รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพหม้อแปลงด้วยวิธีการวิเคราะห์ก๊าซในน้ำมันหม้อแปลง

Efficiency of Transformer Monitoring by Dissolved Gas Analysis Method

โดย

นางสาวมนปพร ชัยวาณิชยา 6324220002

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาสหกิจศึกษา

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

ภาคการศึกษา 1 ปีการศึกษา 2565

หัวข้อโครงงาน	**การวิเคราะห์ประสิทธิภาพหม้อแปลงด้วยวิธีการวิเคราะห์ก๊าซในน้ำมันหม้อแปลง** Efficiency of Transformer Monitoring by Dissolved Gas Analysis Method
รายชื่อผู้จัดทำ	**นางสาวมนปพร ชัยวาณิชยา 6324220002**
ภาควิชา	**วิศวกรรมไฟฟ้า**
อาจารย์ที่ปรึกษา	**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิภาวัลย์ นาคทรัพย์**

อนุมัติให้โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2565

คณะกรรมการสอบโครงงาน

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิภาวัลย์ นาคทรัพย์)

..... พนักงานที่ปรึกษา
(นายธนปพน ชัยวาณิชยา)

..... กรรมการกลาง
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยงยุทธ นาราษฎร์)

..... ผู้ช่วยอธิการบดีและผู้อำนวยการสำนักสหกิจศึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มารุจ ลิมปะวัฒนะ)

จดหมายนำส่งรายงาน

วันที่ 20 มีนาคม พ.ศ. 2566

เรื่อง ขอส่งรายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

เรียน อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิภาวัลย์ นาคทรัพย์

ตามที่ผู้จัดทำ นางสาวมนปพร ชัยวาณิชยา รหัสนักศึกษา 6324220002 นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ได้ไปปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ระหว่างวันที่ 22 สิงหาคม พ.ศ. 2565 ถึงวันที่ 9 ธันวาคม พ.ศ. 2565 ในตำแหน่ง วิศวกรตรวจสอบระบบไฟฟ้า บริษัท นนกรุ๊ป จำกัด และได้รับมอบหมายจากพนักงานที่ปรึกษาให้ศึกษาและทำรายงานเรื่อง “การวิเคราะห์ประสิทธิภาพหม้อแปลงด้วยวิธีการวิเคราะห์ก๊าซในน้ำมันหม้อแปลง (Efficiency of Transformer Monitoring by Dissolved Gas Analysis Method)”

บัดนี้การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาได้สิ้นสุดลงแล้ว ผู้จัดทำ นางสาวมนปพร ชัยวาณิชยา จึงขอส่งรายงานดังกล่าวมาพร้อมกันนี้จำนวน 1 เล่ม เพื่อขอรับคำปรึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

นางสาวมนปพร ชัยวาณิชยา

นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

กิตติกรรมประกาศ
(Acknowledgement)

การที่ผู้จัดทำได้มาปฏิบัติงานในโครงงานสหกิจศึกษา ณ บริษัท นนกรุ๊ป จำกัด ตั้งแต่วันที่ 22 สิงหาคม พ.ศ. 2565 ถึงวันที่ 9 ธันวาคม พ.ศ. 2565 ส่งผลให้ผู้จัดทำได้รับความรู้และประสบการณ์ต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการเรียนและการปฏิบัติงานในอนาคต เกี่ยวกับการปฏิบัติงานใน ตำแหน่งวิศวกรไฟฟ้า บริษัท นนกรุ๊ป จำกัด ได้สอน ได้เรียนรู้งาน และปัญหาที่พบในการทำงานในแผนกต่างๆ จึง ขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ และสนับสนุนจากหลายฝ่าย ดังนี้

1) นายธนปพน ชัยวาณิชยา (วุฒิวิศวกรไฟฟ้า)

2) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิภาวัลย์ นาคทรัพย์(อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา)

