



TRansformer ANalyzing SYStem (TRANSYS) szakértői rendszer az OVIT ZRt.-nél

Németh Bálint, Laboncz Szilvia



Esztergom, 2010. október 20-22.

- **OVIT-BME K+F**
- **HGA kiértékelési módszerek, összehasonlításuk**
- **Fuzzy logika alkalmazása**
- **Transys szakértői rendszer felépítése**
- **Nemzetközi transzformátor meghibásodások, statisztikai elemzés**

2008-ban az OVIT – BME VET NFL kutatás-fejlesztési program keretében egy **hibagáz kiértékelő szakértői rendszer fejlesztését** kezdte el.

TRANSYS:

TRansformer ANalyzing SYStem

- A hibagáz analízis eredményeként a transzformátorban kialakuló kezdeti hibák detektálhatók.
- A detektált hibagázok növekedésének mértékéből a hiba „súlyossága” meghatározható.
- Csökkenthető a karbantartás költsége.
- Limitálja a destruktív (romboló hatású) meghibásodások valószínűségét.
- Segíti a karbantartást végző szakemberek munkáját.

- MSZ 09-00.0352:1988-as szabvány
alkalmazott gázarányok → C₂H₂/C₂H₄, CH₄/H₂, C₂H₄/C₂H₆
a hiba veszélyességének meghatározása → az éghető gázok mennyisége alapján

$$n = \frac{(y_2 - y_1) \cdot m}{(t_2 - t_1) \cdot \rho} \quad \text{ml / nap}$$

- IEC 60599:2007-es szabvány
alkalmazott gázarányok → C₂H₂/C₂H₄, CH₄/H₂, C₂H₄/C₂H₆
a hiba veszélyességének meghatározása → napi növekmény számítása

- IEEE Std. C57. 104-1991-es szabvány
a hiba veszélyességének meghatározása → napi növekmény számítása

$$R = \frac{(S_T - S_0) \cdot V \cdot 10^{-6}}{7,5 \cdot T} \quad \text{ft}^3/\text{nap}$$

- ✓ Roger's Ratio módszer
alkalmazott gázarányok → CH₄/H₂, C₂H₆/CH₄, C₂H₄/C₂H₆, C₂H₂/C₂H₄
- ✓ Döernenburg arány módszer
alkalmazott gázarányok → CH₄/H₂, C₂H₂/C₂H₄, C₂H₂/CH₄, C₂H₆/C₂H₂

- Duval háromszög módszer
3 gáz relatív százalékanak meghatározásán alapszik →
grafikus ábrázolás háromszögű koordinátarendszerben
minden esetben szolgáltat diagnózist

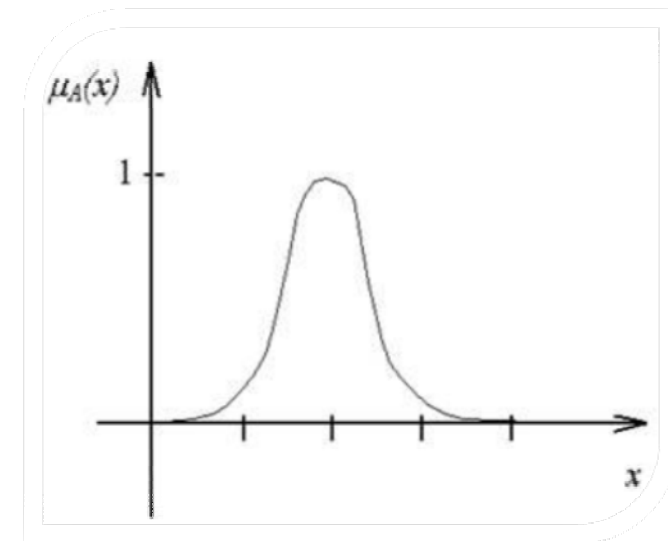
CH ₄ =g ₁	P ₁ = CH ₄ = 100 · g ₁ / (g ₁ + g ₂ + g ₃)
C ₂ H ₄ =g ₂	P ₂ = C ₂ H ₄ = 100 · g ₂ / (g ₁ + g ₂ + g ₃)
C ₂ H ₂ =g ₃	P ₃ = C ₂ H ₂ = 100 · g ₃ / (g ₁ + g ₂ + g ₃)

