

**Szigetelés Diagnosztikai Konferencia**

**2012. 10. 10-12.**

**TURBÓGENERÁTOR  
DIAGNOSZTIKA**

**„Mit érhetünk el a vizsgálatokkal”**



# Turbógenerátorok sajátosságai

---

- Nagy, összetett igénybevételek, a megengedett felső határokon.
- Speciális anyagok és technológiák.
- Magas kihasználás, hosszú élettartam.
- Kiemelkedő üzembiztonsági elvárások.
- Jelentős termelési érték.
- A forgórész a generátor leginkább elhasználódó eleme, az állórész elhasználódása lassabb.
- Hosszú élettartama felújításokkal tovább hosszabbítható.

# A generátorok megfelelőségének biztosítása

---

- Tervezés, gyártás, anyagok
- Üzemeltetési szabályok, gyártói előírások
- A műszaki állapot vizsgálata és ismerete
- Rendszeres karbantartások
- Felújítás, élettartam kiterjesztés

# „Alapelvek” generátorokkal végzendő tevékenységek során

---

- Ami jól működik azon ne változtass!
- Kipróbált, bevált, referenciával igazolt technológiák, anyagok, tevékenységek, konstrukciók, szakcégek alkalmazhatók csak.
- Az alkalmazott eljárások, konstrukciók feleljenek meg napjaink turbógenerátor gyártási, állapot fenntartási színvonalának.

# Turbógenerátor diagnosztika

---

- A megfelelő műszaki állapot biztosítását elősegítő egyik eszköz, (de nem csodaszer)
- Rendszeres, teljes körű alkalmazása szükséges
- Tervezhetőséget, költség optimalizálási lehetőséget biztosít

# Mit várhatunk a diagnosztikától

---

- Rosszul használva** (időnként egy-egy vizsgálat trend és összefüggések nélkül, nem megfelelő mérések) **keveset**.
- Rendszerben, integrált módon** alkalmazva már többet, a degradációk, időbeli trendek felismerését.
- A diagnosztika nem oldja meg, csak felfedi a problémákat.**

# Diagnosztika helyes alkalmazása

---

- Mérések és vizsgálatok technikai ismerete.
- Az alkalmazott diagnosztikai módszerek egyedi és rendszerszintű ismerete.
- Megfelelő vizsgáló eszközök.
- A vizsgált generátor konstrukció ismerete.
- Tapasztalat a kapott eredmények kiértékelésében.

# A generátor szétszereléses és vizuális vizsgálatának fontossága

---

- Műszeres vizsgálattal csak a kifejlődött degradációkat észlelhetjük.
- A degradációk kialakulásuk kezdetén nem adnak jól mérhető elváltozásokat, de vizuálisan, manuálisan már jól észlelhetők.
- Szétszerelt állapotban végzett, részben vizuális, manuális vizsgálattal a kezdődő hiba folyamatok is felismerhetők.

# Turbógenerátor kialakítása



Nagytejesítményű turbógépcsoport

# Turbógenerátor

---



Állórész és forgórész

# Diagnosztika vizsgálatok rendszere

---

- A generátorok üzemeltetési, leállási ciklusaihoz illeszkedik.
- A berendezés állapotát figyelembe veszi.
- Hazai gyakorlatban általánosan ismert és elfogadott módszereken alapul.
- Nemzetközi összehasonlításban is megállja a helyét.
- Biztosítja az állapot meghatározáshoz, trend elemzéshez szükséges adatokat.

# Diagnosztika vizsgálatok felosztása a generátor üzemállapota alapján

---

- Üzem alatti vizsgálatok
- Leálláskor elvégzendő ellenőrzések
- Szétszerelt állapotban végzendő vizsgálatok
- Visszaindulás alatti vizsgálatok

# Diagnosztika vizsgálatok felosztása a vizsgálatok besorolása alapján

---

## VIZSGÁLATOK FAJTÁJA SZERINT

- Villamos vizsgálatok
- Nem villamos vizsgálatok (mechanikai, hidraulikai, termikus, vizuális, stb.)

## VIZSGÁLATI CIKLUSIDŐ SZERINT

- Nagyrevíziókor, kisrevíziókor, ill. rövidebb ciklusban végzendő vizsgálatok

# Egy nagyteljesítményű turbógenerátor általános diagnosztikai vizsgálatai

---

- **1. Leállítás előtt, forgó állapotban elvégzendő vizsgálatok**
  - 1.1. A csapágyrezgések mérése
  - 1.2. Az állórész-ház rezgés mérése
  - 1.3. A gépben levő hidrogén szennyezőinek vizsgálata, nedvességmérés
  - 1.4. Tekercshűtővíz vezetőképességének, kémiai paramétereinek ellenőrzése
  - 1.5. A tengelyzárok olajforgalma (névleges fordulatszámon)
  - 1.6. A tengelyzár olajnyomás viszonyok vizsgálata (névleges fordulaton)
  - 1.7. A tengelyzár hőmérsékletek mérése.
  - 1.8. Az állórész horony hőmérők, gázhőmérők ellenőrzése
  - 1.9. Üresjárási karakterisztika felvétele
  - 1.10. Forgórész impedancia mérés  $Z = f(n)$
  - 1.11. Tengelyfeszültség mérése
  - 1.12. Fluxus szondás vizsgálat

# Egy nagyteljesítményű turbógenerátor általános diagnosztikai vizsgálatai

- 2. A leállítás után, a szétszerelés megkezdése előtt elvégzendő vizsgálatok
  - 2.1. A csúszógyűrűk mechanikai vizsgálata
  - 2.2. A turbina és a generátor közötti tengelykapcsoló beállításának vizsgálata.
- 3. A generátor szétszerelt állapotában elvégzendő vizsgálatok.
  - 3.1. Az állórész lemeztest vizsgálata
    - 3.1.1. Lemeztest zárlat vizsgálat (gyűrű fluxus teszt), csak kivételes esetekben
    - 3.1.2. Alacsony fluxusú vaszárlat vizsgálat (EL-CID)
    - 3.1.3. Lemeztest összefogó csavarok meghúzotttságának, biztosításának ellenőrzése
    - 3.1.4. Lemeztest összefogó csavarok szigetelésének ellenőrzése
    - 3.1.5. Lemeztest lazulások felderítése
    - 3.1.6. Lemeztest végzónák vizsgálata.
    - 3.1.7. Megfogó, szorító rendszer, árnyékoló tárcsa mechanikai integritásának vizsgálata

