

HGA kiértékelő rendszer fejlesztése

Németh Bálint, Laboncz Szilvia



Siófok, 2009. október 15.

- **OVIT-BME K+F**
- **HGA áttekintés**
- **Kiértékelési módszerek, összehasonlításuk**
- **Fuzzy logika alkalmazása**
- **Szakértői rendszer felépítése**

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.



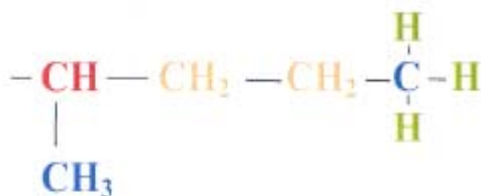
Hőmérséklet

Transzformátor olaj

Nedvesség

Oxigén

Olaj molekula

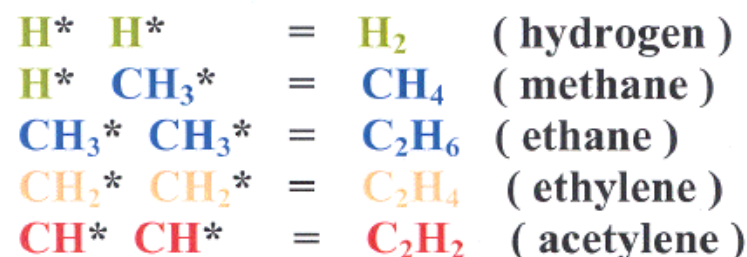


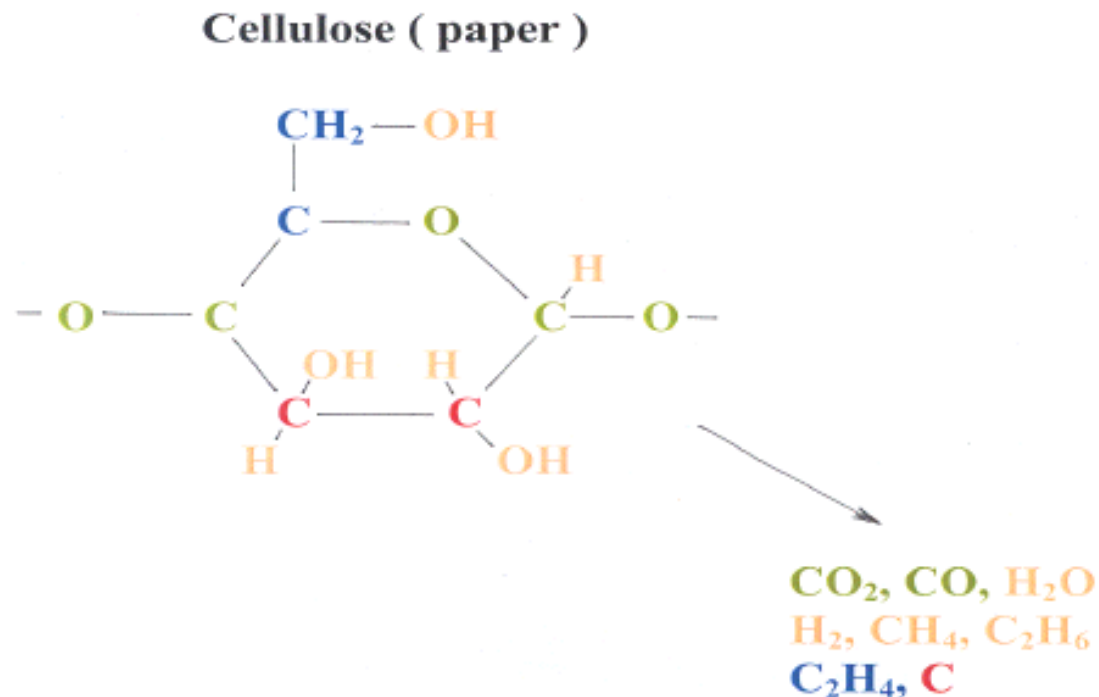
Szabad gyökök

Villamos térerősség

A fenti, külső tényezők hatására az olaj molekula bomlik. A keletkező szabad gyökök reakciója lévén pedig az alábbi hibagázok keletkeznek, melyek a transzformátor olajban szabad, illetve oldott gázok formájában vannak jelen.