และบุคคลท่านอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการจัดทำรายงาน

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูลและเป็นที่ปรึกษาในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ตลอดจนให้การดูแลและให้ความเข้าใจในชีวิตการทำงานจริง ซึ่งผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ผู้จัดทำ

นางสาวมนปพร ชัยวาณิชยา

20 มีนาคม 2566

หัวข้อโครงงาน: การวิเคราะห์ประสิทธิภาพหม้อแปลงด้วยวิธีการวิเคราะห์ก๊าซในน้ำมันหม้อแปลง
Efficiency of Transformer Monitoring by Dissolved Gas Analysis Method

หน่วยกิต: 5 หน่วยกิต
โดย: นางสาวมนปพร ชัยวาณิชยา 6324220002
อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิภาวัลย์ นาคทรัพย์
ระดับการศึกษา: ปริญญาตรี (วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต)
สาขาวิชา: วิศวกรรมไฟฟ้า
คณะ: วิศวกรรมศาสตร์
ภาคการศึกษา/ปีการศึกษา: 1/2565

บทคัดย่อ

โครงงานสหกิจศึกษานี้จัดทำขึ้นเพื่อนำเสนอการวิเคราะห์ก๊าซในน้ำมันหม้อแปลงสำหรับวางแผนเชิงป้องกัน เนื่องจากน้ำมันหม้อแปลงมีหน้าที่ในการระบายความร้อนและเป็นฉนวนของหม้อแปลง ดังนั้นการเสื่อมสภาพของน้ำมันอาจนำไปสู่ความเสียหายของหม้อแปลง โดยเมื่อน้ำมันอยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงจะเกิดการแตกตัวของก๊าซในน้ำมัน ความผิดปกติของหม้อแปลงสามารถระบุได้จากชนิดของก๊าซและปริมาณที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยให้สามารถวางแผนเพื่อดูแลประสิทธิภาพหม้อแปลงได้ทันเวลา รายงานเล่มนี้ได้ทำการวิเคราะห์น้ำมันหม้อแปลงจากหม้อแปลงทั้งหมด 3 ลูก (TR1, TR2 และ TR3) ด้วยวิธี IEEE Method, Roger's Ratio Method, Doernenburg Ratio Method, Key Gas Method, IEC Method และ Duval Triangle Method ผลการทดสอบพบว่าหม้อแปลงทั้ง 3 ลูกอยู่ในสภาพที่เหมาะสมต่อการใช้งาน แต่พบการเสื่อมสภาพของกระดาษฉนวนในหม้อแปลง โดยแนะนำให้ทำการบำรุงรักษาด้วยการทำการเปลี่ยนกระดาษฉนวนใหม่เพื่อรักษาคุณภาพของหม้อแปลงให้มีอายุยาวนาน สามารถใช้งานต่อได้โดยไม่มีการกระทบต่อกระบวนการผลิต

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ก๊าซในน้ำมัน, น้ำมันหม้อแปลง, น้ำมัน

Project Title: Efficiency of Transformer Monitoring by Dissolved Gas Analysis Method
Credits: 5 Units
By: Miss Manapaporn Chaiwanichaya 6324220002
Advisor: Asst. Prof. Wipavan Narksarp
Degree: Bachelor of Engineering
Major: Electrical Engineering
Faculty: Engineering
Semester/Year: 1/2022

Abstract

This cooperative education project aimed to evaluate oil quality in transformers to set a maintenance plan for factory. Oil in transformers is used to release temperature and act as an insulator for the transformer. The drop of oil quality, which is an increase of temperature in the oil that produces gas, affects degradation of transformer. The monitoring of gas types and amount helps to prevent failure of the transformer. This report analyzed gas in oil by 6 methods, IEEE Method, Roger's Ratio Method, Doernenburg Ratio Method, Key Gas Method, IEC Method, and Duval Triangle Method. The result indicated that all transformers are of good quality. Regarding the detected gas that cause of insulator paper efficiency, so, maintenance engineers or electrical engineers should plan to solve this to avoid effects to production line.

Keywords: dissolved gas analysis, transformer, oil

Approved by

.....