# Egy nagyteljesítményű turbógenerátor általános diagnosztikai vizsgálatai

---

- 3.2. Állórész tekercselés vizsgálata
  - 3.2.1. Állórész tekercselés szigetelési ellenállásának mérése
  - 3.2.2. Állórész tekercselés ohmos ellenállásának, impedanciájának mérése
  - 3.2.3. Állórész tekercselés potenciálvezérlés ellenállásának mérése
  - 3.2.4. A vízhűtésű tekercselés hermetikusságának ellenőrzése
  - 3.2.5. Az állórész tekercselés mechanikai integritásának vizsgálata
  - 3.2.6. A szigetelés veszteségi tényezőjének mérése
  - 3.2.7. Részleges kisülés mérés
  - 3.2.8. Az ékelés feszességének ellenőrzése, mérése
  - 3.2.9. Tekercsfejek integritás és megfelelés vizsgálat
  - 3.2.10. Állórész tekercselés feszültségpróbája (szükség esetén)

# Egy nagyteljesítményű turbógenerátor általános diagnosztikai vizsgálatai

- 3.3. Forgórész
- 3.3.1. *A forgórész tömb felületének vizsgálata*
- 3.3.2. *A horonyékek helyzetének és az ékelés feszességének ellenőrzése*
- 3.3.3. *A bandázsgyűrűk vizsgálata (repedés mentesség, stb.)*
- 3.3.4. *A tekercselés és a tekercsfejek alatti szellőző járatok ellenőrzése.*
- 3.3.5. *A tekercsfej mechanikai integritás vizsgálata*
- 3.3.6. *Szigetelési ellenállás mérés a forgórészen*
- 3.3.7. *A tekercselés ohmos ellenállásának és impedanciájának mérése*
- 3.3.8. *A tekercselés feszültségpróbája (szükség esetén)*
- 3.3.9. *Hidrogén hűtésű gépeknél a tömítő felületek vizsgálata*
- 3.3.10. *A csaphelyek vizsgálata*
- 3.3.11. *Hidrogén hűtésű gépeknél a forgórész gáztömörségének ellenőrzése*
- 3.3.12. *RSO (lökőhullámú menetzárlat) vizsgálat*
- 3.3.13.  *$\Theta = [Hdl]$  , hornyonkénti gerjesztés vizsgálat*

# Egy nagyteljesítményű turbógenerátor általános diagnosztikai vizsgálatai

---

- 3.4. Hidrogén hűtésű gépeknél a tengely tömítő rendszer vizsgálata
  - 3.4.1. *Futó felületek vizsgálata*
  - 3.4.2. *Geometria, illeszkedés, stb. vizsgálata*
- 3.5. Csapágyak, pajzsok
  - 3.5.1. *A csapágy fehérfém kiöntésének ellenőrzése*
  - 3.5.2. *A csapágycsésze és a csapágybak illeszkedésének vizsgálata*
  - 3.5.3. *A pajzs perem illeszkedésének ellenőrzése*
- 3.6. A hűtők vizsgálata
  - 3.6.1. *A hűtés hatékonyságának ellenőrzése*
  - 3.6.2. *A hűtők szivárgáspróbája*
  - 3.6.3. *A hűtő általános állapotának ellenőrzése*
- 3.6. Segédüzemi rendszerek vizsgálata

# Egy nagyteljesítményű turbógenerátor általános diagnosztikai vizsgálatai

---

- **4. Közvetlenül az összeszerelés előtt végzendő vizsgálatok**
  - 4.1. A állórész tekercselés szigetelési ellenállásának mérése
  - 4.2. A forgórész szigetelés ellenállásának mérése
  - 4.3. A forgórész impedancia ellenőrzése
  - 4.4. A forgórész feszültségpróbája (csak szükség esetén)
- **5. Összeszerelés közben és utána, álló állapotban végzendő próbák**
  - 5.1. A tengely beállításának ellenőrzése
  - 5.2. Az tengelyemelés működésének ellenőrzése
  - 5.3. Az ellenállás hőmérők ellenőrzése
  - 5.4. Hidrogén tömítő rendszer vizsgálata összeszerelt gépen álló állapotban
  - 5.5. Szigetelten szerelendő elemek szigetelési ellenállásának mérése

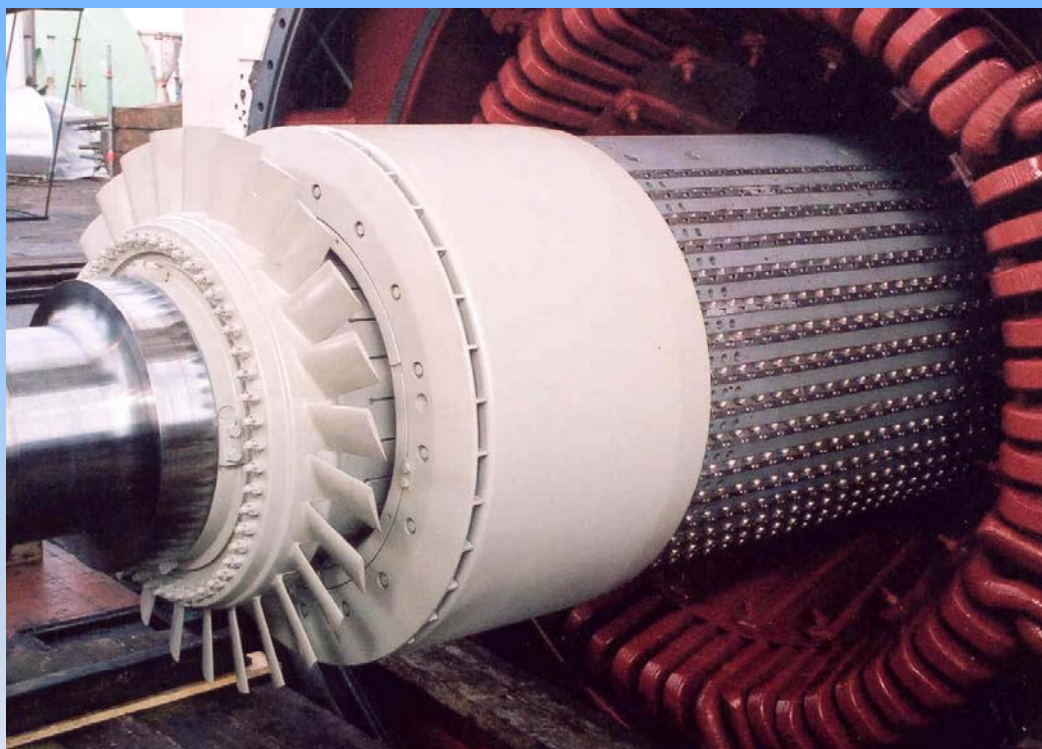
# Egy nagyteljesítményű turbógenerátor általános diagnosztikai vizsgálatai

