

การวิเคราะห์แก๊สในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อการวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

Dissolved Gas Analysis in Transformer Oil for Preventive Maintenance Planning

จิตติมา ณรงค์ วิชาการ เอ็นจีร็อช พาวเวอร์ หุ่นยนต์โรบอต และ เทคโน หุ้นกิจพัฒนา
ภาควิชาศิลปกรรม ฝึกหัดเพื่ออาชีวศึกษา บัตรบุคคล คอมพิวเตอร์สมาร์ท มากับยาสั่งเครื่องปั๊ม
2410/2 อ.พหลโยธิน แขวงลาด旁 เขตคลองเตย กรุงเทพฯ 10900 โทร. 0-2579-1111 ต่อ 2272

E-mail: vichchakorn.he@spu.ac.th

บทคัดย่อ

ค้าสัมภាន: น้ำมันหม้อแปลง, การบำรุงรักษาหม้อแปลง, การวิเคราะห์กําชในน้ำมัน

ABSTRACT

This paper presents techniques of dissolved gas analysis in transformer oil for preventive maintenance planning. The oil has important function to provide cooling and electrical insulation for the transformer operation. Any deterioration in the oil can lead to the premature failure of the transformer. When the oil is subjected to high thermal and electrical stress, gases are generated from the decomposition of the oil. Different type of fault will generate different gases. The analysis of these gases will provide the identification of the type of fault in the transformer and used for planning preventive maintenance. As the example results, it is shown that the hydrogen and acetylene tend to be increased. This means there is a severe arc in the oil due to the continuous flow of high currents causing insulation damage. Therefore, it should be investigated to find the bug and fix it immediately.

KEYWORDS : Transformer Oil, Transformer Maintenance, Dissolved Gas Analysis

2350

1. ԿՐՈՆՅԱ (Introduction)

2. ส้อหณาความผิดปกติและการเจือจ้าในน้ำมัน (Faults and Gas Generation)

สาหร่ายการถูกทำลายในน้ำมันเป็นเพิร์ลาราบทอเดี่ยวน้ำที่สามารถมีชีวิตว่างดงามที่สุดที่เรียกว่าหอยเป็นไม้ผลกอนใช้โครงรากอนของมนุษย์ การถูกตัดความคงทนปิดกั๊ก (Fault) สักษ์หอยที่สำคัญในหน้าที่ออกเปล่งจะงดให้เกิดพลังงานให้กับรากของต้นของพืชของที่ถูกตัด ซึ่งหอยสักกี๊ (Key gas) ที่คุณจะเห็นอยู่ที่ด้านขวาในรูปนี้ให้พลังงาน (H_2), มีเทน (CH_4), อิโซเทน (C_2H_6), เอทิลีน (C_2H_4), อะเซติก (C_2H_6O), คาร์บอไดออกไซด์ (CO_2) และกากเริบรวมของไฮโดรเจน (CO) โดยหอยและภูมิภาคที่ได้ปลูกหอยเปล่งอาจแตกต่างกันไปตามที่ 3 ประจักษ์ที่มี

1) โควิด-19 (Corona) หรือติดเชื้อร้ายชั่ว tempo (Partial Discharge) เป็นเชื้อไวรัสที่มาทำให้เกิดฟ้าหักเมืองงานได้ ออกมาน้ำหนักโดยจะพะทับฟ้า ใช้โทรศัพท์และมีไฟในปริมาณพอสมควร และซึ่งสามารถอุ่นหัวใจได้ แต่ก็ต้องมีความระมัดระวังอย่างมาก ด้วยการล้างมือบ่อยครั้ง จึงทำให้มีการติดเชื้อร้ายในกระบวนการงานที่จะพำนักเพื่อเริ่มร้านของตัวเอง

3) การติดเชือก (Arcing) จัดเป็นปัญหาที่รุนแรงที่สุด เมื่อจากมีความร้อนสูงจากการไฟ燎อย่างรุนแรง ทำให้เกิดการระเบิดของเชือก ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความเสียหายอย่างมาก

3. วิธีแปลผลการทดสอบก้าช (Interpretation of Result)