Recombination of radicals :





A cellulóz molekulában levő oxigén atomok hatására a papírszigetelés bomlása során keletkező hibagázok a CO , CO_2 és H_2O .

Gázkromatográffal analizálható hibagázok

Hidrogén (H ₂)	Metán (CH ₄)	Etán (C ₂ H ₆)	Etilén (C ₂ H ₄)	Acetilén (C ₂ H ₂)	Szén- monoxid (CO)	Szén- dioxid (CO ₂)	Oxigén (O ₂)	Nitrogén (N ₂)
-------------------------------	-----------------------------	--	--	--	--------------------------	---------------------------------------	-----------------------------	-------------------------------

A gázképződés keletkezésének fő okai:

- Részkisülés
- Melegpont
- Ívelés

(az olajjal közölt) energia szint

- *Kis energiájú hiba* (részkisülés gáz buborékokban vagy alacsony hőmérsékletű hot spot) legfőképpen H₂ és CH₄-t termel.
- *Melegpont* (magas hőmérséklet) C₂H₆ vagy C₂H₄-t termel.
- *Villamos ív* (nagyon magas energiájú) nagy mennyiségű C₂H₂-t termel.

Így a hibagázok koncentrációja és a hibagázok képződésének mértéke (adott időintervallumon belül) segítséget nyújt a transzformátorok állapotának meghatározásában.



- Kulcs gáz módszer (Key Gas method) – (hermetikusan zárt transzformátorok)
- Arány módszerek: (lélegzős transzformátor)
 - Dorrenburg's arány módszer
 - Roger's arány módszer (hagyományos és módosított módszer)
- Szabványok:
 - IEC 60599 és IEEE Szabványok
 - MSZ-09-00.0352 nemzeti szabvány (lélegzős transzformátor)
- Duval háromszög módszer
- CIGRE ajánlások

Négy szintű kritérium rendszer a transzformátorok minősítésére.

Az éghető gázok összes mennyisége [ppm], ha a transzformátor				
Veszélyességi osztály	Jellege	Üzemideje		
		<8 év	8...15 év	>15 év
V0 – Megfelelő	Hálózati	<350	<450	<800
	Erőművi	<500	<650	<1000
V1 – Hibagyanús	Hálózati	$\geq 350 \dots < 450$	$\geq 450 \dots < 800$	$\geq 800 \dots < 1600$
	Erőművi	$\geq 500 \dots < 650$	$\geq 650 \dots < 1000$	$\geq 1000 \dots < 1600$
V2 – Hibás	Hálózati	$\geq 450 \dots < 800$	$\geq 800 \dots < 1600$	$\geq 1600 \dots < 3000$
	Erőművi	$\geq 650 \dots < 1000$	$\geq 1000 \dots < 1600$	$\geq 1600 \dots < 3000$
V3 – Közvetlen üzemzavar veszélyes	Hálózati	≥ 800	≥ 1600	≥ 3000
	Erőművi	≥ 1000	≥ 1600	≥ 3000

Kulcs gáz	MSZ-09-00.0352 szabvány	
	Erőművi	Hálózati
Hidrogén(H₂)	200	160
Metán (CH₄)	100	60
Etán (C₂H₆)	60	60
Etilén (C₂H₄)	60	60
Acetilén (C₂H₂)	4	4
Szén-monoxid (CO)	700	360
Szén-dioxid (CO₂)	10 000	1 000



MSZ-09-00.0352 szabvány:

- arány 1 (R1)= C_2H_2 / C_2H_4
- arány 2 (R2)= CH_4 / H_2
- arány 3 (R3)= C_2H_4 / C_2H_6

Roger's arány módszer:

- arány 1 (R1)= C_2H_2 / C_2H_4
- arány 2 (R2)= CH_4 / H_2
- arány 3 (R3)= C_2H_4 / C_2H_6
- arány 4 (R4)= C_2H_6 / CH_4