➤ A kiértékelő rendszer jelentősége a hazai transzformátordiagnosztika területén

- ✓ probléma a HGA kiértékeléssel → rossz diagnózis, nincs eredmény
- ✓ oka →
 - kombinált hibák megjelenése
 - lassan távozó hibagázok
 - nem megfelelő olajmintavétel } torzult gázarányok
- ✓ megoldás: fuzzy logikán alapuló leképezés
- ✓ cél: fuzzy alapú hibagáz kiértékelő rendszer megalkotása

➤ A fuzzy logika alapja

- ✓ a fuzzy halmazelméleten alapszik
- ✓ 2 fő jellemzője:
 - tagsági függvény $[\mu_A(x)]$
 - tagsági érték → $[0,1]$ folytonos értékkészlet
- ✓ előny:
 - éles határvonalak megszüntetése
 - pontosabb diagnosztizálás
 - kombinált hibák kimutatása



Tagsági függvény

- A kiértékelő rendszer felépítése
 - ✓ minősítés → - MSZ 09-00.0352:1988-as és IEC 60599:2007-es szabványok előírásai alapján
 - nemzetközi ajánlások módszerei alapján: Duval, Roger's Ratio, Döernenburg
 - ✓ eltérő szabályrendszer → előnyös tulajdonságok kombinálása → megbízhatóbb kiértékelés
 - ✓ fuzzy logika → HGA Fuzzy logika alapú kiértékeléssel kezdeti és kombinált hibák detektálása
- A diagnosztikai eljárások fuzzy alapú leképezése
 - ✓ egy konkrét példa az MSZ 09-00.0352:1988-as szabvány alapján
 - ✓ „A” transzformátor adatai és hibagáz vizsgálati eredményei

- elhelyezés: hálózati
- gyártási év: 1994
- feszültségszint: 220/120/10,5 kV
- fokozatkapcsoló nélküli

Olajban oldott gázok		Határértékek	Mért értékek
Hidrogén	H ₂ [ppm]	160	1076
Metán	CH ₄ [ppm]	60	95
Etán	C ₂ H ₆ [ppm]	60	4
Etilén	C ₂ H ₄ [ppm]	60	71
Acetilén	C ₂ H ₂ [ppm]	4	231
Szén-monoxid	CO [ppm]	360	532
Szén-dioxid	CO ₂ [ppm]	10 000	7213

- ✓ feltételek vizsgálata → hiba valószínűsíthető
- ✓ gázarányok számítása:

$$C_2H_2/C_2H_4 = 231/71 = 3,25$$

$$CH_4/H_2 = 95/1076 = 0,09$$

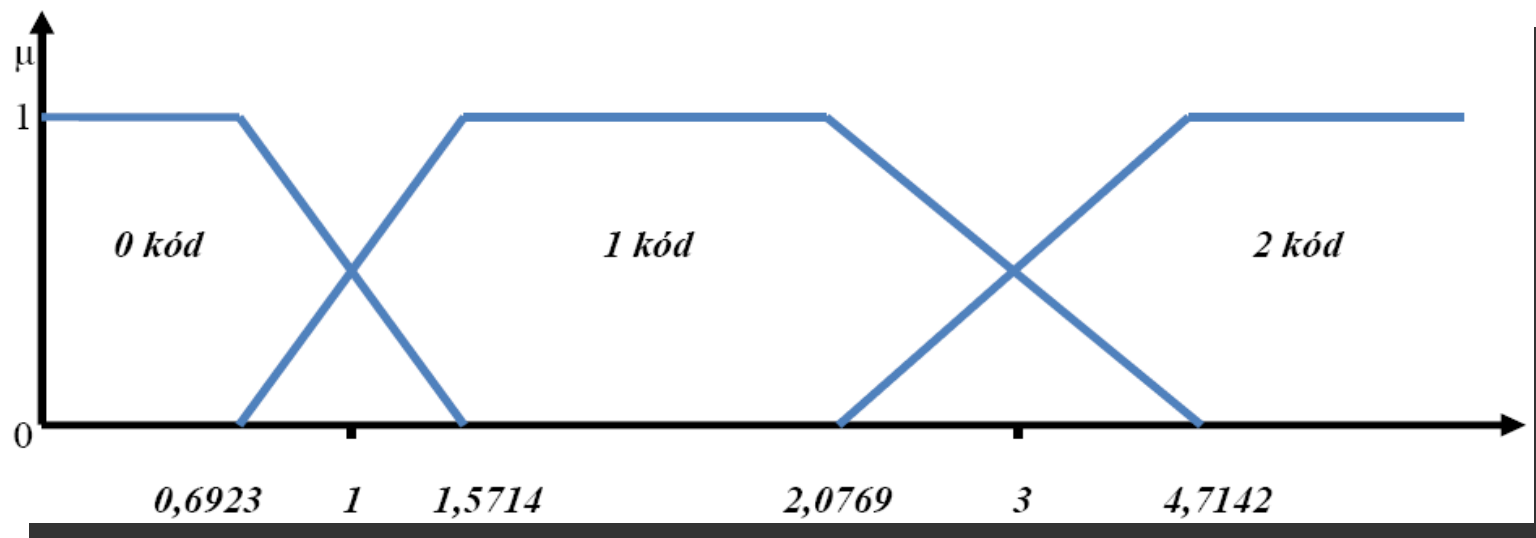
$$C_2H_4/C_2H_6 = 71/4 = 17,75$$

1. lépés → HGA mérésének pontossága

- ✓ dőlésszög meghatározása → IEC 60567:1992-es nemzetközi szabvány HGA mérésre vonatkozó pontossági értékek alapján
- ✓ kis,- közepes,- nagy koncentrációjú tartományok → mért érték $\pm 30\%$, $\pm 13\%$, $\pm 10\%$
- ✓ MIN, MAX szélső értékek → arányszámítások a $\pm$ %-os pontosság alapján

2. lépés → gázarányok kódjaihoz tartozó határértékek

- ✓ a megfelelő MIN és MAX értékekkel a határértékek korrigálása
- ✓ átfedések az egyes kódtartományok között → éles határvonalak megszűnése
- ✓ grafikusan trapézokkal jellemezhetők



A C₂H₄/C₂H₆ gázarány tagsági függvényeinek grafikus ábrázolása

➤ A fuzzy tagsági értékek meghatározása

✓ tagsági érték → az egyes kódok milyen mértékben tartoznak a vizsgált gázarányhoz

- ✓ 1: teljes mértékű hozzátartozás
- ✓ 0: nem jellemzője a gázaránynak
- ✓ kombinált esetek

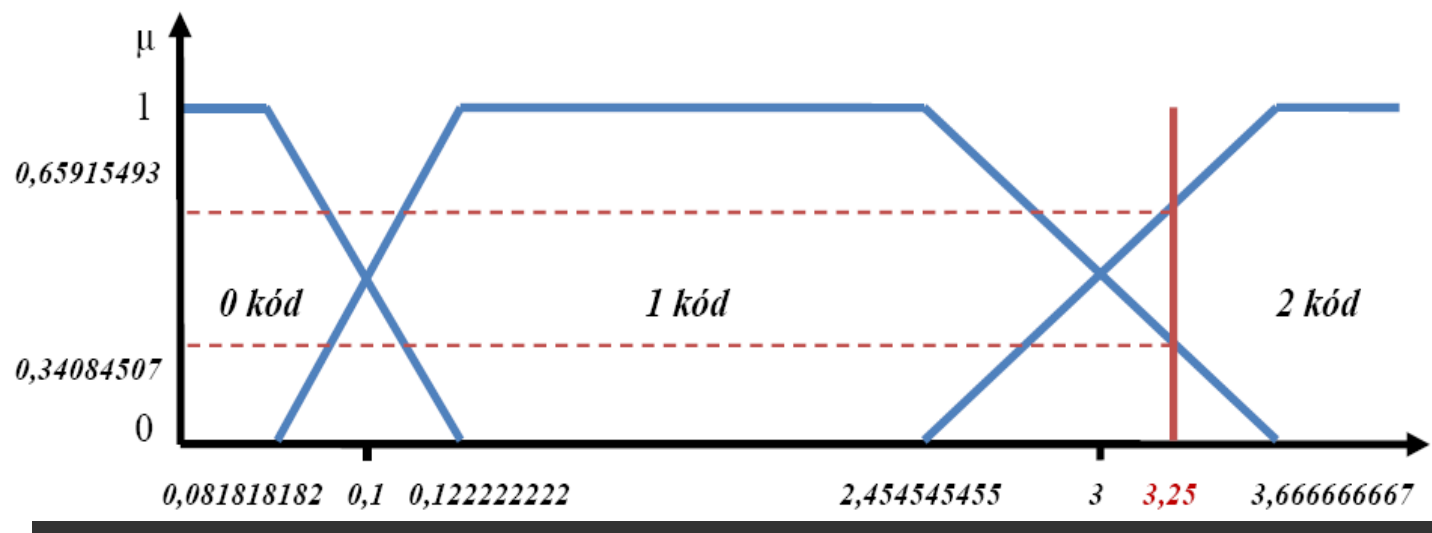
	Kódok	C_2H_2/C_2H_4	CH_4/H_2	C_2H_4/C_2H_6
<i>Tagsági értékek</i>	0	0	0,21679833	0
	1	0,34084507	0,78320167	0
	2	0,65915493	0	1

A gázarányok tagsági értékei

C_2H_2/C_2H_4 gázarány esetében

- ✓ fuzzy nélkül → 2 kód
- ✓ fuzzyval → 1 kód: 34%
2 kód: 66%

✓ többszörös hibák
figyelembe vétele



A C_2H_2/C_2H_4 gázarány tagsági értékeinek ábrázolása

➤ A fuzzy logikán alapuló kiértékelés

- ✓ a hibák kialakulási valószínűségei (P) → tagsági értékek alapján
- ✓ P_{min} → a hiba egyedül van jelen
- ✓ P_{max} → a hiba egyedül, vagy más hibával együtt van jelen (összes lehetséges előfordulás eredője)

A kiértékelés eredménye

Diagnózis	C ₂ H ₂ /C ₂ H ₄	CH ₄ /H ₂	C ₂ H ₄ /C ₂ H ₆	Pmin	Pmax
	Kódok				
Hibátlan	0	0	0	0	0
Kis energiájú részleges kisülés	0	1	0	0	0,783202
Nagy energiájú részleges kisülés	1	1	0	0	0,340845
Kis energiájú ívelés	1,2	0	1,2	0,216798	0,659155
Nagy energiájú ívelés	1	0	2	0,216798	0,340845
Hot-spot 110 ... 150 °C	0	0	1	0	0
Hot-spot 150 ... 300 °C	0	2	0	0	0
Hot-spot 300 ... 700 °C	0	2	1	0	0
Hot-spot 700 °C felett	0	2	2	0	0

Az MSZ 09-00.0352:1988-as szabvány szerinti kiértékelés

A diagnózis felállítása

- ✓ kis energiájú részleges kisülés → kb. 78% (legvalószínűbb)
- ✓ kis vagy nagy energiájú ívelés önmagában → kb. 22% (nem zárható ki)