การเปลี่ยนความหมายของคำว่าดีก็คุ้มทั้ง 7 ชนิดที่ได้จากการทำ DGA จะสามารถบอกถึงสภาพการท่องเที่ยวของหมู่บ้านได้ว่าเป็นปักธงหรือคือปักธงในลักษณะใด ซึ่งวิธีการเปลี่ยนแปลงที่ได้รับความนิยมอยู่ที่เขียนกัน 6 วิธีคือ

- | | |
|---|---|
| (1) <input type="checkbox"/> IEEE Method | (4) <input type="checkbox"/> IEC Method |
| (2) <input type="checkbox"/> Key Gas Method | (5) <input type="checkbox"/> Doernenburg Ratio Method |
| (3) <input type="checkbox"/> Roger's Ratio Method | (6) <input type="checkbox"/> Duval Triangle Method |

3.1 IEEE Method

การเปลี่ยนแปลงมาตรฐาน IEEE C57-104 (1991) จะพิจารณาถ้าหากค่ารวมของอัตราเชื้อน้ำมันที่สามารถแตกตัวออกได้ (Total Dissolved Combustible Gases; TD CG) ของชุดเครื่องจ่ายฟาร์มที่เป็นที่นิยมของ TD CG ร่วมกับเกณฑ์ใหม่ในการติดตั้งเชื้อเพลิง เช่น ชุดเครื่องจ่ายฟาร์มที่ใช้แก๊สบีทีดี ซึ่งสามารถระบุสถานะ (Status) ออกตั้งแต่ 4 แบบตามตารางที่ 1 โดยจะรวมอัตราที่ต้องได้ให้เต็มไปในกฎการที่ (1)

$$TDCG = H_2 + CH_4 + C_2H_2 + C_2H_4 + C_2H_6 + CO \quad (1)$$

ໂຄຫຼີ້ TDCG ສືບຜລຽວມວນຢັ້ງໜັກຂອງເຈົ້າທີ່ສໍານາງຮອງດີຕິກໄປໄກ໌ (nm)

ตารางที่ 1 ขีดจำกัดของก๊าซที่ละลายน้ำในน้ำมันหม้อแปลง (ppm) ตามมาตรฐาน IEEE

Status	Hydrogen (H ₂)		Methane (CH ₄)		Acetylene (C ₂ H ₂)		Ethylene (C ₂ H ₄)		Ethane (C ₂ H ₆)		Carbon monoxide (CO)		Carbon dioxide (CO ₂)		TDCG
	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	
Condition 1	< 100	< 120	< 1	< 50	< 65	< 350	< 2500	< 720							
Condition 2	101-700	121-400	2-9	51-100	66-100	351-570	2500-4000	721-1920							
Condition 3	701-1800	401-1000	10-35	101-200	101-150	571-1400	4001-10000	1921-4630							
Condition 4	> 1800	> 1000	> 35	> 200	> 150	> 1400	> 10000	> 4630							

Condition 1: ค่า TDCG ที่ได้รับจะระบุนี่แสดงว่าหน่วยเงินไทยเท่าอยู่ในสภาพปกติ แต่หากก้าวต่อไปได้ปริมาณ

Condition 2: ถ้า TDCG ในช่วงนี้แสดงถึงการเพาให้สูงกว่าปัจจุบันแล้วด้วยการตรวจสอบเพิ่มเติมและควรนำเข้า DGA ไปดำเนินการและประยุกต์ใช้ที่ออกผลลัพธ์ขึ้นอีกวัน

Condition 3: ถ้า TDG ในช่วงนี้แสดงผลเป็นตัวที่สูงของผลกระทบต่อช่วงของโซ่อุปทานบนหรือเน้น ควรนำท่ามกลาง DGA ไปดำเนินการและประเมินก้าวที่ถูกคิดขึ้นต่ออันและเริ่มวางแผนปลดการท่าในช่วงหนึ่งนี้อีก แบ่งกลุ่มที่ต้องตรวจสอบอย่างเรียบ