สารบัญ

	หน้า
จดหมายนำส่งรายงาน	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญรูป	ซ
สารบัญตาราง	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	
2.1 หน้าที่ของงานบำรุงรักษา	3
2.2 การป้องกันการบำรุงรักษา (Preventive Maintenance, PM)	3
2.3 ความสำคัญของการทำ Preventive Maintenance	4
2.4 หม้อแปลง และความสำคัญของหม้อแปลงในโรงงานอุตสาหกรรม	4
2.5 การบำรุงรักษาหม้อแปลง	5
2.6 การวิเคราะห์ก๊าซในน้ำมันหม้อแปลง	6
2.7 ก๊าซในหม้อแปลง	8
2.8 สภาวะหลักที่ทำให้ก๊าซเกิดความผิดปกติ	8
2.9 วิธีแปลผลการทดสอบก๊าซ	9

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 3 รายละเอียดการปฏิบัติงาน

3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ 15
3.2 ลักษณะการประกอบการและการให้บริการหลักขององค์กร 15
3.3 ตำแหน่งและลักษณะงานที่นักศึกษาได้รับมอบหมาย 16
3.4 ชื่อและตำแหน่งงานของพนักงานที่ปรึกษา 17
3.5 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน 17
3.6 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน 17
3.7 อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ 18

บทที่ 4 ผลการปฏิบัติงานตามโครงงาน

4.1 ผลการทดสอบด้วยวิธีมาตรฐานตามหลัก IEC60599-2007 19
4.2 ผลการทดสอบด้วยวิธีมาตรฐานตามหลัก Doernenburg ratio 20
4.3 ผลการทดสอบด้วยวิธีมาตรฐานตามหลัก Roger ratio 21
4.4 ผลการทดสอบด้วยวิธีมาตรฐานตามหลัก Duval triangle 22

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการปฏิบัติงาน 24
5.2 ประโยชน์ด้านสังคม 24
5.3 ประโยชน์ด้านการทำงาน 24
5.4 ปัญหาในการปฏิบัติงาน 24
5.5 การแก้ไขปัญหาในการปฏิบัติงาน 24

บรรณานุกรม 25

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การนิเทศงานสหกิจศึกษา 28
ภาคผนวก ข การสอบโครงงานสหกิจศึกษา 30
ภาคผนวก ค การตรวจสอบการลอกเลียนวรรณกรรมทางวิชาการ
โดยใช้โปรแกรมอักขราวิสุทธิ์ 32

ประวัติผู้จัดทำ 33

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 ลักษณะความผิดปกติโดยวิธี Duval	13
รูปที่ 3.1 ที่ตั้งของสถานประกอบการ	15
รูปที่ 4.1 Duval triangle method	22

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ขีดจำกัดของก๊าซที่ละลายอยู่ในน้ำมันหม้อแปลง (ppm) ตามมาตรฐาน IEEE	7
ตารางที่ 2.2 อัตราส่วนสำคัญของก๊าซแต่ละชนิด	10
ตารางที่ 2.3 การวิเคราะห์เหตุผิดปกติจากค่าอัตราส่วนก๊าซด้วยวิธี Roger's Ratio	10
ตารางที่ 2.4 การวิเคราะห์เหตุผิดปกติจากค่าอัตราส่วนก๊าซด้วยวิธี Doernenburg Ratio Method	11
ตารางที่ 2.5 ขีดจำกัดของก๊าซแต่ละชนิด	11
ตารางที่ 2.6 ตารางแสดงมาตรฐานเหตุผิดปกติจากปริมาณก๊าซสำคัญในน้ำมันหม้อแปลงตามมาตรฐาน IEEE	12
ตารางที่ 2.7 ตารางแสดงค่าความผิดปกติจากอัตราส่วนก๊าซด้วยวิธี IEC	12
ตารางที่ 2.8 การวิเคราะห์ค่าความผิดปกติด้วยวิธี Duval	14
ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	25
ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์น้ำมันหม้อแปลงด้วยวิธี IEC60599-2007	19
ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบ Gas Ratio ด้วยวิธี IEC60599-2007	20
ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์น้ำมันหม้อแปลงโดยวิธี Doernenburg ratio	20
ตารางที่ 4.4 ค่า Gas Ratio โดยวิธี Doernenburg ratio	21
ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงค่าความผิดปกติของน้ำมันหม้อแปลงด้วยวิธีRogers ratio	21
ตารางที่ 4.6 ค่า Gas Ratio โดยวิธี Rogers ratio	21
ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์น้ำมันหม้อแปลงด้วยวิธี Duval triangle	22
ตารางที่ 4.8 สรุปผลการทดสอบปริมาณก๊าซในน้ำมัน	23