---

- **6. Forgó állapotban elvégzendő mérések, vizsgálatok**
  - **6.1. Forgó állapotú impedancia vizsgálata,  $Z=f(n)$  diagram felvétele**
  - **6.2. Csapágyak rezgésmérése**
  - **6.3. Üresjárási karakterisztika felvétele**
  - **6.4. Hidrogén tömítő rendszer jellemzőinek felvétele**
  - **6.5. Segédüzemi rendszerek helyes működésének vizsgálata**
  - **6.6. Forgó állapotú RSO (lökőhullámú menetzárlat) vizsgálat**
  - **6.7. Fluxus szondás vizsgálat (forgórész menetzárlat vizsgálat)**

# Egy menetzárlat története

---



A meghibásodotthoz hasonló turbógenerátor  
állórész és forgórész

# Egy menetzárlat története

---

**Hidrogén és víz hűtésű 220 MW-os turbógenerátor vizsgáltunk.**

**Statikus gerjesztő beépítése miatt a rotor tekercselés szigetelésének megerősítése 1997-ben.**

**Diagnosztikai vizsgálatok alapján hibátlan a forgórész.**

**Új forgórész menetzárlat vizsgálati módszerek bevezetése:**

**RSO- lököhullámú menetzárlat vizsgálat,**

**Fluxus szonda** - forgórész hornyok szórt mágneses mezejének vizsgálata

**Az addig hibátlan forgórészen RSO rendellenesség ( „nagy ellenállású” nem fémes menetzárlat) észlelése.**

Előzmények

# Egy menetzárlat története

---

**2001. Döntés diagnosztikai vizsgálatok kiértékelése és a tapasztalatok alapján:**

**Fokozott gondossággal a forgórész üzemeltethető.**

**2001-2008 években a vizsgálatok szerint változatlan a forgórész állapota: kisellenállású fémes zárlat nem észlelhető**

**2009-2010. Kisebb romlás miatt gyakorított ciklusú hibavizsgálatok. Fémes zárlat nem azonosítható.**

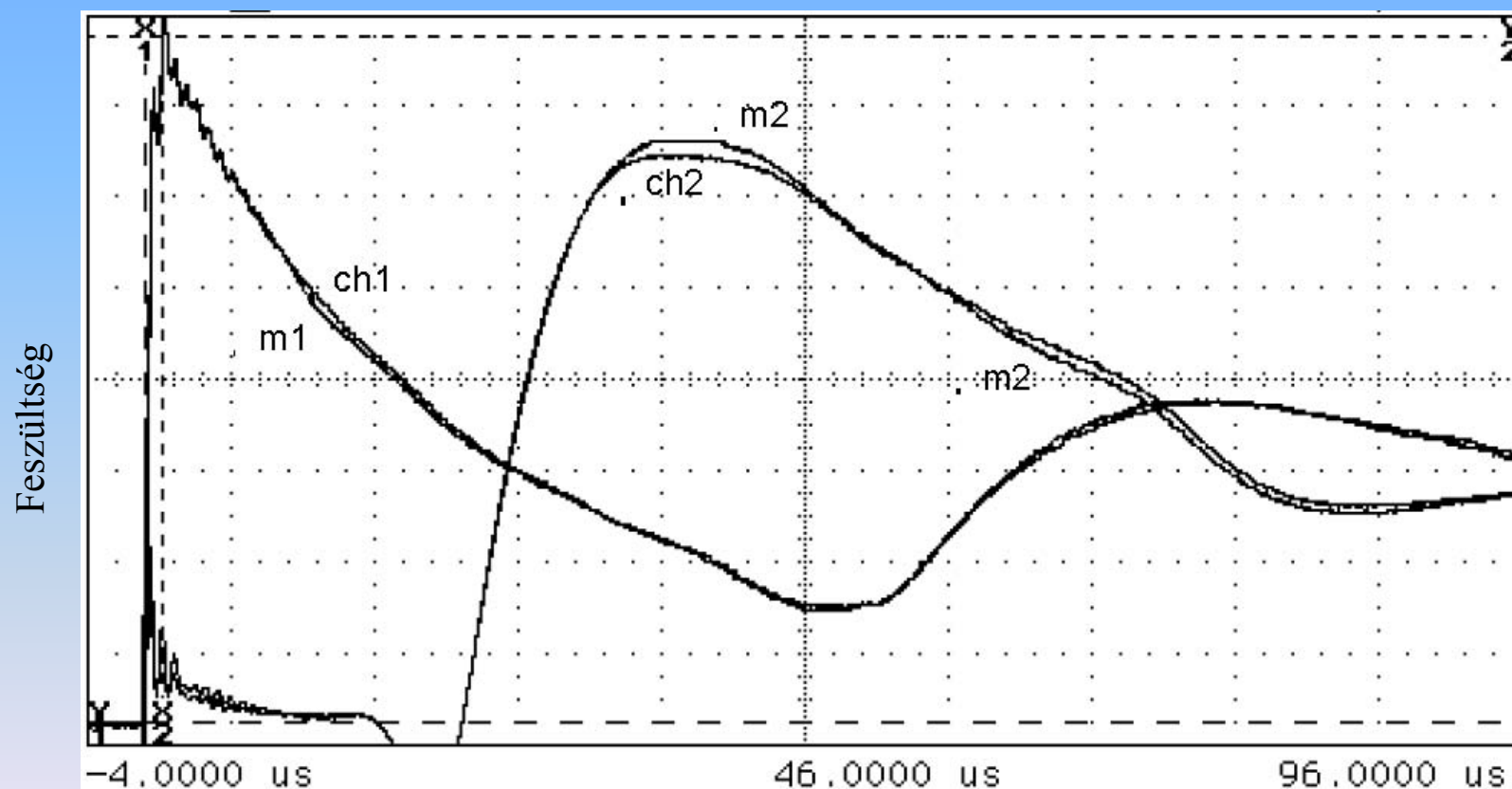
**2011. Jelentős romlás, mindegyik vizsgálat (RSO,  $Z=f(n)$ , fluxus szonda) kifejlődött fémes menetzárlatot mutat.**