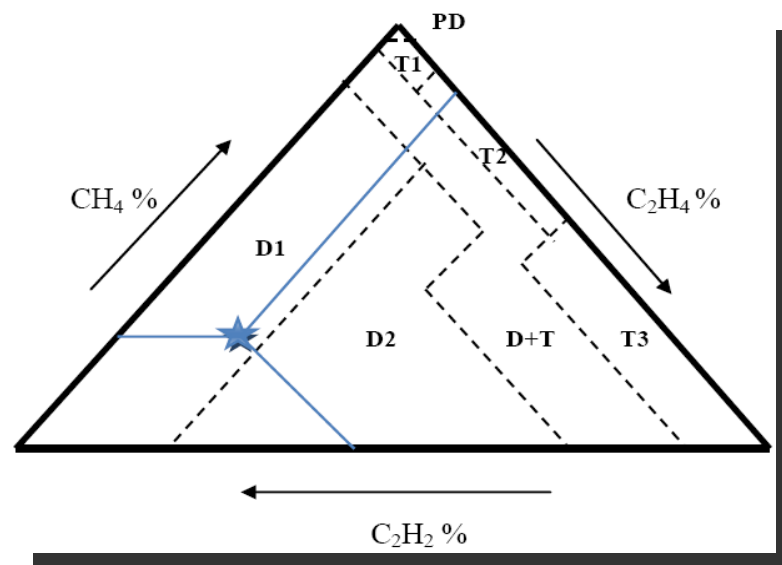
➤ A diagnosztikai eljárások eredményei

- ✓ IEC 60599, Roger és Döernenburg arány módszer → %-osan azonos eredmények
 kb. 78 %-ban részkisülés
 kb. 22 %-ban ívelés
- ✓ Duval háromszög módszer → eltérő diagnózis: D1 kis energiájú ívelés
 oka: - PD tartománya kicsi
 - nem használ H₂-t a hibadetektáláshoz

P1=CH₄= 23,92 %

P2=C₂H₄= 17,89 %

P3=C₂H₂= 58,19 %



A Duval kiértékelés grafikus ábrázolása

➤ A kiértékelő rendszer minősítési eredménye

- ✓ 5-ből 4 azonos diagnózis
- ✓ 78%-ban részkisülés detektálása
- ✓ 1 eltérés → Duval: kis energiájú ívelés
- ✓ a kapott eredmény megfelel az ismert hibának
- ✓ megbízható, valós állapotfelmérés

Berendezés minősítése

- ✓ legvalószínűbb hiba a részkisülés (78%)
- ✓ nem zárható ki az ívelés sem (22%)
- ✓ V2: hibás minősítés

Összehasonlítás

alapvető eljárások

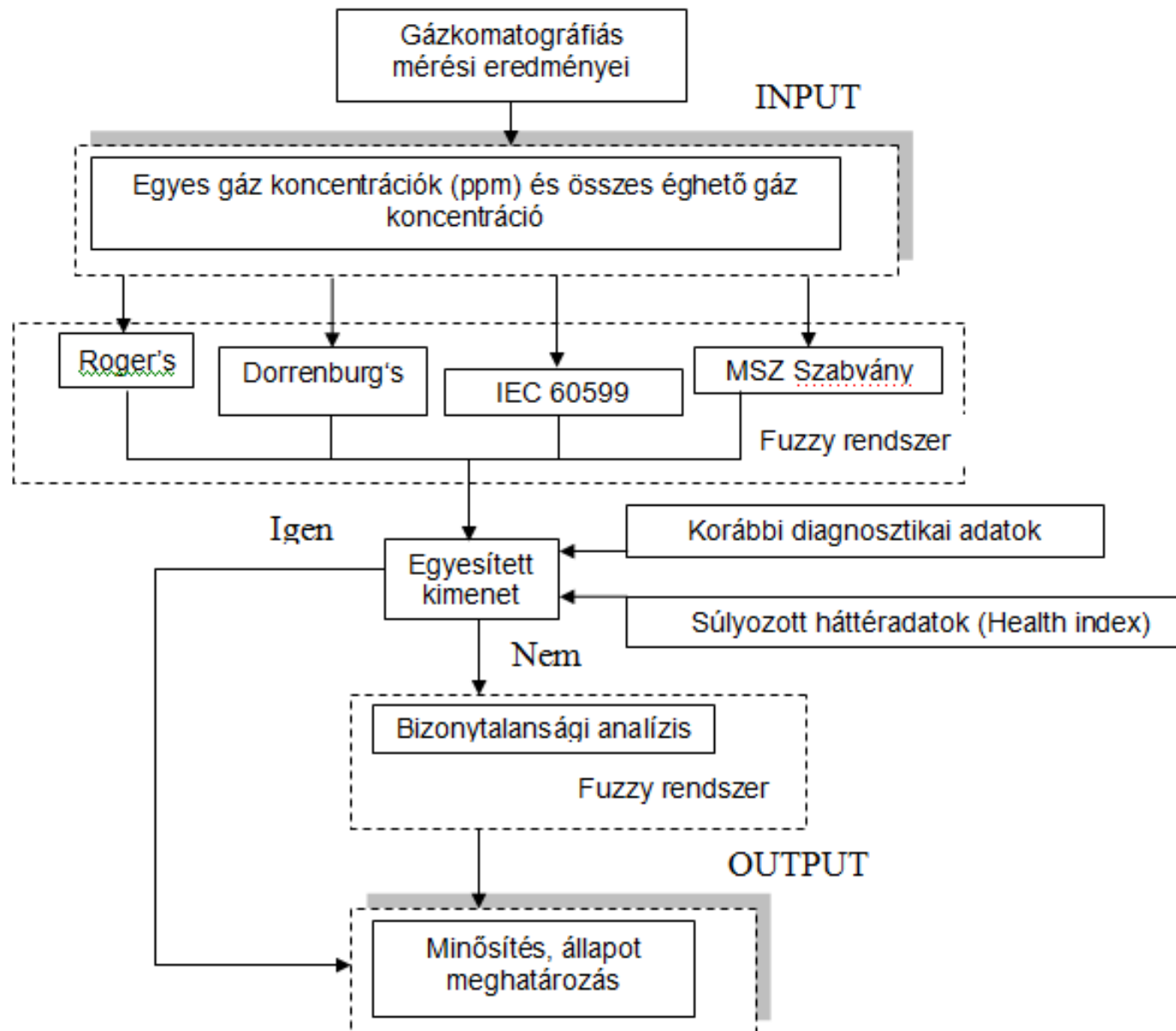
- ✓ 5-ből 4 nem adott eredményt
- ✓ csak V2: hibás minősítés



fuzzy alapú eljárások

mind szolgáltatott eredményt
nagy %-os egyezés

A vizsgálati eredmények összegzése		
Az MSZ 09-00.0352:1988-as szabvány szerinti kiértékelés		
Kis energiájú részleges kisülés	0	0,783202
Nagy energiájú részleges kisülés	0	0,340845
Kis energiájú ívelés	0,216798	0,659155
Nagy energiájú ívelés	0,216798	0,340845
Az IEC 60599:1999-es szabvány szerinti kiértékelés		
Részkisülés	0	0,783201673
Kis energiájú kisülés	0,21679833	1
Nagy energiájú kisülés	0	1
A Roger's Ratio módszer szerinti kiértékelés		
Részkisülés	0	0,783202
Kis energiájú átívelés	0	0,340845
Nagy energiájú átívelés	0,216798	0,659155
Folyamatos szikrázás	0,216798	0,659155
Részkisülés a szilárd szigetelésben (CO)	0	0,659155
A Döernenburg arány módszer szerinti kiértékelés		
Kis energiájú részkisülés	0	0,78320167
Nagy energiájú ívelés	0,2167983	1
A Duval háromszög módszer szerinti kiértékelés		
Kis energiájú ívelés, ív	1	



Készülék adatok

MINŐSÍTÉSRE VÁRÓ KÉSZÜLÉKEK

Sorszám	Gyári szám	Típus	Mint. ideje ↕
21	1111 BME	P Trf	2010-10-04
20	1111 BME	P Trf	2010-10-04
23	3	dhbsm2000	2009-12-13
30	3	dhbsm2000	2009-12-13
29	3	dhbsm2000	2009-12-13
28	3	dhbsm2000	2009-12-13

1 oldal a 8-ból 1 / 6 a 43-ból

KÉSZÜLÉK ADATOK:

Készülék gyári száma:

Mintavétel időpontja:

Készülék típusa:

Készülék kV:

Gyártási év:

Felújítás éve: ☒ nincs ☐ van

Fokozatkapcsolós: ☐

Gáztömör:

Uzemállapot:

Elhelyezkedése: ☒ Hálózati ☐ Erőművi

HIBAGÁZOK

Hibagázok	Aktuális mérés: 2010-09-24	Módosított	Előző mérés
CO ₂ [ppm]	785		
C ₂ H ₄ [ppm]	51		
C ₂ H ₆ [ppm]	77		
C ₂ H ₂ [ppm]	113		
H ₂ [ppm]	327		
O ₂ [%]	0.00		
N ₂ [%]	2.00		
CH ₄ [ppm]	42		
CO [ppm]	35		
C ₃ [ppm]	42		
Összes éghető	645		

KORÁBBAN MINŐSÍTETT KÉSZÜLÉKEK

Év ↕	Sorszám	Gyári szám	Típus	Minősítés

1 oldal a 1-ből Nincs minősítésre váró készülék

30 db transzformátor meghibásodás nemzetközi statisztika alapján:

	H ₂ [ppm]	CH ₄ [ppm]	C ₂ H ₄ [ppm]	C ₂ H ₆ [ppm]	C ₂ H ₂ [ppm]	Ismert hiba
1	24	13	43	5	319	Ív
2	266	584	862	328	1	Túlmelegedés
3	160	10	1	3	1	Részkisülés
4	80	619	2480	326	0	Erős túlmelegedés
5	231	3997	5584	1726	0	Erős melegedés
6	127	24	32	0	81	Ív
7	9474	4066	6552	353	12997	Ív
8	507	1053	1440	297	17	Erős helyi túlmelegedés
9	416	695	867	74	0	Melegedés és ívelés
10	441	207	224	43	261	Ív
11	65	61	143	16	3	Túlmelegedés
12	16	87	395	75	30	Túlmelegedés
13	212	38	47	15	78	Ív
14	800	1393	2817	304	3000	Ív
15	199	770	1508	217	72	Túlmelegedés
16	4906	8784	9924	1404	9671	Ív
17	425	17424	37043	7299	158	Túlmelegedés
18	1076	95	71	4	231	Részkisülés
19	244	754	1281	172	27	Túlmelegedés
20	117	167	481	48	7	Túlmelegedés
21	858	1324	2793	208	7672	Ív
22	137	369	1242	144	16	Túlmelegedés
23	274	27	33	5	97	Ív
24	1249	370	606	56	1371	Ív
25	240	20	28	5	96	Részkisülés
26	33	79	215	30	5	Túlmelegedés
27	307	22	33	2	109	Ív
28	60	144	449	67	9	Túlmelegedés
29	2004	9739	5113	2750	0	Túlmelegedés
30	127	107	154	11	224	Ív

➤ A fuzzy alapú kiértékelő rendszer %-os pontossága

- 30 db ismert hiba alapján
- 30 esetből 25 jó diagnózis
- **83,33%-os pontosság**

A kiértékelő rendszer %-os pontossága		
Módszer	Jó diagnózis (%)	Rossz diagnózis (%)
<i>MSZ 09-00.0352:1988-as szabvány</i>	83,33	16,67
<i>IEC 60599:2007-es szabvány</i>	80	20
<i>Roger's Ratio módszer</i>	73,33	26,67
<i>Döernenburg arány módszer</i>	83,33	16,67
<i>Duval háromszög módszer</i>	90	10
<i>Fuzzy alapú kiértékelő rendszer</i>	83,33	16,67

➤ A kiértékelő rendszerek összehasonlító táblázata

- alapvető rendszer



11 nincs eredmény

63,33%-os pontosság



- fuzzy rendszer

mindig szolgáltat eredményt

A kiértékelő rendszerek összehasonlító táblázata a 30 db minta alapján			
Kiértékelő rendszerek	Jó diagnózis	Rossz diagnózis	Pontosság (%)
<i>Alapvető kiértékelő rendszer</i>	19	11	63,33
<i>Fuzzy alapú kiértékelő rendszer</i>	25	5	83,33

➤ Cél → pontosság további növelése

➤ Megoldás → a pontossági határértékek tapasztalati úton való módosítása

- Sok esetben a magyar szabvány szerinti kiértékelés alapján **nem** azonosítható be a hiba, **nem** értékelhető ki az eredmény. Javasolt a **különböző** kiértékelési módszerek együttes alkalmazása az optimális eredmény érdekében!
- Ha a hibagázokból számított gázarány a határérték közelében bizonytalan a diagnózis. A probléma megoldására egy **fuzzy logika alapú fejlesztés** került bemutatásra.
- **20%-kal növelhető a kiértékelési hatékonysága**, növelve ezzel a hiba meghatározását!
- Egy **szakértői rendszer (TRANSYS)** fejlesztését mutattuk be, mely FIS és genetikus algoritmusokra épül, továbbá kommunikációra képes más AM és WM szoftverekkel.
- További fejlesztési irányok:
 - A szakértői rendszer on-line adatok kezelésére történő felkészítése.
 - Javaslat kidolgozása a szakértői rendszer továbbfejlesztésére öntanuló rendszerek alkalmazásával (tudásbázis kialakítása - 1998-tól adatbázis feldolgozása).



Köszönöm figyelmüket!