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เนื่องจากในปัจจุบัน โรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทยได้มีการขยายอย่างต่อเนื่อง ทั้งในภาครัฐบาล และเอกชน ส่งผลให้การผลิตไฟฟ้า เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่เป็นกำลังหลักให้เกิดกระบวนการผลิตขึ้น ในระบบส่งจ่ายไฟฟ้า หากหม้อแปลงไฟฟ้าเกิดความเสียหายจะส่งผลกระทบอย่างมากทั้งผู้ผลิตและผู้ใช้ไฟฟ้า ปัจจุบันมีวิธีตรวจสอบมากมายเพื่อแจ้งเตือนล่วงหน้าก่อนปัญหาลุกลามใหญ่โต การวิเคราะห์ก๊าซที่เจือปนอยู่ในหม้อแปลง (Dissolve Gas Analysis) เป็นวิธีหนึ่งที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก

คุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันหม้อแปลง จัดเป็นสารประกอบที่มีส่วนผสมของไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) เป็นหลัก และทันทีที่หม้อแปลงเริ่มมีการใช้งาน น้ำมันก็จะเริ่มเสื่อมสภาพลงจากหลายปัจจัย เช่น แรงดันสูงเกิน ความร้อนสูงเกิน และการมีสภาพแวดล้มที่ทำงานไม่ปกติ ซึ่งในกระบวนการเสื่อสภาพของน้ำมันนี้ ปริมาณสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เช่น มีเทน (Methane), อีเทน (Ethane), อะเซนทิลีน (Acetylene) และอื่นๆ จะถูกสร้างขึ้นโดยผสมปนอยู่กับก๊าซจำพวกคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide), คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide) และ ไฮโดรเจน ซึ่งก๊าซเหล่านี้จะอยู่รวมกันภายในถังปิดของหม้อแปลงและอาจเกิดระเบิดได้หากมีก๊าซบางตัวในปริมาณที่สูงเกินไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาวิธีการตรวจวัดน้ำมันหม้อแปลงในโรงงานอุตสาหกรรม

1.2.2 เพื่อเป็นหลักการในการวางแผนการตรวจสอบและแปลผลน้ำมันหม้อแปลง

1.2.3 เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานให้แก่ผู้ที่ต้องการทำไปใช้เพื่อวางแผนในการบำรุงรักษาหม้อแปลง

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ควบคุมการตรวจสอบน้ำมันหม้อแปลง

1.3.2 วิเคราะห์และรายงานผลน้ำมันหม้อแปลงพร้อมบอกวิธีการปรับปรุงแก้ไข

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 วางแผนการตรวจสอบน้ำมันหม้อแปลงได้อย่าถูกต้อง

1.4.2 ป้องกันอันตรายเนื่องมาจากหม้อแปลงที่ขาดการบำรุงรักษา

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

งานบำรุงรักษาในโรงงานอุตสาหกรรม ถือว่าเป็นสิ่งที่สำคัญต่อกระบวนการผลิต ซึ่งช่วยให้กระบวนการผลิตสามารถดำเนินต่อไปได้อย่างราบรื่น และยังเป็นการเสริมประสิทธิภาพและลดต้นทุนการผลิตอีกด้วย ทั้งนี้ งานบำรุงรักษาเป็นงานที่มีรายละเอียดและวัตถุประสงค์ของงานที่แยกออกจากงานอื่นได้อย่างชัดเจน