**Kímélő üzem (forgógépes gerjesztés, igénybevételek mérséklése) a forgórész 2012 évi gyári javításig.**

**2012. Gyári felújítás.**

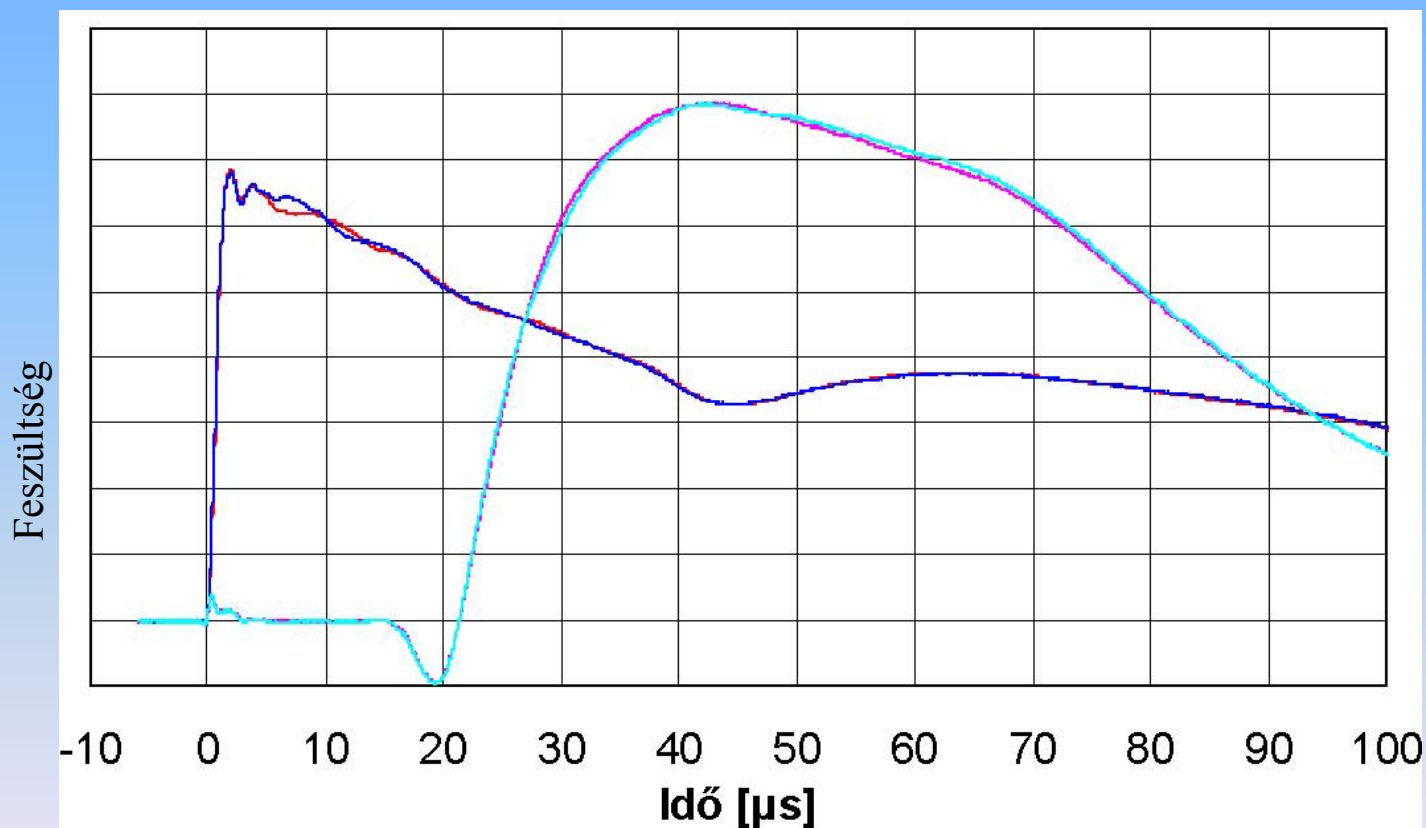
Hibatörténet

# Egy menetzárlat története



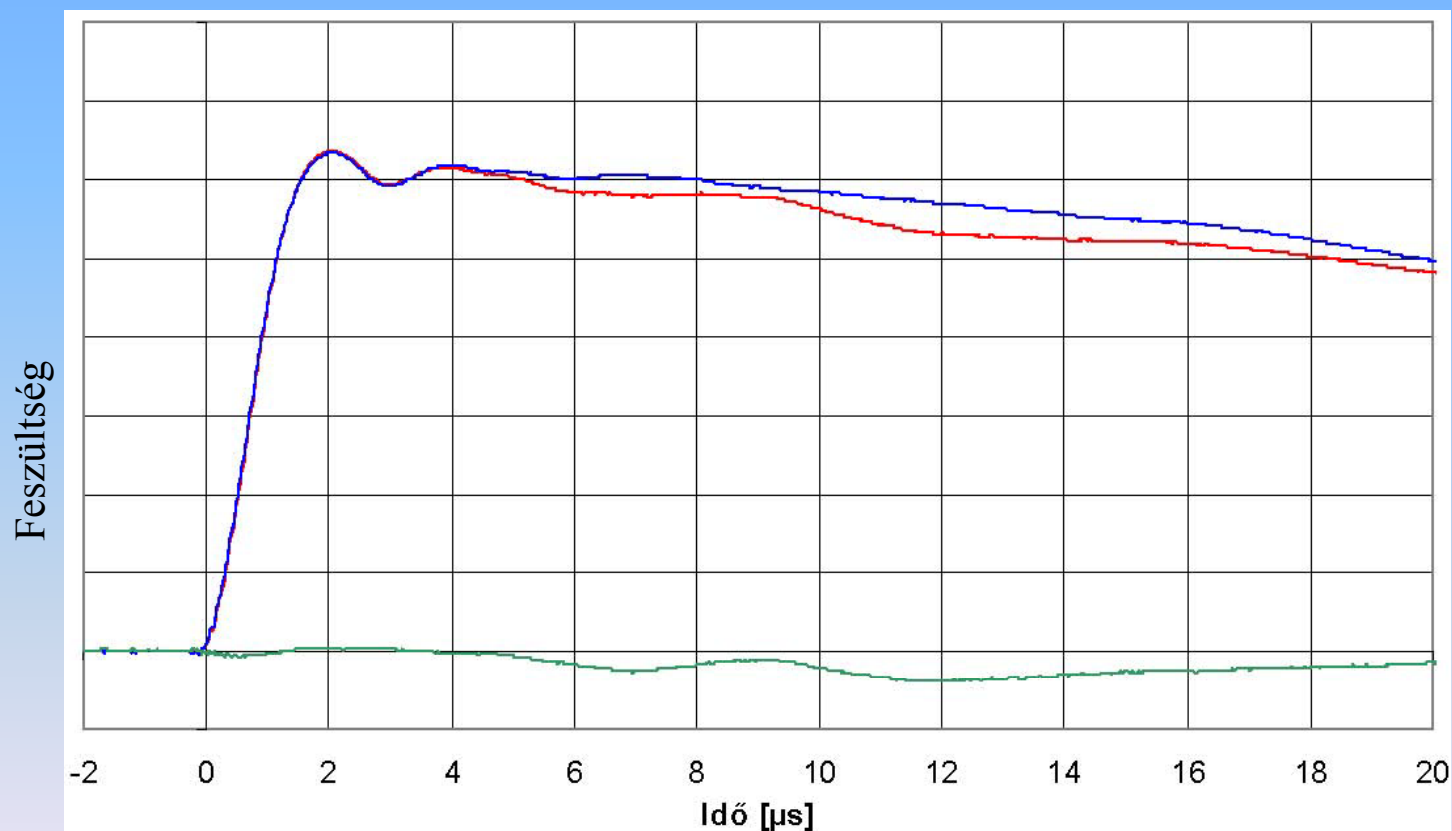
2001. RSO vizsgálat

# Egy menetzárlat története



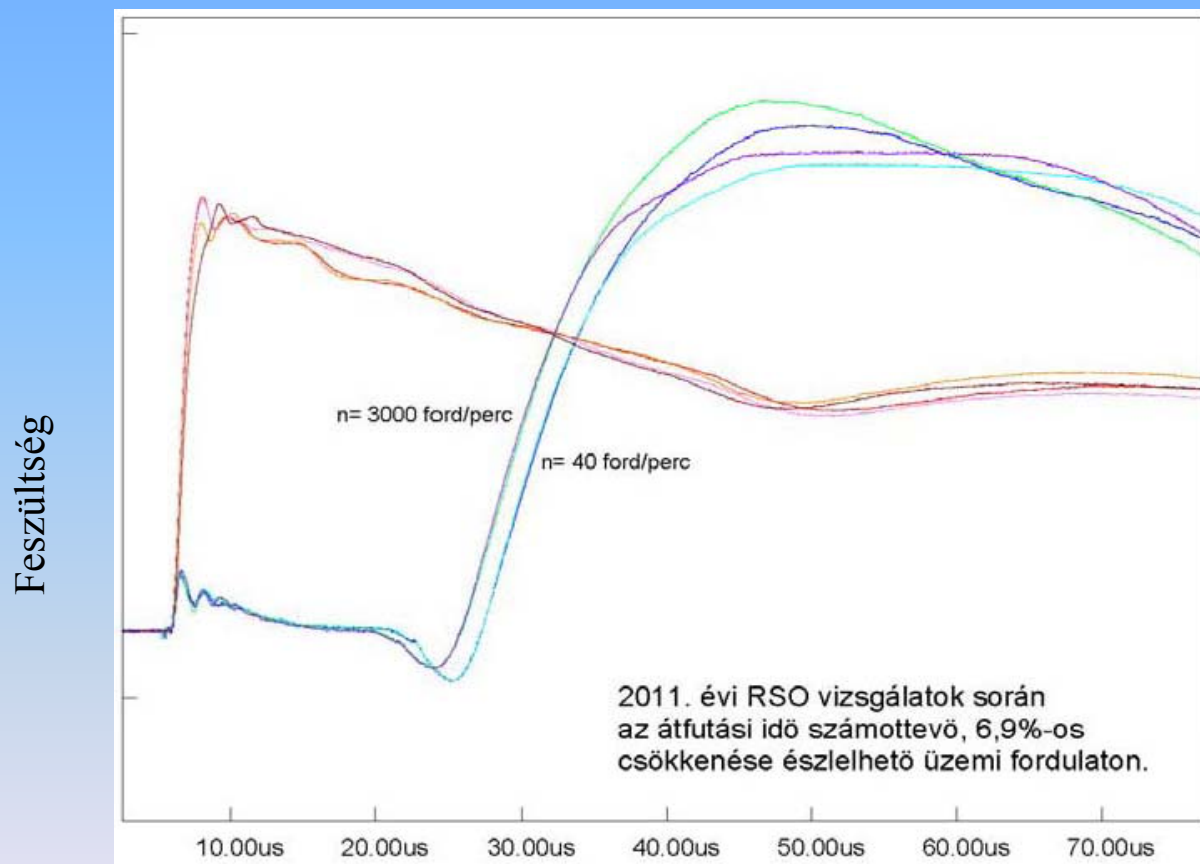
2009. RSO vizsgálat

# Egy menetzárlat története



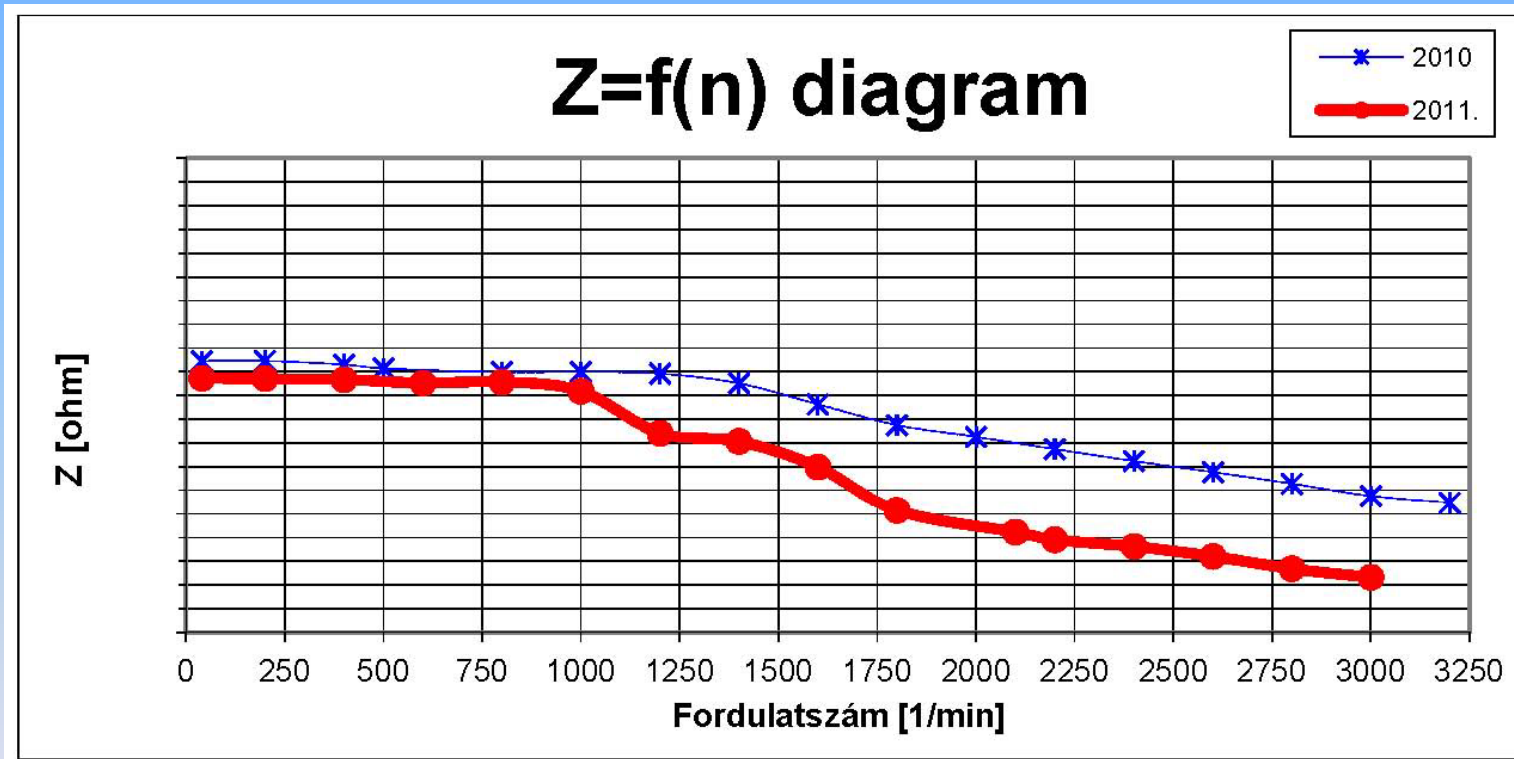
2011. RSO vizsgálat

# Egy menetzárlat története



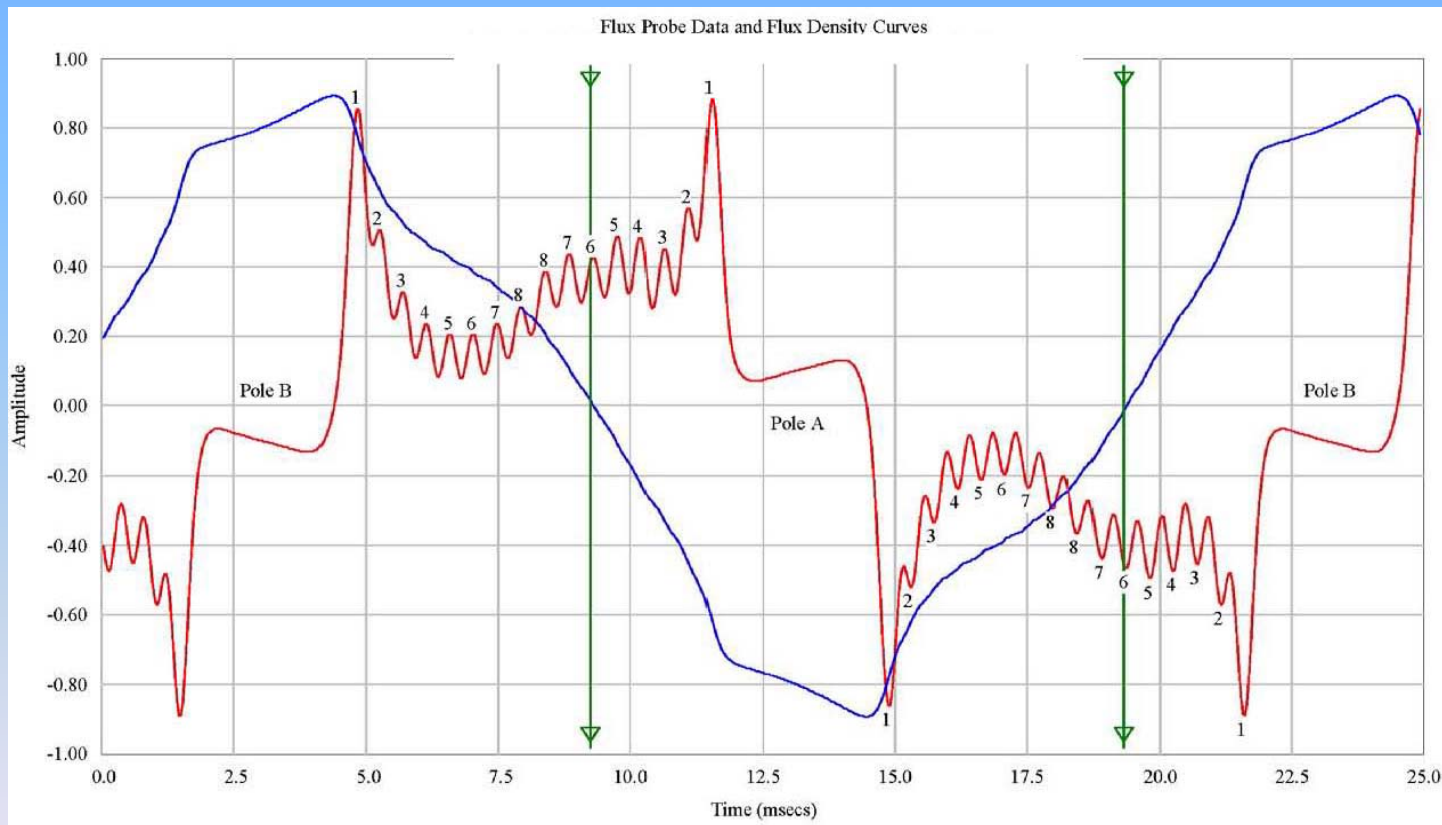
2011. RSO vizsgálat

# Egy menetzárlat története



2011. Z=f(n) vizsgálat

# Egy menetzárlat története

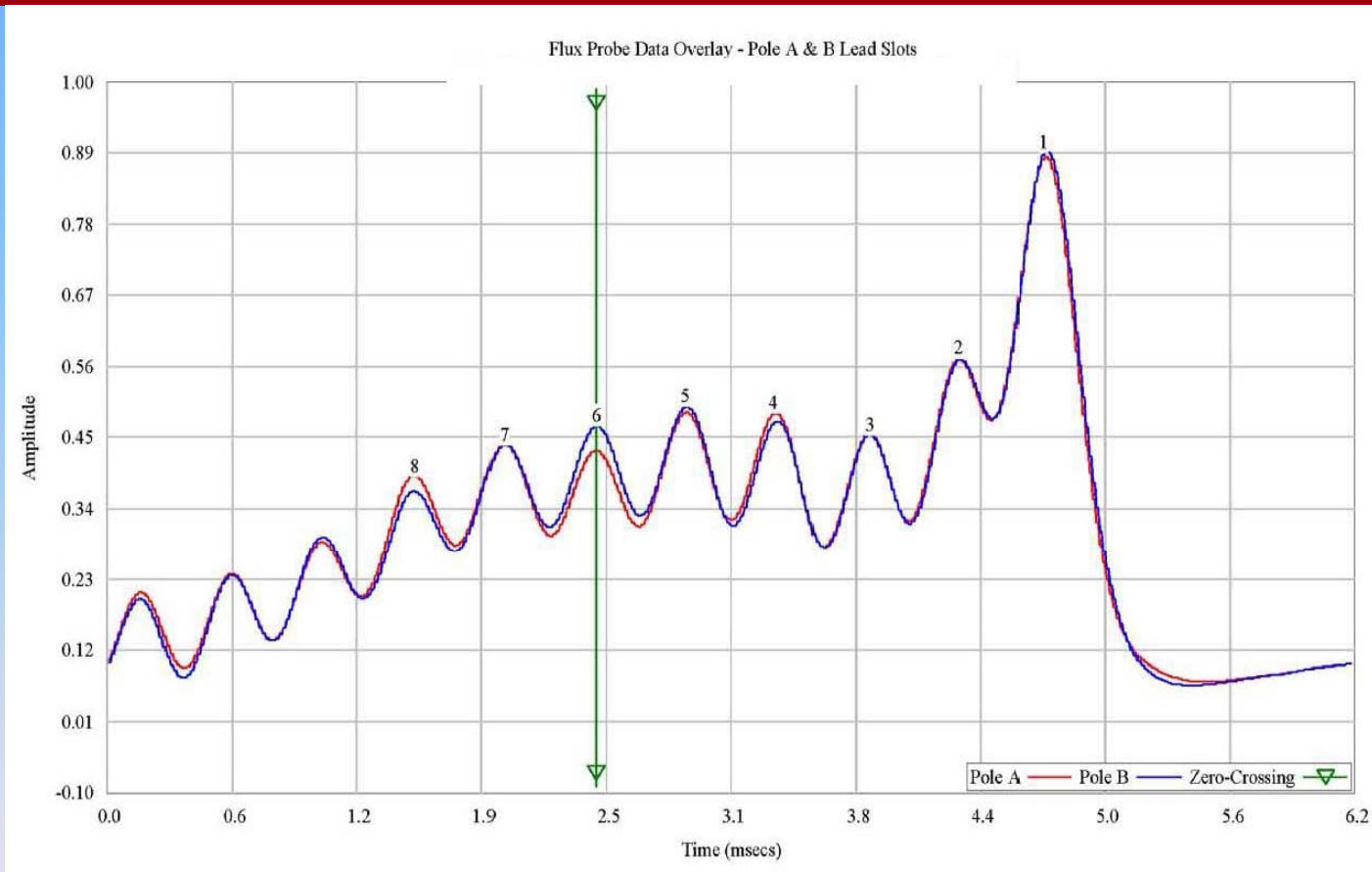


— Fluxus szonda jele

— Légrésindukció

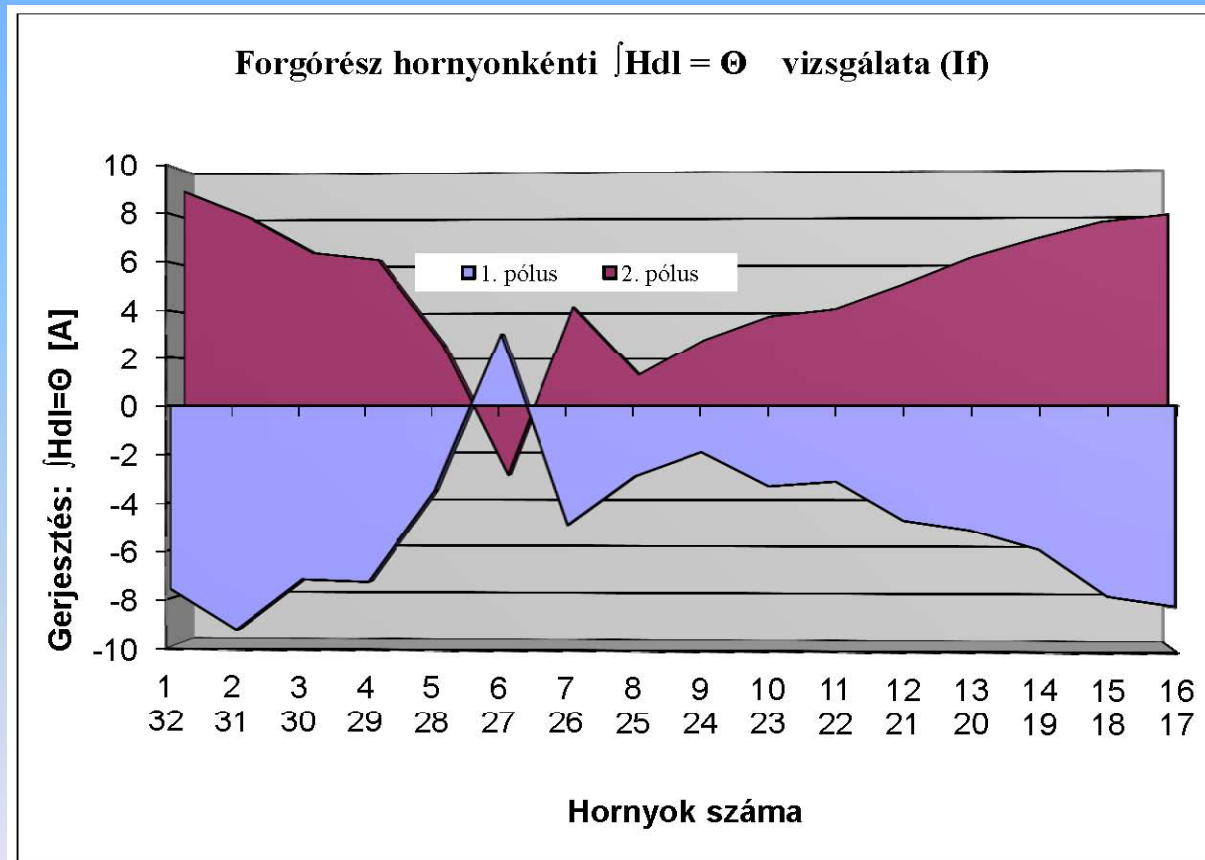
2011. Fluxus szondás vizsgálat