Arány határérték	C_2H_2/C_2H_4	CH_4/H_2	C_2H_4/C_2H_6
	Arány kód		
$<0,1$	0	1	0
$\geq 0,1 \dots 1 \leq$	1	0	0
$>1 \dots 3 \leq$	1	2	1
>3	2	2	2



8 különböző hibafajta:

Eset	C_2H_2/C_2H_4	CH_4/H_2	C_2H_4/C_2H_6	Hiba fajtája
0	0	0	0	Hibátlan
1	0	1	0	Kis energiájú részleges kisülés
2	1	1	0	Nagy energiájú részleges kisülés
3	1-2	0	1-2	Kis energiájú ívelés
4	1	0	2	Nagy energiájú ívelés
5	0	0	1	Melegpont (110°C...150°C)
6	0	2	0	Melegpont (150°C...300°C)
7	0	2	1	Melegpont (300°C...700°C)
8	0	2	2	Melegpont (> 700°C)

11 különböző hibafajta:

Roger's szerinti hibaosztályok

Normál öregedés

Részkisülés

Melegpont < 150°C

Melegpont 150 -200°C

Melegpont 200-300°C

Vezeték túlmelegedés

Tekercsben folyó áram

Vasmagban és tankban folyó áram, túlmelegedett csatlakozások

Kis energiájú átívelés

Nagy energiájú ívelés

Folyamatos szikrázás

Részkisülés a szilárd szigetelésben (CO)



A hiba jellege	$\frac{CH_4}{H_2}$		$\frac{C_2H_2}{C_2H_4}$		$\frac{C_2H_2}{CH_4}$		$\frac{C_2H_6}{C_2H_2}$	
	olaj	gáz	olaj	gáz	olaj	gáz	olaj	gáz
1-termikus bomlás	> 1,0	> 0,1	<0,75	<1,0	<0,3	<0,1	>0,4	>0,2
2-kis energiájú részkisülés	< 0,1	< 0,01	nem jellemző		<0,3	<0,1	>0,4	>0,2
3-nagy energiájú ívelés	>0,1 ... <1,0	>0,01 ... <0,1	>0,75	>1,0	>0,3	>0,1	<0,4	<0,2

- **oldott gázok szokásos értékei** → **hibamentes**



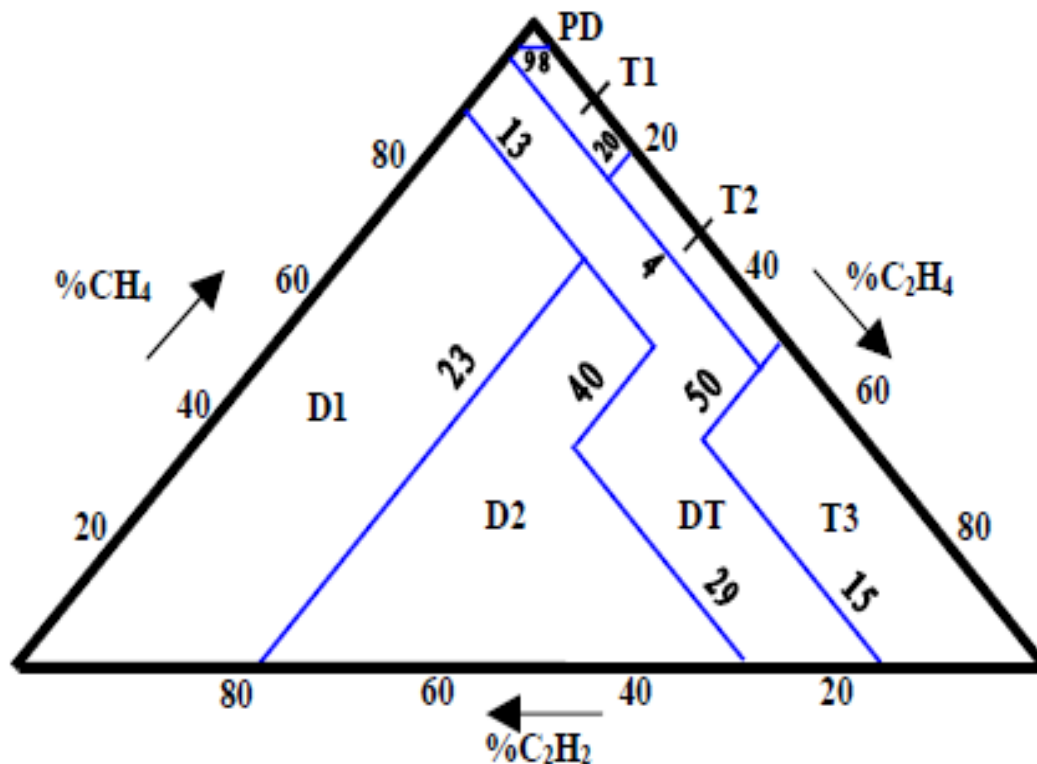
- **hibagyanús**, ha az oldott gázok mennyiségei közül legalább egy meghaladja a szokásos értéket.
- **hibás**, ha az oldott gázok mennyiségei közül legalább egy meghaladja az intézkedési határértéket.
- A hiba jellegét a **gázarányok** segítségével határozhatjuk meg. → **Kódok** → hiba típusa.
- Az adott hiba veszélyességét az előző vizsgálati eredményekkel való összehasonlítással, a **gázfejlődés üteméből** ítéldhetjük meg.



Olajban oldott gáz	Az IEC 60599:1999 szerinti szokásos gáztartalom		A IEC 60599: 1999/A1:2007 szerinti szokásos gáztartalom		
	Nincs terhelés alatti fokozatkapcsoló [μl/l]	A terhelés alatti fokozatkapcsoló nem gáztömör a főtartány felé [μl/l]	Az összes transzformátorra [μl/l]	Nincs terhelés alatti fokozatkapcsoló [μl/l]	A terhelés alatti fokozatkapcsoló nem gáztömör a főtartány felé [μl/l]
C_2H_2	3...50	80...270		2...20	60...280
H_2	60...150	75...150	50...150		
CH_4	50...90	50...70	30...130		
C_2H_4	60...280	110...250	60...280		
C_2H_6	50...90	50...70	20...90		
CO	540...900	400...850	400...600		
CO_2	5 100...13 000	5 300...12 000	3 800...14 000		



kód	a hiba megnevezése	$\frac{C_2H_2}{C_2H_4}$	$\frac{CH_4}{H_2}$	$\frac{C_2H_4}{C_2H_6}$
PD	részkisülés	nem jellemző*	< 0,1	< 0,2
D1	kisenergiájú kisülés	> 1	0,1 – 0,5	> 1
D2	nagyenergiájú kisülés	0,6 – 2,5	0,1 - 1	> 2
T1	melegpont < 300 °C	nem jellemző*	> 1, de nem jellemző*	< 1
T2	melegpont 300...700 °C	< 0,1	> 1	1 - 4
T3	melegpont > 700 °C	< 0,2**	> 1	> 4



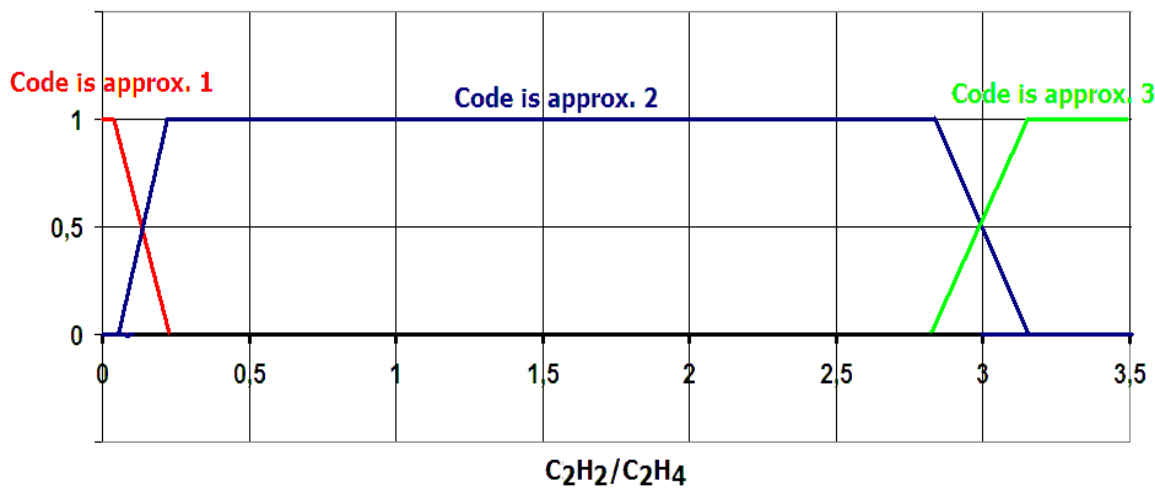
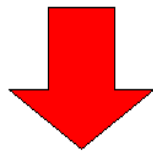
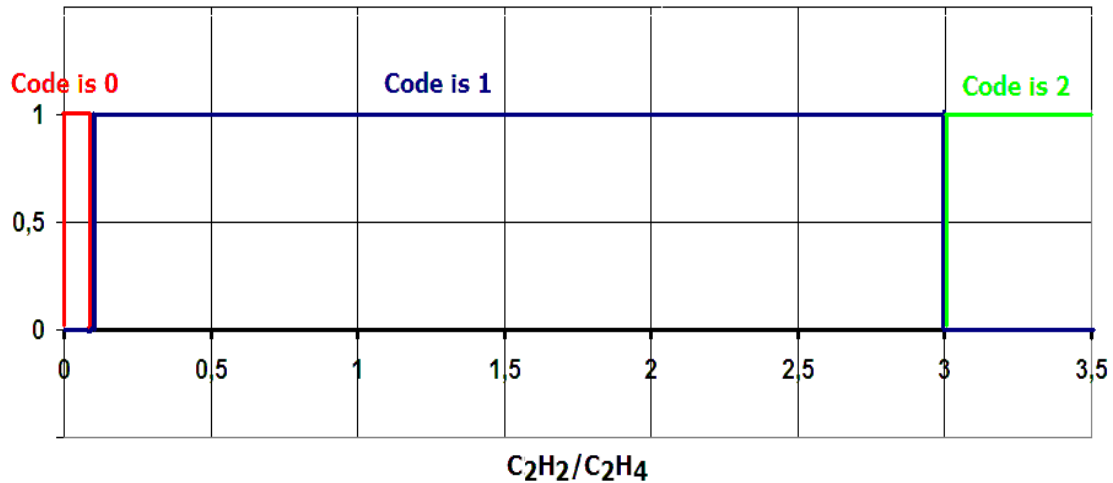
Hiba kód	A hiba megnevezése
PD	Részkisülés
D1	Kisenergiájú ívelés, ív
D2	Nagyenergiájú ívelés, ív
T1	Melegpont, $t < 300^{\circ}\text{C}$
T2	Melegpont, $300^{\circ}\text{C} < t < 700^{\circ}\text{C}$
T3	Melegpont, $t > 700^{\circ}\text{C}$

A diagnosztikai módszerek összehasonlítása

Módszer	nincs diagnózis (%)	rossz diagnózis (%)	összesítve (%)
„key gas”	0	58	58
Roger's	33	5	38
Döernenburg	26	3	29
IEC	15	8	23
Duval háromszög	0	4	4

- Probléma: Bizonytalan a diagnózis, ha a hibagázok aránya a határérték közelében van.
 - Kis változás a gáz arányokban már teljesen más diagnózist adhat!
- Javaslat a probléma kezelésére: **fuzzy logika alkalmazása.**
- **Alkalmazás lépései:**
 - tagsági függvény meghatározása,
 - kiterjesztett / kiszélesített kód számítás a fuzzy logikához,
 - a hiba valószínűségének meghatározása (minimális és maximális értékkel) adott hiba típusra.





Arány határérték	C_2H_2/C_2H_4	CH_4/H_2	C_2H_4/C_2H_6
	Arány kód		
$<0,1$	0	1	0
$\geq 0,1 \dots 1 \leq$	1	0	0
$>1 \dots 3 \leq$	1	2	1
>3	2	2	2

- a bejövő adatokból a tagsági függvények értelmében a tagsági értékek meghatározása
- a tagsági értékekből a kód „erősségének” meghatározása, miszerint:
 - ha a tagsági érték = 0 : akkor a kód nem megfelelő,
 - ha a tagsági érték = 1 : akkor a kód tökéletesen megfelelő,
 - ha a tagsági érték 0 és 1 között van $\rightarrow$ a kód bizonytalan.
- a kód „erőssége” $\rightarrow$ egyedi kód kombinációhoz tartozó hiba minimális és maximális valószínűségének kiértékelése.

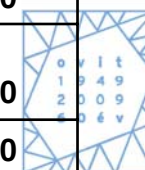


- Alsó és felső limitek meghatározása a tagsági függvények alkalmazásával.
- A hibagázok megjelenése és bármilyen nem „low” azaz alacsony gázarány egy tünet, amelyet az adott hibák okoznak.

CH ₄ /H ₂	C ₂ H ₆ /CH ₄	C ₂ H ₄ /C ₂ H ₆	C ₂ H ₂ /C ₂ H ₄	Diagnózis
'- / low'	'- / low'	'- / low'	'- / low'	Normál öregedés
'very low'	'- / low'	'- / low'	'- / low'	Részakisülés
'high or very high'	'- / low'	'- / low'	'- / low'	Melegpont < 150°C
'high or very high'	'high'	'- / low'	'- / low'	Melegpont 150 -200°C
'- / low'	'high'	'- / low'	'- / low'	Melegpont 200-300°C
'- / low'	'- / low'	'high'	'- / low'	Vezeték túlmelegedés
' low'	'- / low'	'high'	'- / low'	Tekercsben folyó köráram
' low'	'- / low'	'very high'	'- / low'	Vasmagban és tankban folyó áram, túlmelegedett csatlakozások
'- / low'	'- / low'	'- / low'	'high'	Kis energiájú átívelés
'- / low'	'- / low'	'high or very high'	'high or very high'	Nagy energiájú ívelés
'- / low'	'- / low'	'very high'	'very high'	Folyamatos szikrázás
'very low'	'- / low'	'- / low'	'high or very high'	Részakisülés a szilárd szigetelésben (CO)

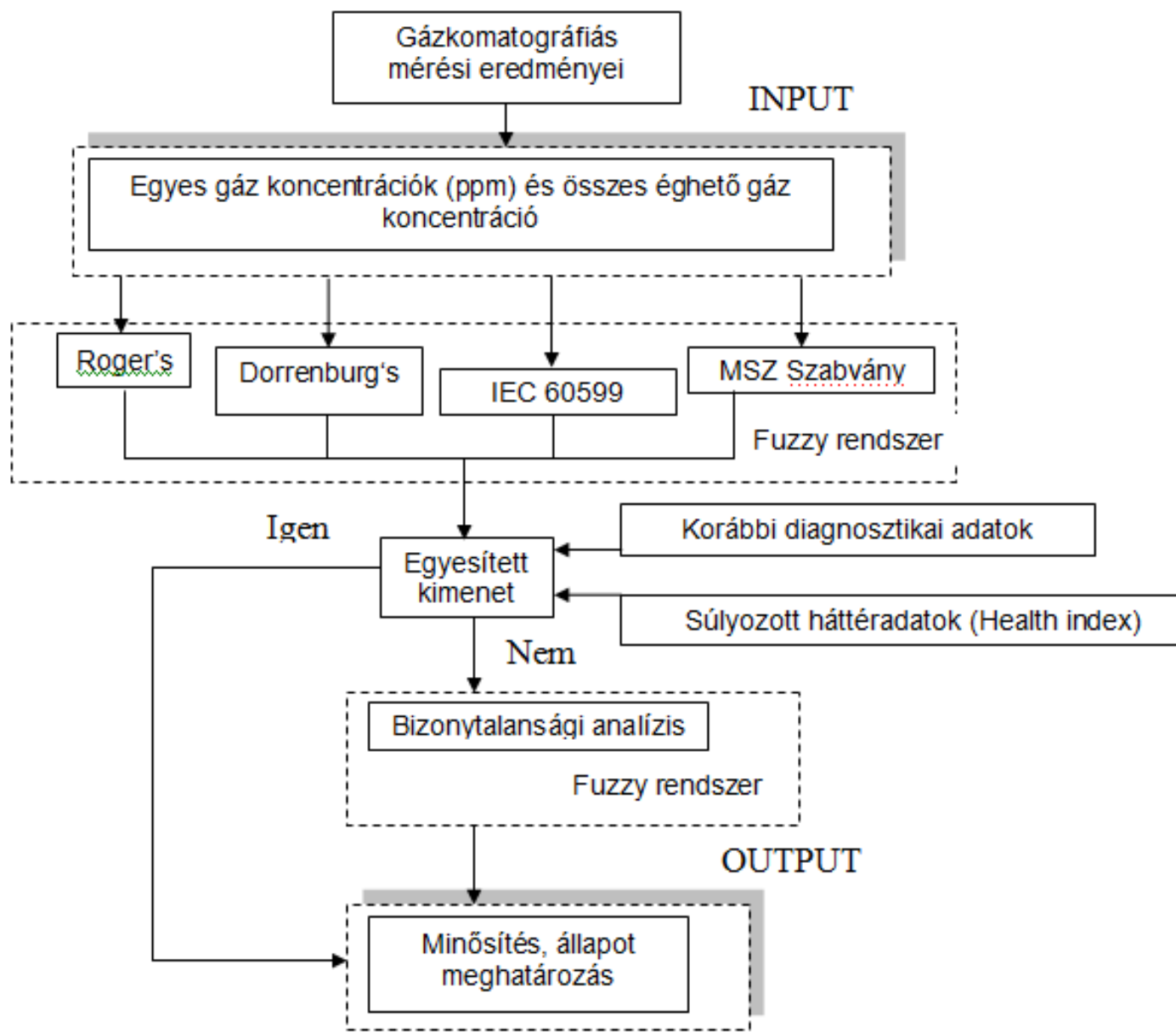


Gas	Case1		Case2		Case 3	
CO ₂ (ppm)	1300		4881		5963	
C ₂ H ₄ (ppm)	1		113		36	
C ₂ H ₆ (ppm)	18		47		30	
C ₂ H ₂ (ppm)	2		1		2	
H ₂ (ppm)	394		80		50	
O ₂ (%)	0,82		2,04		1,54	
N ₂ (%)	6,66		5,92		5,06	
CH ₄ (ppm)	64		66		79	
CO (ppm)	137		756		717	
C ₃ (ppm)	12		88		36	
Roger's módszer	max	min	max	min	max	min
Normál öregedés	0	0	0	0	0	0
Részkisülés	0	0	0,0625	0	1	0
Melegpont < 150°C	0	0	0	0	0	0
Melegpont 150 -200°C	0	0	0	0	0	0
Melegpont 200-300°C	0	0	1	0,9	1	0
Vezeték túlmelegedés	0	0	0,0625	0,1	1	1
Tekercsben folyó köráram	0	0	0	0	0	0
Vasmagban és tankban folyó áram, túlmelegedett csatlakozások	1	1	0	0	0	0
Kis energiájú átívelés	0	0	0	0	0	0
Nagy energiájú ívelés	0	0	0	0	0	0
Folyamatos szikrázás	0	0	0	0	0	0



Gáz	Case1		Case2		Case 3	
CO ₂ (ppm)	1300		4881		5963	
C ₂ H ₄ (ppm)	1		113		36	
C ₂ H ₆ (ppm)	18		47		30	
C ₂ H ₂ (ppm)	2		1		2	
H ₂ (ppm)	394		80		50	
O ₂ (%)	0,82		2,04		1,54	
N ₂ (%)	6,66		5,92		5,06	
CH ₄ (ppm)	64		66		79	
CO (ppm)	137		756		717	
C ₃ (ppm)	12		88		36	
MSZ szabvány	max	min	max	min	max	min
Hibátlan	0	0	0	0	0,109	0,11
Kis energiájú részleges kisülés	0	0,7	0	0	0	0
Nagy energiájú részleges kisülés	0,68	0,7	0	0	0	0
Kis energiájú ívelés	0	0	0	0	0,016	0,02
Nagy energiájú ívelés	0	0	0	0	0	0
Melegpont (110°C...150°C)	0	0	0,8	1	0,109	0,55
Melegpont (150°C...300°C)	0	0	0	0,2	0,45	0,9
Melegpont (300°C...700°C)	0	0	0,205	0,2	0,55	0,5
Melegpont (> 700°C)	0	0	0,202	0,2	0	0

- A fejlesztés célja a lehetséges üzemviteli kockázatok feltárására egy jobb, flexibilis, naprakész döntés előkészítő szakértői rendszer fejlesztése a fuzzy logika és a neurális hálózatok alkalmazásával.
- **Működő rendszerek:**
 - **KarMen:** alkalmas objektumok, készülékek, készülékelemek s ezek alkatrészeinek menedzselésére, jegyzőkönyvek, diagnosztikai mérések adatainak és keletkező dokumentációinak tárolására, megjelenítésére, életútkövetésre (AM rendszer)
 - **Primavera:** WM szoftver
 - **Labsoft:** HGA jegyzőkönyvek készítése
 - **SAP**
 - Stb.



Készülék adatok

GYORSKERESÉS

Gyári szám: -> Keresés/Minősítés

MINŐSÍTÉSRE VÁRÓ KÉSZÜLÉKEK

Minta sorszáma	▼▲ Gyári szám	Készülék típus	▼▲ Dátum	Minősítés
1-23-1253k	xxx xxx xx	TRF-S1600	2009.10.05	Indul
1-45-4857k	123 456 78	TRF-S0800	2009.08.23	Indul
1-65-2754k	xxx xxx xx	TRF-S2400	2009.06.12	Indul
3-42-8265k	xxx xxx xx	TRF-S0600	2009.04.29	Indul
2-86-3652k	xxx xxx xx	TRF-S0800	2009.02.17	Indul
1-62-8274k	xxx xxx xx	TRF-S1600	2009.01.18	Indul

KORÁBBAN MINŐSÍTETT KÉSZÜLÉKEK

Minta sorszáma	▼▲ Gyári szám	Készülék típus	▼▲ Dátum	Minősítés
1-23-1253k	xxx xxx xx	TRF-S1600	2009.10.05	Megtekint
1-45-4857k	123 456 78	TRF-S0800	2009.08.23	Megtekint
1-65-2754k	xxx xxx xx	TRF-S2400	2009.06.12	Megtekint
3-42-8265k	xxx xxx xx	TRF-S0600	2009.04.29	Megtekint
2-86-3652k	xxx xxx xx	TRF-S0800	2009.02.17	Megtekint
1-62-8274k	xxx xxx xx	TRF-S1600	2009.01.18	Megtekint

Keresési szempont megadása: -> Listázás

KÉSZÜLÉK ADATOK

Készülék gyári száma: **123 456 78** Mérés időpontja: **2009.08.23.**

Mintavétel időpontja:

Készülék fajtája:

Fokozatkapcsolós: ☒ kV:

Gyártási év:

Felújítás éve: Nincs: ☐

Elhelyezkedése: ☒ Hálózati ☐ Erőművi

Üzemállapota:

Kérem, válasszon!
Üzemben
Üzembe helyezés előtt
Tartalék
Kikapcsolva

Mentés

HIBAGÁZOK

Gázok	Aktuális mérés: 2009.10.14	Módosított	Előzmény mintavétel: 2009.09.30
CO2:	2651		2510
C2H4:	9		2
C2H6:	133		110
C2H2:	0		0
H2:	272		310
O2:	0,64		0,71
N2:	6,30		6,70
CH4:	193		190
CO:	913		906
C3:	353		351
Összes éghető:	1520		

Mentés

- 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 van bizonytalan a diagnózis. A probléma megoldására egy **fuzzy logika alapú fejlesztés** került bemutatásra.
- Egy **szakértői rendszer (TRANSYS)** fejlesztésének első fázisát mutattuk be, mely FIS és genetikus algoritmusokra épül, továbbá kommunikációra képes más AM és WM szoftverekkel.



Köszönöm figyelmüket!