2.1 หน้าที่ของงานบำรุงรักษา

2.1.1. งานบำรุงรักษาด้านเครื่องกล (Mechanical Maintenance) หมายถึง งานบำรุงรักษาเครื่องจักรกลโดยทั่วไปที่ใช้กันอยู่ภายในโรงงาน

2.1.2. งานบำรุงรักษาด้านไฟฟ้า (Electrical Maintenance) หมายถึง งานบำรุงรักษาเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานไฟฟ้าเช่น มอเตอร์ (Motor) หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) ระบบไฟฟ้าในโรงงาน (Electrical Power system) ลิฟท์ (Elevator) เป็นต้น

2.1.3. งานบำรุงรักษาอุปกรณ์และเครื่องมือวัด หมายถึง งานบำรุงรักษาที่รวมไปถึงอุปกรณ์และเครื่องมือวัดทางด้านไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ และอุปกรณ์ทางเครื่องกล เช่น ไฮดรอลิคส์ (Hydraulic) และ นิวเมตริกส์ (New metric) ตลอดจนเครื่องมือวัดต่างๆ เช่น เครื่องวัดความดัน (Pressure gauge) เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermometer) เป็นต้น

2.1.4. งานบำรุงรักษาอาคารสถานที่

2.1.5. งานด้านสาธารณูปโภค (Utility)

2.2 การป้องกันการบำรุงรักษา (Preventive Maintenance, PM)

การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เป็นหนึ่งในรูปแบบการดูแลสภาพเครื่องจักรและอุปกรณ์ภายในโรงงาน ที่ใช้การตรวจสอบ ซ่อมแซม หรือเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ต่างๆ ตามเวลาที่มีการกำหนดเอาไว้ โดยการวางแผนเปลี่ยนชิ้นส่วนอะไหล่หรือการซ่อมแซมชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องจักรหลังการใช้งานอย่างต่อเนื่องเป็นประจำ เพื่อเป็นการตรวจสอบความเสียหายเบื้องต้นและยืดเวลาการใช้งานของเครื่องจักรให้นานมากยิ่งขึ้น ซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับผู้ประกอบการทั้งหลาย เพราะนอกจากจะช่วยลดปัญหาความขัดข้องระหว่างการผลิตได้อย่างแม่นยำแล้ว ยังทำให้สามารถผลิตสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพอีกเช่นกัน

2.3 ความสำคัญของการทำ Preventive Maintenance

2.3.1. ช่วยลดปัญหาความขัดข้องระหว่างการผลิตได้เป็นอย่างดี เนื่องจากการตรวจสอบอุปกรณ์และเครื่องจักรในชิ้นส่วนต่างๆ ที่อาจเกิดความเสียหาย จะทำให้เราสามารถแก้ไขข้อผิดพลาดในเบื้องต้นได้อย่างทันท่วงที และไม่ก่อให้เกิดปัญหาการผลิตล่าช้า จนทำให้เกิดการค้างสต๊อก หรือการสูญเสียรายได้ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง

2.3.2. ช่วยยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักรให้ยาวนานมากยิ่งขึ้น ด้วยการรักษาชิ้นส่วนต่างๆ และสภาพของเครื่องจักรให้อยู่ในสภาพที่ดี โดยการหมั่นตรวจเช็คอย่างสม่ำเสมอ

2.3.3. ช่วยทำให้เครื่องจักรสามารถสร้างผลผลิตและสินค้าต่างๆ ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังช่วยในการลดค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนเครื่องจักรใหม่ที่เกิดจากปัญหาขาดการบำรุงรักษาได้อีกเช่นกัน