Condition 4: ถ้า TDCG ที่สูงกว่าระดับนี้แล้วถึงระดับของการสาขด้วยของชลธุ่โภชนวนหรือน้ำมันมากก็เท่านั้นไป ควรทำการปิดหม้อน้ำเปล่งของจากการทำงานเพื่อขับน้ำร้อนยกหันที่

2361

3.2 $\tilde{A}\tilde{B}$ Key Gas Method

ด้านน้ำที่แนะนำมาของมาตรฐาน IEEE C57-104 (1991) ใช้การนี้อยู่ที่ห้องแม่ปั่งไม่ได้ใช้การวัด
วิเคราะห์กําลังด้วยความถี่ที่ต่างกันไปในวงจร โดยเชื่อมพิริมาณทางภาค TDCG เป็นหลักร่วมกับการเพิ่มน้ำหนักที่ได้
ข้อดีของวิธีนี้คือตัวที่ใช้จะไม่เกิดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นกับแม่ปั่งไปได้ สิ่งเดียวที่ 2

問題ที่ 2 การวิเคราะห์เนื้อหาในเอกสารงานวิจัยที่เข้าสู่ขั้นตอนการประเมินคุณภาพงานวิจัยระดับ IEEE

Case	Fault	Principle gas	CO	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₃ H ₈
1	Overheated oil	C ₂ H ₆	-	2%	16%	19%	63%	-
2	Overheated cellulose	CO	92%	-	-	-	-	-
3	Corona in oil	H ₂	-	85%	13%	1%	1%	-
4	Arcing in oil	C ₂ H ₄	-	60%	5%	2%	3%	30%

3.3. \tilde{H}^2 Problem, Part I

3.3 3B Roger's Ratio Method
 วิธีนี้รับประทานพัฒนาทางค่าที่ต้องการส่วนของข้ามเพื่อจะชนะ โดยต้องใช้เวลาที่สักพักซึ่งจะนานไปกว่าส่วนหักบัญชีรวมทั้งต้องมีตู้หัวดัน 5 ถ่านความจุที่ต้องการแล้ว 3 ชั่วโมงเดือนในบานหัวดันต่อถ่าน (ppm) อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้คือ Roger's Ratio (R.R. Rogers, 1978) จะพิจารณาพื้นที่ต้องการส่วนของ R1, R2 และ RS เท่านั้น โดยมีข้อจำกัดของหัวที่ต้องการส่วนที่เป็นค่าเฉลี่ยของความติดปูกติดต่อของ 4

ตารางที่ 3 อัตราส่วนสำคัญของก้าวเดี่ยวนิค

Ratio	Gas (ppm)
R1	CH_4/H_2
R2	$\text{C}_2\text{H}_2/\text{C}_2\text{H}_4$
R3	$\text{C}_2\text{H}_6/\text{CH}_3$
R4	$\text{C}_2\text{H}_6/\text{C}_2\text{H}_2$
R5	$\text{C}_2\text{H}_6/\text{C}_2\text{H}$

ตารางที่ 4 ตารางวิเคราะห์เนคเพิลโกดิจิตจากอัตราส่วนอีจวีทีวี Roger's Ratio

Case	Fault	R2	R1	RS
0	Unit normal	< 0.1	0.1 – 1.0	< 1.0
1	Low energy density arcing	< 0.1	< 0.1	< 0.1
2	High energy discharge arcing	0.1 – 3.0	0.1 – 1.0	> 3.0
3	Low temperature thermal	< 0.1	0.1 – 1.0	1.0 – 3.0
4	Thermal fault < 700 °C	< 0.1	> 1.0	1.0 – 3.0
5	Thermal fault > 700 °C	< 0.1	> 1.0	> 3.0

3.4 วิธี IEC Method

วิธีการเบสิกค่ามาตรฐานIEC 60599 (1999) จะถูกนำมาใช้เช่นเดียวกับ Roger's Ratio โดยการพิจารณาจากค่าอัตราความเสี่ยงที่ 3 จำนวน (R1,R2,R3) ในหน่วย ppm เท่าระดับก็จะมีผลลัพธ์ตามดังนี้ ที่เกิดขึ้นในหน่วยเปลี่ยนแปลงของกําเนิดคิดปกติภายนอกไฟฟ้าและอุณหภูมิ 6 ด้านยอด ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์เหตุคิดปกติจากค่าอัตราความเสี่ยงที่ 3 ตามวิธี IEC

