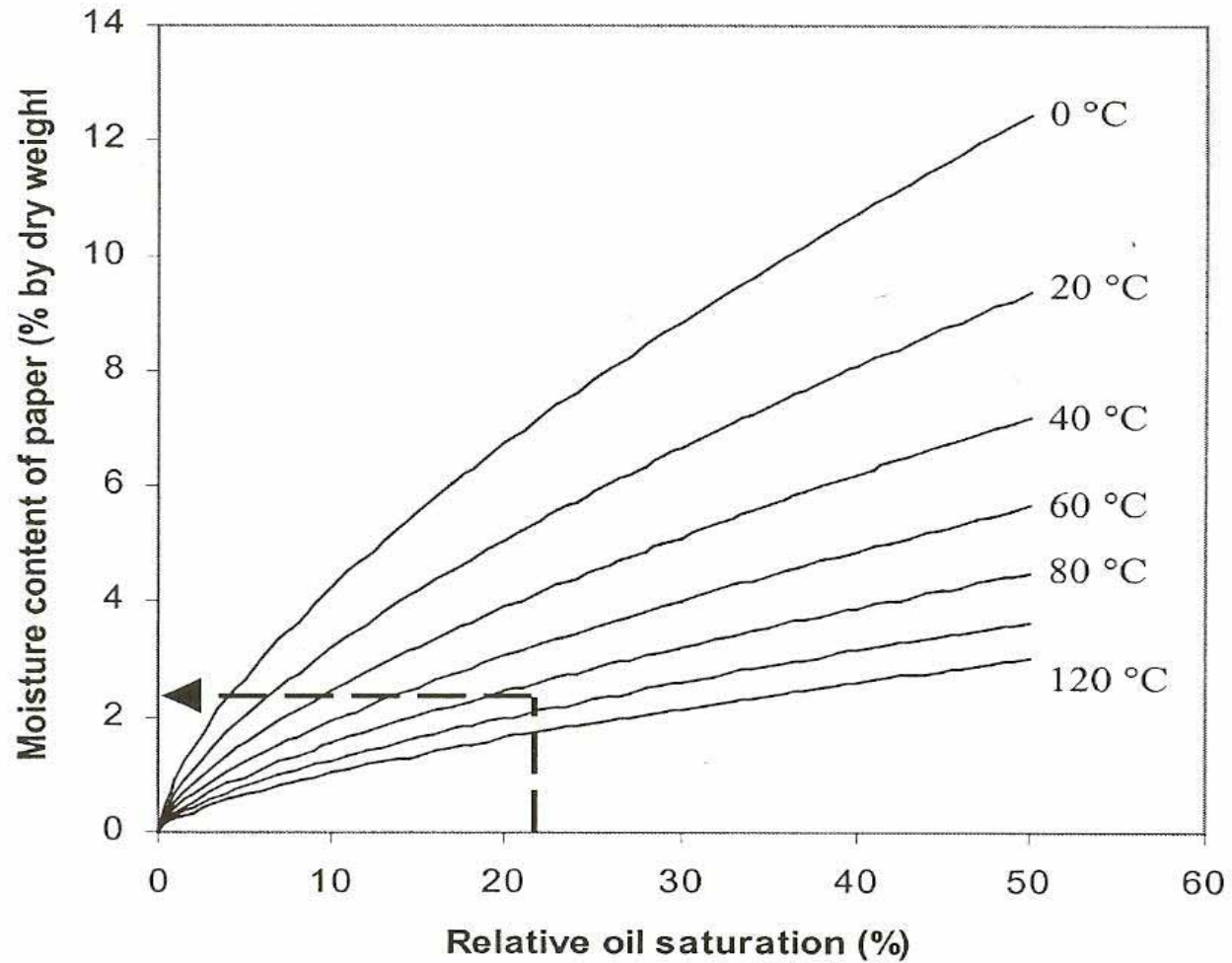
-A szakértői rendszer a papír nedvességtartalom meghatározásakor az egyensúlyi görbéket csak az olajban oldott nedvességtartalom 4%-ig vizsgálja. A 0.5%-os vagy ennél kisebb olajban oldott nedvesség esetén a szigetelésrendszert „száraznak” tekinti a monitoring rendszer.

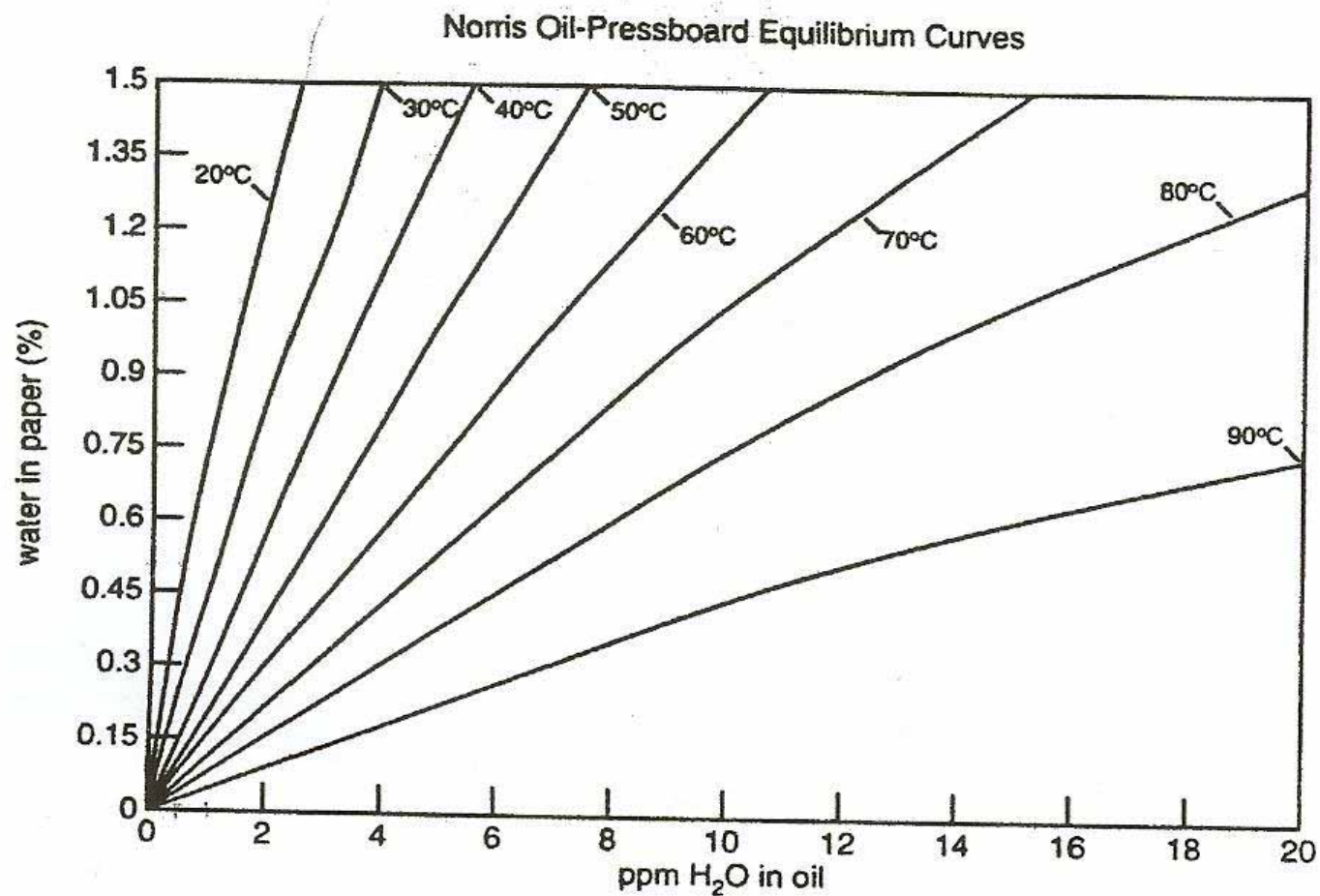
- A nedvességérzékelő szenzor a szigetelőolaj relatív nedvességtartalmát (RH= relative humidity) át méri %-ban.

- A relatív nedvesség, vagy más néven relatív telítődés (RS=relative saturation) az alábbiak szerint fejezhető ki:

$$RS=RH= \text{PPM}/\text{PPMs} \times 100,$$

Ahol PPM=az olajban oldott víz koncentrációja viszonyítva a víz olajban oldhatóságához az adott mérési hőmérsékleten (PPMs). A Hydran M2-ből kiolvasható az RH értéke %-ban, de mivel ismert a hőmérsékletet, így rendelkezésre áll az olajban oldott nedvességtartalom ppm-ben is.





Lekapcsolási parancs teljes hűtés kiesése esetén

A PLC-és hűtésautomatika számolja, ill. meghatározza, hogy a **teljes hűtés kiesése esetén** az előzetesen megadott adatok, a környezeti hőmérséklet, valamint az aktuális terhelés esetén a **transzformátor kikapcsolása mennyi ideig késleltethető az aktív rész károsodása nélkül.**

-A fenti funkciót tekintve jelenleg a PLC alapú hűtésautomatika az alábbiak szerint dolgozik:

-az előrejelzés kiadásával a PLC egyidejűleg egy üzenetet küld, hogy hamarosan lekapcsolási parancs kerül kiadásra a teljes hűtés kiesés miatt.

- Amennyiben a kezelőszemélyzet a lekapcsolás késleltetést nem engedélyezi, akkor a hűtésautomatika azonnal kiadhatja a lekapcsolási parancsot.

- Egy jellegzetes példa a folyamatos olaj víztartalom monitoring rendszer szerepére ill. hatékonyságára, azaz miért kell komolyan venni az olaj relatív víztartalmát.
- Télen, 0 °C alatti hőmérséklet esetén, ha terhelés nélkül marad a transzformátor, az olaj relatív nedvességtartalma eléri 100 %-os telítődést.
- Ilyenkor szabad víz, vagy jég keletkezik és az olaj dielektromos tulajdonságai leromlanak.
- A telítési szint jobb paraméter, mint a ppm-ben kifejezett víztartalom a megengedhető „víztartalom” kijelzésére.
- Egy on-line nedvességtartalom kijelző használatával megelőzhető a nagy víztartalom esetén fellépő meghibásodások.

A hőmérséklet növekedésével exponenciálisan nő az olaj-papír szigetelés öregedése, azaz exponenciálisan csökken az élettartama, ezért az üzem közbeni folyamatos hőmérséklet ellenőrzés a legfontosabb feladat.

-A tekercsek hőmérséklet profilja nem homogén eloszlású, de a határértékek betartása miatt szükséges a legnagyobb hőmérsékletű hely behatárolása,

-A klasszikus megoldás: egy ponton olaj hőmérsékletmérés és a mért érték terhelés függvényében történő korrekciója.

-A megfelelő üzembiztonság miatt az a megoldás sem elegendő, így kerültek alkalmazásra az un. száloptikai megoldások, amelyek lehetővé teszik, hogy a legnagyobb feszültségű helyen is közvetlenül mérni lehessen a hőmérsékletet.

„Hot-Spot” (melegponti) hőmérsékletek „hagyományos” és „közvetlen” mérési módja

A „melegponti”, vagy elterjedt nevén „hot-spot” hőmérésklet két módon kerül meghatározásra. Az egyik, a „hagyományos mód”, azaz a felső olajhőmérsékletből és a terhelő áramból számítási úton történő melegponti hőmérséklet meghatározás.

Legnagyobb tekercshőmérséklet figyelése „hagyományos” hőmérséklet meghatározással.

Az N és a K tekercse számított „tekercs hőmérséklete” meghaladott egy később meghatározandó értéket, ill. egy később meghatározandó időbeli növekedési értéket (összhangban a hűtésvezérlővel). N ill. K oldali „tekercshőmérséklet” meghaladja az xxxx °C értéket. N ill. K oldali „tekercshőmérséklet” időbeli növekedés meghaladja az yyyy °C / óra értéket.

Legnagyobb tekercshőmérséklet figyelése „közvetlen” hőmérséklet meghatározással.