2.3.4. ช่วยลดต้นทุน การใช้งานของอุปกรณ์และเครื่องจักรจนถึงจุดที่เสียแล้วค่อยซ่อม อาจมีค่าใช้จ่ายมากกว่าการบำรุงรักษาตามระยะเวลาถึง 10 เท่า บางครั้งการซ่อมแซมเหล่านั้นสามารถทำได้อย่างรวดเร็วโดยพนักงานภายใน ในบางครั้งองค์กรต้องรอผู้เชี่ยวชาญจากภายนอกเพื่อให้งานสำเร็จลุล่วง บริษัท ที่นำ PM มาใช้ประสบปัญหาการเสียน้อยลงซึ่งแปลว่าได้ผลลัพธ์ที่มากขึ้น ตาม “ การกำหนดมูลค่าของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน”

2.3.5. การใช้พลังงานน้อยลง อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ได้รับการบำรุงรักษาไม่ดี มักใช้พลังงานมากกว่าอุปกรณ์ที่ได้รับการทำ PM อยู่เสมอๆ ซึ่งช่วยให้สามารถแก้ไขปัญหาการใช้พลังงานในปริมาณสูง ส่งผลให้ค่าสาธารณูปโภคน้อยลง ยิ่งธุรกิจของคุณประหยัดพลังงานมากเท่าไหร่ผลกำไรของคุณก็จะสูงขึ้นเท่านั้น

2.4 หม้อแปลง และความสำคัญของหม้อแปลงในโรงงานอุตสาหกรรม

หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่สามารถเปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าจากแรงดันสูงที่ต่ำกว่าตามความต้องใช้งานโดยทั่วไป SPEC หม้อแปลงเป็นเพียงการกำหนดพิกัดของหม้อแปลงแต่ไม่ได้บอกถึงประสิทธิภาพ ของหม้อแปลงได้อย่างถี่ถ้วนจากการวิเคราะห์ความเหมาะสมด้านเศรษฐศาสตร์ของหม้อแปลงไฟฟ้าประหยัดพลังงานพบว่าการสูญเสีย (Loss) ในหม้อแปลงเป็นสิ่งที่พิสูจน์ได้ว่าหม้อแปลงมีประสิทธิภาพอย่างไรและสามารถบอกระยะเวลาคืนทุนได้ และอายุการใช้งานอย่างต่อเนื่อง โดยถ้ามีการนำหม้อแปลงไฟฟ้าประหยัดพลังงานมาใช้จะทำให้องค์กรนั้น ๆ ประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงได้ประมาณ 15-20 เปอร์เซ็นต์ และ ยังยืดอายุการใช้งานของตัวอุปกรณ์ได้อีกเป็นการช่วยลดพลังงานไฟฟ้าให้กับองค์กรและประเทศชาติได้อย่างสูงสุด

2.5 การบำรุงรักษาหม้อแปลง

หม้อแปลงไฟฟ้า เมื่อใช้งานไปก็จะเกิดความร้อนขึ้นทำให้เกิดการสูญเสียขึ้นในหม้อแปลง จึงจำเป็นต้องระบายความร้อนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน การระบายความร้อนจะมีอยู่หลายวิธี เช่น การระบายความร้อนตามธรรมชาติ การระบายความร้อนด้วยน้ำมัน การระบายความร้อนด้วยน้ำมันและการเป่าลม การระบายความร้อนด้วยน้ำมันและน้ำ และการระบายความร้อนด้วยการปั๊มน้ำมัน