Case	Fault	R2	R1	R5
PD	Partial discharge	-	< 0.1	< 0.2
D1	Low energy discharge	> 1	0.1 – 0.5	> 1
D2	High energy discharge	0.6 – 2.5	0.1 – 1.0	> 2.0
T1	Thermal fault < 300 °C	-	> 1.0	< 1.0
T2	Thermal fault 300 °C to 700 °C	< 0.1	> 1.0	1.0 – 4.0
T3	Thermal fault > 700 °C	< 0.1	> 1.0	> 4.0

3.5 วิธี Doernenburg Ratio Method

วิธีการของ Doernenburg (Robit Kumar Arora, 2013) จะใช้ค่าอัตราความเสี่ยงที่ 4 ค่า (R1,R2,R3,R4) เพื่อระบุลักษณะความเสี่ยงของกําเนิดเปลี่ยนแปลงเป็น 3 ลักษณะตามตารางที่ 6 โดยจะพิจารณาร่วมกับค่าอัตราความเสี่ยงที่ 6 ดังตารางด้านล่าง

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์เหตุคิดปกติจากค่าอัตราความเสี่ยงที่ 6 ตามวิธี Doernenburg's Ratio

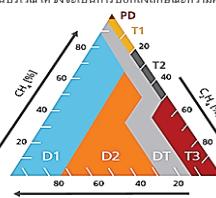
Case	Fault diagnosis	R1	R2	R3	R4
1	Thermal decomposition	> 1.0	< 0.75	< 0.3	> 0.4
2	Corona (Low intensity partial discharge)	< 0.1	-	< 0.3	> 0.4
3	Arcing (High intensity partial discharge)	0.1 – 1.0	> 0.75	> 0.3	< 0.4

ตารางที่ 7 ชี้แจ้งทักษะปริมาณของกําเนิดตามวิธีของ Doernenburg Ratio

Gas	Limit (ppm)
H ₂	100
CH ₄	120
C ₂ H ₄	50
C ₂ H ₂	35
C ₃ H ₆	1
CO	350

3.6 วิธี Duval's Triangle Method

วิธีการนี้ถูกคิดและนำเสนอโดย Mr. M. Duval โดยใช้รูปสามเหลี่ยมเพื่อคำนวณความเสี่ยงที่ 1 ในการอธิบายลักษณะความเสี่ยงของกําเนิดเปลี่ยนแปลงเป็น 7 ลักษณะตามตารางที่ 8 วิธี Duval's Triangle (M.Duval, 2008) จะพิจารณาจากค่าอัตราของกําเนิด 3 ชนิด ได้แก่ CH₄, C₂H₂ และ C₃H₆ ตามสมการที่ (2) ถึง (4) เพื่อหาจุดศูนย์กลางของกําเนิดและความเสี่ยงที่ 1 ที่อยู่ในรูปสามเหลี่ยม แล้วนำมาระบุในรูปสามเหลี่ยมดังนี้



ภาพที่ 1 การระบุลักษณะความเสี่ยงตามวิธีของ Duval

$$\%CH_4 = \left(\frac{CH_4}{CH_4 + C_2H_2 + C_3H_6} \right) \times 100 \quad (2)$$

$$\%C_2H_2 = \left(\frac{C_2H_2}{CH_4 + C_2H_2 + C_3H_6} \right) \times 100 \quad (3)$$

$$\%C_3H_6 = \left(\frac{C_3H_6}{CH_4 + C_2H_2 + C_3H_6} \right) \times 100 \quad (4)$$

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์เหตุคิดปกติจากค่าอัตราของกําเนิดตามวิธี Duval's Triangle

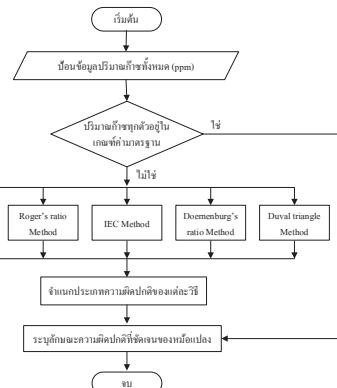
Case	Fault Diagnosis	CH ₄	C ₂ H ₂	C ₃ H ₆
PD	Partial discharge	98%	-	-
D1	Low energy discharge	-	> 13%	< 23%
D2	High energy discharge	-	13% – 29%	23% – 38%
T1	Thermal fault < 300 °C	-	< 4%	< 20%
T2	Thermal fault 300 °C to 700 °C	-	< 4%	20% – 50%
T3	Thermal fault > 700 °C	-	< 15%	> 50%
DT	Combination of thermal and electrical fault	-	-	-

4. ผลการวิเคราะห์ค่าอัตราของกําเนิด (Results of DGA)

โดยทั่วไปกระบวนการวิเคราะห์ค่าอัตราของกําเนิดที่นิยมใช้เริ่มจากการพิจารณาปริมาณกําเนิดที่ 7 ชนิด โดยอาศัยเกณฑ์ค่ามาตรฐานIEC 60599 (1999) กำหนดความเสี่ยงที่ 9 ซึ่งถือว่าในเกณฑ์ก็แสดงว่ากําเนิดเปลี่ยน

ตารางที่ 9 ข้อกำหนดปริมาณปกติของก๊าซในน้ำมันหน้าแปลงตามมาตรฐาน IEC

Gas	Hydrogen (H ₂)	Methane (CH ₄)	Ethane (C ₂ H ₆)	Ethylene (C ₂ H ₄)	Acetylene (C ₂ H ₂)	Carbon dioxide (CO ₂)	Carbon monoxide (CO)
ppm	< 100	< 50	< 50	< 50	< 5	< 5000	< 200

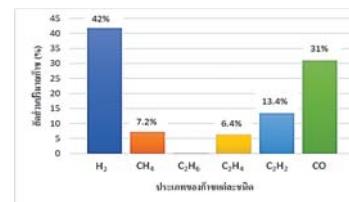


ความที่ 2 ขั้นตอนการวิเคราะห์อีเมลในวันนี้นั้น แท้จริงแล้วมีอะไรบ้าง | กดไข่บนหน้าจอเลย

ตารางที่ 10 ตัวชี้วัดผลค่าถ้าจำนวนหนี้อื้อเงินคงที่ใช้ในการทดลอง

Gas	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₂ H ₂	CO ₂	CO	TDCG
ppm	633	109	<1	96	203	262	469	1510

236



ภาพที่ 3 สัดส่วนการเก็งกำไรจากการขายของมือแปลงทดสอบเพื่อวิเคราะห์ค่าขีด Key gas method

ตารางที่ 11 ผลอัตราส่วนของก้าวเดินชนิดของหม้อแปลงทดสอบ

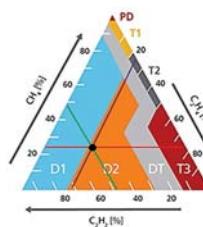
Ratio	Gas (ppm)	Value
R1	$\text{CH}_4/\text{H}_2 = (109/633)$	0.172
R2	$\text{C}_2\text{H}_6/\text{C}_2\text{H}_4 = (203/96)$	2.115
R3	$\text{C}_2\text{H}_6/\text{CH}_4 = (203/109)$	1.862
R4	$\text{C}_2\text{H}_6/\text{C}_2\text{H}_2 = (1/203)$	<0.1
R5	$\text{C}_2\text{H}_6/\text{C}_2\text{H}_4 = (96/1)$	96

การวิเคราะห์ที่ผลลัพธ์ว่าชีวิตร้าบสานก้าวที่ 5 ค่า สามารถแสดงได้ลงตารางที่ 11 โคดวิเคราะห์ของ Roger's Ratio ของปริมาณไฟฟ้าที่ต้องร้าบสาน R1, R2 และ R3 ซึ่งจากการเพิ่มน้ำหนักเครื่องที่ 4 อยู่เท่านั้นว่าสถานะของอินโนเวเตอร์ที่ 2 หมายความว่าไฟฟ้าเปล่งกิตศรัทธาบนไฟฟ้าชั้นสูงสุด (High energy discharge arcing) ในงานนี้เดิมท่านก้าวใช้วิธีของ IEC กำหนดของหน่วยเปล่งกุญแจที่ไม่ใช่ความต้องการไฟฟ้าไฟฟ้าที่ D2 (แรงดันที่ 5) ซึ่งหมายถึงกิตศรัทธาบนไฟฟ้าที่พลังงานสูง (High energy discharge) สำหรับวิธีการของ Doernenburg's Ratio ของไฟฟ้าจากที่ต้องร้าบสาน R1, R2, R3 用地 R4 ซึ่งจุดของการทิ่งที่ 6 ผลประเมินนี้ให้เกิดน้ำหนักเชิงจัดการก่ออิเล็กทรอนิกส์แบบบุนaware (High intensity partial discharge) ขึ้นมากขึ้น

การวิเคราะห์ผลที่ได้รับจาก Duval's Triangulation จะถือเป็นงานที่สำคัญมาก ให้ความทราบถึง 12 โภคถ่านที่มีน้ำทึบตื้นในภูมิภาคในปัจจุบันเพื่อช่วย Duval ใช้เวลาเพียงสักครู่เพื่อติดตามเข้าเรื่องราวของบริบทที่ 12 ซึ่งจากทราบเรื่อง 8 ของหมายถึงการเกิดศิรษะชนแบบฟลัฟฟิงส์ (High energy discharge) ตามมาที่ 4

ตารางที่ 12 ด้วยขั้นปัจมานักวิเคราะห์คัววิชี Duval's Triangle

Gas	Concentration (ppm)	Percentage
Methane (CH_4)	109	26.72 %
Acetylene (C_2H_2)	203	49.75 %
Ethylene (C_2H_4)	96	23.53 %
Total Gas	408	100 %



ภาพที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความผิดปกติของหน้อแปลงทดสอบคัวชี้วีซี Duval's Triangle

จากภาระเพื่อการทดลองนักเรียนทั้งหมดที่ได้รับของแต่ละวิชาสามารถสรุปได้ว่าตัวเลขที่ 13 ซึ่งแสดงถึงหัวหน้าชั้นเรียนที่มีบทบาทสำคัญคือเป็นผู้นำในการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียน ไม่ใช่ผู้ใดก็ได้เช่น ไลอกราฟิกวิศวกรที่จากหัวหน้าธุรกิจอยู่เบื้องหลัง แต่เป็นผู้ที่มีความสามารถในการสื่อสารและจัดการความต้องการของนักเรียน ทำให้เกิดความเข้มแข็งในกลุ่มนักเรียน ไม่ใช่แค่ตัวเลขที่ 13 แต่เป็นตัวแทนของคุณภาพทางวิชาการที่ดีที่สุดในห้องเรียน

ตารางที่ 13 สรุปผลการวิเคราะห์เหตุผลปัจจัยของแคลอรีวิตามิน

Method	Case	Fault Diagnosis
IEEE (TCDG)	Condition 2	Low level decomposition, requires individual gas analysis
Key Gas	4	Arcing in oil
Roger's Ratio	2	High energy discharge arcing
IEC	D2	High energy discharge
Doernenburg's Ratio	3	Arcing (High intensity partial discharge)
Duval's Triangle	D2	High energy discharge

2367

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

6. เอกสารอ้างอิง

IEEE C57.104-1991, Guide for the Interpretation of Gases Generated in Oil-Immersed Transformers.

R.R. Rogers. 1978. Concepts used in the development of the IEEE and IEC codes for the interpretation of incipient faults in power transformers by dissolved gas in oil analysis. IEEE Transactions on

Electrical Insulation, vol. EI-13, no. 5, pp. 349-354.

IEC 60500-1000, Guide to the Interpretation of Dissolved and Free Gas Analysis, NTT IEC

IEC 60599:1999, Guide to the Interpretation of Dissolved and Free Gases Analysis. N11 IEC.

Rohit Kumar Arora. 2013. Different DGA techniques for monitoring of transformer. International Journal

of Electronics and Electrical Engineering, vol. 1, no. 4.