



Beszámoló a CIGRE WG A2.44 munkájáról

„GUIDE ON TRANSFORMER INTELLIGENT CONDITION MONITORING (TICM) SYSTEMS”

„Transzformátor intelligens állapot monitoring útmutató (TB630)”

Csépes Gusztáv, Diagnostics Kft

XV. Szigetelésdiagnosztikai Konferencia

Sikonda, 2015. október 28-30.

CIGRE WG A2.44: „Transzformátor intelligens állapot monitoring”

Tartalomjegyzék

- 1. A téma aktualitása, az előadás célja**
- 2. Röviden a „smart grid” és a trafó monitoring rendszerekről**
- 3. Röviden a CIGRE WG A2.44 zárótanulmányáról**
- 4. Tramonis, a „kvázi intelligens” magyar monitoring rendszer**
- 5. Konklúziók**

CIGRE WG A2.44: „Transzformátor intelligens állapot monitoring”

A téma aktualitása, az előadás célja

- A **„smart grid”** a villamos energia rendszerben is a **megvalósulás** útján halad.
- A **legutóbbi trendek** szerint is a hálózat **megreformálandó** és a **21. század legnagyobb** tudományos és technológia **beruházása** várható.
- A **rendszer és az üzemeltető** részéről már **nem kérdés**, hogy **valós idejű és pontos monitoring és diagnosztika** szükséges az üzemeltetéshez.
- A **„smart grid”** koncepcióban az **„intelligens”** eszközök fejlesztése a legfontosabb.

CIGRE WG A2.44: „Transzformátor intelligens állapot monitoring”

- Ez így van a transzformátorok területén is, főleg azért is, mert a **trafó az állomás legdrágább berendezése.**
- **Az előadás célja:** nemzetközi és a magyar állapot rövid áttekintése.
- A berendezések és az **átviteli rendszer digitális irányítási rendszerével** együtt egy **átfogó** menedzser, monitoring és irányítási **rendszer van kialakulóban.**
- A hálózat **folyamatos bővülése**, az öregedés, műszaki paraméterek folyamatos javítás utáni igény, stb. miatt az üzemeltetőnek ismerni kell a **trafók aktuális állapotát.**
- **Állapot becslés** szükséges a **gazdasági és műszaki döntések** alátámasztásához.

CIGRE WG A2.44: „Transzformátor intelligens állapot monitoring” Főbb „Monitoring rendszer” definíciók

- **Monitoring** összegyűjti az összes fontos adatot, amely a rendszer állapotának leírásához, üzemeltetéséhez, azaz menedzseléséhez szükséges.
- **Online monitoring** amikor az **üzemelő** rendszeren mérünk és gyűjtünk adatokat.
- **Intelligens folyamatos online monitoring**, amikor az **üzemelő rendszer leírásához szükséges** adatokat mérő, adatfeldolgozó, vezérlő, stb. funkciókkal rendelkező IED (Intelligent Electronic Devices) **intelligens villamos mérőeszközökkel folyamatosan gyűjtjük** (smart sensors, smart devices).

CIGRE WG A2.44: „Transzformátor intelligens állapot monitoring”

- Monitoring **rendszer részei már léteznek**: használunk szenzorokat, van már **IED (Intelligent Electronic Devices)** eszközünk is.
- **Példa a HGA online monitoring, gyakran használt, online technológia**: belső hiba **korai állapotban való jelzése**, nagyobb az esély a katasztrofális hibák elkerülésére.
- **Intelligent Electronic Device (IED)**: mikroprocesszor vezérlésű berendezések.
- Együttműködő képesség: két vagy több **alkotóelem képessége, amely lehetővé teszi köztük az információcserét**, lehetőséget ad az információ (kölcsonös) **felhasználására**.

CIGRE WG A2.44: „Transzformátor intelligens állapot monitoring”

- Egy monitoring rendszer **intelligens**, ha a nyers adatokat megfelelő és pontos, döntés előkészítő információvá alakítja.
- Végső cél egy Interaktív **On-Line Condition Monitoring and Expert System** (szakértői rendszer).
- **Hiányzott** még eddig egy **egységes útmutatót**: milyen adatot kell gyűjteni, hogyan kell kiértékelni, hogyan lehet az adatokból „információt készíteni”.

Mi a trafó folyamatos on-line monitoring rendszer feladata?

A transzformátor állapotának **folyamatos figyelése**,

- **Kezdődő hibák korai észlelése**, figyelmeztető jelzés küldése
- A **katasztrofális** hibák megelőzése,

CIGRE WG A2.44: „Transzformátor intelligens állapot monitoring”

- Véletlen kiesés illetve **meghibásodás kockázatának** csökkentése,
- **Hibagyanús, de még üzemelő berendezés** állapotának követése,
- **Költségcsökkentés** a rutin diagnosztikai mérések gyakoriságának csökkentésével, felszabaduló munkaerő más célú hasznosítása,
- **Optimális üzemeltetéshez és karbantartáshoz** szükséges adatok gyűjtése,
- Üzemeltető számára fontos adatokat **archiválása**,
- Gyűjtött adatok **adatbázisának további elemzése**,
- A **fontos információk jelzése** a kezelőnek a biztonságosabb üzemeltetés céljából,
- Időnként előforduló **túlterheléseket** biztonságosabbá tétele,

CIGRE WG A2.44: „Transzformátor intelligens állapot monitoring”

- **Élettartam becslés**, élettartam kiterjesztés, stb.
- Segíteni a trafó **optimális kihasználhatóságát**, terhelhetőségét,
- Folyamatosan figyelni a trafó **online adatai mellett az offline** adatokat is,
- Mindig a **legkorszerűbb diagnosztikával** ellenőrzi a trafó állapotát,
- Segít az **állapotfüggő karbantartást** (Condition Based Maintenance (CBM))
- **Biztonságos üzemvitel különleges állapotokban** (túlterhelések, hirtelen állapotváltozások, stb.),
- Mindig a **legújabb időszak szakértői tudás kerüljön tárolásra**, nincs probléma a **szakértők távozásakor**,

CIGRE WG A2.44: „Transzformátor intelligens állapot monitoring”

Trafó folyamatos on-line monitoring rendszer feladata

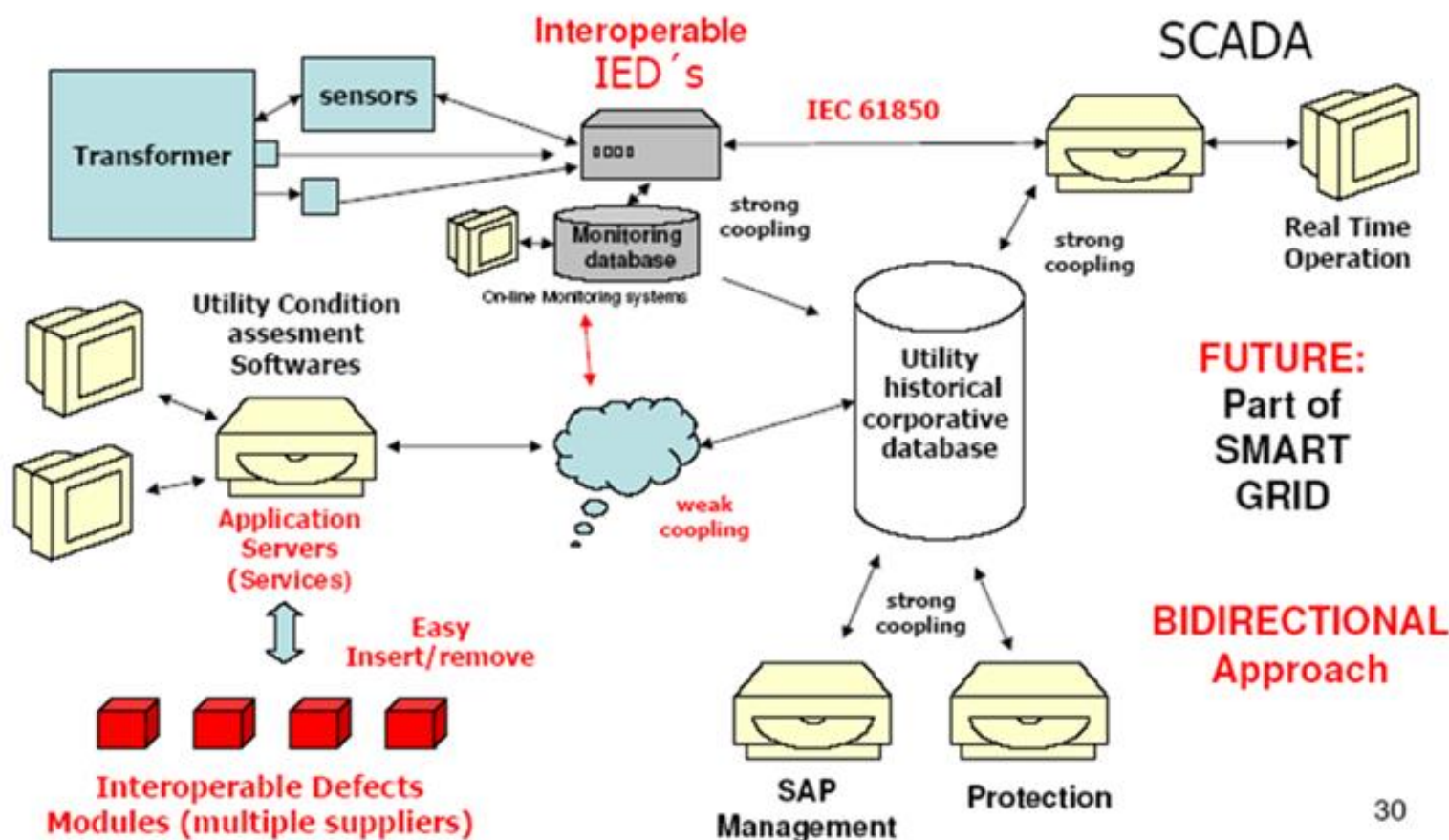
- **Folyamatos (24 órás) szakértői figyelés** a nagy mennyiségű **online és offline** adatok felett, 24 órás diagnosztikai felügyelet,
- Nemcsak „előjelzés”, „figyelmeztető jelzés” küldése, hanem **rövid szakértői üzenet** a pillanatnyi állapotról az **ügyeletes diszpécser felé (védelmi funkció?)**,
- A rendelkezésre álló **állapot és diagnosztikai információ** az egész rendszer **üzemvitelét és üzembiztonságát** segíti.
- Az energetikai **számítástechnikai intenzívebb használata** miatt nagy az igény a transzformátor üzemeltetési, karbantartási, irányítástechnikai, stb. területén **egy hatékonyabb rendszer létrehozására.**

CIGRE WG A2.44: „Transzformátor intelligens állapot monitoring”

- Ehhez kellene egy **hatalmas adatbank**, amely tartalmazná az online adatok mellett a **trafó eddigi életével kapcsolatos adatokat**, karbantartásokat, vizsgálati eredményeket, felújításokat, ráfordított költségeket, munkaórákat, stb.
- Szükséges lenne e hatalmas adat halmaz **beintegrálására a meglévő rendszerbe és hasznosítható információvá történő átalakítására**.
- De mit nevezünk **hasznosítható információnak**?
- **Milyen algoritmusok** szükségesek a diagnosztikában?
- És még számos kérdés merült fel,

CIGRE WG A2.44: „Transzformátor intelligens állapot monitoring”

Példa és kulcs szavak: „smart grid”, együttműködő, IED, moduláris hardware és software, valós idejű működés, IEC 61850 szabványos Input and Output, stb.



CIGRE WG A2.44: „Transzformátor intelligens állapot monitoring”

CIGRE WG A2.44 célja:

- Hogyan értelmezhetők a különböző gyártók készülékeinek **digitális outputjai**? Együttműködő moduláris diagnosztikai rendszerekből álló, intelligens online rendszer szükséges.
- CIGRE WG A2.44 munkabizottság ezeket a kérdéseket próbálta megválaszolni, ezért született ez a **végső tanulmány (TB 630)**.
- Mind a gyártóknak, mind a felhasználóknak is hasznos, segít a menedzsmenti **technika javításában**, azáltal, hogy **bemutatja** az integrált és intelligens információ rendszer széles skáláját.
- Segít egy **optimális célkitűzés kiválasztásában**, azáltal, hogy bemutatja a már meglévő és új monitoring és diagnosztikai rendszereket.

The Transformer Committee (A2)

- 44 regular and observer members, 181 experts, 35 countries represented

2015. szeptember: TECHNICAL BROCHURE (630)

WG A2.44 – Guide on Transformer Intelligent Condition Monitoring (TICM) Systems

SC A2 (Transformers) vezető, Claude Rajotte - Hydro-Québec, Canada,
SC A2 titkár, Patrick Picher, IREQ, Canada,

WG vezető, Carlos Dupont, CEPEL, Brazil
Korábbi SC A2 vezető, Pierre Boss – ABB - Switzerland
ABB-USA, Luiz Cheim
Dynamic, Ratings – USA, Claude Kane
ALSTOM – Németország, Raimund Skrzypek,
GE USA, UK, Claude Beauchemin / Elizabeth Mackenzie
SIEMENS, Brazilai, José Geraldo Silveira,
(André Vita – Furnas / Paulo R. Silva – Toshiba – Brazil), stb., **összesen 44 fő.**

Kiindulási állapot:

- Számos szenzor, online monitoring rendszer, értékelő szoftver, stb. áll rendelkezésre, de nincs egy közös gyakorlat a menedzselésre és hogyan lehet a rendelkezésre álló rettenetes nagy adathalmazból hasznos és megfelelő információt létrehozni.
- WG A2.44 javaslat: egy TICM létrehozása, ami flexibilis és bővíthető, megfelel a felhasználó jelen és a jövő igényeinek.
- A WG által kibocsátott TB630-al, a gyártók és a felhasználók részére az alábbi főbb területeken szolgál útmutatóul:
 - A téma, eljárások, specifikációk meghatározása, hogy a legjobb gyakorlat kerüljön alkalmazásra, és a legtöbbet hozzuk ki a Condition Monitoring (CM) és a diagnosztikai információkból.
 - „Beintegrált” óriási adatbázissal javítható a berendezések üzemeltetése
 - Javaslatok a hagyományos monitoring és TICM rendszerek alkalmazására

E célok érdekében ez a TICM TB az alábbiakat tartalmazza:

- Különböző monitoring **modellek áttekintése**,
- Monitoring **struktúra** kialakítási lehetőségek,
- **Példák** különböző algoritmusokra,
- Néhány **megvalósított monitoring** rendszer

Röviden az egyes fejezetek tartalmáról:

- 2. fejezet: **bevezetés** a „smart grid”-be, definíciók, felhasználói igények, stb.
- 3. fejezet: **TICM funkcionális leírása**, hogyan lehet a TICM alkalmas a feladatára, hogyan kell feldolgozni a folytonosan rendelkezésre álló online adatokat, stb.

Röviden az egyes fejezetek tartalmáról:

- 4. fejezet: **intelligens értékelő módszerek**, amelyek segítik a felhasználót.
- 5. fejezet: **rendszerkövetelmények**, jelenlegi helyzet, **szabványosítás**, stb.
- 6. fejezet: hogyan lehet a TICM minél **„szabványosabb”**,
- 7. fejezet: **stratégiai és gazdaságossági** kérdések,
- 8. fejezet: **konklúziók**, javaslat a munkák folytatására,
- 9. fejezet: szakirodalmi hivatkozások,
- A, B, C, D, E **függelékek**: kiegészítő anyagok az egyes fejezetekhez.

CIGRE WG A2.44: „Transzformátor intelligens állapot monitoring”

2. fejezet

- **Felhasználói igény:** nagy értékű berendezések hatékony üzemeltetése alacsony működési és karbantartási költségek mellett.
- **Ehhez egy jó gyakorlat:** egy CM folyamat alkalmazása a meglévő vállalati infrastruktúrára építve.
- **Ha ez jól működik:** optimális megelőző karbantartás, csökkent kiesés és növekvő biztonság érhető el.

Condition Monitoring (CM) választásával rendelkezésre kell állnia:

- Mérhető paraméternek a meghibásodás jellemzésére.
- Egy monitoring technikának.
- Tudásanyagnak a monitoring adatainak kiértékelésére.
- A detektált kezdődő hiba után legyen idő a beavatkozásra.

Transformer Intelligent Condition Monitoring (TICM) definíciója:

A TICM az egy eljárás, amely felhasználja a trafó alapvető ismereteit, az adat érzékelő és feldolgozó rendszert, hogy összegyűjtse a nyers adatokat, előfeldolgozza, tárolja, átkonvertálja azokat közös beavatkozású kimenetekké, amely egy elemző technikával leírja az egység és/vagy a tartozékok állapotát.

CIGRE WG A2.44: „Transzformátor intelligens állapot monitoring”

Röviden néhány TICM jellemzőről:

- **Intelligens:** mér, érzékel, „hall”, lát, stb., valamint „gondolkodik”, öntanuló, következtet és megelőz. Ehhez alkalmazhat Expert System, Fuzzy Logic System, stb.
- **Állapot:** valaminek a minőségi ill. működőképességi állaga, ami lehet jó, rossz vagy valahol a kettő között.
- **Monitoring:** eljárás, amely megfigyeli és ellenőrzi az állapotot és a folyamatokat időről időre. Lényegében a nyers adatok begyűjtése, elő feldolgozása IED (Intelligent Electronic Devices) eszközökből, valamint a periodikus vizsgálatok, szemrevételezések, karbantartások, stb. eredményeinek megfigyelése.

CIGRE WG A2.44: „Transzformátor intelligens állapot monitoring”

- **Diagnózis:** állapoteltérés értékelési eljárás, az eltérés okának megkeresése, kockázat megállapítása, majd üzenet beavatkozásra.
- **Prognózis:** eljárás, amellyel megpróbáljuk megbecsülni az egység állapotának jövőbeli változását, hogy a legjobb időben avatkozassunk be.
- **Health Index:** általános jelzőszám, amely leírja a trafó állapotát. Használatával a döntéshozók a szükséges beavatkozásokról dönthetnek.
- **IED (Intelligent Electronic Decice):** megnevezés mikroprocesszor alapú készülékekre. Az IED a szenzoroktól vagy más készülékektől veszi a jeleket és vezérlő parancsokat ad ki.

TICM a jövő hálózatában

- **Hosszútávon a jövő: smart grid, teljesen automatizált villamos rendszer,**
- Ez intelligens monitoring rendszerek **egységes rendszerbe integrálásával érhető el**, amely által növekszik az ellátó rendszer **üzembiztonsága**.
- Ehhez **online és offline** technológiát egyaránt fel kell használni az összes berendezésnél, így érhetjük el a **„smart grid” állapotot**.
- A trafónál elértük mára azt az állapotot, hogy **rendelkezésre állnak olyan eszközök**, amelyekkel gyűjthetjük és tárolhatjuk az adatokat.
- A jövőben a **folyamatosan tárolt adatokat és a hagyományos infókkal kell beintegrálni az alállomási topológiába**, figyelembe véve még más (pl. védelem) eredményeket, **hasznos eredményekké kell konvertálni**, a tulajdonost **döntési helyzetbe hozni**.

Condition Monitoring (állapot monitoring) a jövő Smart Grid-jében

**RELIABILITY AND
EFFICIENCY PLANNING**

**MANAGED OPERATIONAL
RELIABILITY**

RESOURCE OPTIMIZATION

**Smart
Generation**

Smart Grid

**Smart
Consumption**

Transmission Grid

Distribution Grid

PLANNING & MODELING
BACKOFFICE / FRONT OFFICE

Offshore
Wind Power

Distant
Solar Power

Distributed
Energy
Resources

E-Cars

Decision Support
System Integrity
Protection

Power
Electronics

Advanced
Energy Mgmt
System (EMS)

Substation
Automation &
Protection

Asset
Management

**Condition
Monitoring**

Distribution
Management
Systems (DMS)

Distribution
Automation &
Protection

Meter Data
Management
(MDM)

Smart
Meters / Demand
Response

Industrial &
Commercial
Loads

Residential
Loads

E-Cars

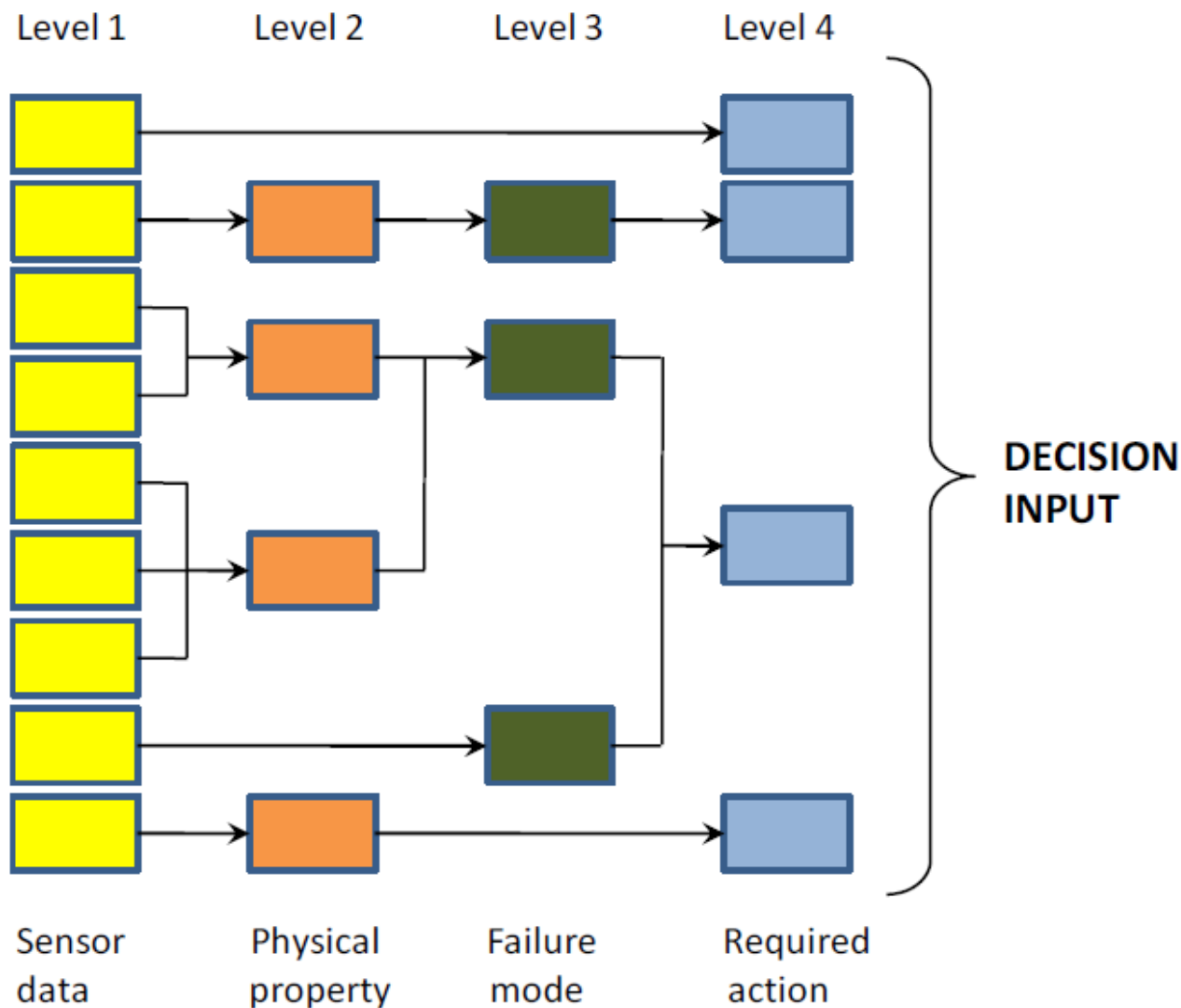
Common Information Models and Communications Protocols

A TICM felhasználói rövid, közép és hosszútávon: rendszeroperátorok (szükségállatú üzemeltetés, karbantartás), karbantartók és tervezők (tervezett karbantartás és csere, beható kivizsgálás, és korai figyelmeztetés), stratégiai eszköz menedzserek (hosszú távú fejlesztés, hálózatfejlesztés, csere stratégia), Megkívánt eredmények: biztonsági, folytonossági és megbízhatósági állapot, karbantartási igény és rövid távú csere, romlási trend, optimális karbantartás, hosszú távú csere

	Time Frame	Primary User	Required Outcome
1	Immediate Short term	SYSTEM OPERATOR - Emergency operation - Emergency maintenance - System operation	STATUS WITH REGARD TO - Safety - Continuity - Reliability
2	Medium term	MAINTENANCE & PLANNING - Planned maintenance - Replacement planning "Intensive care" and "early warning"	STATUS WITH REGARD TO - Maintenance need - Short term replacement
3	Long term	STRATEGIC ASSET MANAGEMENT - Long term evolution - Grid extension - Replacement strategy	STATUS WITH REGARD TO - Degradation evolution - Maintenance optimization - Long term replacement need

Table 2.1: Users of a TICM system

Trafó nyers adatok döntési információkká történő feldolgozási lehetőségei



CIGRE WG A2.44: „Transzformátor intelligens állapot monitoring”

Funkcionális trafó modell

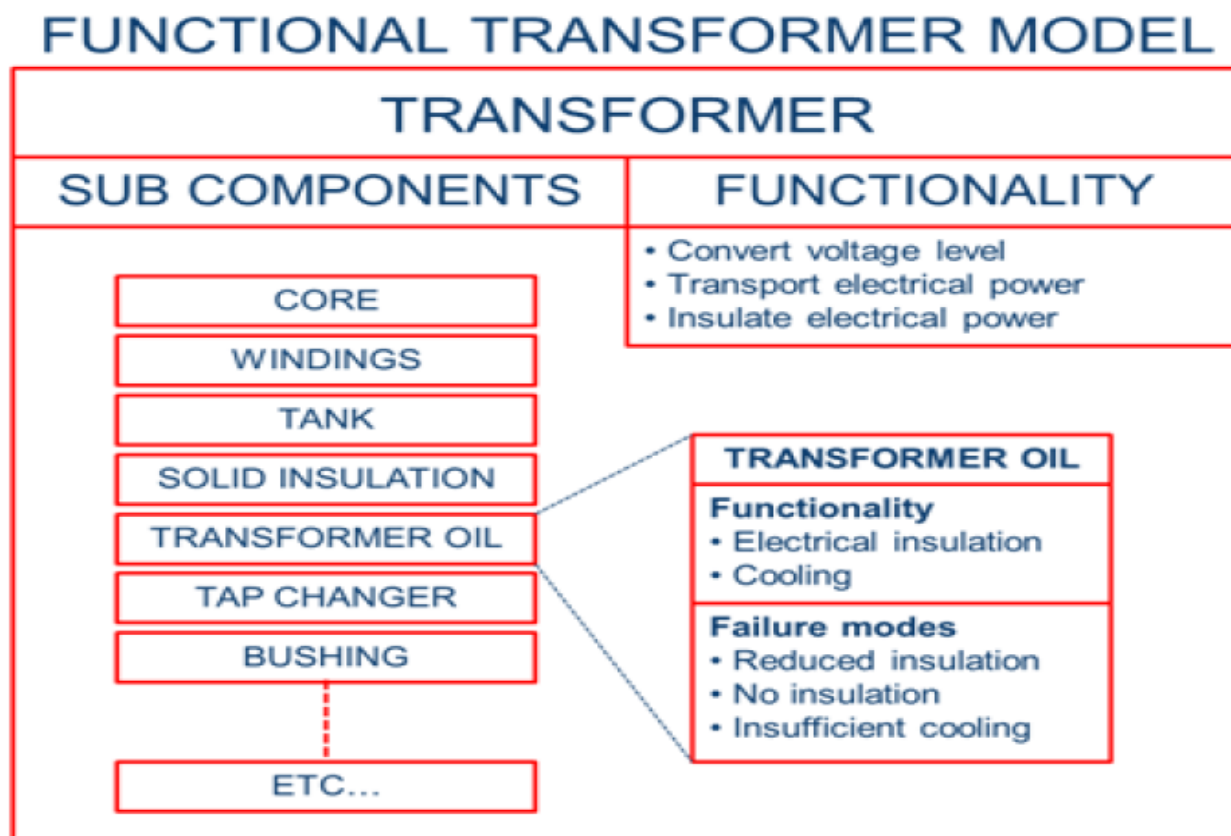
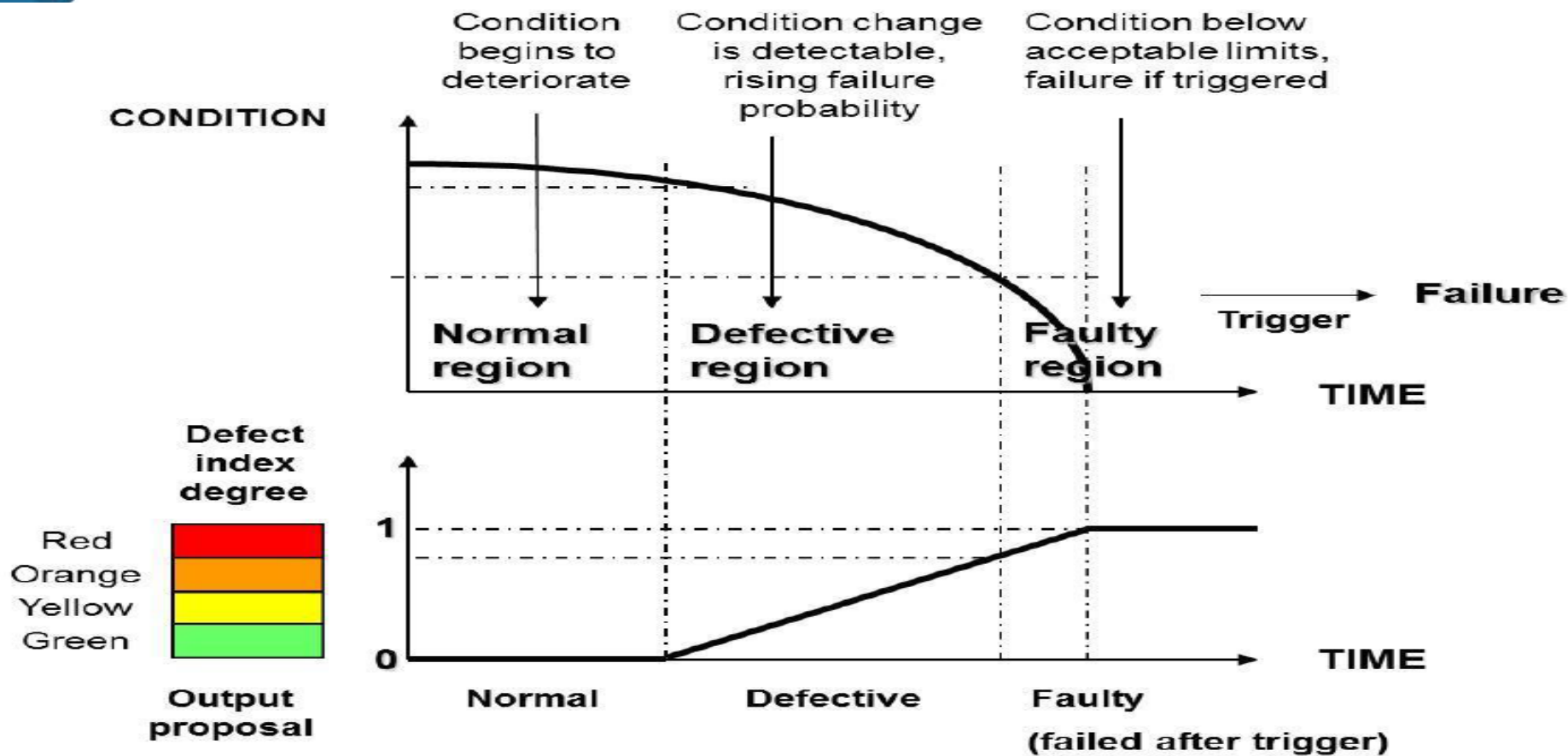


Figure 3.6: Concept of a functional transformer model

Állapot időbeli kifejlődése és példa az állapot besorolására (kódolás)



CIGRE WG A2.44: „Transzformátor intelligens állapot monitoring”

Ajánlott univerzális besorolás és egy példa a vállalt specifikus beavatkozásra

UNIVERSAL

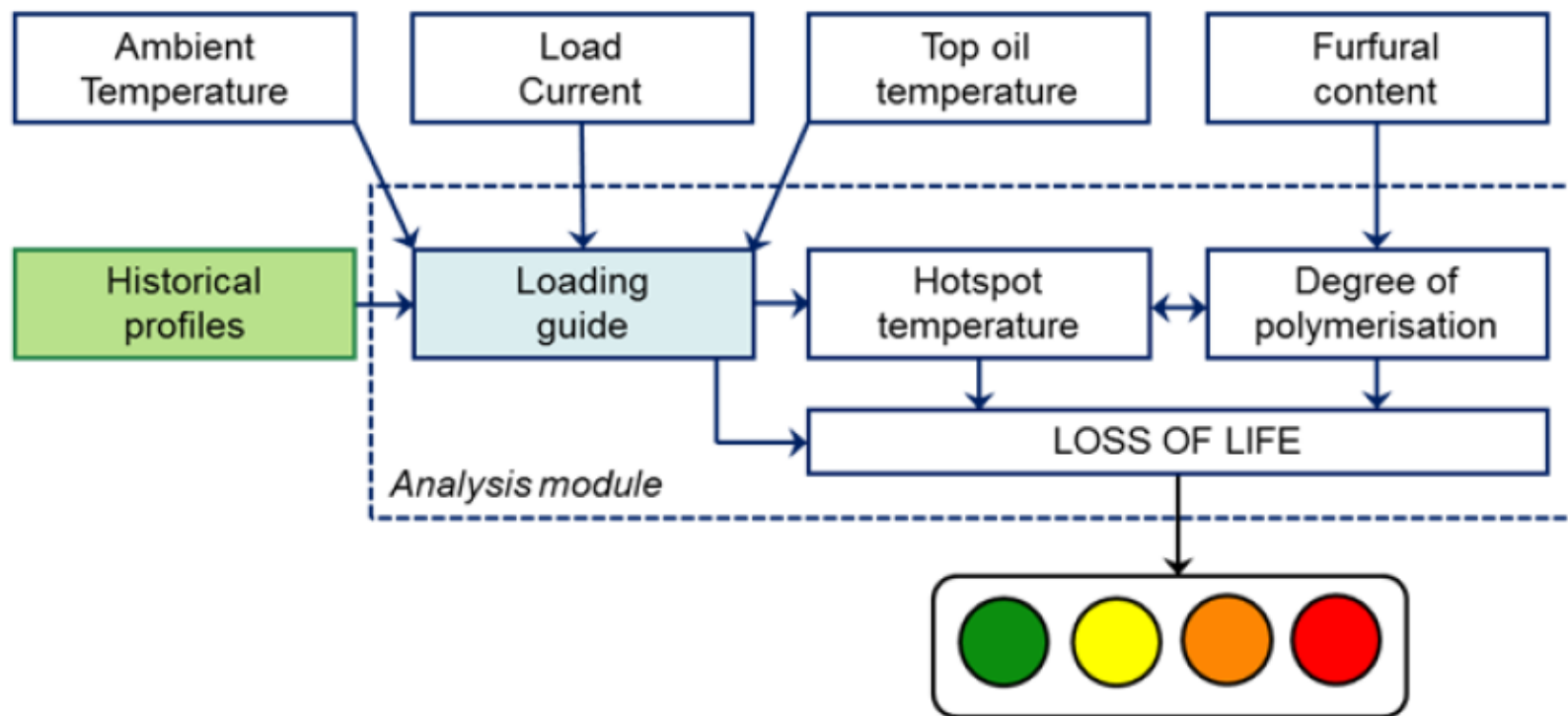
CLASS	COLOR	DEFINITION
4	Red	bad (faulty)
3	Orange	poor (evolved defect)
2	Yellow	average (early defect)
1	Green	good (as good as new)

COMPANY SPECIFIC

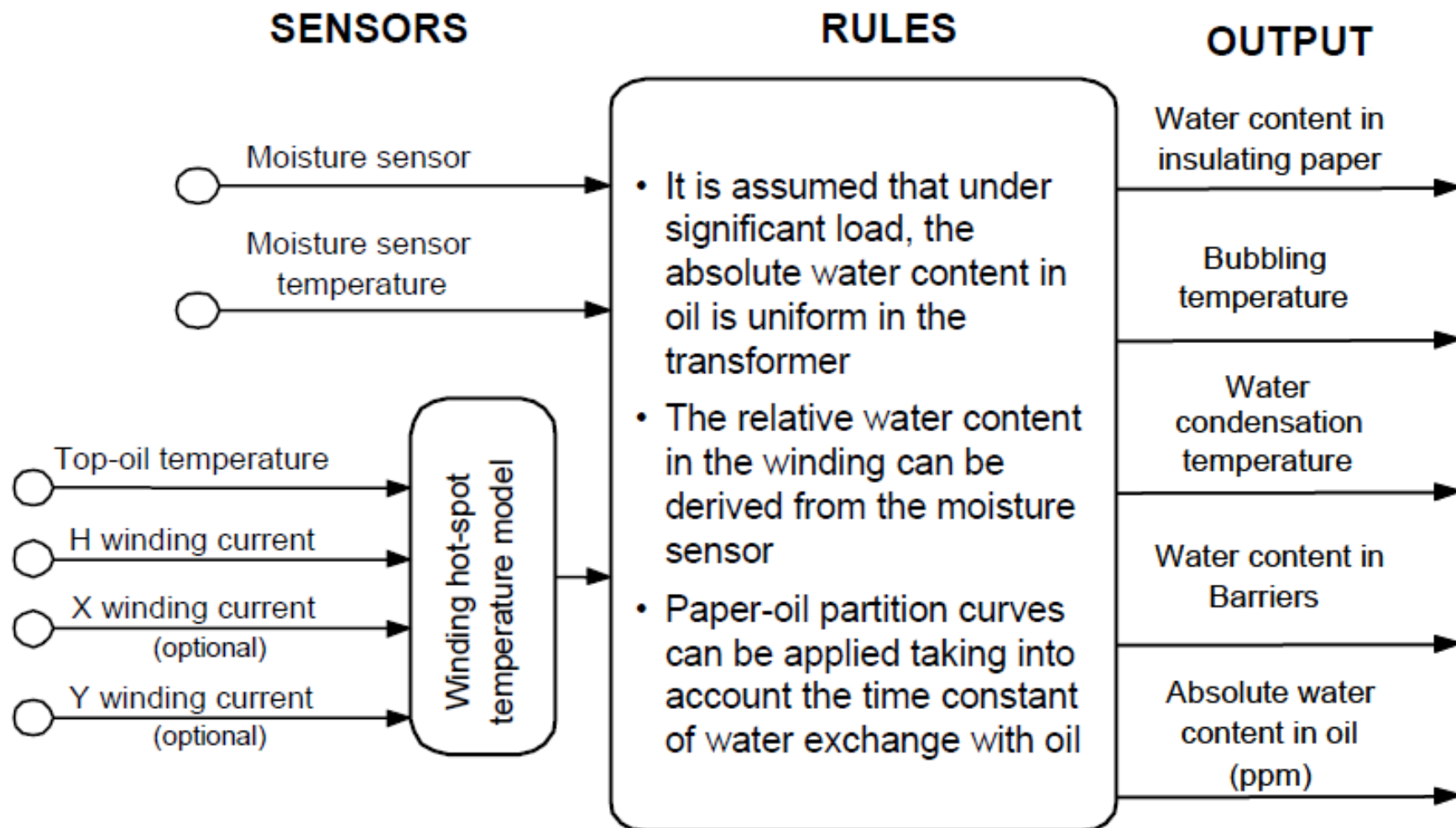
ACTION
replacement on short term
repair / replacement required
observe evolution; diagnostic / repair action if required
business as usual

Példa a TICM egy intelligens alrendszerére (tekercs papír romlás)

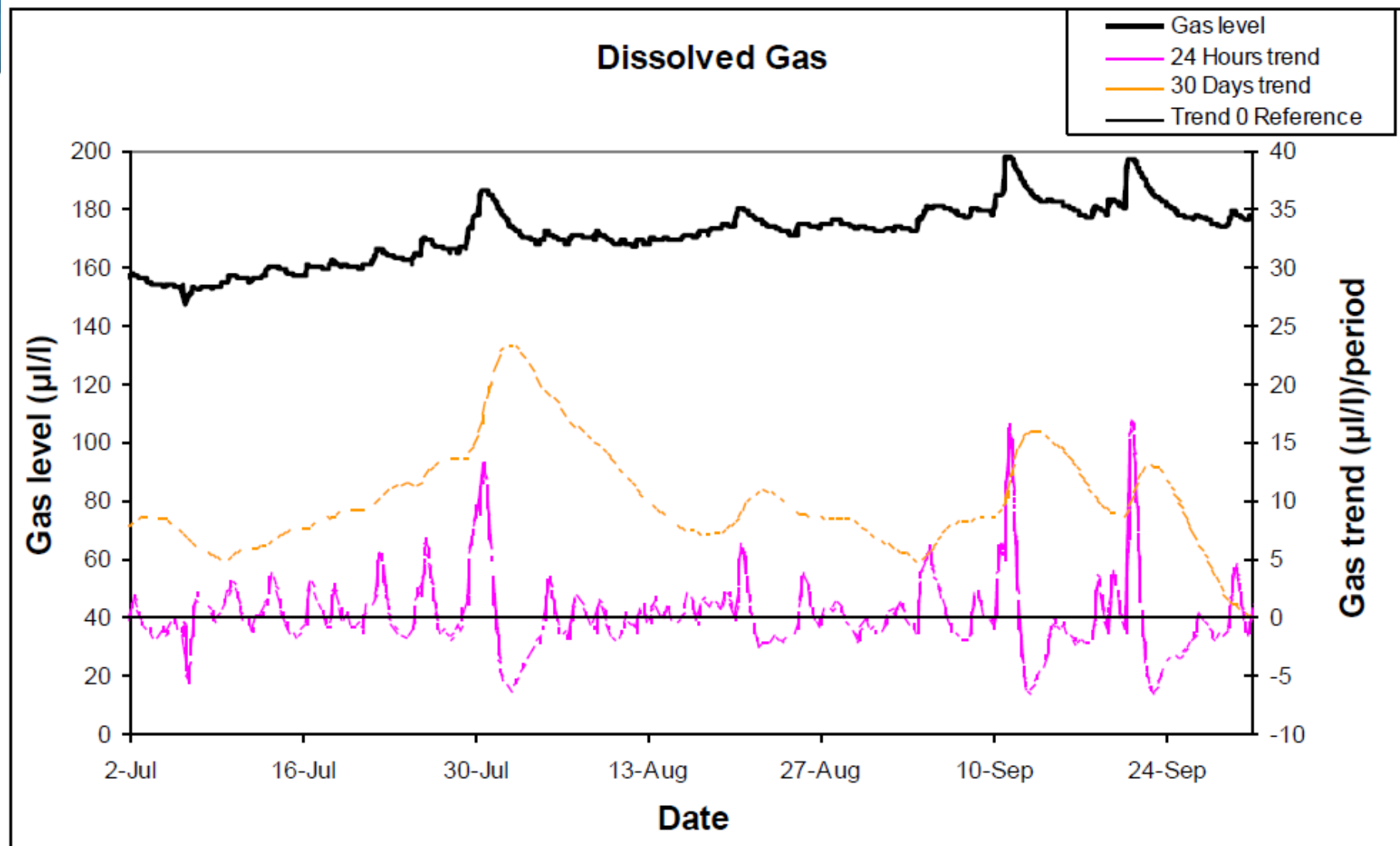
Example TICM Intelligent Node Winding paper degradation



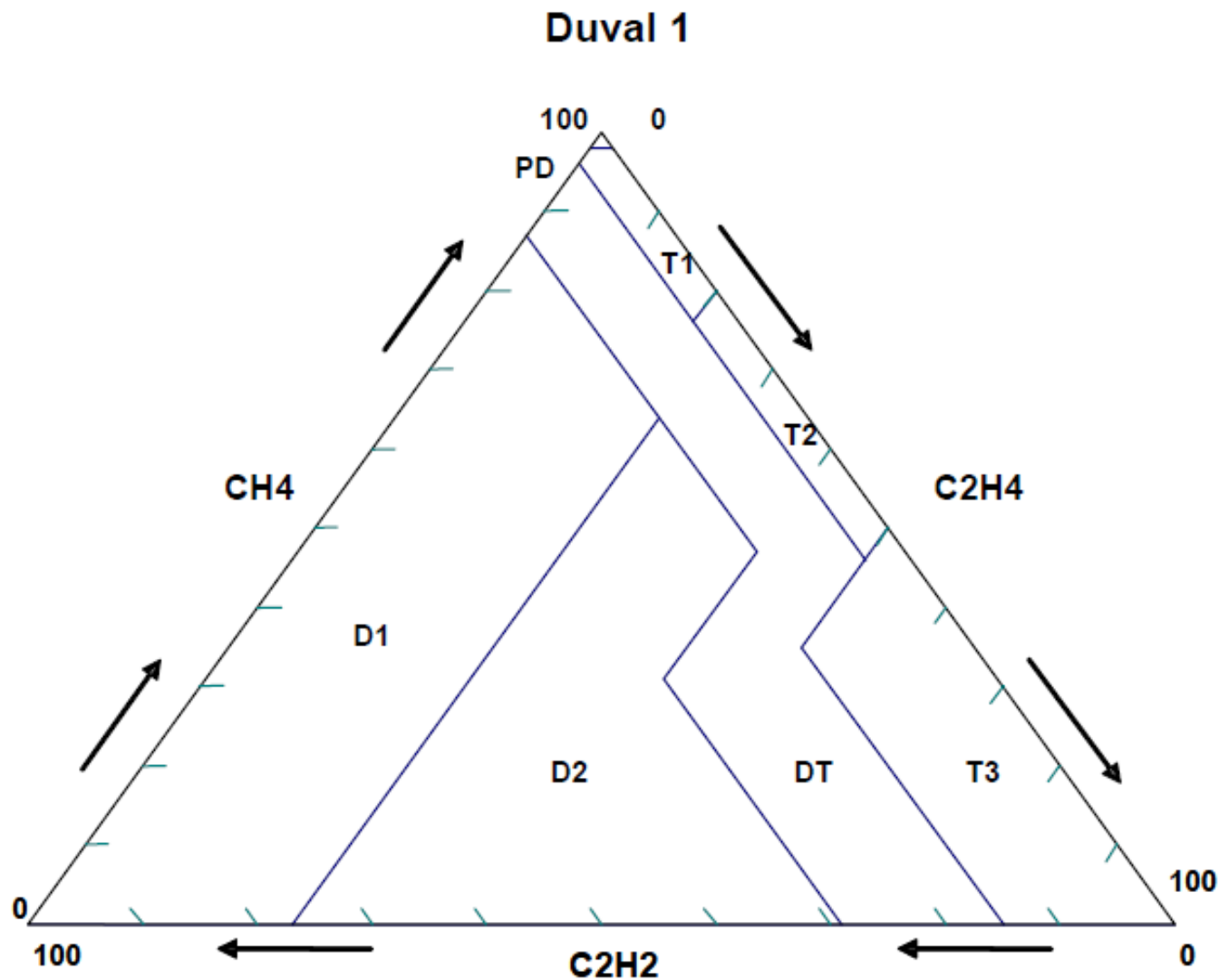
Példa egy komplex modellre: nedvesség a szigetelési rendszerben



Egy trendanalízises példa (HGA): gázsztint, 24 órás és 30 napos változás



Duval-1 háromszög: diagnosztikai alapismeretek



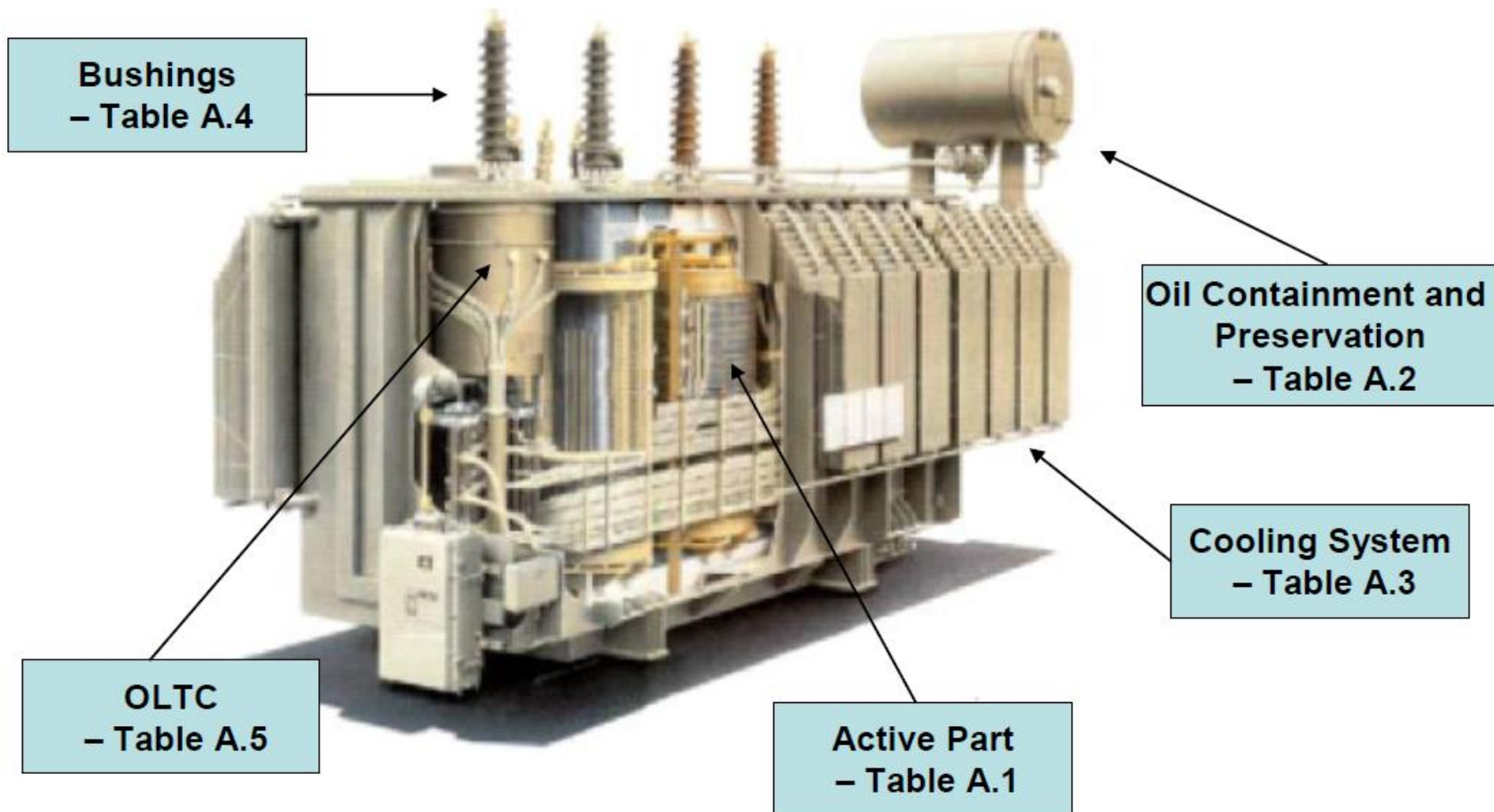
Példa a TICM lehetséges kimeneti kategóriáira és tulajdonságaira

Kimeneti kategória: **biztonság**: Tipikus példa: nagy C2H2: **Kit érdekel**: diszpécser, karbantartó, stb. **Mit kerülhetünk el**: kockázat: **Beavatkozás**: tr kikapcs: **Fontosság**: igen nagy: **Mikori** beavatk: azonnal: **Beavatkozás után** mit kell csinálni: kikapcsolás, diag: **Megjegyzés**: zárlat, átívelés, katasztrófa, stb. következmények.

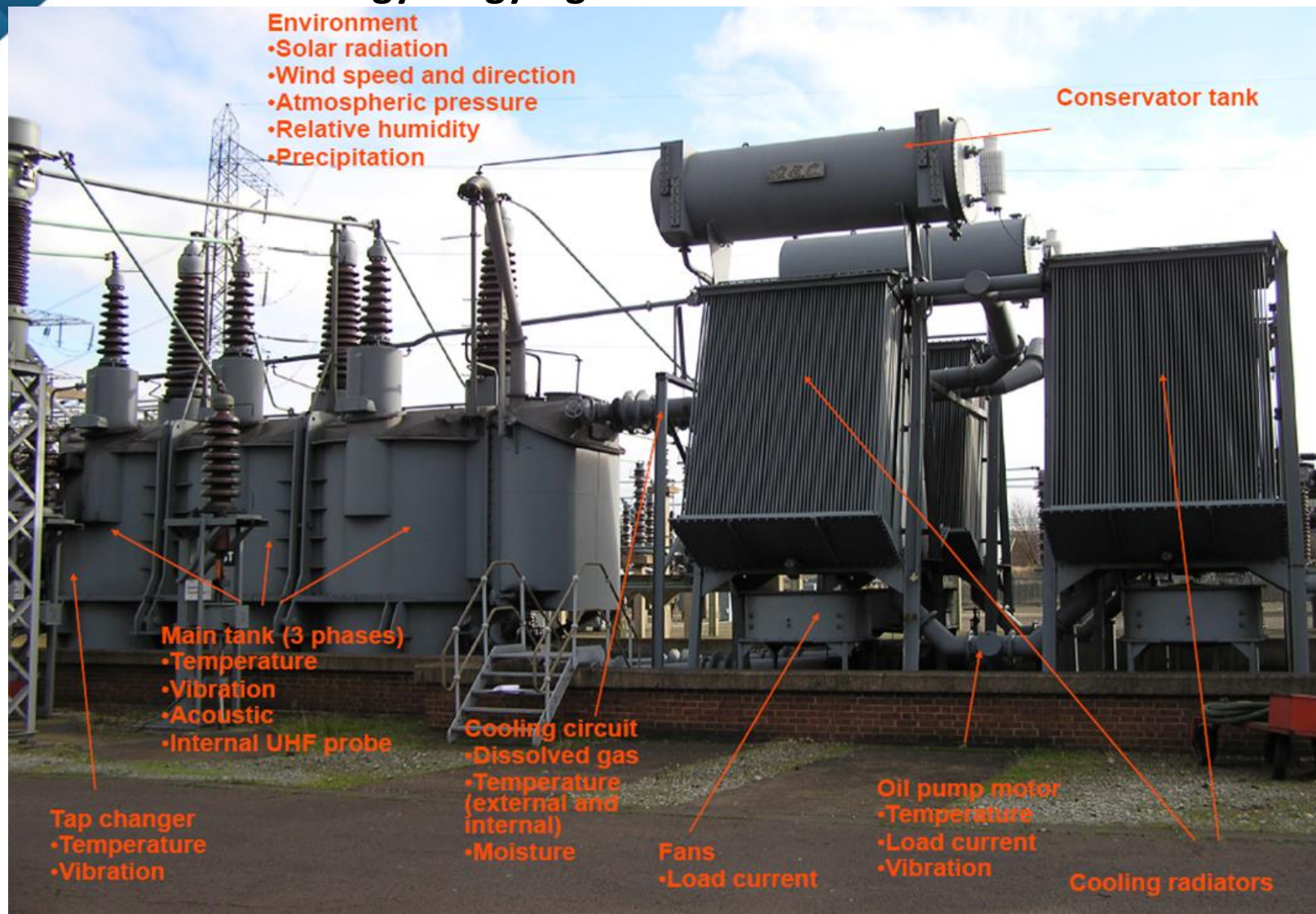
Output category Name	Typical Example	User/Beneficiary	Main use/reason	Information or signal to the user	Possible impact category	Information urgency	Follow-up actions to be considered	Comment
O_SafetyStatus								
	Increased level of acetylene	Maintenance dispatcher; Nearby personnel	Avoid hazards	Stop access to TFO; warn / inform	Extreme	Immediate	Judge unit turn off; Immediate diagnostics	Sparking; Possible, flashover; Possible, catastrophic fault
O_OperationCapability								
	Top oil temperature too high	Operator; Maintenance	Operation of the TFO in the network	Operate up to load value	Medium	Immediate	Control load to limits; Check cooling	Operation limitations
O_MaintenanceGeneral Warning								
	Moisture or gas in oil	Maintenance team (general info)	Maintenance team receives a general information	Warning, reminder, mail, SMS	Medium	Near term; Medium term	Diagnostics; Oil treatment	Consider outage for oil treatment
O_MaintenanceSpecificWarning								
	Change in bushing health	Maintenance team (specific info)	Maintenance of a specific part or system.	Warning, reminder, mail, SMS,	High	Immediate; Near term	Diagnostics; Replacement	Information is specific to part.
O_AssetManagement								
	High loading over time in service	Asset management	Asset management; Planning	Reminder	Low	Long term	DP investigation; Decision on future; Maintenance or replacement	Aging of unit/paper

Trafók funkcionális fő alrendszerei (csak az online adat inputok)

Transformer Functional Main Subsystems



Mindenegyres egység szenzorokkal kerül felszerelésre



Trafó funkcionális alrendszer: aktív rész (csak funkciók és funkcionális hibák online monitoring adatokon keresztül)

Table A.1 – Transformer Functional Subsystem “Active Part”

(Only functions and functional failures that can be characterized through continuous on-line condition monitoring data)

Functional Subsystem: Active Part

Primary Function	Functional Failure Modes	Components / Subcomponents	Failure Causes	Defect Analysis Name (Abnormal Symptoms)	Measured on-line continuous values (data inputs)
Provide a path for a magnetic induction / transformation of voltages without generating high leakage flux with localized heating and abnormal losses in the core	Has high eddy currents	- Nucleous / Magnetic Core (legs/yokes)	- Core steel sheets shorted	- Electric Arc (in the tank) - Partial Discharges (in the tank)	- Rate of change and total gas (primarily H ₂) dissolved in the oil - 8 gases dissolved in oil (single measurement) - Partial discharges measurement (electric, UHF, acoustic)
	Shows abnormal electrical losses in the core	- Nucleous / Magnetic Core (legs/yokes)	- Error in assembly - Poor fixing pads/ clamps / screws - Magneto striction (contractions and stretching of the blades) - Core steel sheets shorted	- Electric Arc (in the tank) - Partial Discharges (in the tank) - Conductor Overheating (in the tank)	- Rate of change and total gas (primarily H ₂) dissolved in the oil - 8 gases dissolved in oil (single measurement) - Partial discharges measurement (electric, UHF, acoustic)
	Shows high surface overheating (due magnetic leakage flux)	- Nucleous / Magnetic Core (legs/yokes) - Magnetic shield	- Deficiency in isolation of bolts for fixing the steel blades - Localized dispersing magnetic flux - Core steel sheets shorted	- Electric Arc (in the tank) - Partial Discharges (in the tank) - Conductor Overheating (in the tank)	- Rate of change and total gas (primarily H ₂) dissolved in the oil - 8 gases dissolved in oil (single measurement) - Partial discharges measurement (electric, UHF, acoustic)
Provide electrical insulation between layers, coils, windings, core, tank, and electric contacts, without reduction of electrical resistance and external insulation, and without generating arc, sparks, partial discharges and floating potential	Shows windings displacement	- Main insulation (paper + oil)	- Broken insulating paper of windings / coils	- Electric Arc (in the tank) - Partial Discharges (in the tank) - Conductor Overheating (in the tank)	- Rate of change and total gas (primarily H ₂) dissolved in the oil - 8 gases dissolved in oil (single measurement) - Load current transformer (3 phases) - Partial discharges measurement (electric, UHF, acoustic)
	Shows loss of the dielectric insulation of the core	- Nucleous / Magnetic Core (legs/yokes)	- Poor fixation - Loose with loss of insulation between blades - Problem in the ground (floating potential in the core) - Problem in Shims/Clamps/Screws and mounting hardware	- Electric Arc (in the tank) - Partial Discharges (in the tank) - Conductor Overheating (in the tank)	- Rate of change and total gas (primarily H ₂) dissolved in the oil - 8 gases dissolved in oil (single measurement) - Core ground current - Partial discharges measurement (electric, UHF, acoustic)
	Shows decreasing dielectric insulation of the active part	- Coil /winding - Turns / Conductor winding - Main insulation (paper+ oil) - Coil spacer - Bushing / active part connectors - Core ground connector / lead - Nucleous / Magnetic Core (legs/yokes) - LV Bushings	- Accumulation external of surges or short circuits in substation or system, not directly involving the transformer - Accumulation of overvoltages or over current due to transformer switching - Contamination by high moisture - Electric field generating excessive sparking - Displacement of coils or windings - Bad electrical contact	- Electric Arc (in the tank) - Partial Discharges (in the tank) - Conductor Overheating (in the tank) - Excessive Oil Moisture (in the tank)	- Short-circuit current of the transformer (disturbance of the 3 phases) - Moisture (and temperature) in oil tank - Load current transformer (3 phases) - Peak voltage of the transformer surge - Rate of change and total gas

Trafó funkcionális alrendszerek: hűtési rendszer

Table A.3 – Transformer Functional Subsystem “Cooling System”

(only primary functions and functional failures that can be characterized through continuous on-line condition monitoring data)

Functional Subsystem: Cooling System

Primary Function	Functional Failure Modes	Components / Subcomponents	Failure Causes	Defect Analysis Name (Abnormal Symptoms)	Measured on-line continuous values (inputs)
To command automatically and remotely pumps and cooling stages of forced ventilation, when the temperature of the oil / winding reaches the user settled limits	Does not automatically commands coolant oil pumps from the temperature evaluation	- AC cooling power supply - Oil pump engine - Oil-forced control system - Oil pump valve	- Power supply inoperative or inadequate - Selector local control wrong position - Deterioration of control components - Malfunction of buttonholes - Problem in connection circuit - Problem in command, motor or wiring - Problem with the temperature sensor	- Refusal of Oil Pump/Fans in Remote Command	- Top oil temperature - Oil pumps motor current - Cooling system AC supply voltage - Forced pumps oil flow - Status of the oil pumps (on / off)
To efficiently dissipate the heat generated in the core and active part, keeping temp rises of oil and windings compatible with the applied loads, via natural convection, forced ventilation (one or more stages), forced circulation of oil	Keep temperature rises and oil windings incompatible with the applied load, ambient temperature and the type of cooling	- Fin / radiator - Cooling Air - Oil Pump - Oil winding channels - Ventilation stages / engine switches - Ventilation control circuit - Oil pump engine - Fan engine - Insulating oil - Oil-forced control system - Cooling oil pipes - Oil pump valve - Fan (Mechanical)	- Problem in control of oil pumps - Deterioration of components - Clogging - Inappropriate Closing - Impurities in the air - Bad initial sizing - Malfunction of oil pumps - Presence of sludge - Problem of power supply - Lubrication problem - Problem in bearings - Problem in fan blades - Problem in circuit electric connection - Problem in the fans control system	- Inefficient Cooling of Active Part - Inadequate Oil Flow Through the Pumps	- Transformer (3 phases) load current - Oil pumps motor current - Fans motor current - Cooling system AC power voltage - Forced pumps oil flow - Ambient temperature - Winding temperature (thermal imaging) - Top oil temperature - Bottom oil temperature - Cooling / Fans status (on / off)
Keep the oil flowing in the cooling, active part and cooling system, with adequate flow and without generating excessive buildup of electrostatic charge due to the operation of the oil forced circulation	Maintains no oil circulation in the active part	- AC cooling power supply - Oil pump - Oil pump engine - Oil-forced control system - Oil pump valve	- Power supply inoperative - Inappropriate valve closure by human - Problem in command or wiring - Problem of the motor or circuit connecting the oil pump - Problem in control system - Bearing Problem - Locked rotor	- Inefficient Cooling of Active Part - Inadequate Flow of Oil Through Pumps	- Oil pumps motor current - Cooling system AC supply voltage - Forced pumps oil flow - Status of the oil pumps (on / off)
	Does not keep the forced oil flowing properly	- AC cooling power supply - Oil Pump - Oil winding Channels - Selector switch forced oil - Oil pump engine - Oil-forced control system - Oil Pipe - Oil pump valve	- Power supply inoperative - Deterioration of components - Problem in the control system pumps - Pipe obstruction - Inappropriate valve closure by human - Bad electrical contact terminations - Bad initial sizing - Internal lubrication problem - Problem in command, wiring or pump motor - Bearings problem	- Inadequate Flow of Oil Through Pumps	- Oil pumps motor current - Cooling system AC supply voltage - Forced pumps oil flow - Status of the oil pumps (on / off)

Trafó funkcionális alrendszerek: átvezetők

Table A.4 – Transformer Functional Subsystem “Bushings”

(only primary functions and functional failures that can be characterized through continuous on-line condition monitoring data)

Functional Subsystem: Bushings

Primary Function	Functional Failure Modes	Components / Subcomponents	Failure Causes	Defect Analysis Name (Abnormal Symptoms)	Measured on-line continuous values (inputs)
Provide internal and external electrical isolation to the bushings, isolating the passage of the central conductor without arcing, partial discharges and excessive leakage currents occurrence	Excess in leakage current between the inner conductor of the bushing and casing	- Main bushing conductor bushing (lead) - Porcelain / polymer insulator - Test derivation - Paper core insulation of condenser bushings (condenser core) - Insulating Oil - Resin insulation - SF6 insulation - Capacitive tap - Conductor	- Low gas density gas - Low oil impregnation - Oil contamination by moisture - Metallic particle contamination - Short circuit (results in increased capacitance) - Corrosive sulfur contamination - Dynamic stresses - Excess carbonization - Ground Fault - Lack of potential equalization - Insufficient oil - Air / moisture penetration - Loss of tightness - Leaking oil - Surface polymerization - Folds in the paper - Presence of bubbles - Presence of sludge - Overheating (thermal instability) - Bushing overcurrent - Surges above the insulation capacity - Cracks and insulating surface deformations - Loose connections	- Insulation Deterioration (internal/external)	- Capacitance and tan-delta - Leakage current - Bushing voltage from capacitive coupler

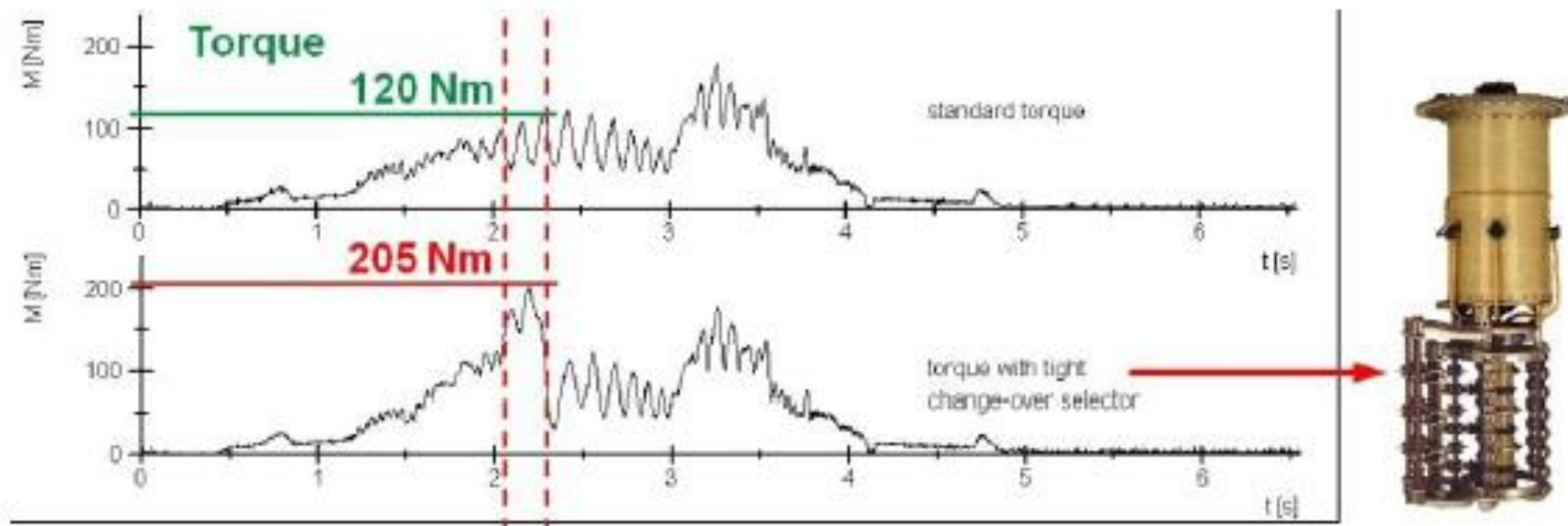
Hiba elemzési nevek és ajánlott közös kódok: PTR_ARC: vill. ív tankban

Table A.6 – Defect Analysis Names and Suggested Common Codes (for Tables A1-A5)

Subsystem	Analysis Code	Defect Analysis Name
Active Part (Tab. A.1)	PTR_ARC	- Electric Arc (in the tank)
	PTR_PDS	- Partial Discharges (in the tank)
	PTR_COH	- Conductor Overheating (in the tank)
	PTR_EOM	- Excessive Oil Moisture (in the tank)
	PTR_WPD	- Abnormal Winding Paper Degradation
Oil Containment and Preservation (Tab. A.2)	PTR_LOL	- Low Oil Level (in the tank)
	PTR_BMR	- Bag / Membrane Rupture
	PTR_EOM	- Excessive Oil Moisture (in the tank)
Cooling (Tab. A.3)	PTR_RPF	- Refusal of Oil Pump/Fans in Remote Command
	PTR_ICA	- Inefficient Cooling of Active Part
	PTR_IOF	- Inadequate Oil Flow Through the Pumps
Bushings (Tab. A.4)	BSH_ISD	- Insulation Deterioration (internal/external)
OLTC (Tab. A.5)	LTC_MDA	- Motor Drive Mechanism Abnormality
	LTC_AAO	- Abnormal Automatic Operation
	LTC_ITS	- Inadequate Speed in Taps Switching
	LTC_AEC	- Abnormality in End of Course
	LTC_AVR	- Abnormal Voltage Regulation
	LTC_LOL	- Low Oil Level (in the OLTC)
	LTC_EOM	- Excessive Oil Moisture (in the OLTC)
	LTC_ODD	- Oil Dielectric Degradation
	LTC_PDS	- Partial Discharges (in OLTC)
	LTC_IID	- Internal Insulation Degradation
	LTC_CCD	- Contacts Cooking (diverter switch)
	LTC_CCS	- Contacts Cooking (selector/pre-selector)
	LTC_ATI	- Abnormality in Transition Impedance
	LTC_OCT	- Open Circuit
	LTC_AOH	- Abnormal Overheating (in the OLTC)

CIGRE WG A2.44: „Transzformátor intelligens állapot monitoring”

Esettanulmány: fokozatkapcsoló nyomaték monitoring



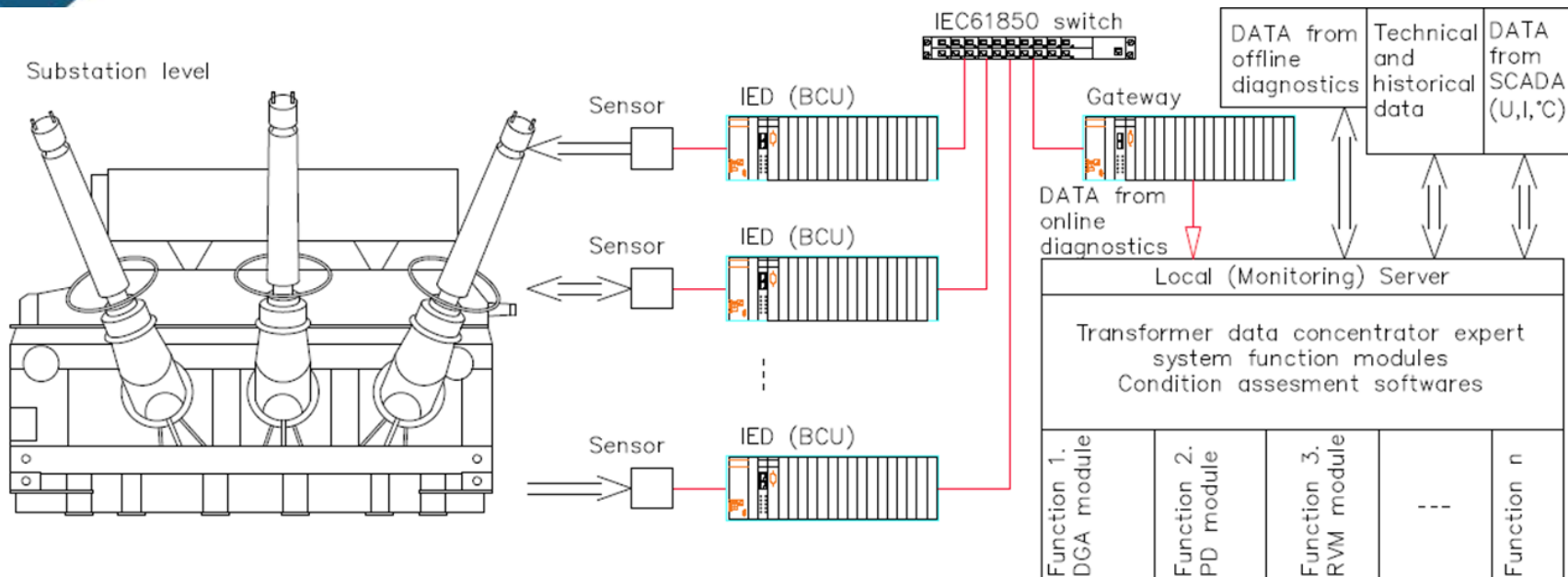
Durva OLTC átkapcsolás kapcsolás a trafó szabályozó tekercseken ébredő nagy erők miatt

CIGRE WG A2.44: „Transzformátor intelligens állapot monitoring”

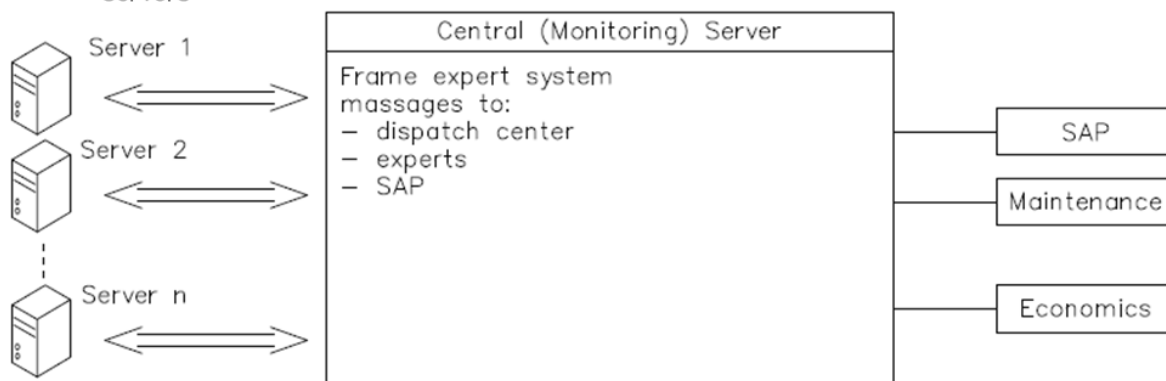
Magyar „Tramonis” monitoring rendszer=kvázi intelligens



A TRAMONIS „kvázi intelligens” trafó monitoring sémája

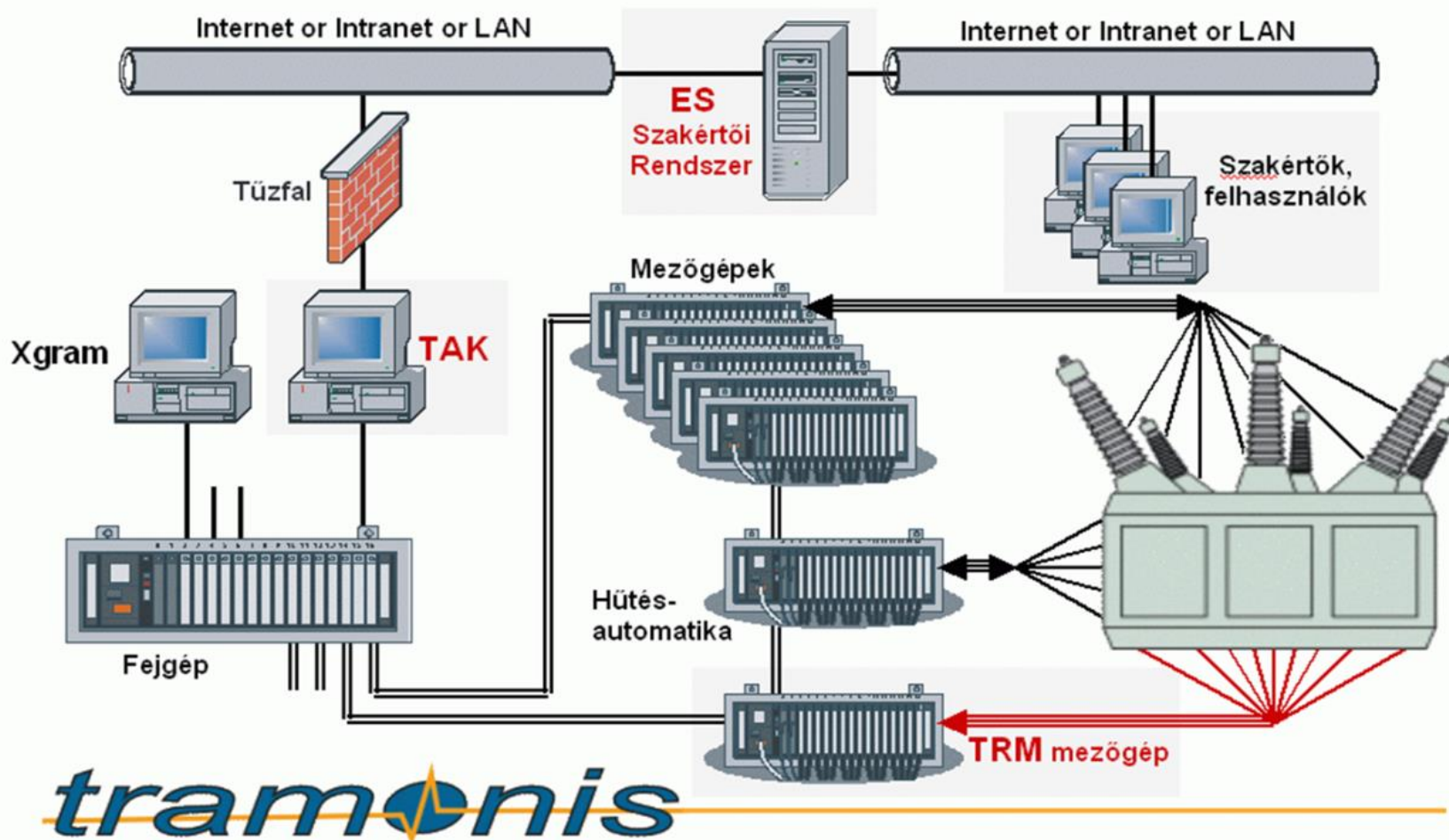


Local (Monitoring) servers



CIGRE WG A2.44: „Transzformátor intelligens állapot monitoring”

Magyar „Tramonis” monitoring rendszer=kvázi intelligens: miért?



CIGRE WG A2.44: „Transzformátor intelligens állapot monitoring”



ES

TAK

„Tramonis” felépítése

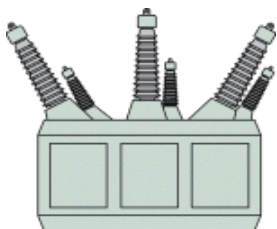
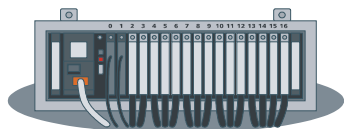
Érzékelők: Hőmérők, feszültségek, áramok, stb.

Átalakító hardver: Érzékelők jeleit digitalizálja

Adattároló (TAK): Adatbázis, több évtizedes adatmennyiség biztonságos tárolására

Intelligencia (ES):

- Nagymennyiségű adatból határérték, trendek képzése.
- Szabvány szerinti kiértékelés
- Megjelenítés: szakértők számára szűrve, csoportosítva



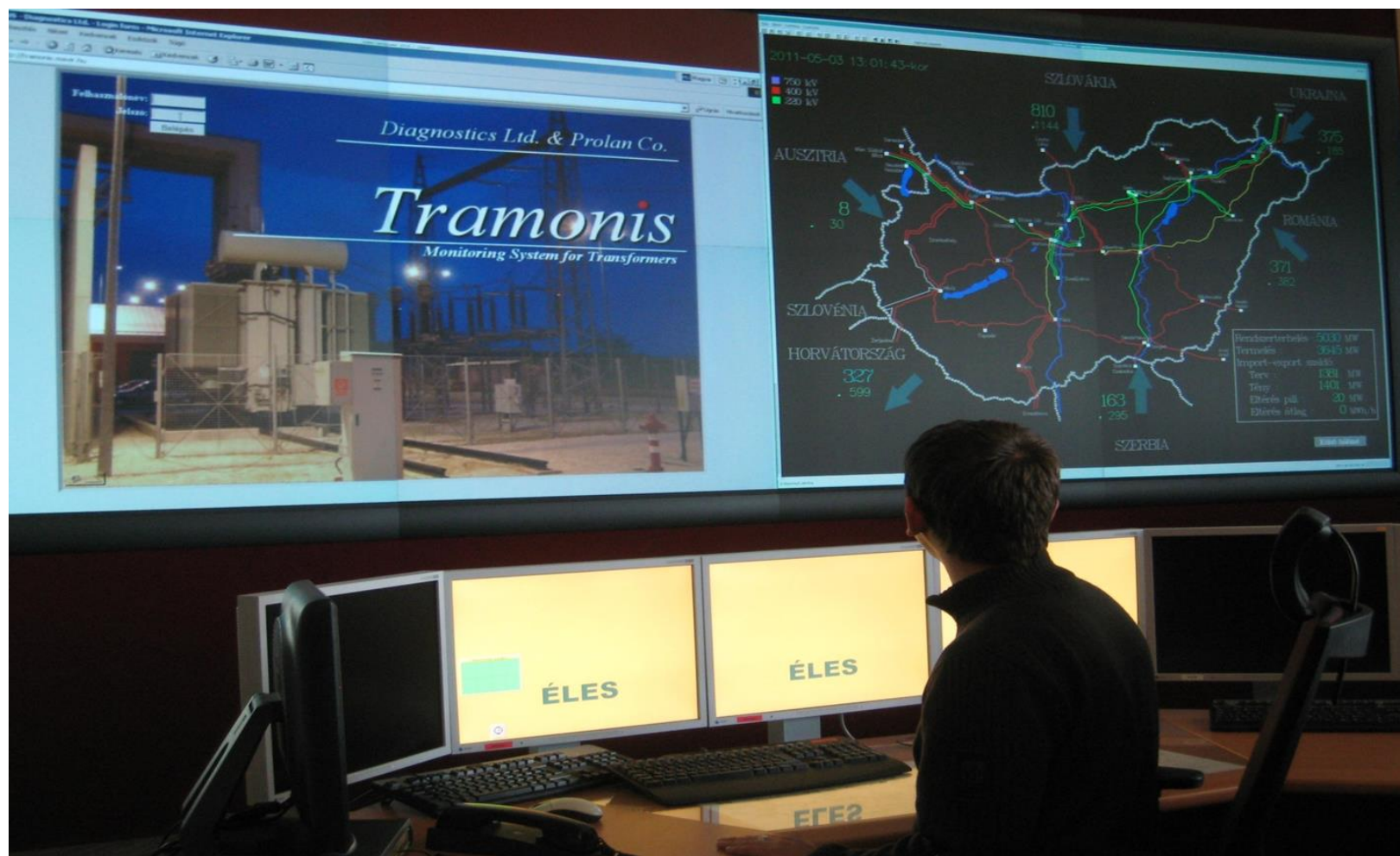
CIGRE WG A2.44: „Transzformátor intelligens állapot monitoring”

A TraMoniS (*angolul: Transformer Monitoring System*) a következőket használja:

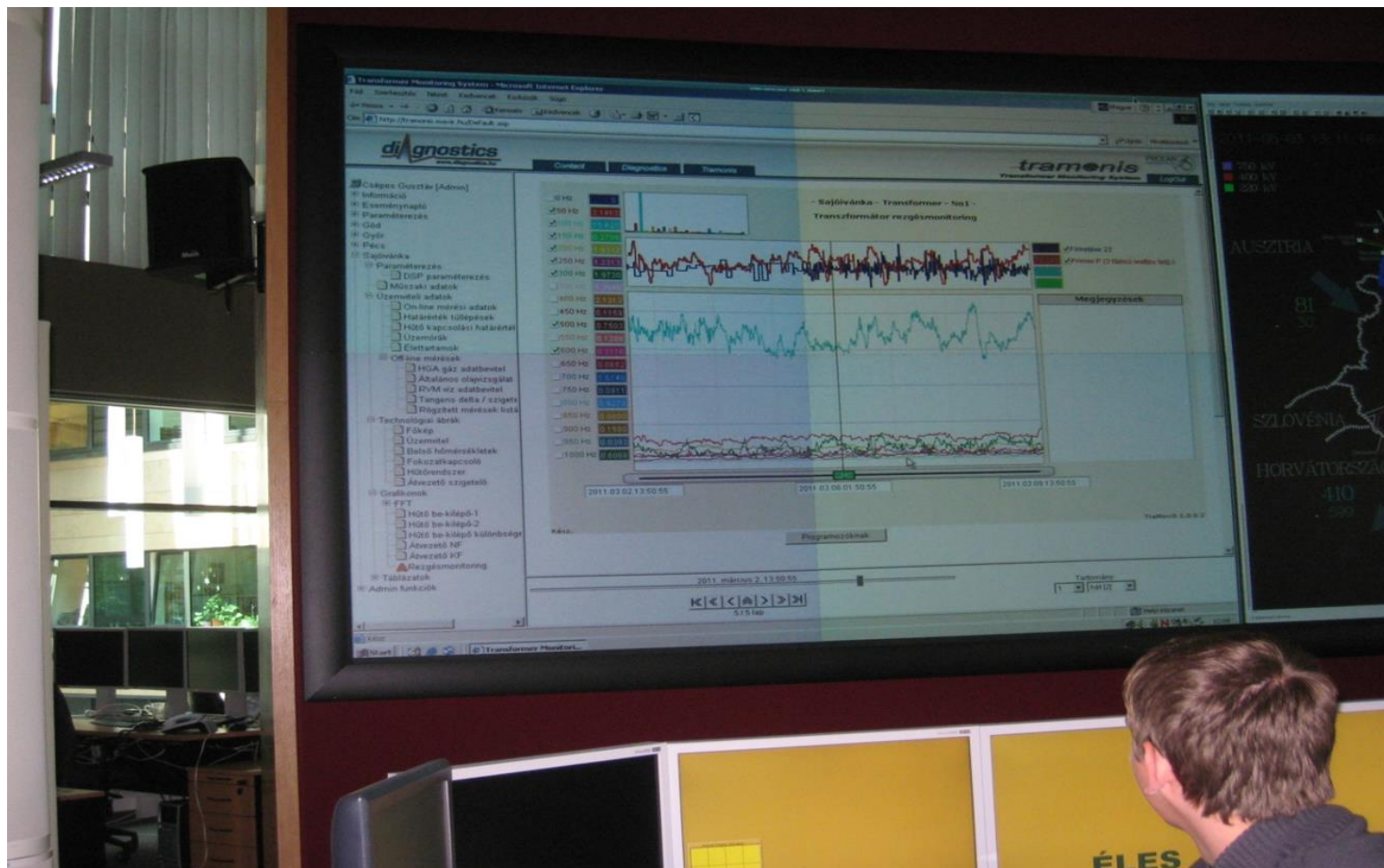
- **Igény szerint számos** különböző szenzort (gáz, rezgés, hot-spot, nedvesség, stb.).
- **Beintegrálható** a meglévő irányítástechnikai rendszerbe, feldolgozza **az irányítástechnika amúgy is meglévő jeleit** (védelmi jeleket is).
- **Az offline** transzformátor diagnosztika majdnem összes információját, pl.: HGA, RVM, FRA, tg/C, stb..
- **Moduláris hardware, moduláris az ES** (Expert System), amely a diagnosztikai módszerek fejlődésével javítható.
- „Alarm” és „Alert” jelek mellett **rövid szöveges üzenetet** küld az irányító személyzetnek (**javaslat a beavatkozásra**).
- **Segíti** az üzemeltetőket, a szakértőket és az „asset” menedzsereket a transzformátor **megbízható üzemeltetésében**.

CIGRE WG A2.44: „Transzformátor intelligens állapot monitoring”

Tramonis megjelenítési funkciói



Tramonis megjelenítési funkciói (rezgés, FFT, stb.)



Konklúziók

- A „smart grid” megvalósulása elkezdődött.
- A trendek szerint a hálózat **megreformálandó** és a **21. század legnagyobb beruházása** várható.
- Már nem kérdés, hogy **valós idejű és pontos monitoring és diagnosztika** szükséges az üzemeltetéshez.
- Ez így van a **transzformátorok** területén is, mert a **trafó** az állomás **legdrágább berendezése**.
- A „smart grid”: „intelligens” eszközök fejlesztése a legfontosabb.
- A **CIGRE WG A2.44 TB630 tanulmánya részletes áttekintés** ad a téma jelenlegi helyzetéről.
- **Tramonis: egy kvázi-intelligens monitoring rendszer.**

CIGRE WG A2.44: „Transzformátor intelligens állapot monitoring”

**Köszönöm a
figyelmet**