1. การระบายความร้อนตามธรรมชาติ คือ การใช้อากาศรอบๆ ช่วยในการระบายความร้อน
2. การระบายความร้อนด้วยน้ำมัน เป็นการระบายความร้อนโดยการแช่ตัวหม้อแปลงอยู่ในน้ำมันที่บรรจุอยู่ในถังหม้อแปลง
3. การระบายความร้อนด้วยน้ำมันและการเป่าลม เป็นการระบายความร้อนโดยการแช่ตัวหม้อแปลงอยู่ในน้ำมันที่บรรจุอยู่ในถังหม้อแปลง และใช้พัดลมเป่าที่ผิวภายนอกถังเป็นการเร่งระบายความร้อน
4. การระบายความร้อนด้วยน้ำมันและน้ำ เป็นการระบายความร้อนโดยการแช่ตัวหม้อแปลงอยู่ในน้ำมันที่บรรจุอยู่ในถังหม้อแปลง และมีท่อน้ำขดเป็นวงรอบหม้อแปลงไฟฟ้าภายในถัง น้ำมันจะเป็นตัวระบายความร้อนแก่หม้อแปลง และน้ำจะเป็นตัวระบายความร้อนแก่น้ำมันอีกครั้งหนึ่ง
5. การระบายความร้อนด้วยการปั๊มน้ำมัน เป็นการระบายความร้อนด้วยการปั๊มน้ำมันโดยการใช้ปั๊มน้ำมันให้ไหลวนเวียนได้เร็วขึ้น

2.5.1 น้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้า

น้ำมันหม้อแปลง มีหน้าที่ 2 ประการคือ

1. เป็นฉนวนไฟฟ้า โดยป้องกันกระแสไฟฟ้ากระโดดจากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่ง ถ้าเทียบกับอากาศแล้ว น้ำมันหม้อแปลงจะทนแรงดันได้สูงกว่าหลายเท่า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำมันหม้อแปลงนั้น ดังนั้นถ้าเราจุ่มตัวนำลงในน้ำมัน ก็จะสามารถวางไว้ใกล้กันได้โดยไม่ลัดวงจร
2. ระบายความร้อน โดยที่น้ำมันเป็นของเหลวจึงสามารถเคลื่อนตัวมาถ่ายเทความร้อนให้แก่อากาศรอบๆ หม้อแปลงได้ดี, ทำให้ขดลวดและแกนเหล็กของหม้อแปลงระบายความร้อนได้ , ทำให้ฉนวนที่พันหุ้มขดลวดทนต่อความร้อนสูงได้ และทำให้ฉนวนไม่ร้อนจัดเกินไปช่วยยืดอายุการใช้งานของหม้อแปลงให้นานขึ้น

น้ำมันที่ใช้ระบายความร้อนหม้อแปลง จะต้องมีคุณลักษณะพิเศษ คือ เป็นฉนวนที่ดี และทำหน้าที่ระบายความร้อนให้แก่ขดลวดและแกนเหล็ก นอกจากนั้นยังต้องทนต่อไฟฟ้าแรงดันสูงได้ และมีอายุการใช้งานยาวนาน คุณสมบัติหม้อแปลงโดยทั่วไปจะต้องมีความหนืดต่ำ จุดวาบไฟสูง จุดติดไฟสูง ความหนาแน่นต่ำ

2.5.2 การบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า

การบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้าเป็นสิ่งสำคัญมาก เพื่อให้คงสภาวะปกติและยังทำให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น ในระบบฉนวนของหม้อแปลงไฟฟ้านั้นมีส่วน ประกอบหลักคือ น้ำมันฉนวน กระดาษฉนวน ซีล ยาง ฉนวนทองแดง โดยวัสดุเหล่านี้จะเสื่อมสภาพ เมื่อมีความชื้นน้ำ เขม่า สิ่งเจือปนอื่นๆ และก๊าซปะปนอยู่ซึ่งอาจ เป็นสาเหตุให้หม้อแปลงเสียหายห ลัดวงจร หรือ ระเบิดได้ ดังนั้นจึงควรทำการตรวจสอบสภาพ และบำรุงรักษาหม้อแปลงอย่างสม่ำเสมอ โดยทั่วไปควรจะบำรุงรักษาหม้อแปลงทุกๆ 6 เดือน เพื่อเป็นการลดค่าความเสียหายอีกทั้งยังทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดจากการใช้งาน