A másik közvetlen méréssel útján történő melegponti hőmérséklet meghatározás, amikor közvetlen tekercshőfok érzékelők az ún. „hot-spot” hőmérsékletek mérésére alkalmas „Nortech” típusú melegponti hőmérők (3 db a nagyfeszültségű tekercshez, 3 db a közös tekercshez) kerültek beépítésre + 1 db 6 csatornás jelfeldolgozó egység), 4-20 mA-es kimenetek és RS485-ös kommunikáció az alábbiak szerint:



Figure 5: TPT-32 probe with a Teflon spiral wrap (3 mm diameter)

Transzformátor on-line monitoring

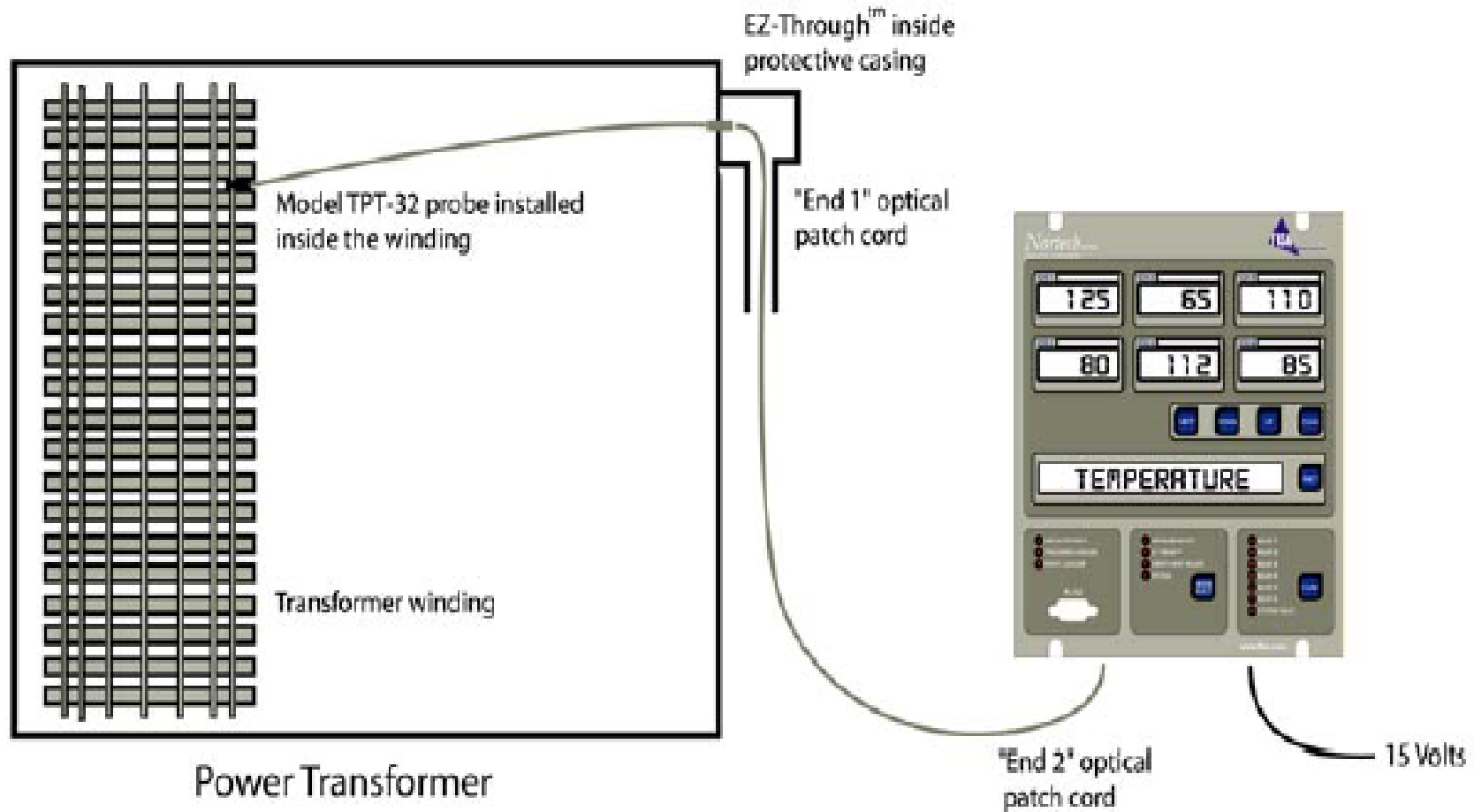


Figure 2: Typical installation

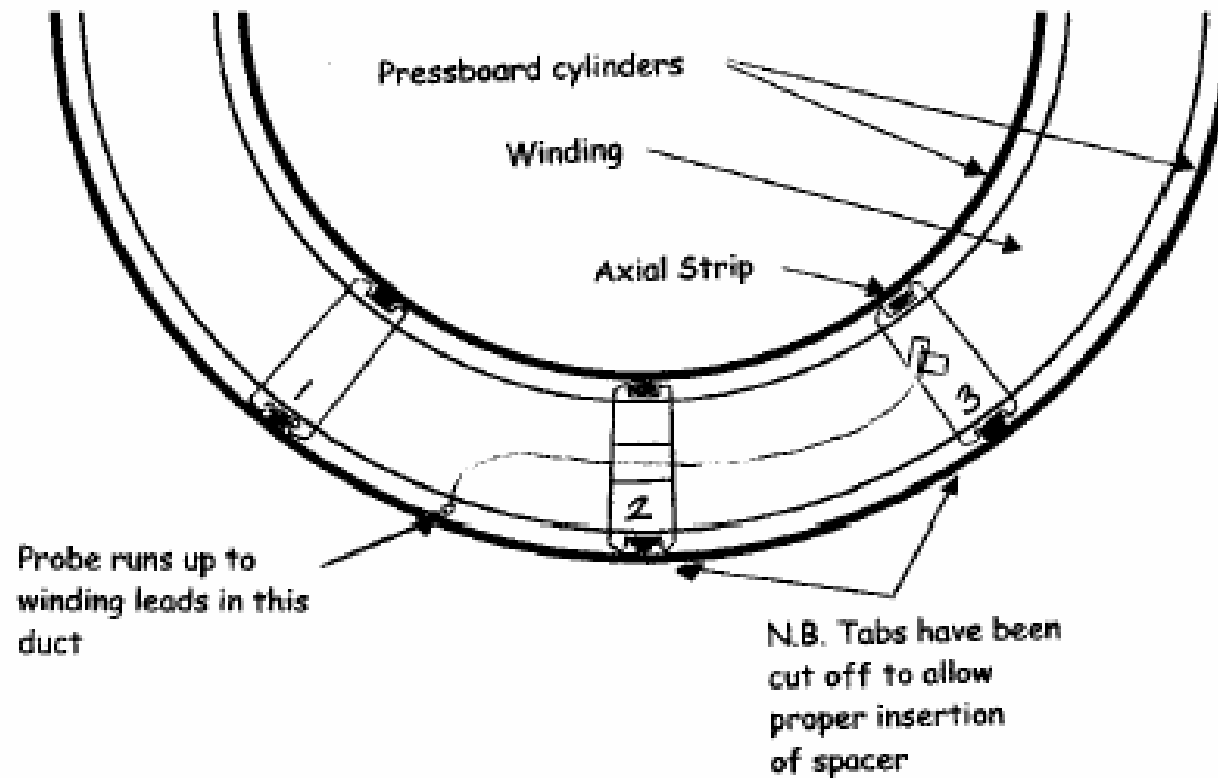


Figure 5: Use of gap spacer to route probe

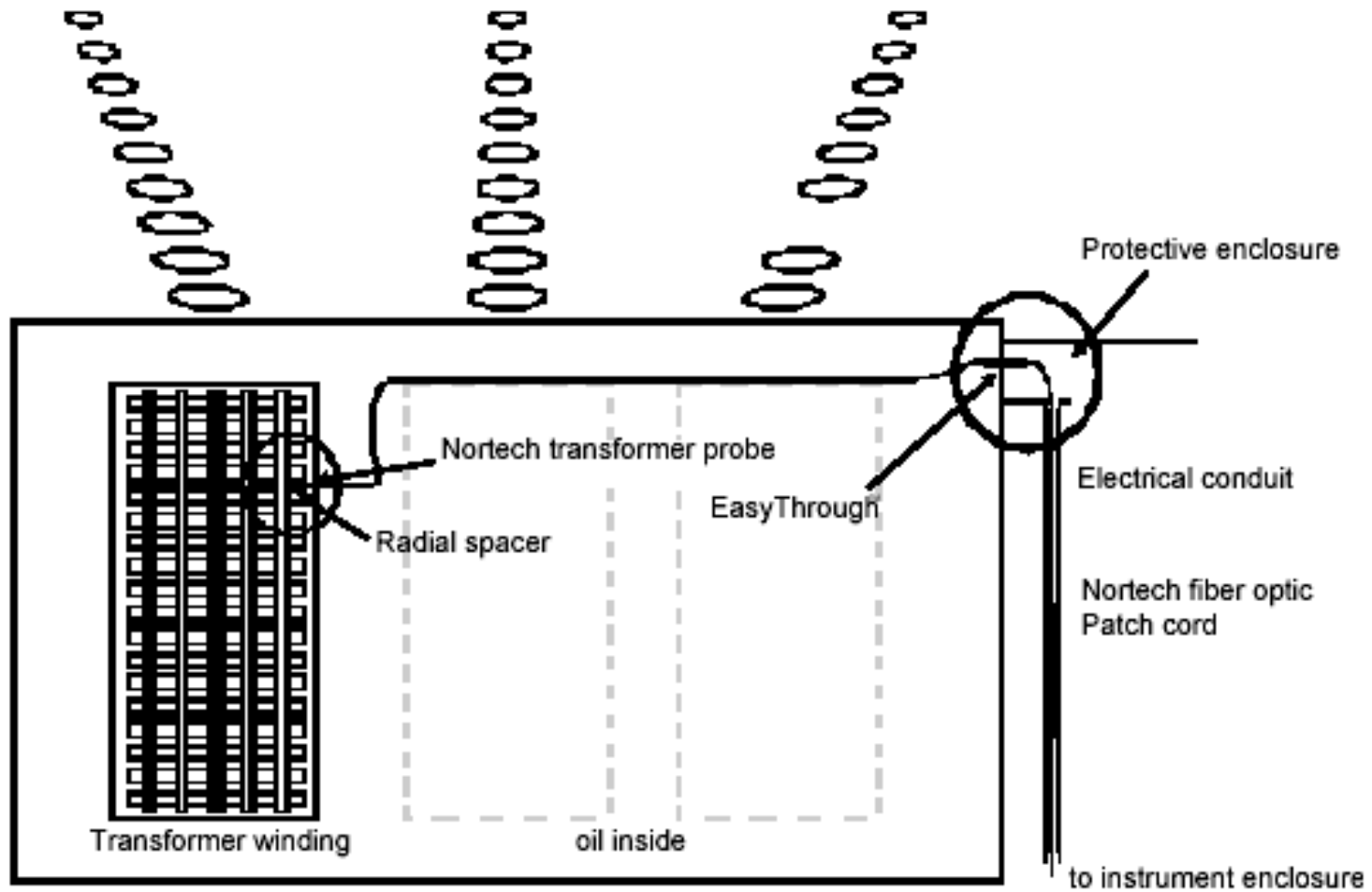


Figure 1: Transformer Installation

Table 1: System technical specifications

SPECIFICATIONS:

| | |
|-----------------------------|---|
| Number of channels: | 1 to 6, (up to 192 with the modular networkability) |
| Temperature range: | -40 °C to 175 °C |
| Resolution: | 0.1 °C for analog and digital outputs, 1 °C displayed |
| Conditioner accuracy: | ± 1 °C |
| Complete solution accuracy: | ± 3 °C (with TPT-32 probes) |
| Computer interface: | RS-232 |
| Network interface: | Isolated 485 with floating ground |
| Light source life: | >> 100 years |
| Sampling rate: | ≤ 10 sec. |
| Storage rate: | User configurable from 10 sec and more |
| Modular networking: | From 1 to 32 units (1 to 192 channels) |
| Analog outputs: | 1 to 6 analog outputs, 4-20 mA or 0-5 V (field selectable), internally supplied. Other ranges available on demand. |
| Power Requirement | 15V DC, 2A |



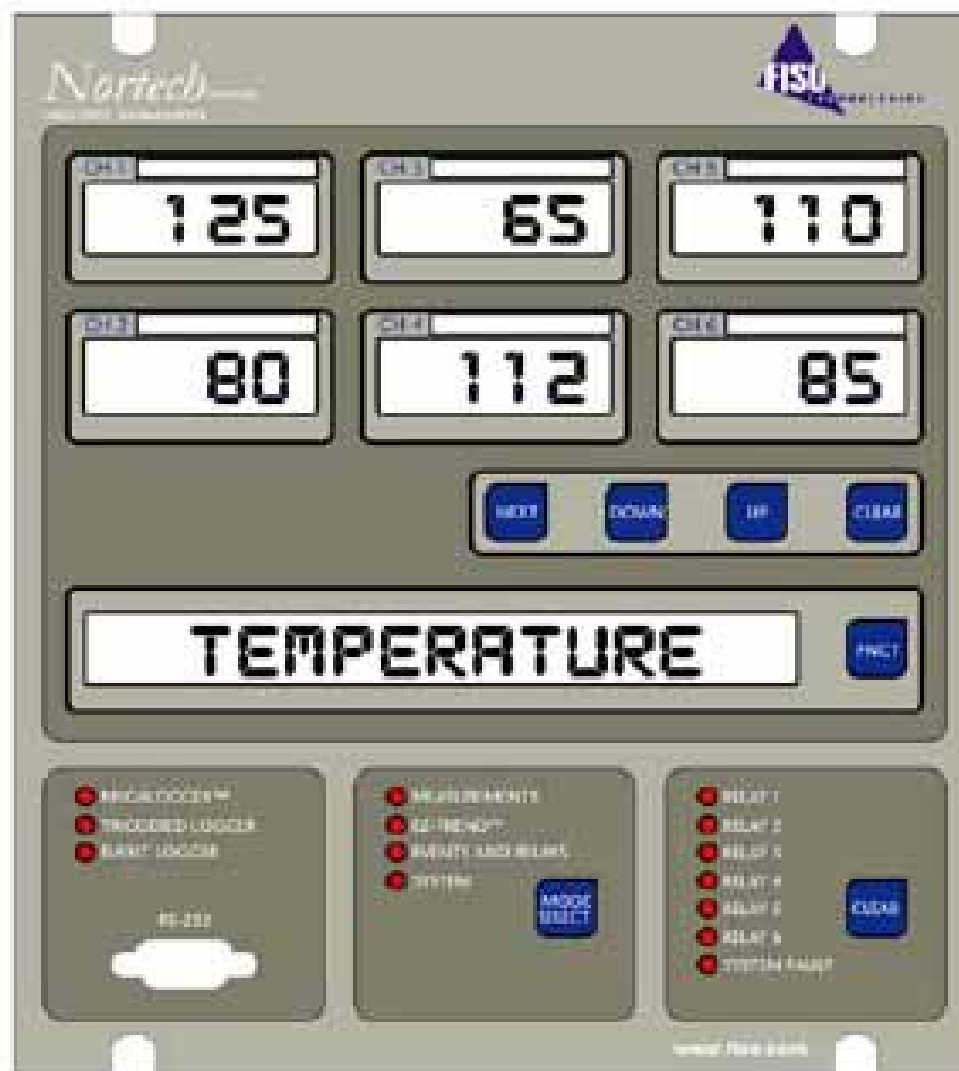
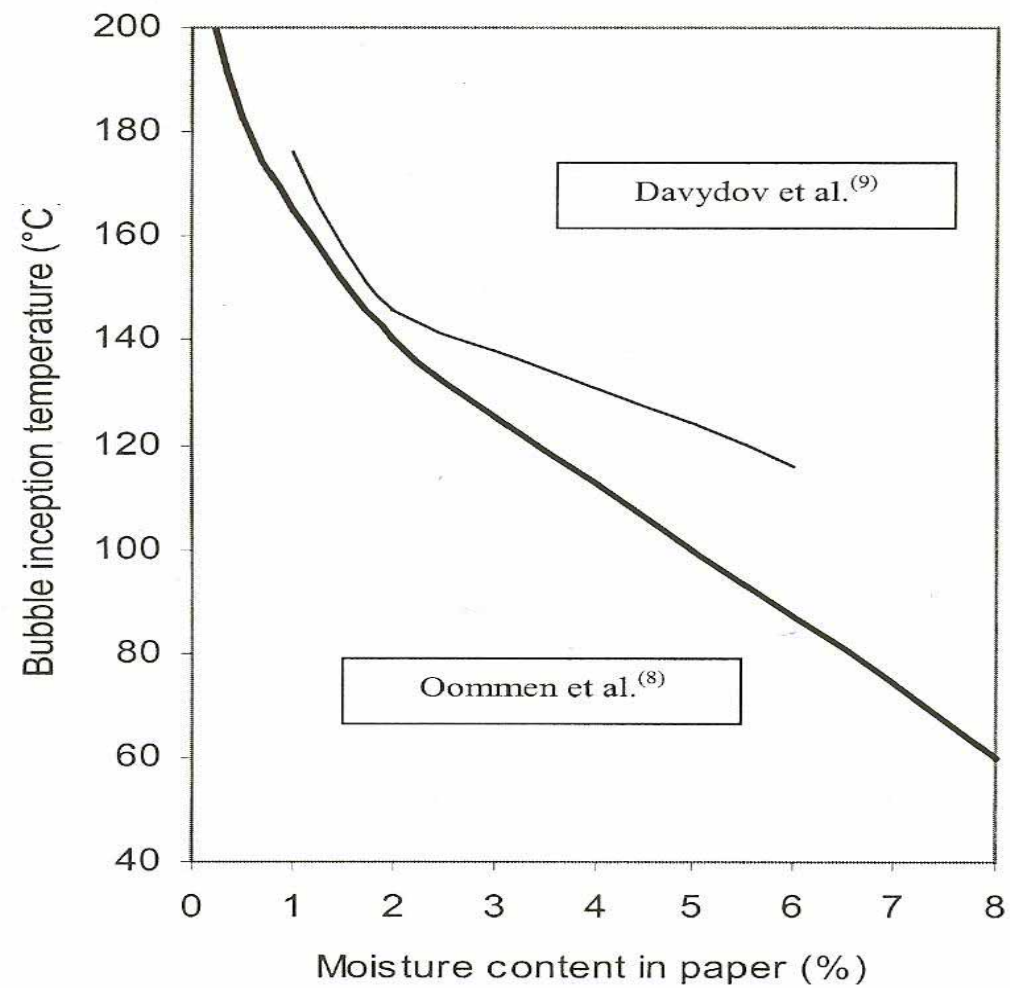


Figure 3: Nortech's front panel

Buborékképződés „küszöb hőmérséklete” az olajban

- Ha ismert a papír nedvességtartalma, abból pedig becsülhető az olaj buborék képződésének kezdeti hőmérsékletét.
- A papír nedvességtartalma vagy az olaj nedvességtartalmából számolható (egyensúlyi görbék), vagy pedig rendelkezésre állhat az RVM off-line mérés alapján is.
- A buborékképződés kezdeti hőmérsékletének számítására több görbesereg áll rendelkezésre,
- Ha összehasonlítjuk a Hot-Spot hőmérsékletet és a buborékképződés mindenkor kezdeti hőmérsékletével, akkor meghatározhatjuk mekkora „túlterhelési (hot-spot hőmérsékleti) tartalékunk” van még a rendszerben az adott pillanatban.
- A buborékképződés bonyolult folyamat eredménye, legfontosabb befolyásoló tényezők a nedvességtartalom és a hőmérséklet, de függ még az olaj típusától, öregedésétől is.





Transzformátor on-line monitoring

Köszönöm a figyelmet