# Egy menetzárlat története



2011. Fluxus szondás vizsgálat

# Egy menetzárlat története



2012. hornyonkénti  $\int Hdl = \Theta$  vizsgálat

# Egy menetzárlat története

---



Melegedési nyomok a tekercsfejben javítás előtt

# Egy menetzárlat története

---



6. tekercs menetzárlata

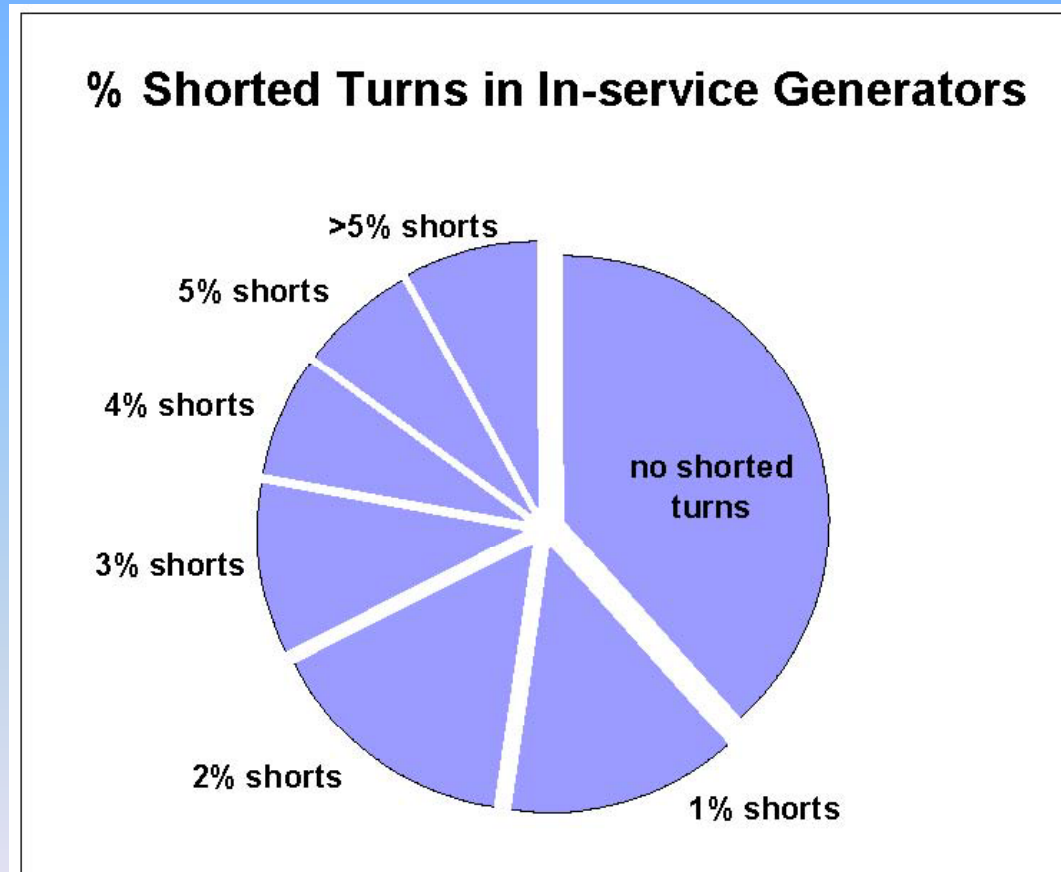
# Egy menetzárlat története

---



8. tekercs menetzárlata

# Egy menetzárlat története



Szakirodalmi adat forgórész menetzárlatokról

# Egy menetzárlat története

---

## ÖSSZEFOGLALVA:

Ismert rendellenességgel üzemelt a forgórész 10 évet.

Fémes menetzárlat észlelésekor ütemezésre került a gyári javítás.

Fémes menetzárlattal, kímélő üzemben, forgógépes gerjesztéssel üzemelt több hónapot a forgórész az ütemezett gyári felújításig.

A meghozott döntésekben fontos szerepe volt a diagnosztikának, az adott forgórész konstrukció ismeretének és a menetzárlat kifejlődésével kapcsolatos tapasztalatoknak.

A diagnosztika az elvárt eredménnyel járt: feltárta a degradációt és annak trendjét, veszélyességét, biztosította az üzembiztonság és a költségek összehangolását, optimalizálását.

**Kérdések?**

---

**KTT Mérnöki Iroda Kft.**