2.6 การวิเคราะห์ก๊าซในน้ำมันหม้อแปลง

ในระบบส่งจ่ายไฟฟ้าในโรงงานผลิต หากหม้อแปลงไฟฟ้าเกิดความเสียหายจะส่งผลกระทบอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ทำให้กระบวนการผลิตหยุดชะงัก และเกิดความเสียหายแก่ผู้ผลิต ปัจจุบันมีวิธีตรวจสอบมากมายเพื่อแจ้งเตือนล่วงหน้าก่อนปัญหาลุกลามใหญ่โต โดยทำการวิเคราะห์ก๊าซที่เจือปนอยู่ในน้ำมันหม้อแปลง (DGA) เป็นวิธีหนึ่งที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก ทั้งนี้ ปัจจุบันมีการตรวจวัดก๊าซอยู่ทั้งหมด 2 วิธี

2.6.1 Total Dissolved Combustible Gas (TDCG)

เป็นการวัดปริมาณก๊าซที่ติดไฟที่เกิดขึ้นในตัวหม้อแปลง คือ มีเทน (Methane, CH_4) อีเทน (Ethane, C_2H_6) เอทิลีน (Ethylene, C_2H_4) อะเซทิลีน (Acetylene, C_2H_2) คาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide, CO) และ ไฮโดรเจน (Hydrogen, H_2) เป็นวิธีที่ใช้กับหม้อแปลงชนิดที่มี Gas Blanket ซึ่งมีช่องว่างเหนือน้ำมัน และไม่สามารถใช้กับหม้อแปลงที่ใช้ Conservator ซึ่งมีน้ำมันเต็มถังได้ ก๊าซที่ได้จะลอยอยู่เหนือน้ำมันโดยมี Gas Blanket ป้องกันไม่ให้ไหลเข้า-ออก ภายนอกได้ โดยจะดูอัตราการเพิ่มขึ้นของ TDCG ร่วมกับแนวโน้มการเกิดขึ้นของก๊าซทั้ง 7 ชนิดเพื่อวิเคราะห์สภาพของก๊าซในหม้อแปลงซึ่งสามารถแบ่งสถานะออกเป็น 4 แบบตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ขีดจำกัดของก๊าซที่ละลายอยู่ในน้ำมันหม้อแปลง (ppm) ตามมาตรฐาน IEEE

สถานะ	Hydrogen (H_2)	Methane (CH_4)	Acetylene (C_2H_2)	Ethylene (C_2H_4)	Ethane (C_2H_6)	Carbon monoxide (CO)	Carbon dioxide (CO_2)	TDCG
Condition 1	< 100	< 120	< 1	< 50	< 65	< 350	< 2,500	<= 720
Condition 2	101-700	121-400	2-9	51-100	66-100	351-570	2,500-4,000	721-1,920
Condition 3	701-1,800	401-1,000	10-35	101-200	101-150	571-1,400	4,001-10,000	1,921-4,630
Condition 4	> 1,800	> 1,000	> 35	> 200	> 150	> 1,400	> 10,000	> 4,630

Condition 1: ค่า TDCG ที่ต่ำกว่าระดับนี้แสดงให้เห็นว่าหม้อแปลงไฟฟ้าอยู่ในสภาพปกติ แต่หากก๊าซตัวใดมีปริมาณสูงกว่าเกณฑ์ควรใช้วิธีอื่นช่วยในการวิเคราะห์ผล

Condition 2: ค่า TDCG ในช่วงนี้แสดงถึงการเผาไหม้สูงกว่าปกติ ควรมีการตรวจสอบเพิ่มเติมและควรนำค่า DGA ไปคำนวณและประเมินก๊าซที่เกิดขึ้นต่อวัน

Condition 3: ค่า TDCG ในช่วงนี้แสดงถึงระดับที่สูงของการสลายตัวของเซลลูโลสฉนวนหรือน้ำมัน ควรนำค่า DGA ไปคำนวณและประเมินก๊าซที่ถูกผลิตขึ้นต่อวันและเริ่มวางแผนปลดการทำงานของหม้อแปลงเพื่อตรวจสอบอย่างละเอียด

Condition 4: ค่า TDCG ที่สูงกว่าระดับนี้แดงถึงระดับการสลายตัวของเซลลูโลสