

Trafó aktív rész mechanikai állapotellenőrzése

(S)FRA

Sweep Frequency Response Analysis

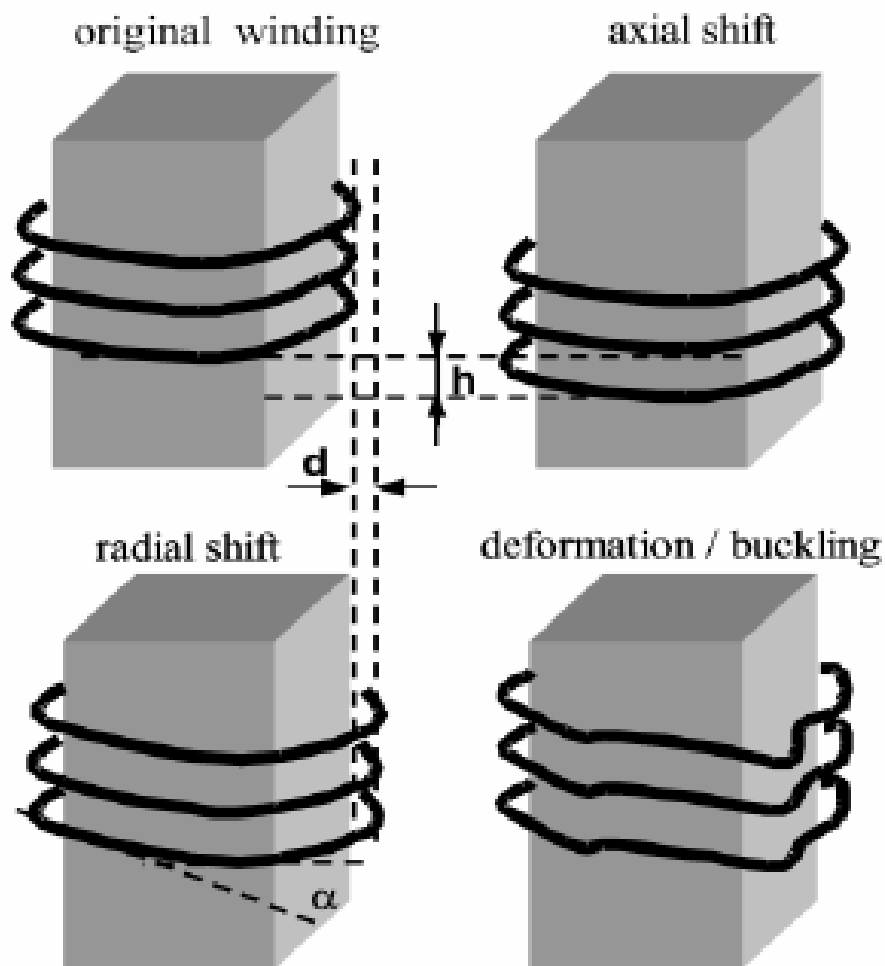
Régi és új CIGRE munkabizottságok tevékenységei

Trafó aktív rész mechanikai állapotellenőrzése (S)FRA-val

(S)FRA Sweep Frequency Response Analysis

- Az FRA, ill. SFRA lényegében trafó **impedancia frekvenciafüggése**.
- Alkalmas a trafó aktív rész **geometriai deformációjának** vizsgálatára: tekercsek, összekötő vezetékek, vasmag, stb.
- **Deformációk okai:** zárlati áram, zárlati próba, OLTC hiba, szállítási hiba, stb.
- Az FRA spektrum **módszer változáson alapul, kell egy „referencia”** spektrum új, még jó állapotról felvéve
- Lehetséges referencia nélkül is értékelni: ...

Tekercshibák grafikus képe: „d” méretű radiális változás, ill. „h” nagyságú axiális elmozdulás



Trafó aktív rész mechanikai állapotellenőrzése

Trafó egyenértékű helyettesítő ábrája

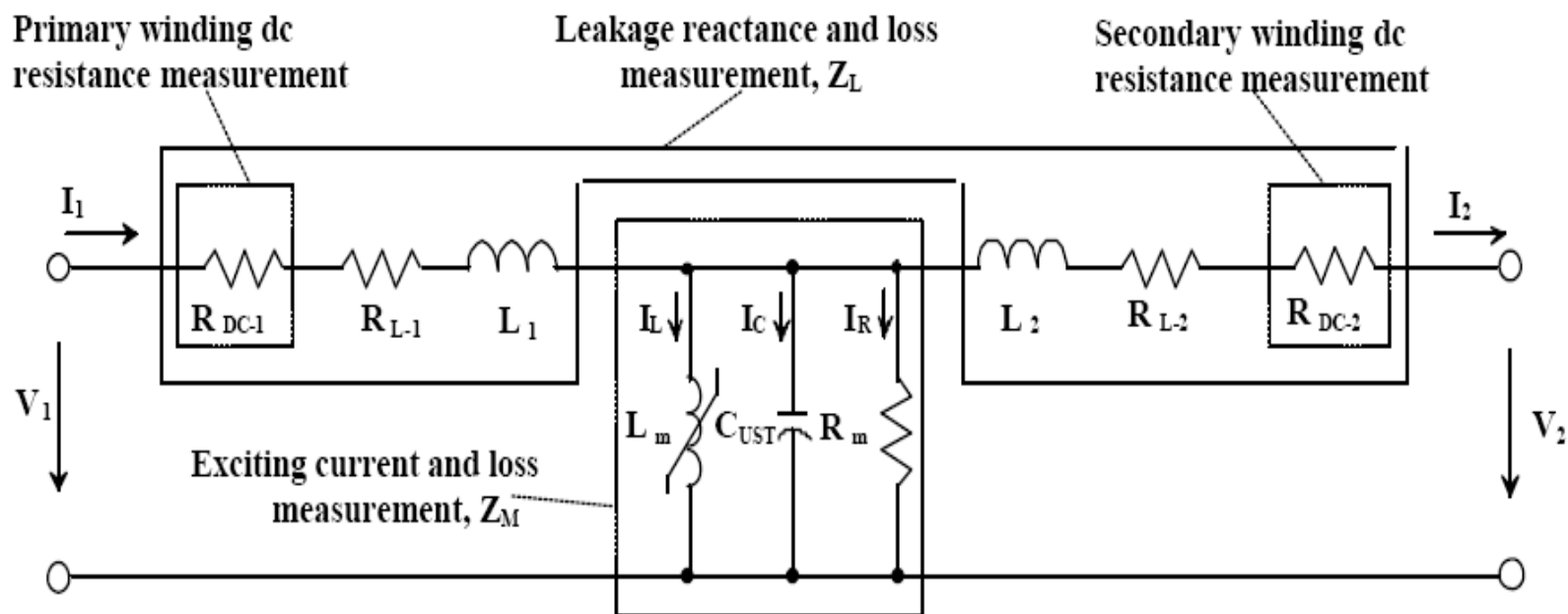
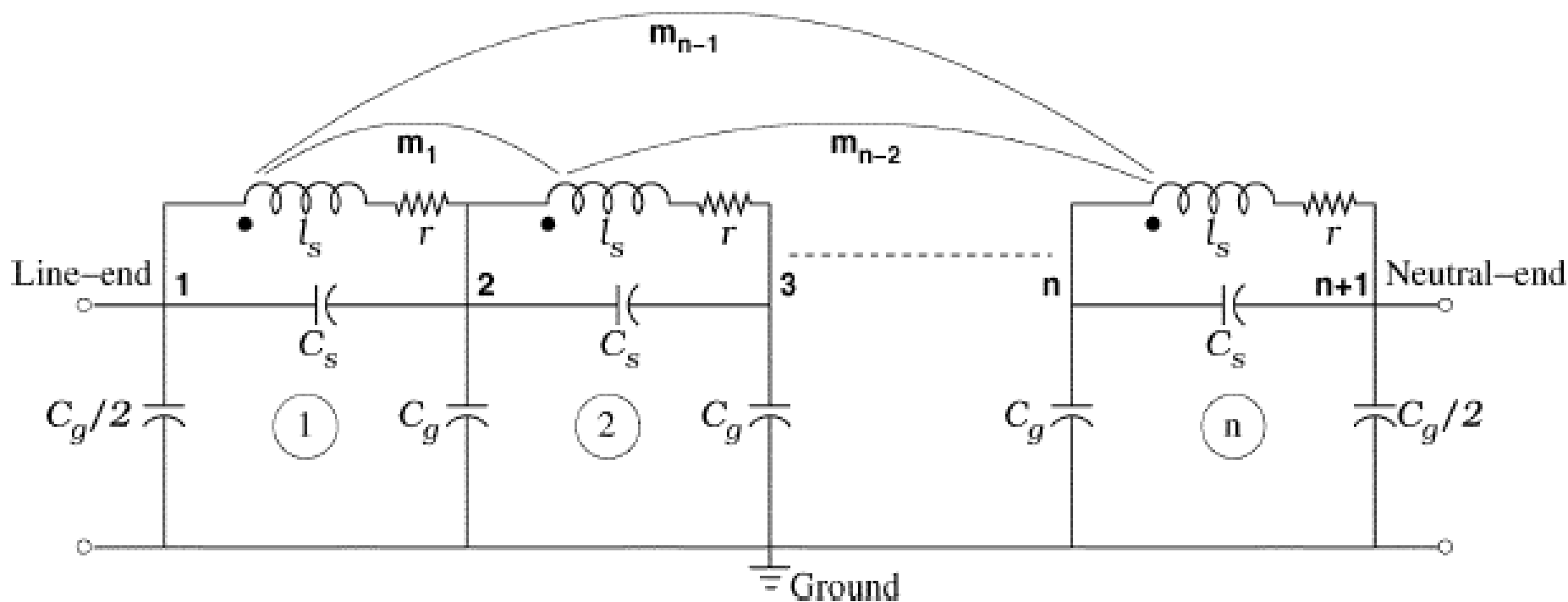


Figure 6 Parameters of transformer equivalent circuit and associated off-line diagnostic measurements

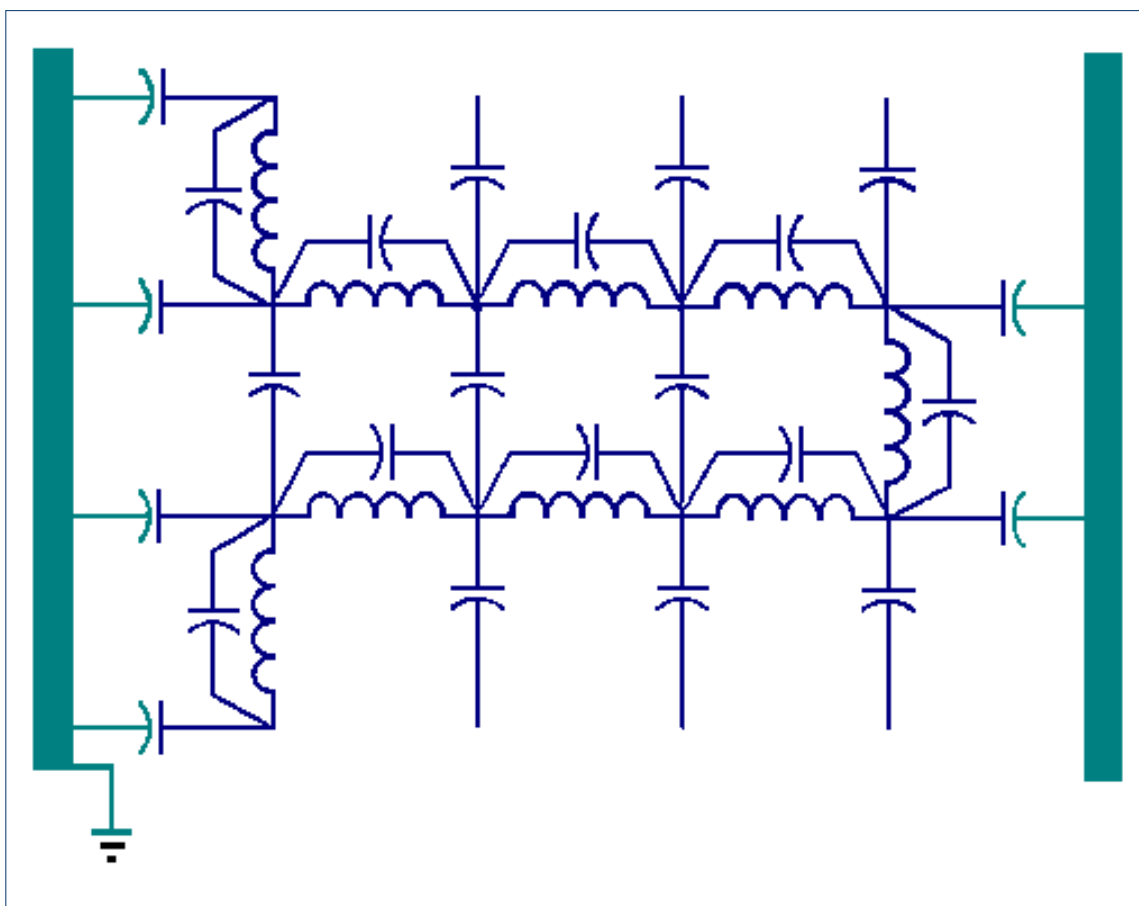
Trafó aktív rész mechanikai állapotellenőrzése (S)FRA-val

FRA mérésre alapuló tekercs geometriai változás lokalizálás: trafó egyenértékű helyettesítő ábrája

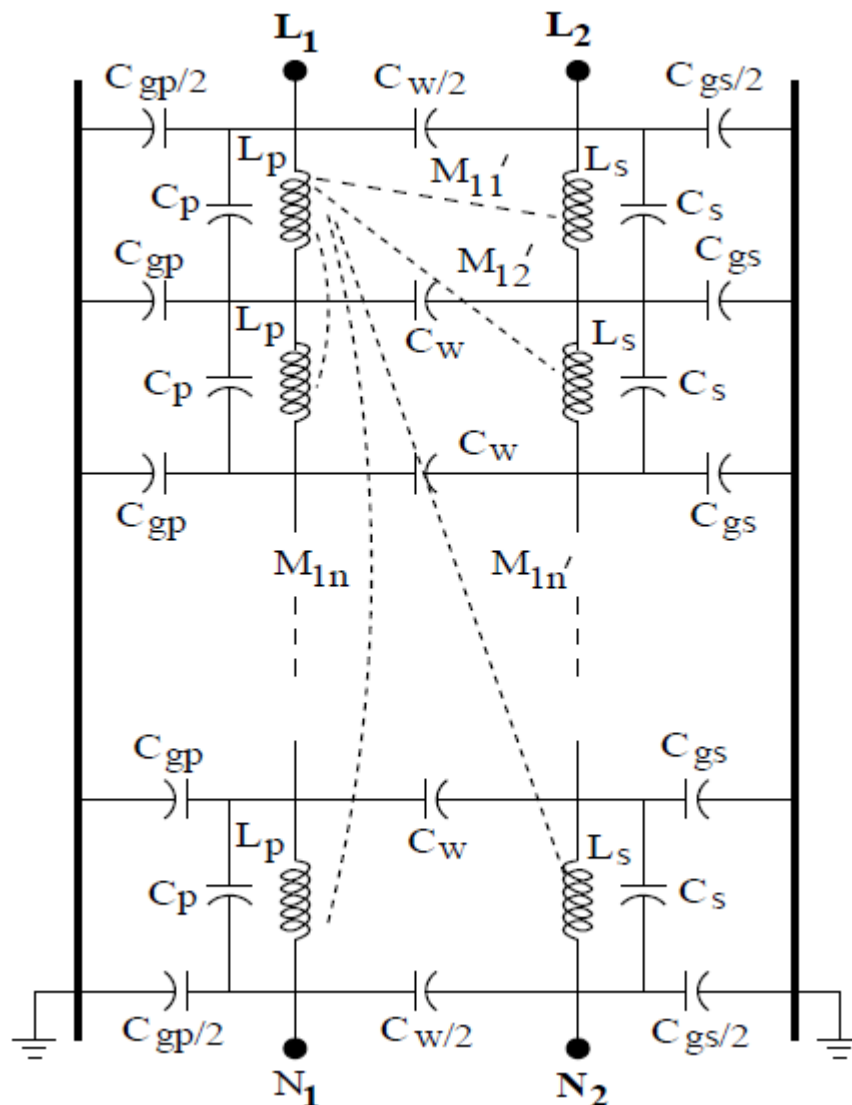


Trafó aktív rész mechanikai állapotellenőrzése

Egy transzformátor tekercselem LC helyettesítő képe

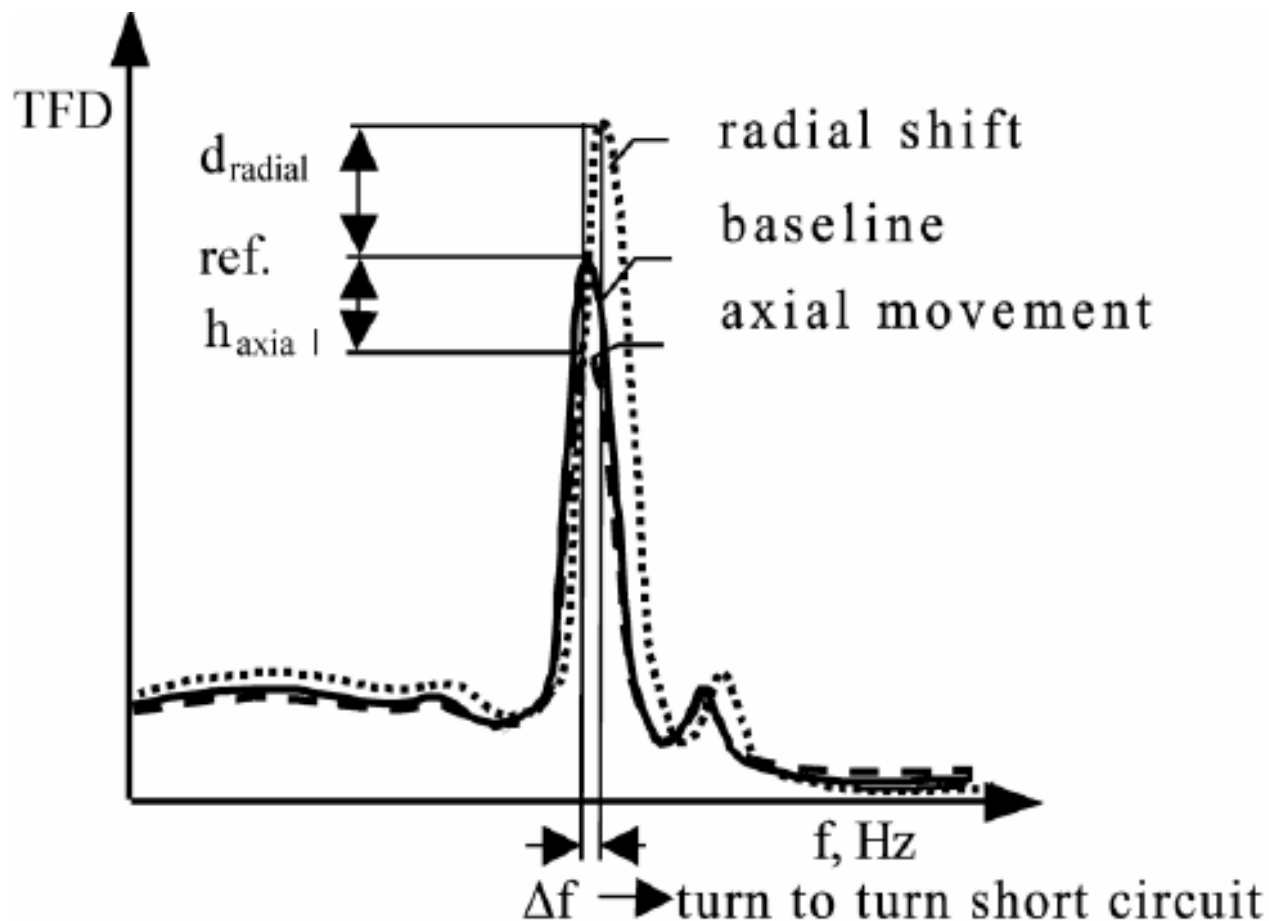


Két tekercses trafó egyenértékű helyettesítő ábrája



Trafó aktív rész mechanikai állapotellenőrzése

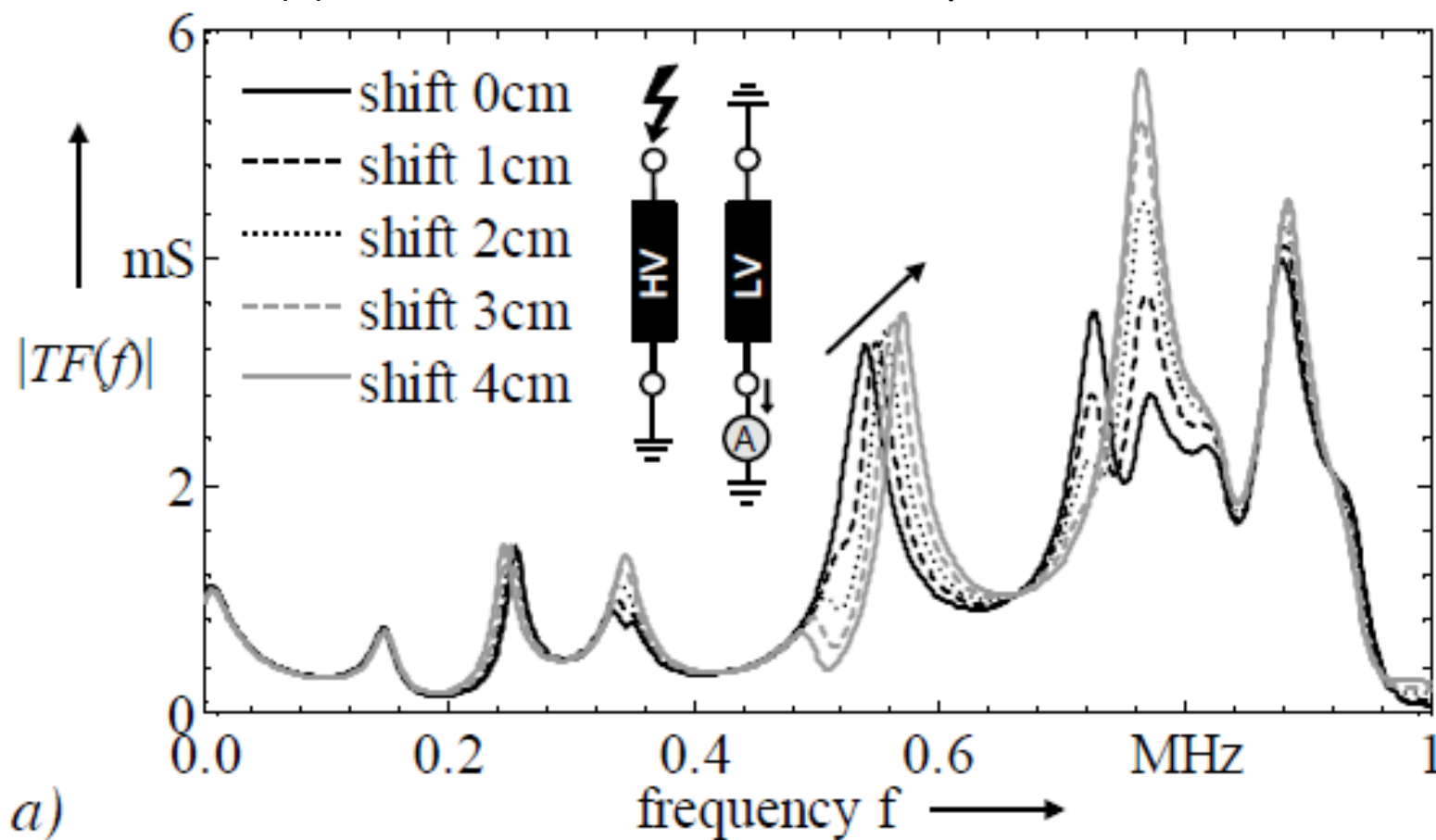
Tekercs radiális és axiális mozgásai okozta változások a spektrumon



Trafó aktív rész mechanikai állapotellenőrzése

Axiális elmozdulás a KF és a NF tekercs között:

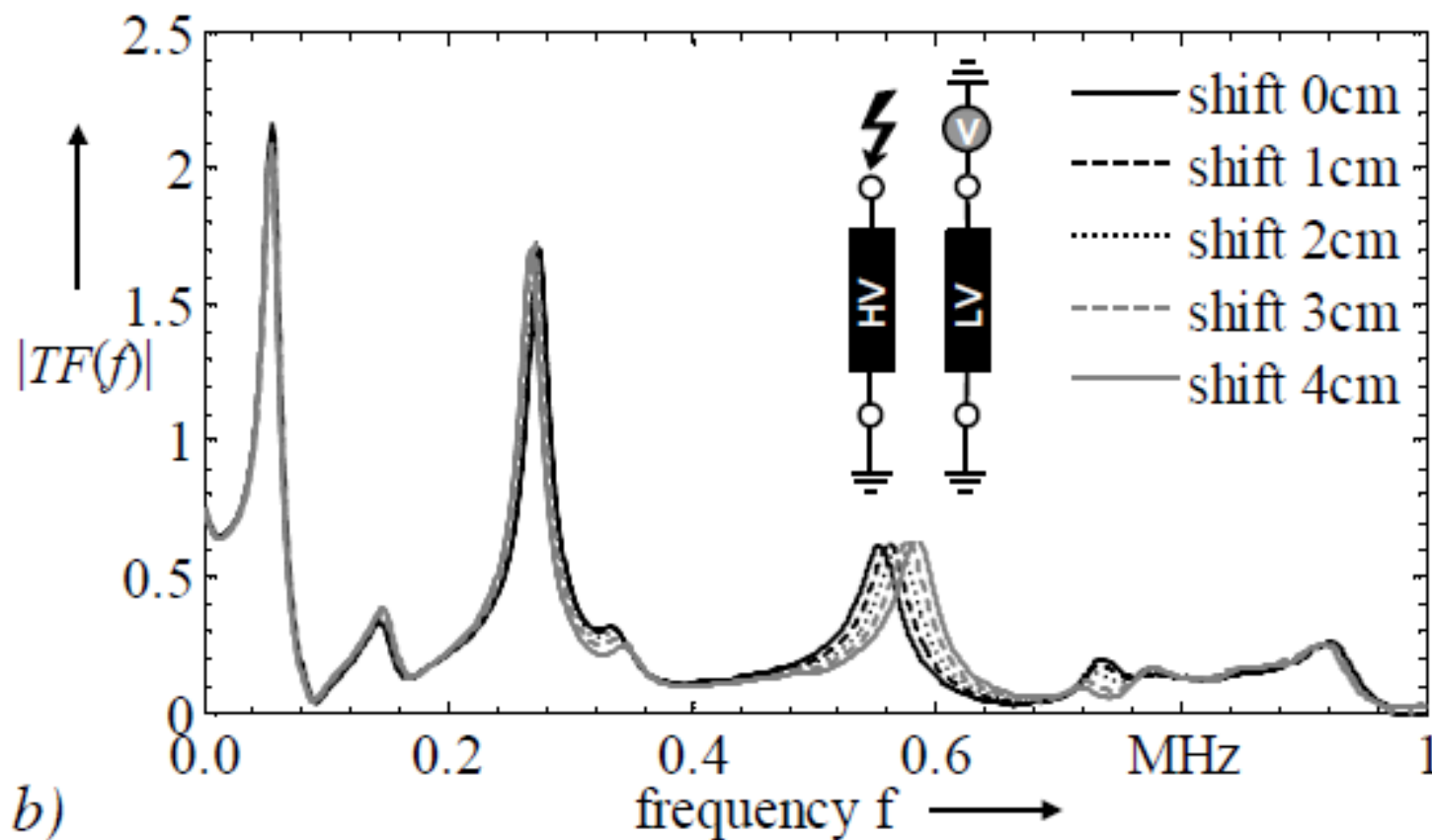
(a) ábra: átvitt kimenő áram FRA spektruma



Trafó aktív rész mechanikai állapotellenőrzése

Axiális elmozdulás a KF és a NF tekercs között:

(b) ábra: átvitt feszültség FRA spektruma



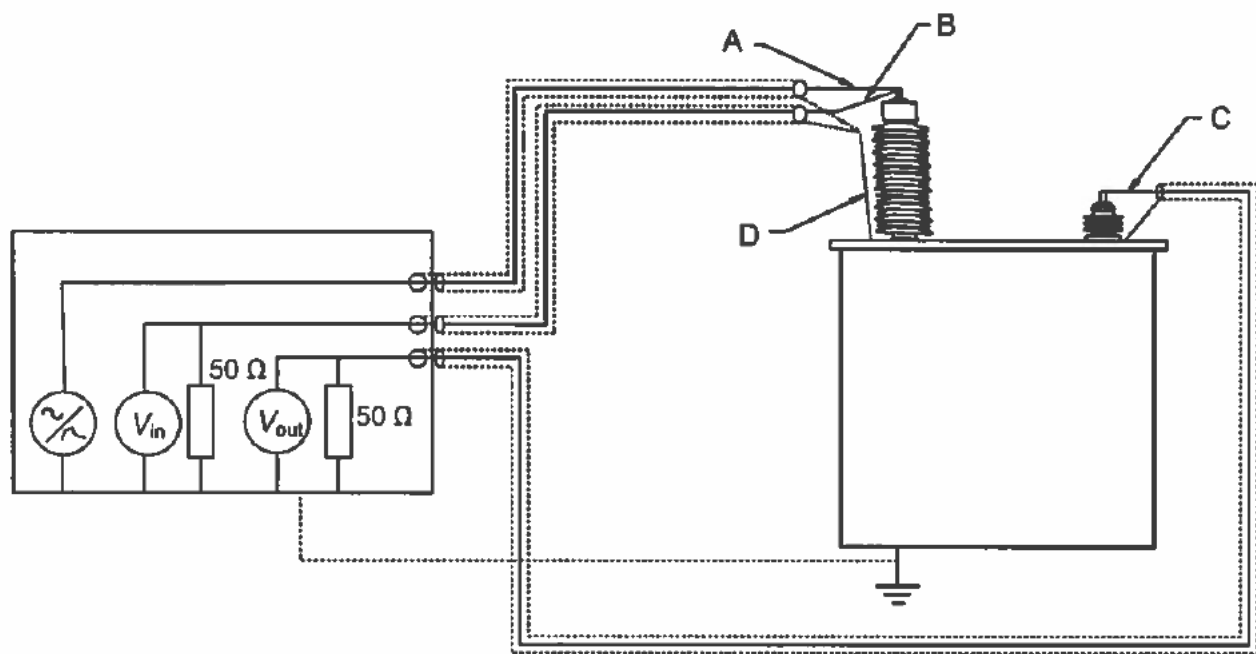
Trafó aktív rész mechanikai állapotellenőrzése

Szabványok az FRA mérésre

- IEC 60076-18: 2012: Measurement of frequency response
- IEEE Std C57.149-2012: IEEE Guide for the Application and Interpretation of Frequency Response Analysis for Oil-Immersed Transformers

Trafó aktív rész mechanikai állapotellenőrzése (S)FRA-val

- IEC 60076-18:2012 szabvány: az FRA mérést kisfeszültséggel végzik (néhány volt)

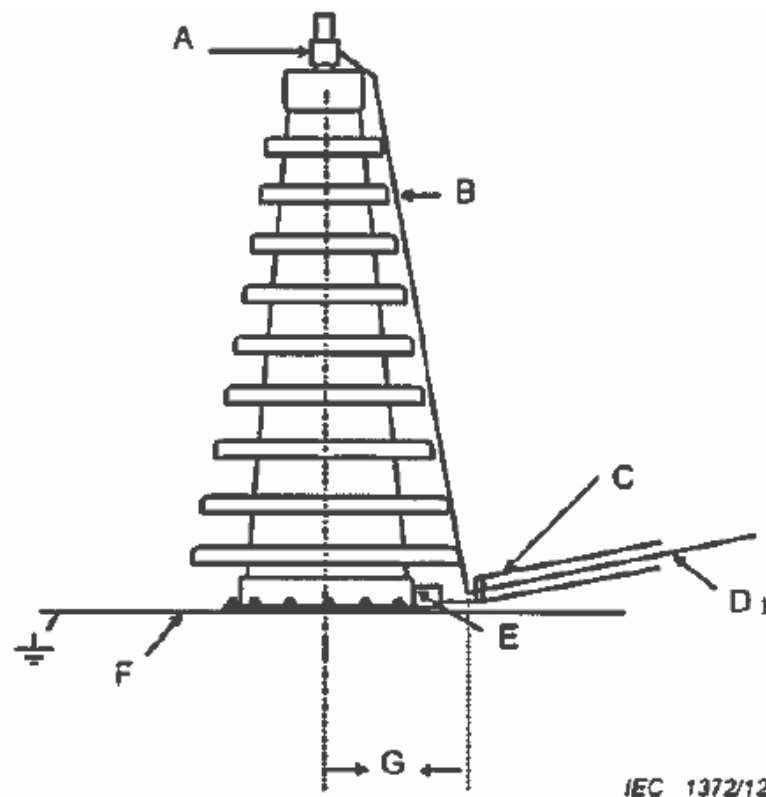
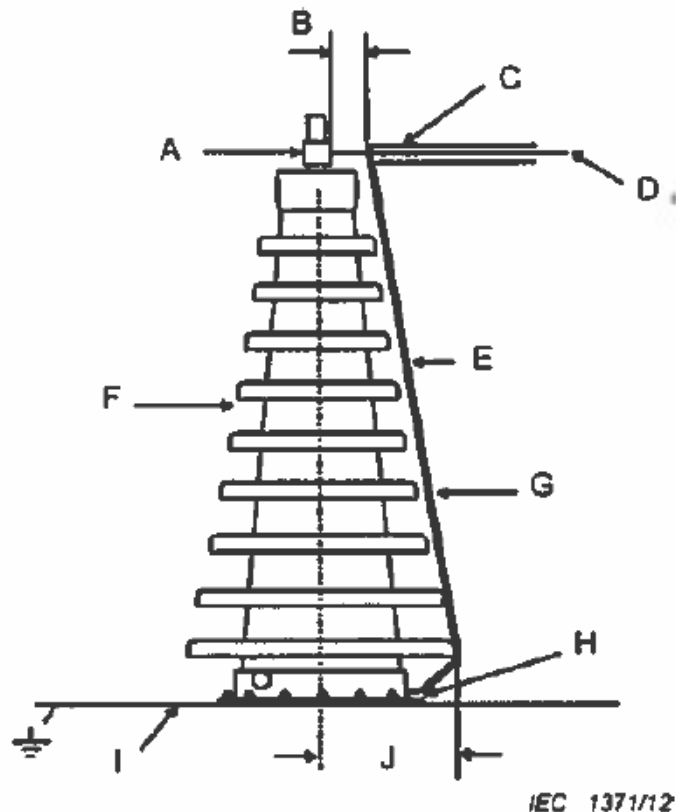


IEC 1370/12

- A source lead
- B reference lead
- C response lead
- D earth connection

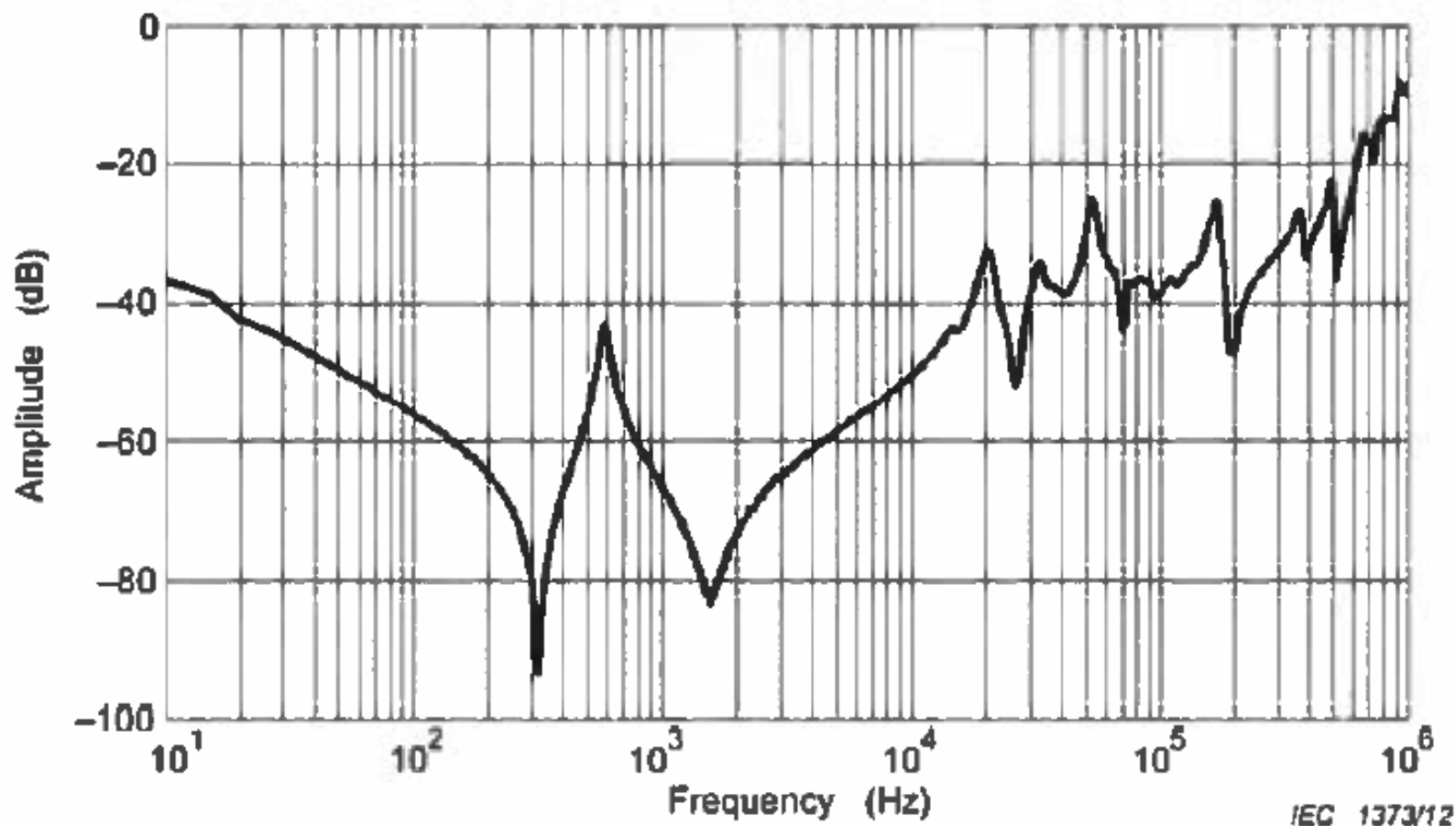
Trafó aktív rész mechanikai állapotellenőrzése (S)FRA-val

IEC 60076_18:átvezető bekötési ajánlás: cél a legrövidebb árnyékolatlan vezeték a legkisebb hurok kialakításra



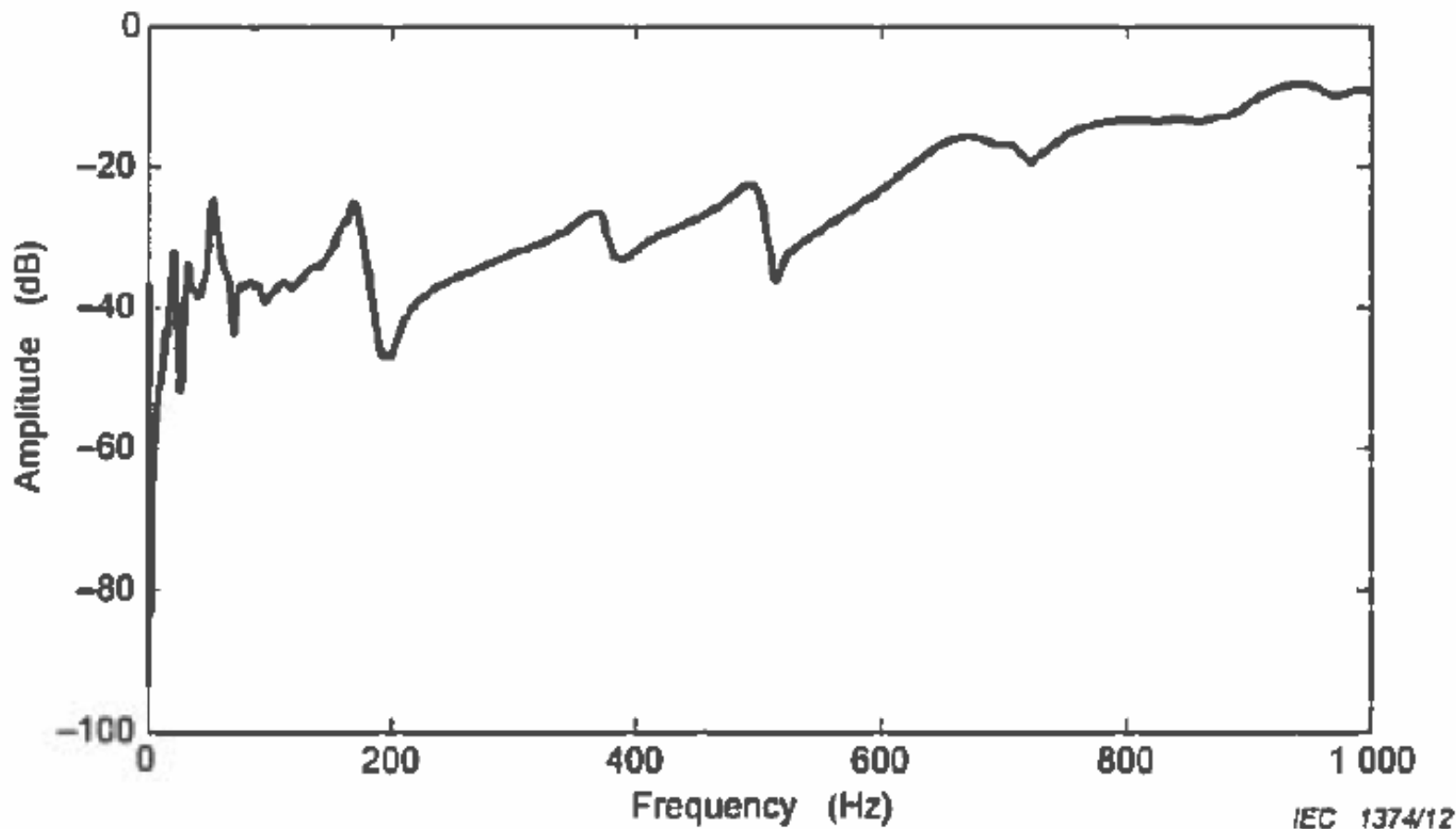
Trafó aktív rész mechanikai állapotellenőrzése (S)FRA-val

FRA megjelenítés: Lin-Log skála

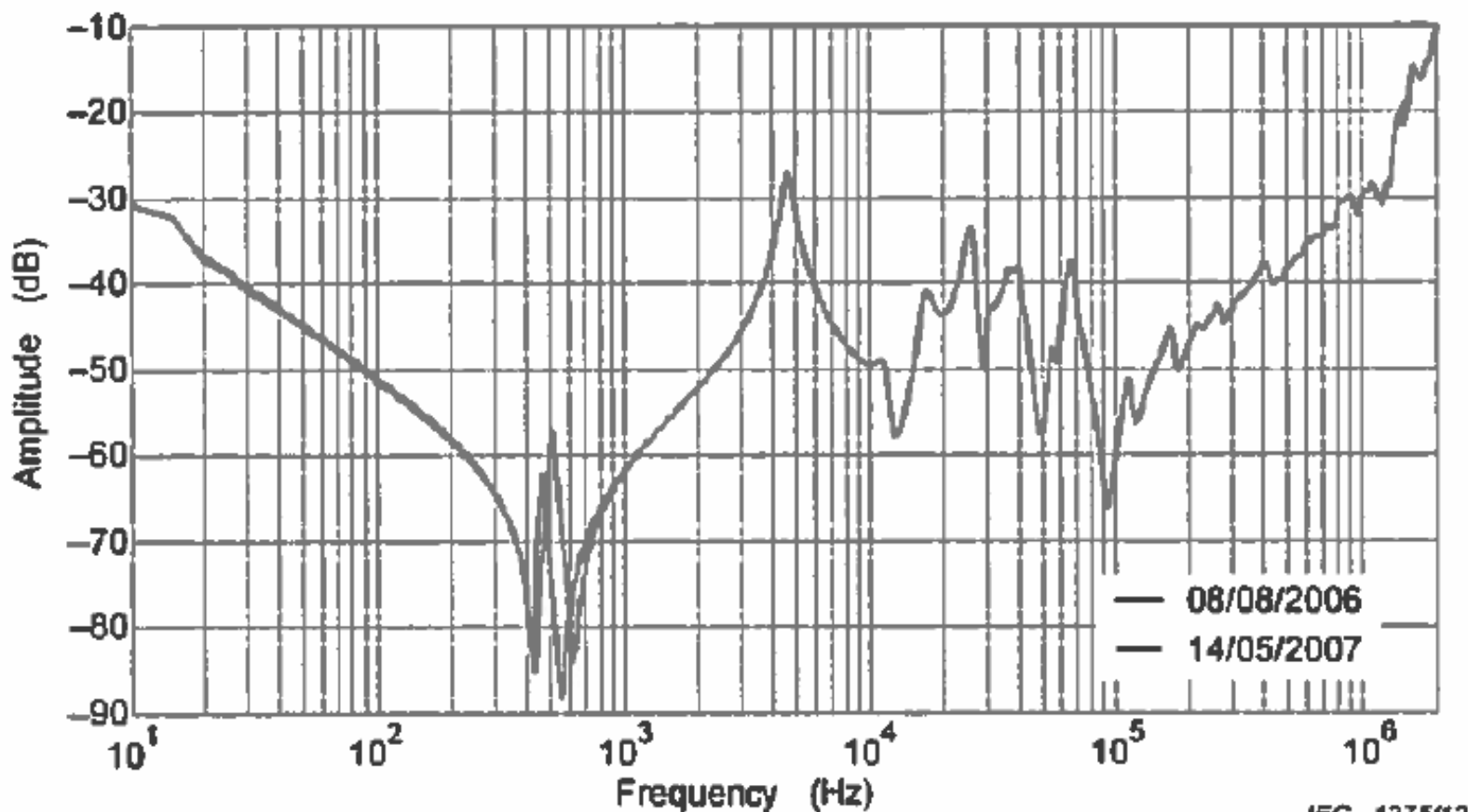


Trafó aktív rész mechanikai állapotellenőrzése (S)FRA-val

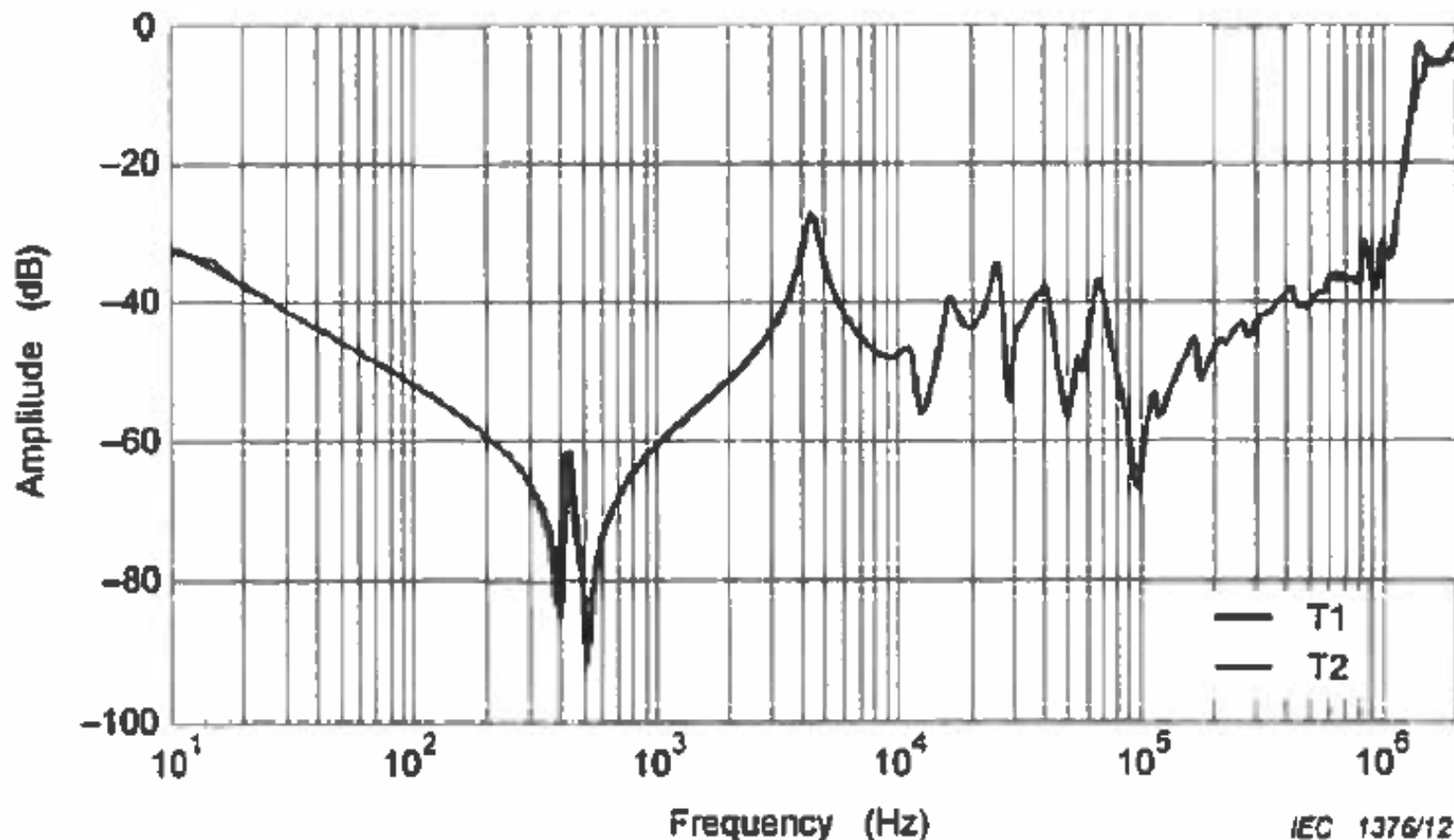
FRA megjelenítés: Lin-Lin skála



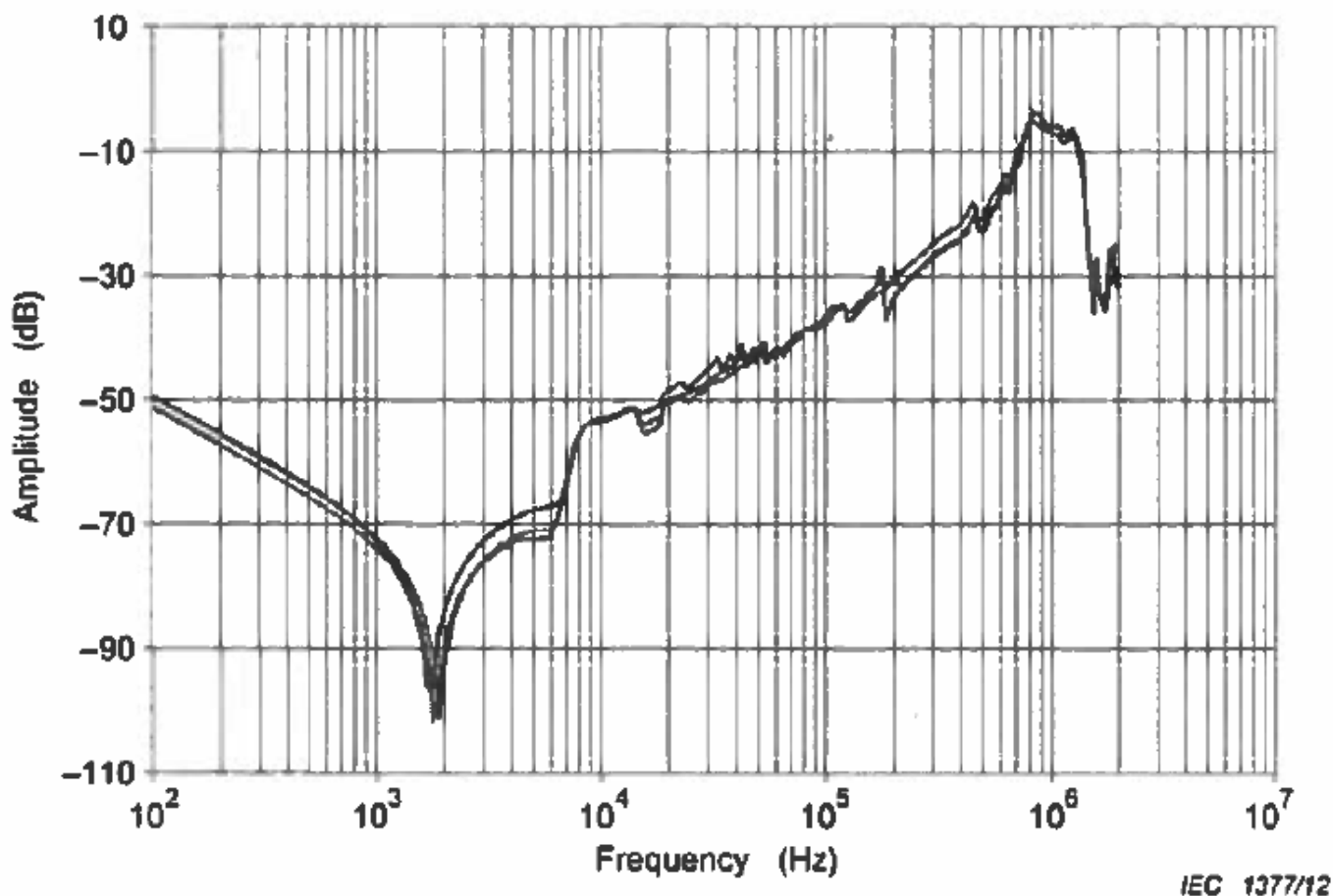
Trafó aktív rész mechanikai állapotellenőrzése (S)FRA-val FRA kiértékelés: összehasonlítás referencia méréssel



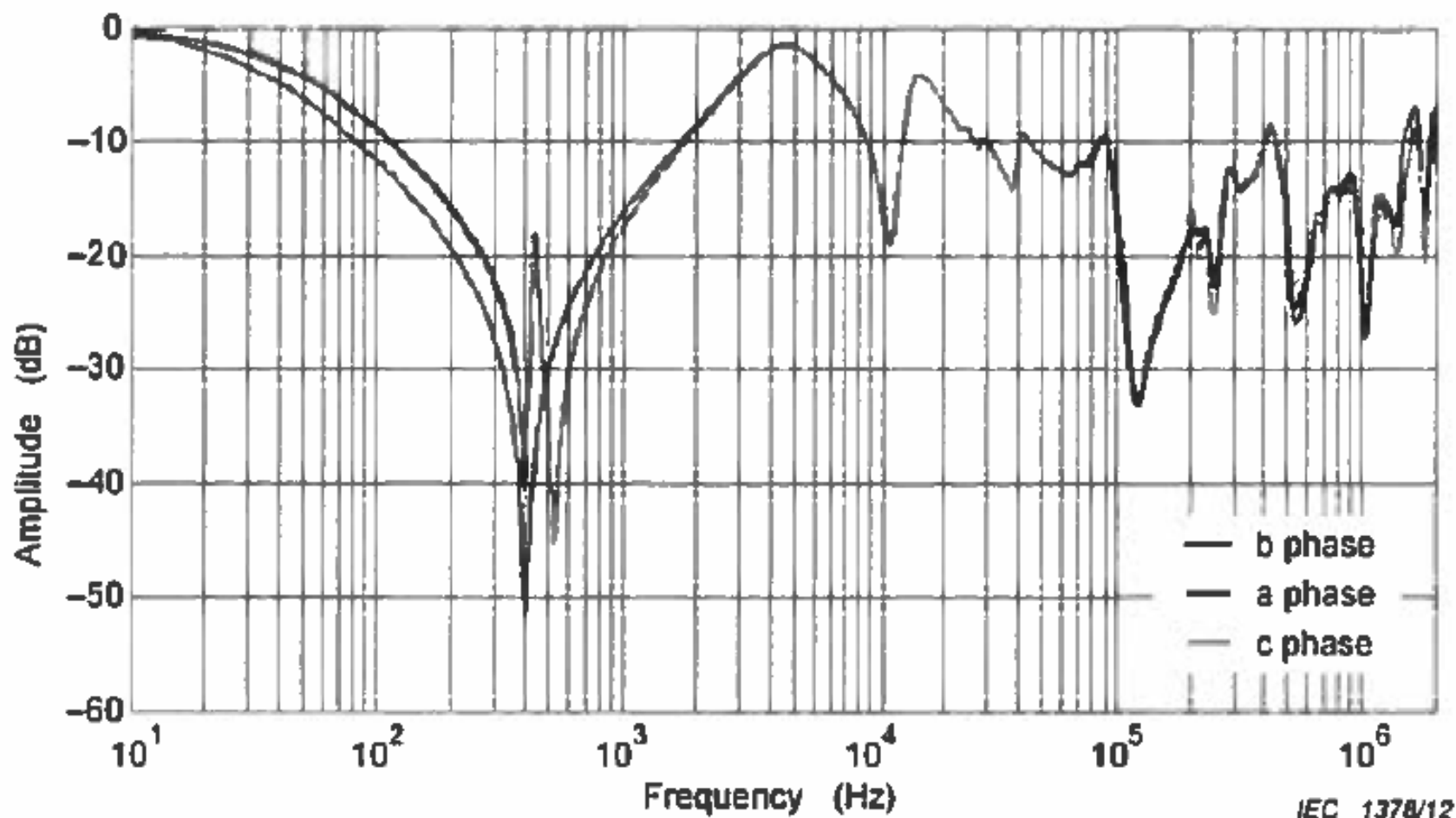
FRA kiértékelés: összehasonlítás „iker” trafó méréssel: azonos tervek szerint készült ugyanabban a gyárban



**FRA kiértékelés: összehasonlítás „testvér” trafó azonos specifikáció,
de gyártó, de a tekercsek elrendezése van különbség (különböző
éviáratok. továbbfelesztés. stb.)**



FRA kiértékelés: trafó három fázisnak összehasonlítása



Trafó aktív rész mechanikai állapotellenőrzése (S)FRA-val

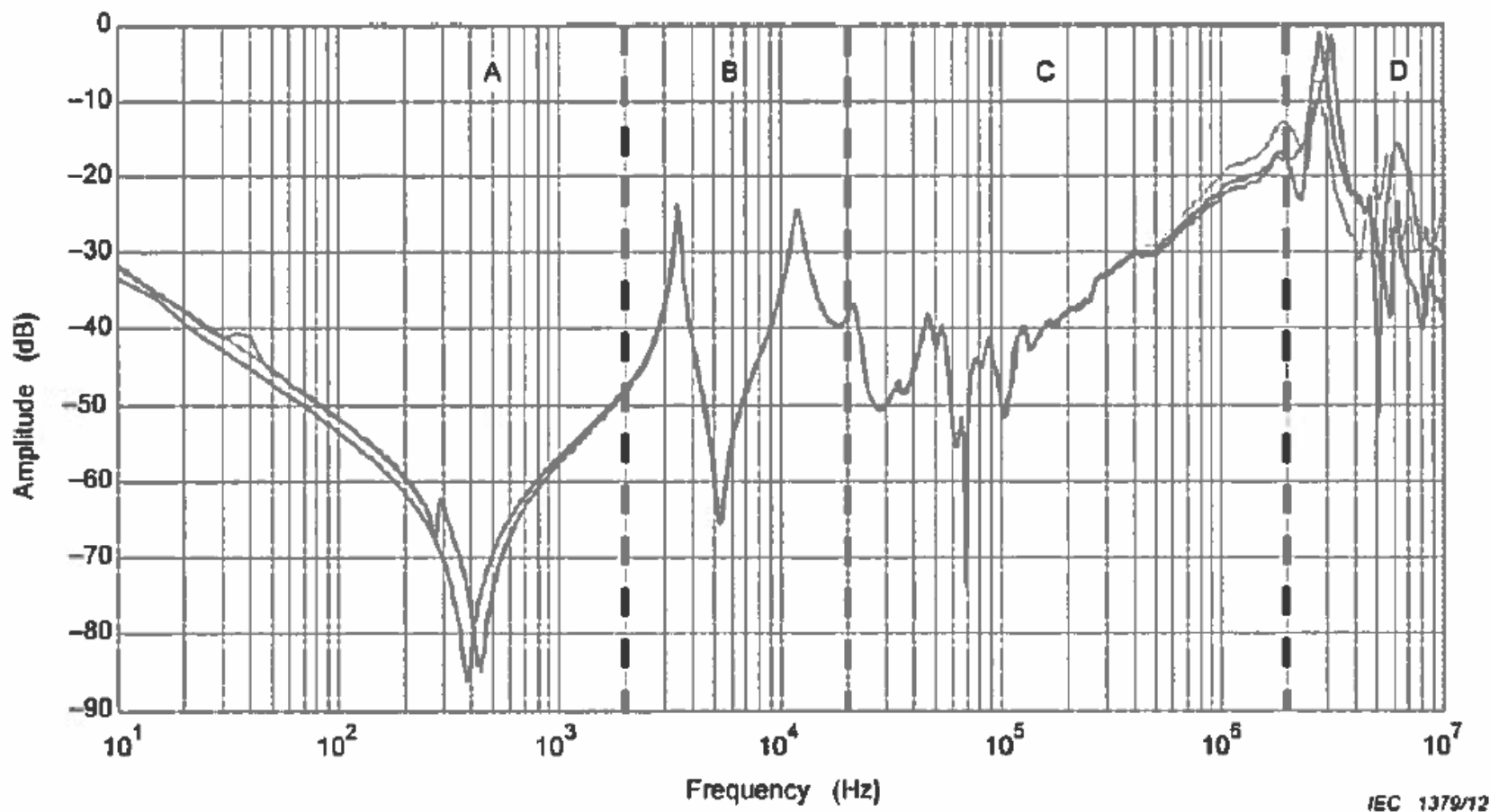
FRA spektrumok kiértékelése

- FRA módszer **használata javasolt**: trafó szállításkor, zárlati vizsgálatoknál, közeli zárlatok, gyanús zajok, stb.

Kiértékelésnél az alábbi változásokat kell figyelni:

- A spektrumgörbe teljes alakja
- Rezonancia helyek száma
- Rezonancia frekvenciák eltolódása
- Az FRA spektrum **alapvetően a trafó tekercs és vasmag szerkezetétől** függ, így a változás a tekercs deformáció, ill. elmozdulásból eredhet, de változhat a különböző mérési „elrendezésből” is, ezért törekedni kell az **azonos mérési elrendezések kialakítására**.

Spektrumgörbék jellegzetes szakaszai



Trafó aktív rész mechanikai állapotellenőrzése (S)FRA-val

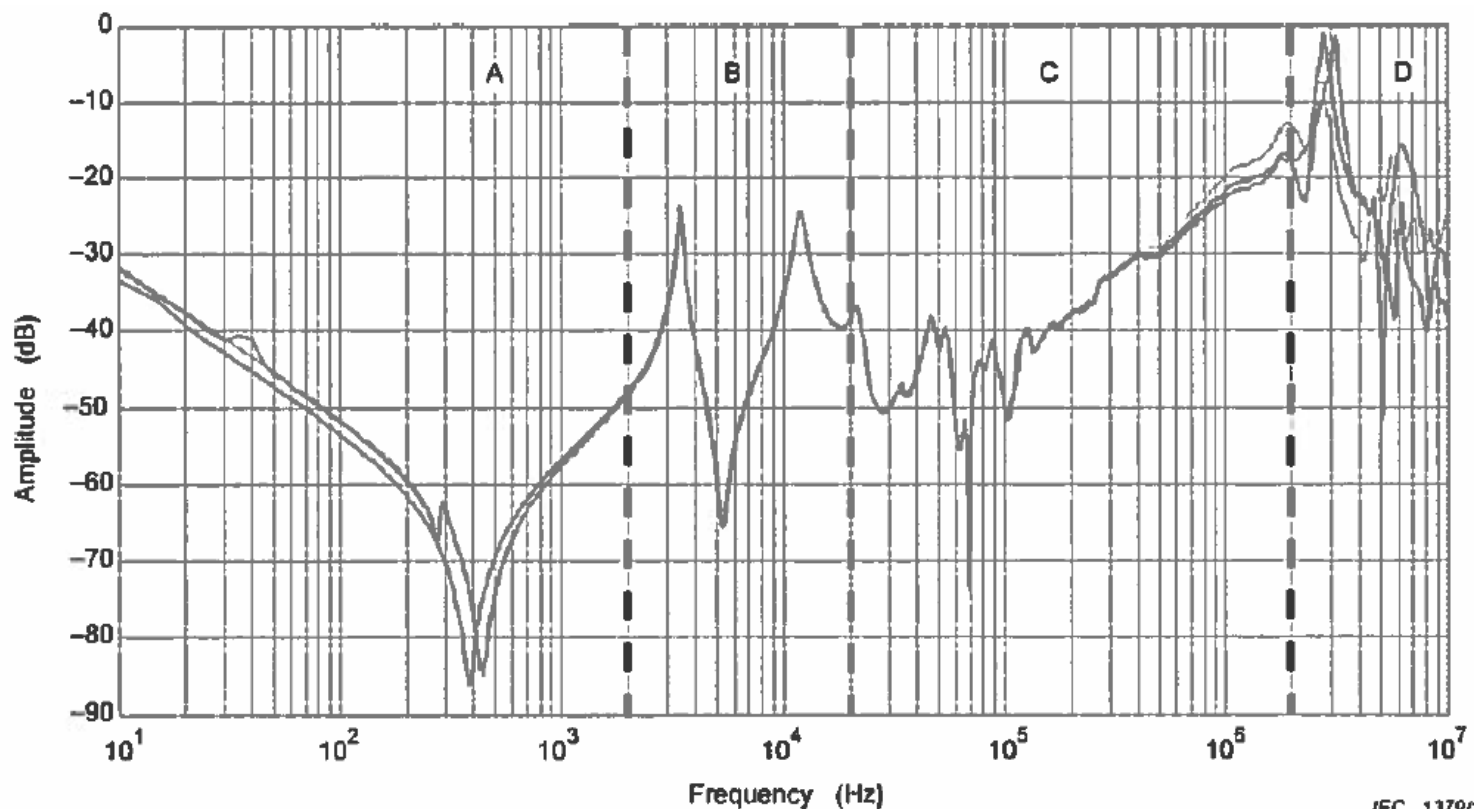
Az FRA spektrum 4 fő tartományra osztható:

- „A” alacsonyfrekvenciás tartományban a **vasmag hatása dominál**: függ a mag mágnesező indukciójától és a trafó kapacitásától (**2kHz-ig**). Egy **háromoszlopos trafónál a középső fázis** ebben a tartományban általában **egy rezonancia ponttal** rendelkezik, mert a **vasmag szimmetrikusan** zárul a másik két fázis felé, **de a szélső két fázisnak általában két rezonancia pontja van**. A **vasmag maradék mágnesezése** ugyancsak befolyásolja ezt a tartományt.
- „B” **középső** tartományban a **tekercsek közötti kapcsolat dominál**. Ez a tartomány **2-20kHz közötti**. Ez a rész függ a tekercsek közötti kapcsolattól, (**delta, Y**), **autótrafó, stb., egyfázisú, vagy 3 fázisú**.
- **Autótrafó** esetén ebben a tartományban általában **két rezonancia**.

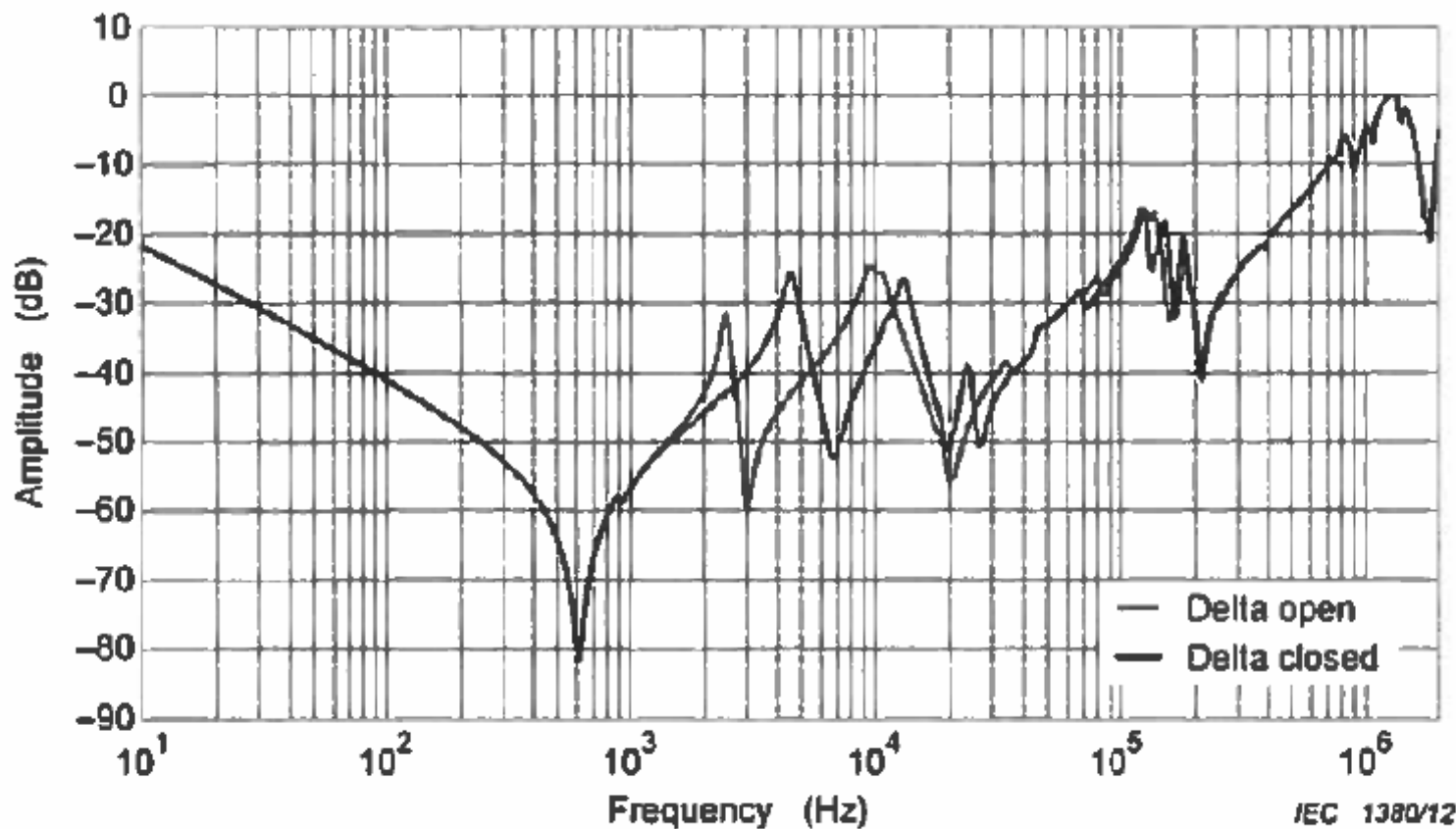
Trafó aktív rész mechanikai állapotellenőrzése (S)FRA-val

- **„C” nagyobb frekvenciás tartomány (20kHz-1MHz):** a tekercsek **egyedi tulajdonságai**, belső kötések dominálnak: meghatározóak a szórási induktivitások, a **tekercsek soros és föld kapacitásai**. Ebben a tartományban a **soros kapacitás a legdominánsabb** tényező, ez határozza meg a **burkoló görbét**. A **nagykapacitással** (átlapolás) készülő trafóknál **több rezonanciás pont van emelkedő** amplitúdóval. A **KF tekercsnél**, ahol kicsi a **soros kapacitás** általában **lapos görbével rendelkezik** ebben a tartományban ,
- **„D” nagyfrekvenciás tartomány (1MHz felett),** ahol a **mérési elrendezés**, bekötővezetékek, stb. nagyfrekvenciás tulajdonságai dominálnak, **nehezen ismételhető mérések**.
- A frekvenciák főleg a trafó méretétől függnnek.

Nagyfeszültségű autótrafó: általános összefüggések az FRA spektrum és a trafo szerkezet között az NF tekercs mérésekor:
A=vasmag,, B=tekercsek közötti kapcsolat, C=tekercs szerkezet,
D=mérési elrendezés, földelések, stb.

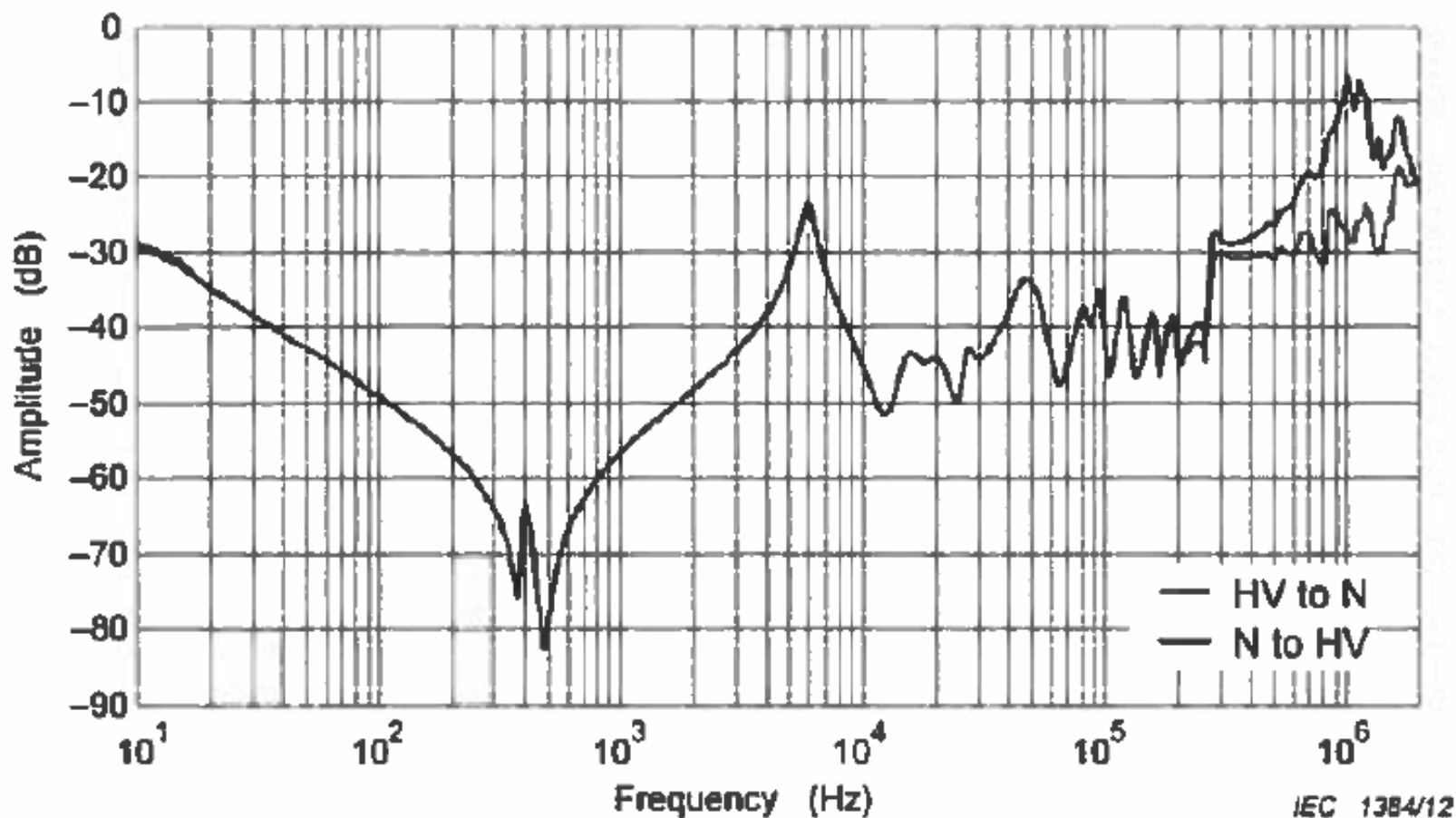


Delta terciér tekercs hatása: nyitott, zárt állapotban megváltozik a kapacitív és induktív csatolás, a középső tartomány (eltolódás alacsony frekvencia felé)



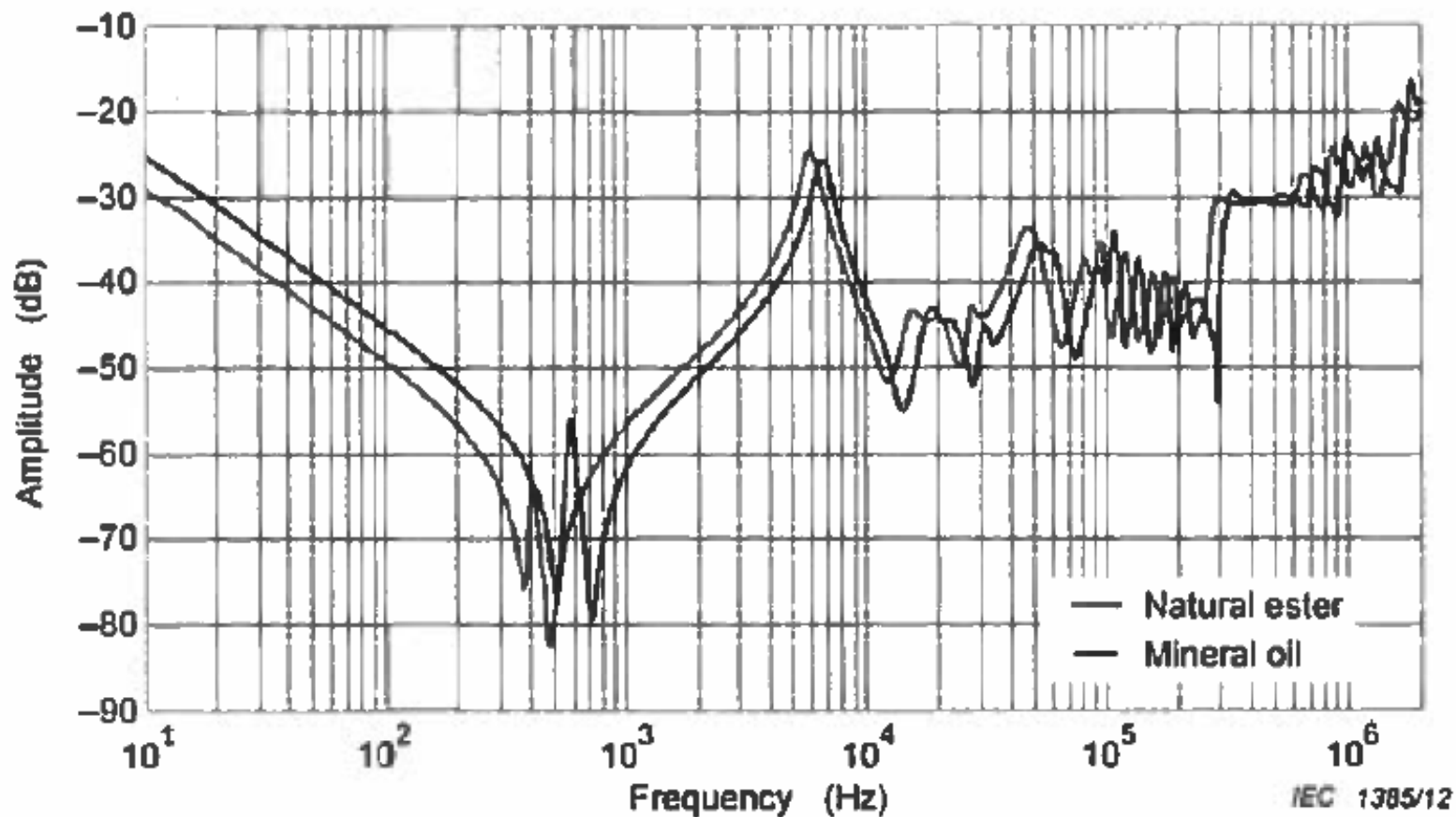
Trafó aktív rész mechanikai állapotellenőrzése (S)FRA-val

A mérés irányának hatása

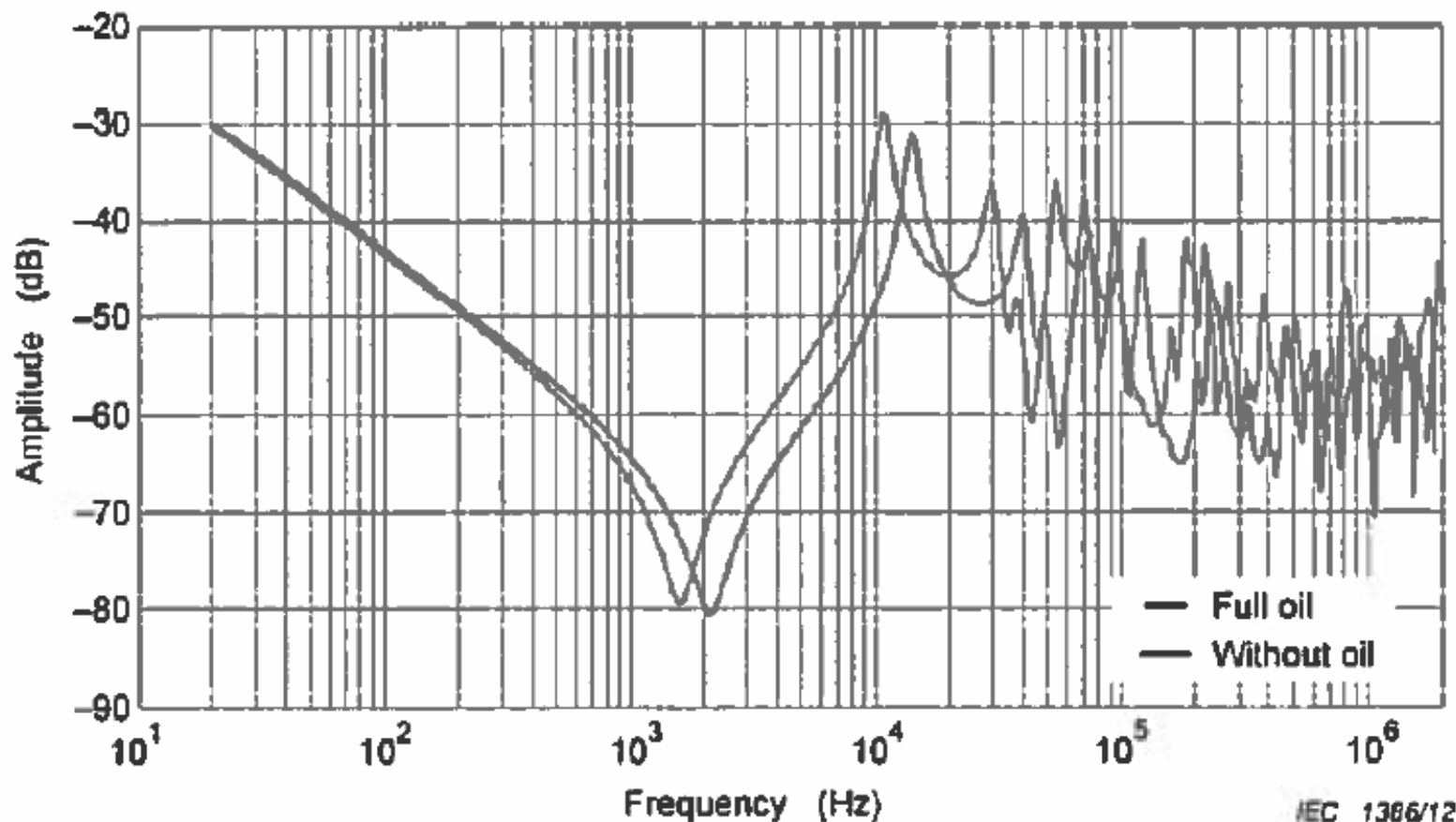


Trafó aktív rész mechanikai állapotellenőrzése (S)FRA-val

Különböző szigetelőolajok hatása

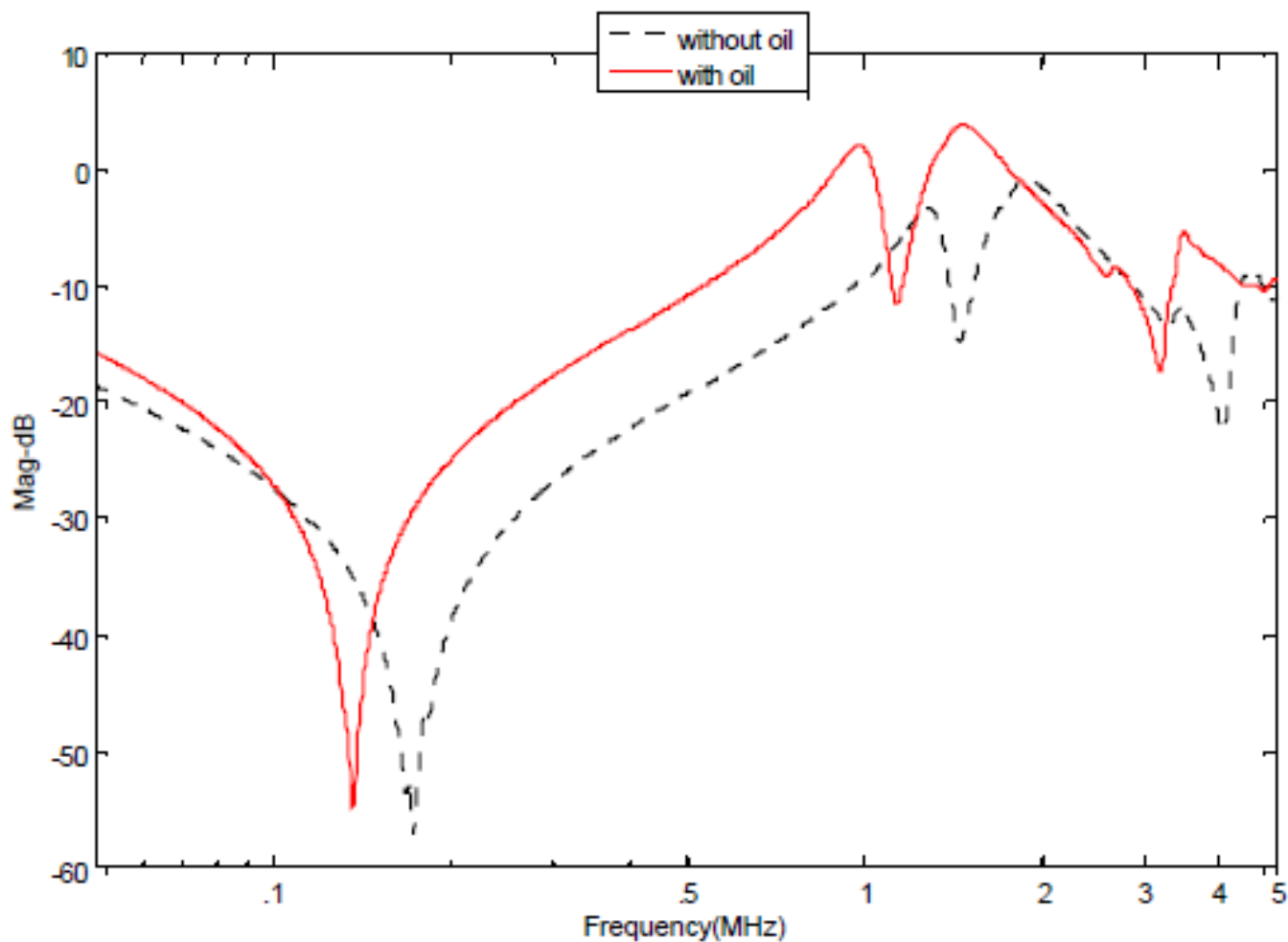


Trafó aktív rész mechanikai állapotellenőrzése (S)FRA-val Olajfeltöltése mérés és olaj nélküli mérés (szállítás olaj nélkül)

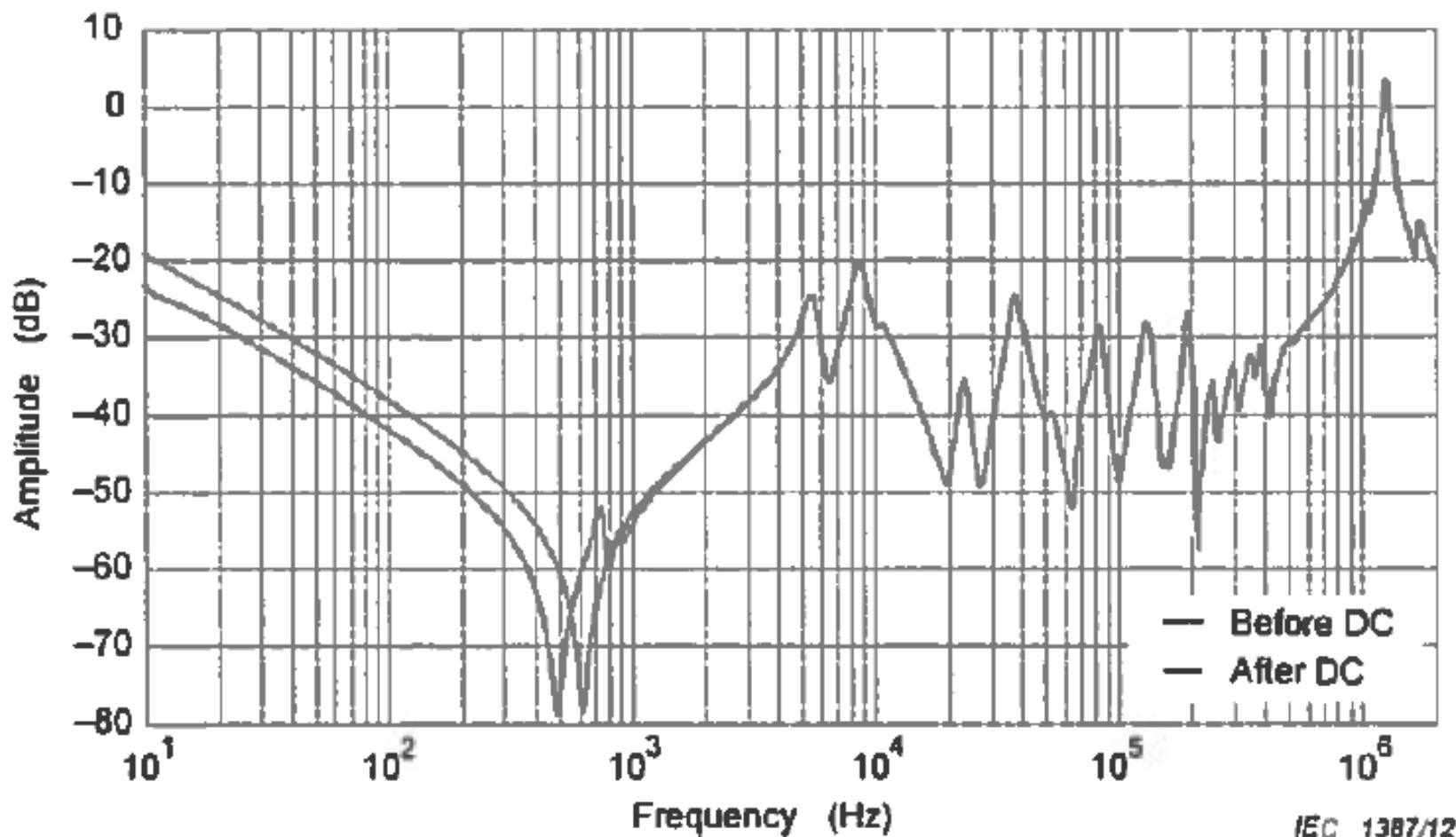


Trafó aktív rész mechanikai állapotellenőrzése

Mérés olajjal és olaj nélkül

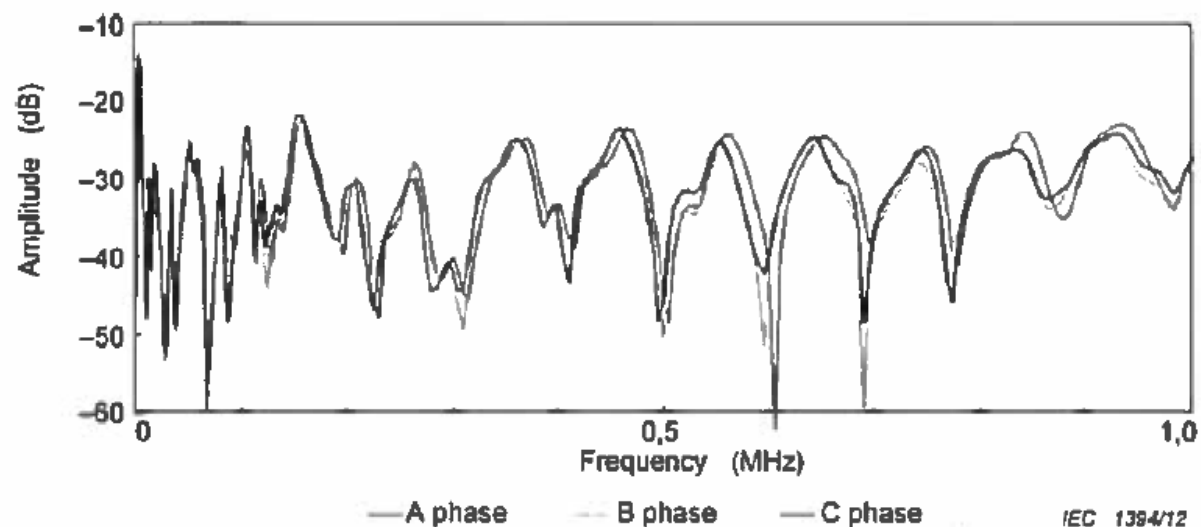


Trafó aktív rész mechanikai állapotellenőrzése (S)FRA-val DC hatása: maradék mágnesező indukció

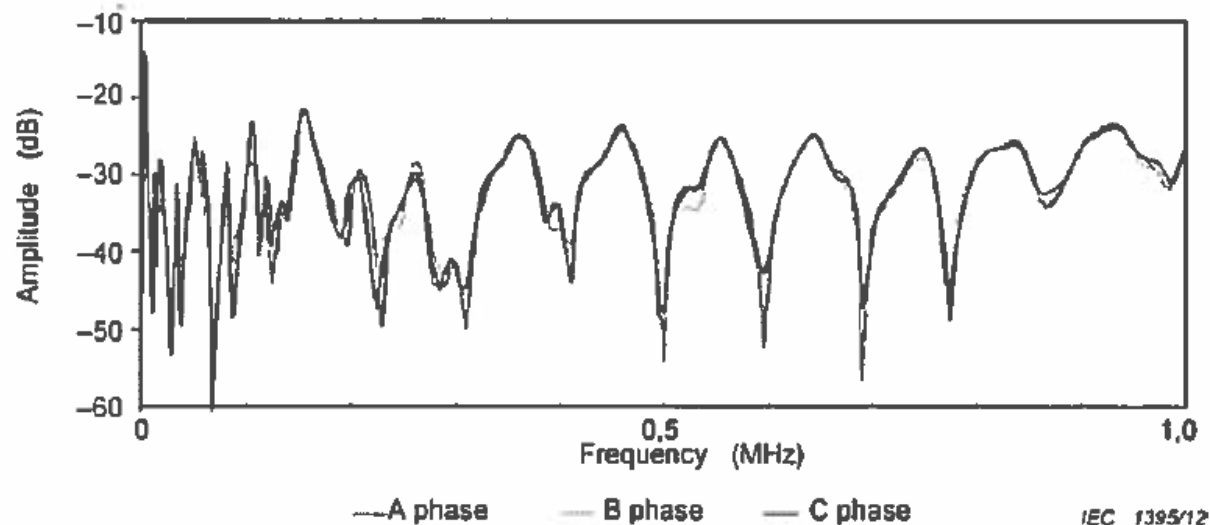


Alapmérés, majd 7 évvel
később egy Buchholz
jelzés utáni mérés

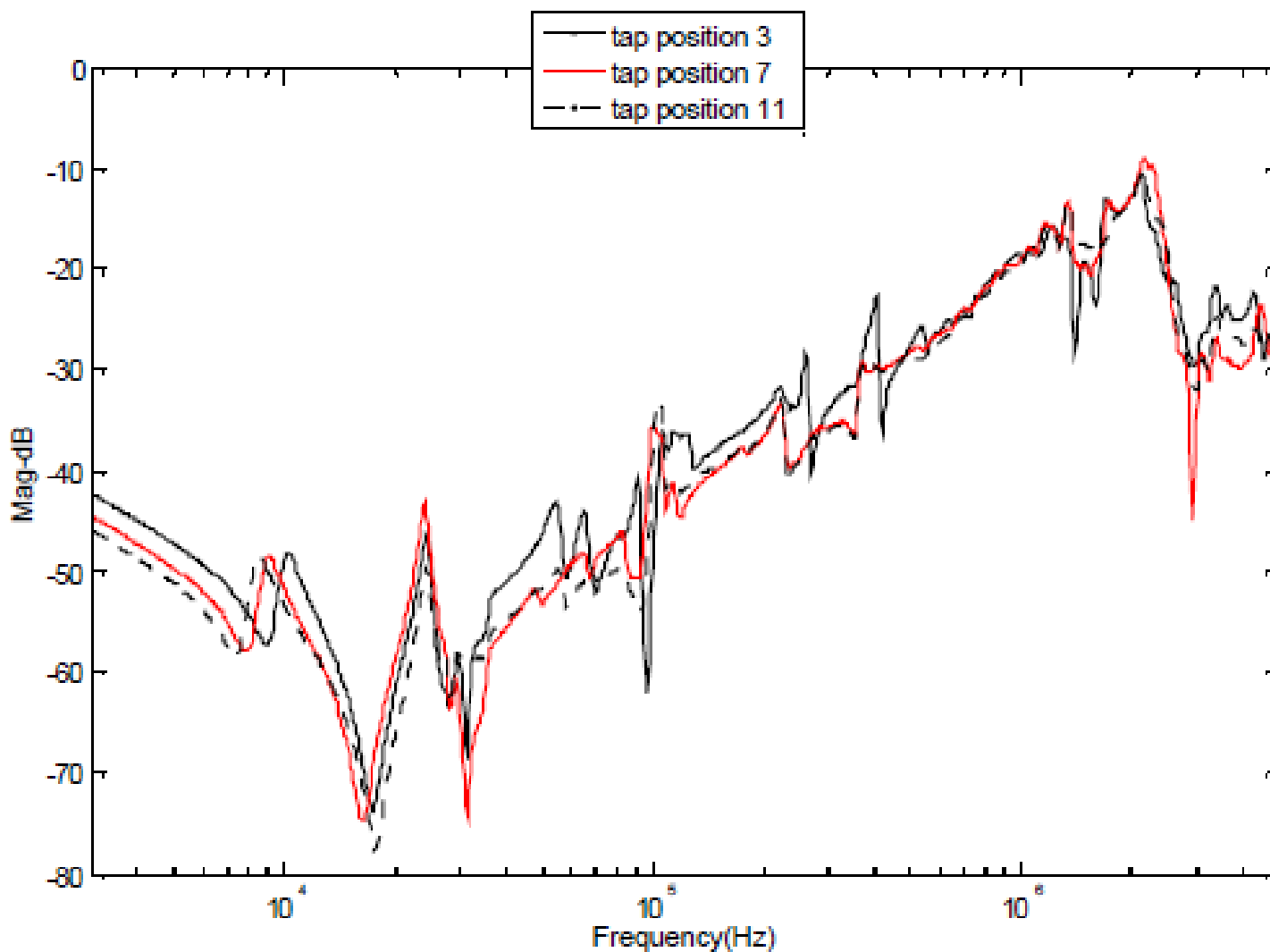
After Buchholz alarm



Seven years earlier

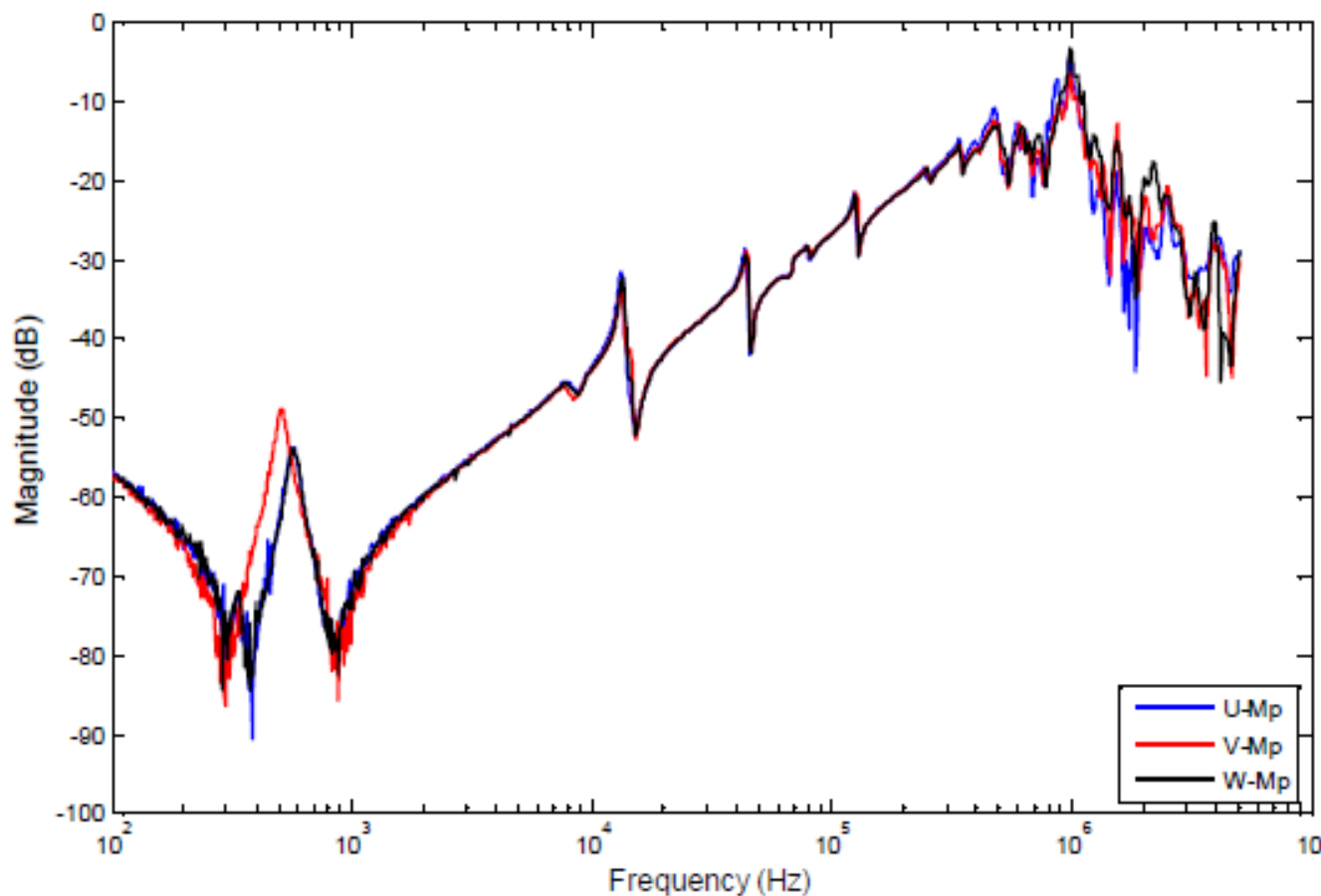


Fokozatkapcsoló különböző állásainak hatása



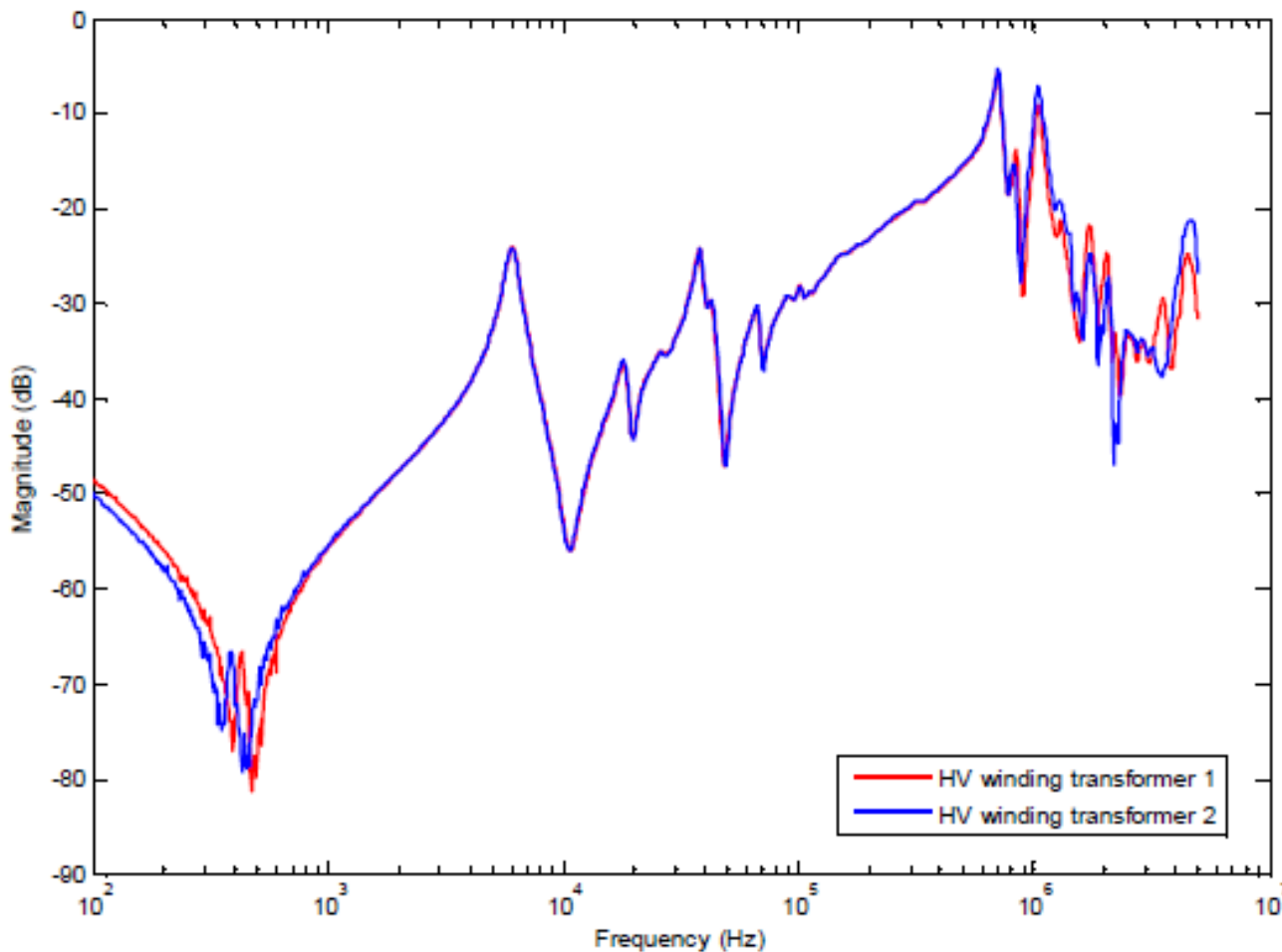
Trafó aktív rész mechanikai állapotellenőrzése

273MVA generátor trafó, Y nagyfeszültségű tekercs, fázisok összehasonlítása

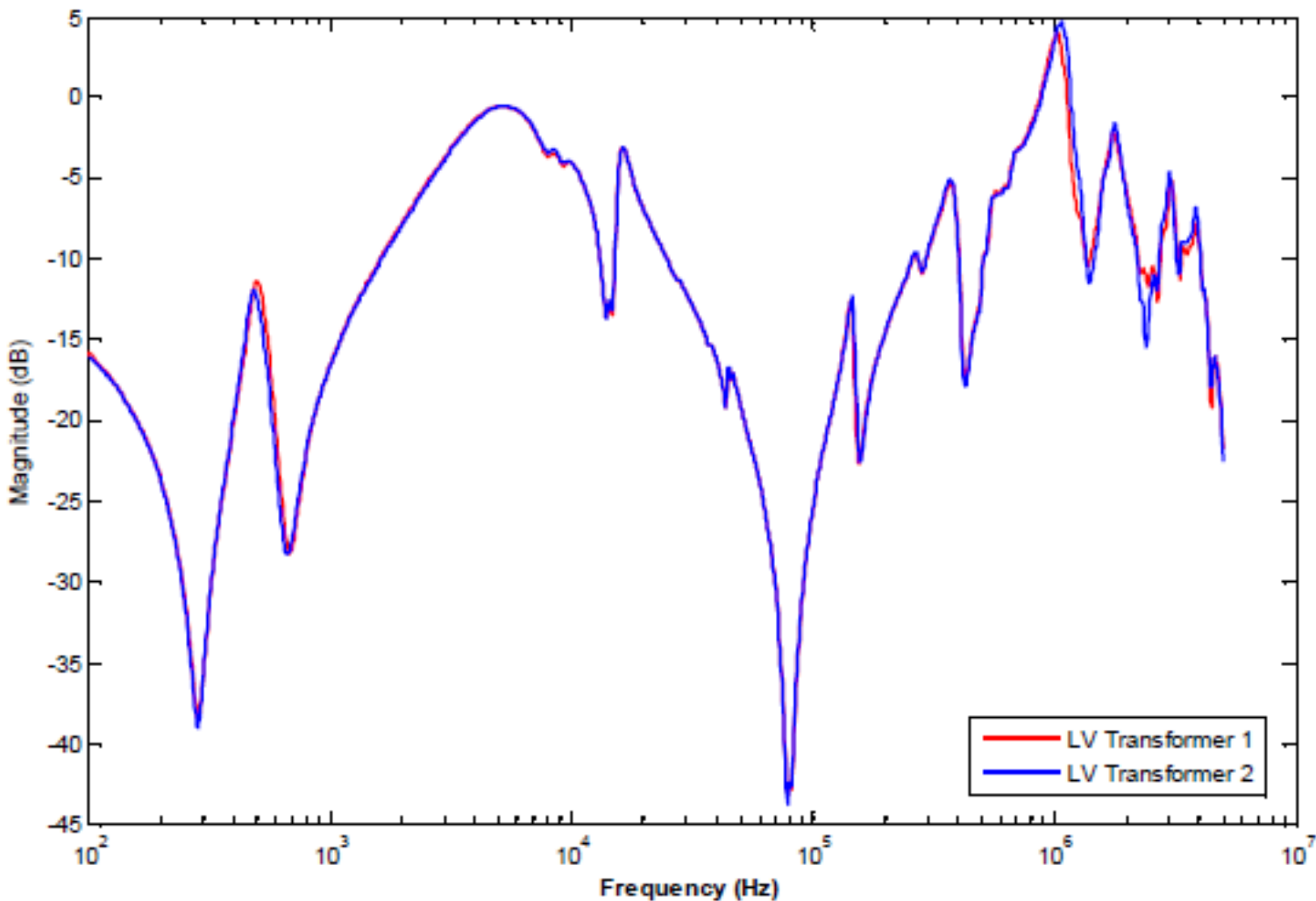


Trafó aktív rész mechanikai állapotellenőrzése

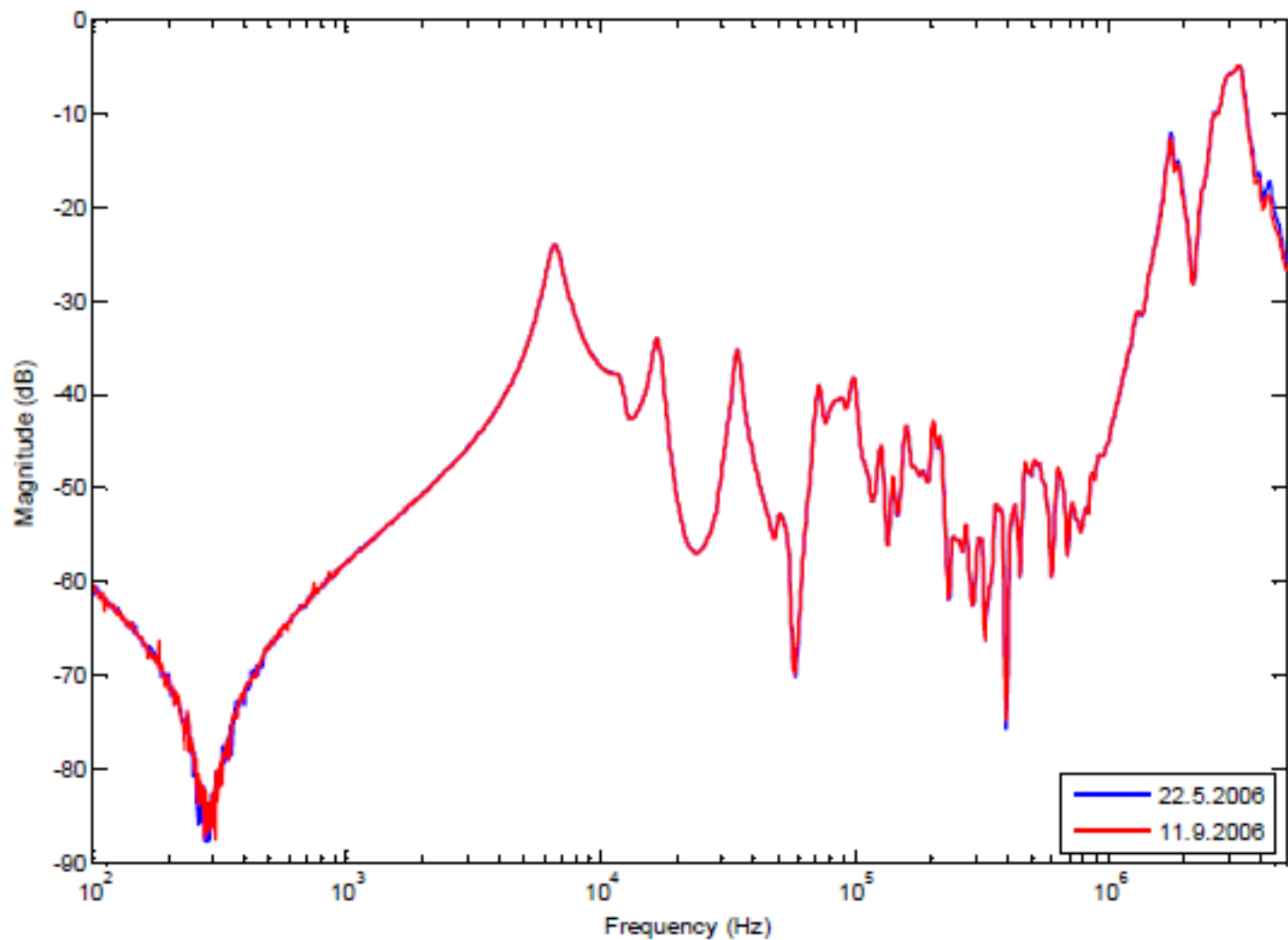
Két 400/27kV, 1100MVA paralel járó trafó FRA NF görbéi („sister”



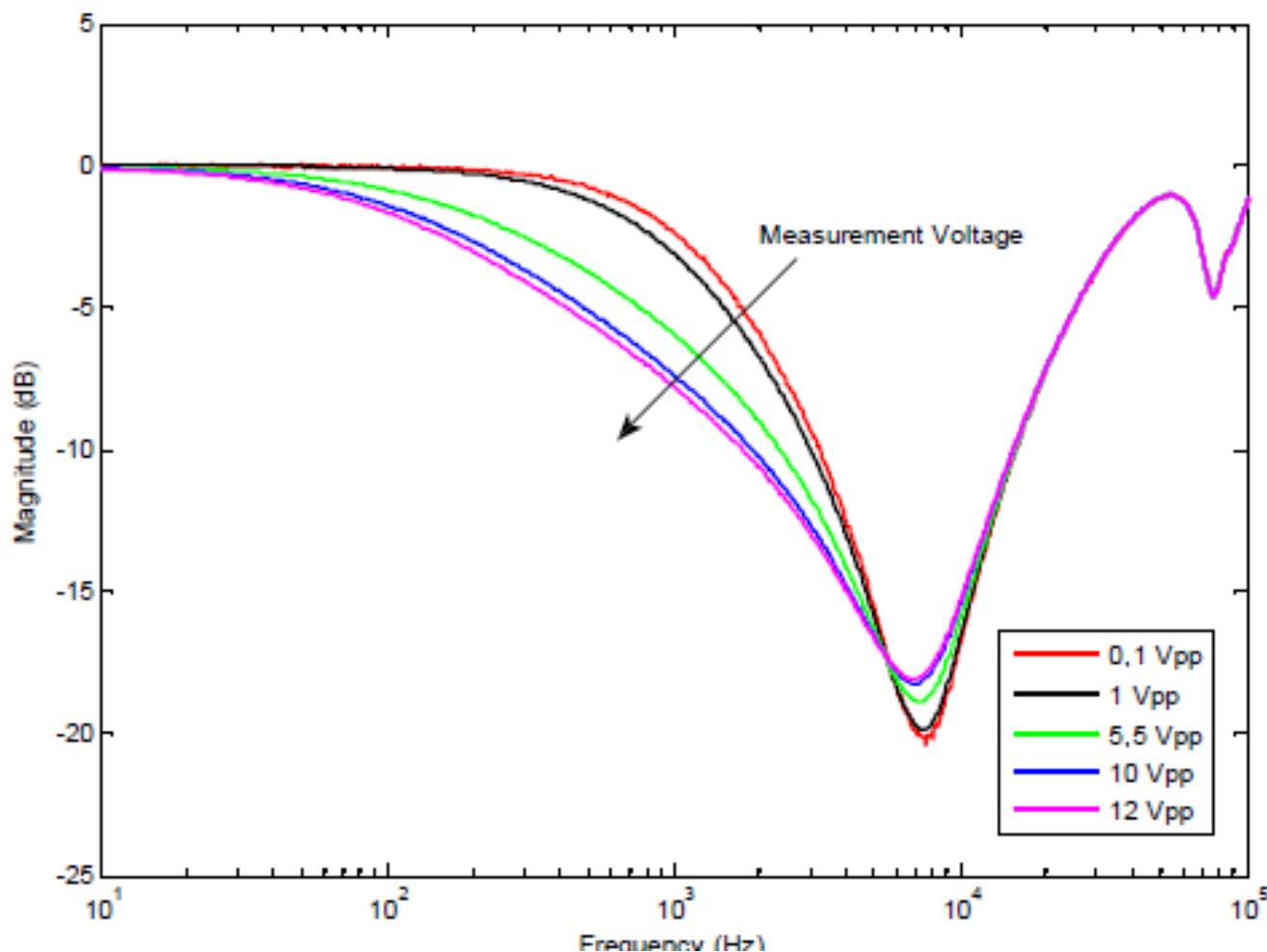
Két 400/15kV, 273MVA paralel járó trafó FRA KF görbéi („sister” trafók)



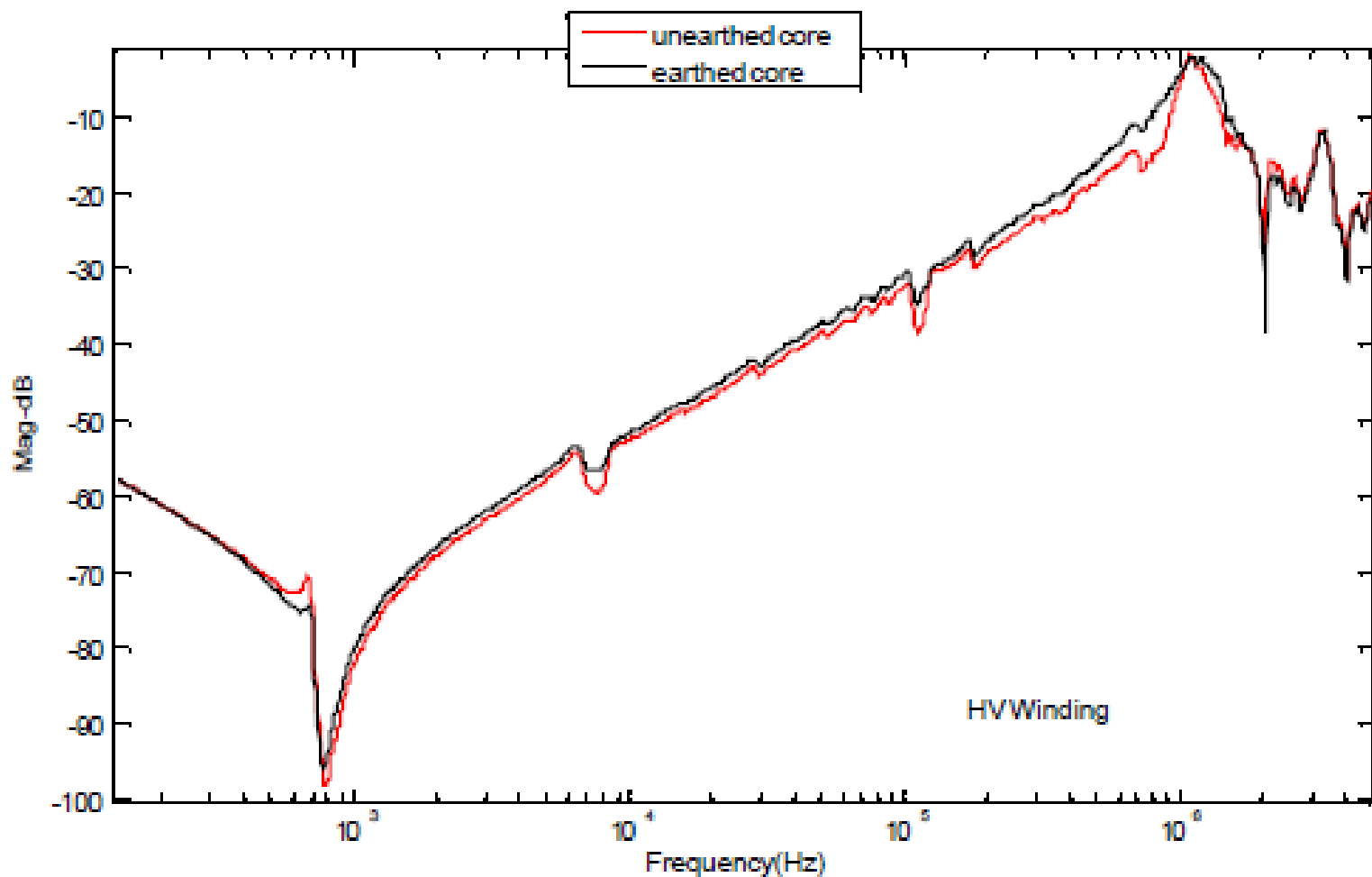
Egyfázisú trafó, 40MVA, ismételhetőségi vizsgálat



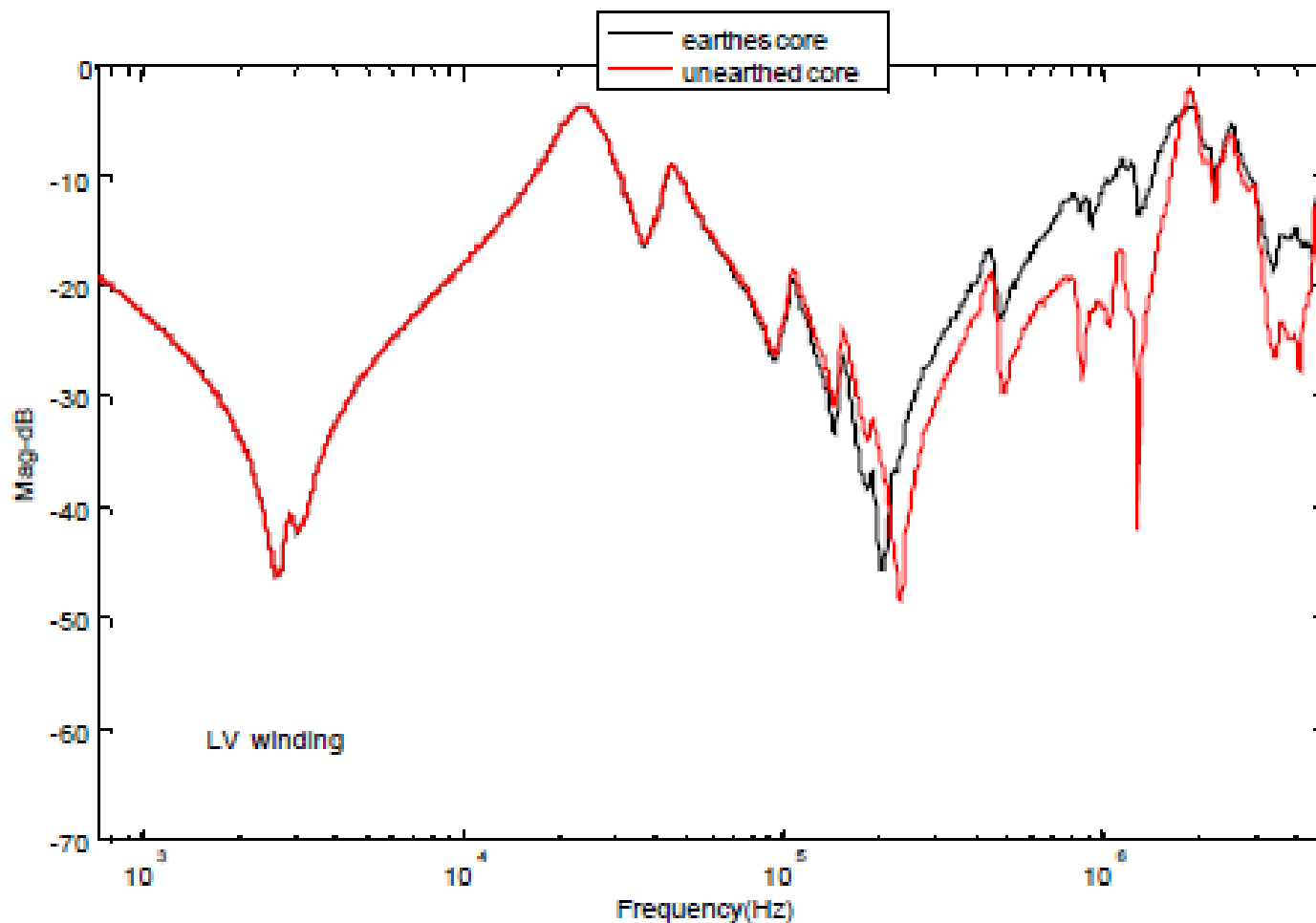
A mérési feszültség nagyságának hatása az FRA átviteli függvényre: ajánlott ua. feszültséggel mérni



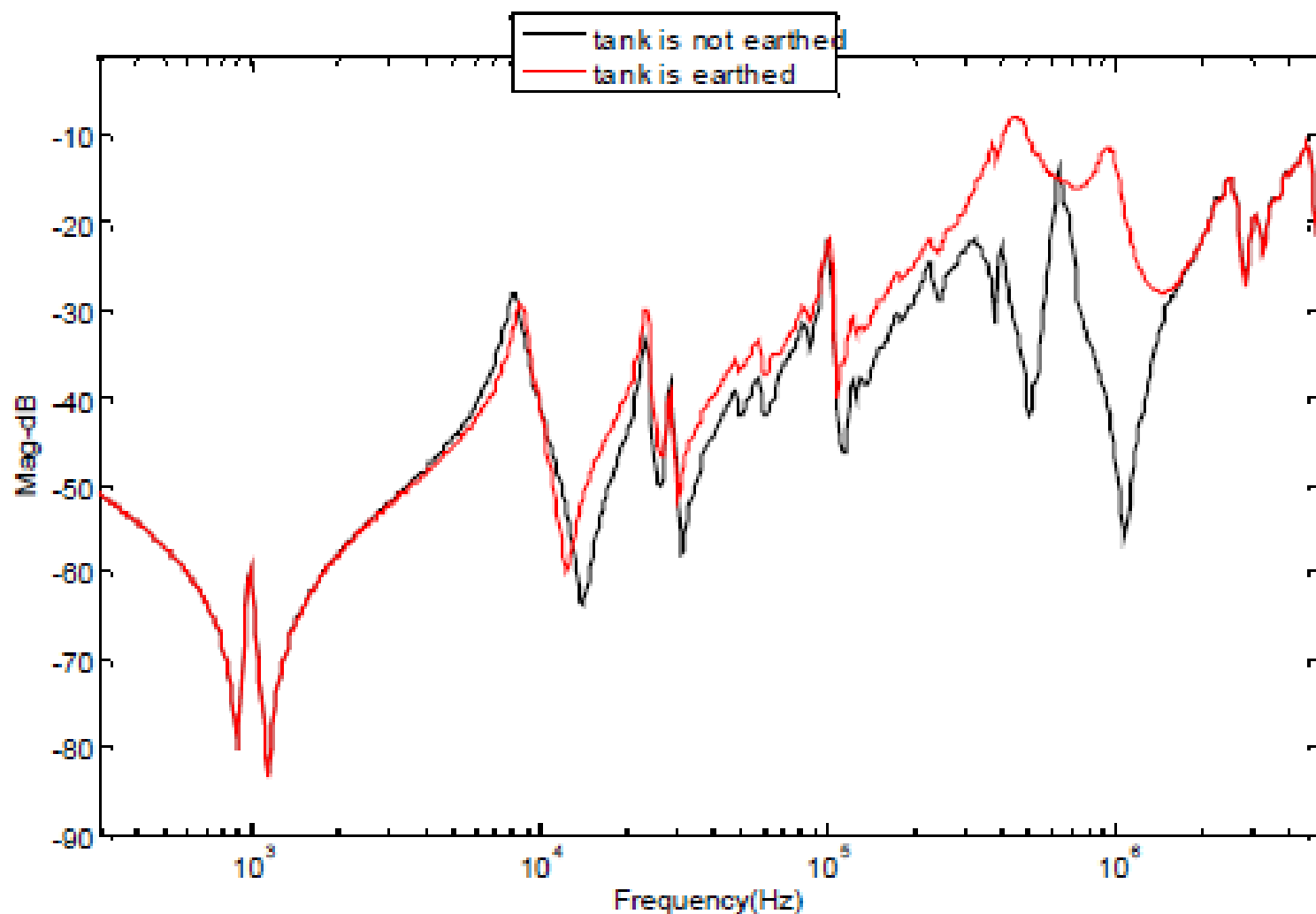
A földelt és földeletlen vasmag hatása az NF tekercs FRA spektrumára



A földelt és földeletlen vasmag hatása az KF tekercs FRA spektrumára

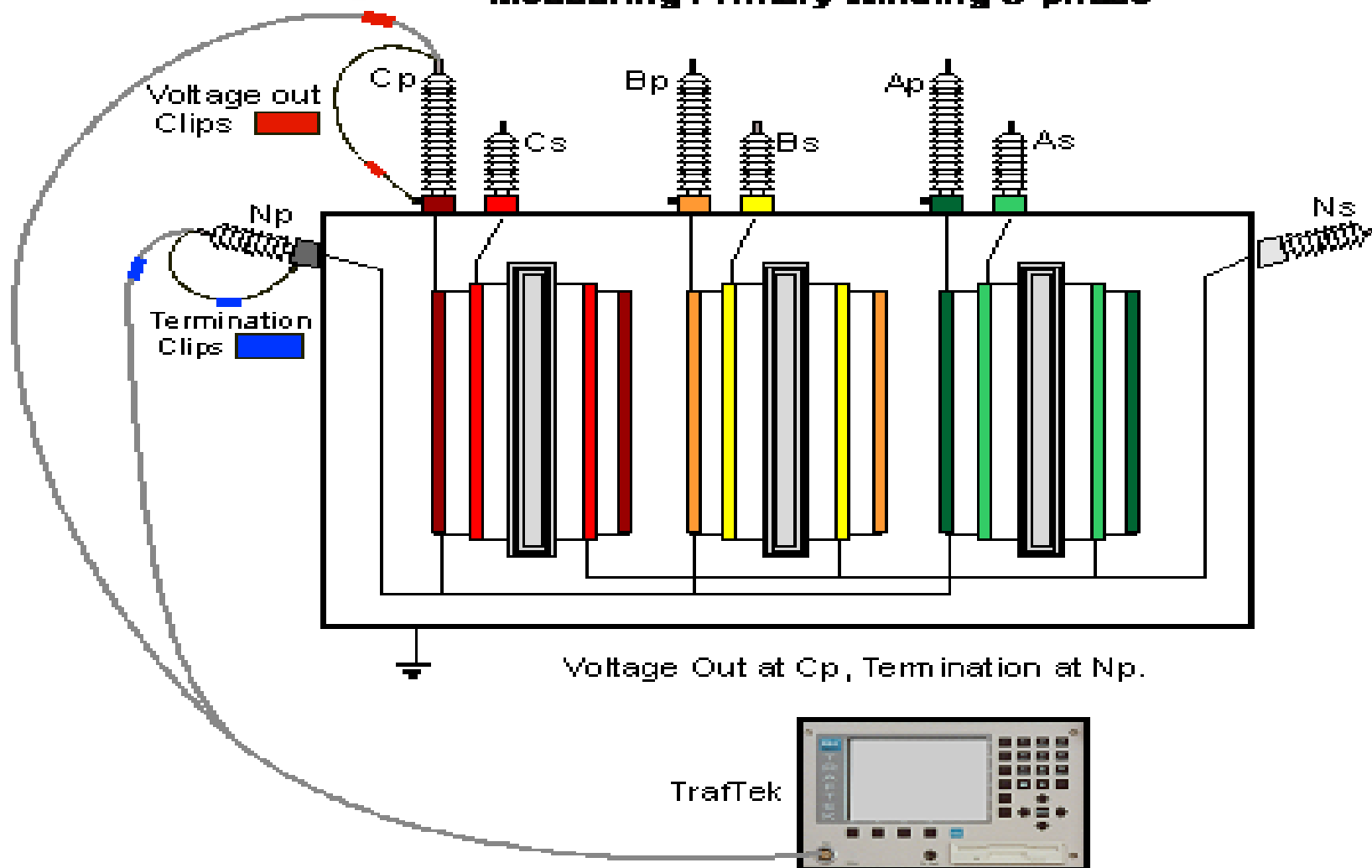


Földelt és földeletlen tank hatása az NF FRA spektrumra



Mérés TRAFTEK készülékkel

Measuring Primary winding C phase



Ajánlott TRAFTEK mérési elrendezések

Some examples of test arrangements on a two winding three phase transformer				
Excitation voltage at...	Termination at...	Open terminals	Grounded (short circuited) terminals	Measured impedance
Ap	Np	As,Bs,Cs,Ns,Bp,Cp	-	Primary winding “x” phase
Bp	Np	As,Bs,Cs,Ns,Ap,Cp	-	
Cp	Np	As,Bs,Cs,Ns,Ap,Bp	-	
Ap	Np	Bp,Cp	As,Bs,Cs,Ns	Primary winding “x” phase (+ effect of leakage imp. between primary and secondary winding)
Bp	Np	Ap,Cp	As,Bs,Cs,Ns	
Cp	Np	Ap,Bp	As,Bs,Cs,Ns	
As	Ns	Ap,Bp,Cp,Np,Bs,Cs	-	Primary winding “x” phase
Bs	Ns	Ap,Bp,Cp,Np,As,Cs	-	
Cs	Ns	Ap,Bp,Cp,Np,As,Bs	-	
As	Ns	Bs,Cs	Ap,Bp,Cp,Np	Primary winding “x” phase (+ effect of leakage imp. between primary and secondary winding)
Bs	Ns	As,Cs	Ap,Bp,Cp,Np	
Cs	Ns	As,Bs	Ap,Bp,Cp,Np	
Ap	As	Bp,Cp,Bs,Cs	Np,Ns	Leakage impedance between primary and secondary
Bp	Bs	Ap,Cp,As,Cs	Np,Ns	
Cp	Cs	Ap,Bp,As,Bs	Np,Ns	
If the transformer has Delta winding it can be measured as As...Bs, Bs...Cs and Cs...As in a circle.				

FRA görbék kiértékelési lehetőségei □

- Vannak a transzformátorról korábbi felvételek (**ujjlenyomat**) és az aktuális mérés eredményét a korábbihoz hasonlítjuk. Ez a legkorrektebb kiértékelés megfelelő tapasztalat felhalmozódása után a transzformátor konstrukció ismeretében megállapítható, hogy az elmozdulás veszélyes mértékű-e.
- Ha **nincs megelőző mérési adatunk de rendelkezésre áll hasonló típusú** transzformátoron felvett görbe akkor feltételezhetjük, hogy bizonyos tűrésen belül a két egység azonos fázisának görbéi egyformák lesznek és ez alapján értékelhetjük az eredményeket.
- Ha **sem ujjlenyomat sem hasonló transzformátor nem áll rendelkezésre** akkor a **három fázis összehasonlításával** tudunk csak próbálkozni. Általában a két szélső fázis képe közel azonos, a középsőé kissé eltérő. Sajnos bizonyos konstrukcióknál és a fokozatkapcsoló szélső állásaiban a három fázis eltérő képet ad itt az összehasonlítással óvatosan kell bánni.

Trafó aktív rész mechanikai állapotellenőrzése

Előterjesztés a CIGRE új FRA A2.53 munkabizottságra:

Objective interpretation methodology for the mechanical condition assessment of transformer windings using Frequency Response Analysis (FRA)

- **Régi WG záró tanulmánya** (TB 342): leírja a mérést, mérési tanácsokat ad, foglalkozik a kiértékelésekkel, számos példát mutat, a CIGRE TB alapján IEC szabvány készült (IEC 60076-18),
- IEEE guide (IEEE Std C57.149-2012) is készült, amely egy kicsit **más konfigurációkat javasol**.
- Jelenleg az IEC és az IEEE **is foglalkozik az FRA-val**, ezért szükséges, hogy **több technikai segítséget kapjanak** a kiértékeléshez.

Trafó aktív rész mechanikai állapotellenőrzése

Az új WG az alábbiakra koncentrál:

- Cél egy **végleges nemzetközi kiértékelési algoritmus** megalkotása, amely pl. bemenet lenne a Health Index-hez,
- **Jelenlegi állapot áttekintése**, objektív kiértékelési létrehozása,
- **Tipikus FRA görbék**, NF és KF, Y és delta tekercs közötti különbségek feltárása, mag és köpeny trafó közötti különbségek,
- **Nagyfrekvenciás modell használata**, tipikus változások,
- **Tipikus hibák** jellegzetes görbéi,
- **Élettartam vége** kritérium megfogalmazása,
- Ajánlások a **szabvány módosítására**.

Trafó aktív rész mechanikai állapotellenőrzése

Konklúziók

- A trafó meghibásodások **jelentős százaléka zárlati esemény** következtében alakul ki.
- A szigetelési klasszikus jellemzőkön kívül az **aktív rész mechanikai állapotának** is jelentős szerepe van az üzembiztos működésben.
- A tekercs geometriában bekövetkező torzulás a szigetelésben elsősorban ionizációs folyamatokat indít be, **így a mechanikai problémából dielektromos probléma lesz.**
- Fontos tudni azt, hogy mikor alakul ki olyan **tekercsroskadás**, mely a transzformátor zárlatállóságát veszélyes mértékben rontja.
- Jelenleg két fontos diagnosztika: **rezgés és FRA mérés**

Trafó aktív rész mechanikai állapotellenőrzése

- A transzformátorok mechanikai problémáinak ellenőrzésére ill. kimutatására jelenleg csak az FRA-ra van szabvány.
- A mechanikai állapot egyik lehetséges vizsgálati lehetősége az **on-line jellegű rezgésvizsgálat**.
- On-line kiépítés esetén trendanalízissel lehetséges a veszélyes állapot előjelzése, katasztrofális üzemzavar kockázatának csökkentése.
- **A CIGRE új munkabizottságot hozott létre több technikai segítséget céljából**

Trafó aktív rész mechanikai állapotellenőrzése

**Köszönöm a
figyelmet**

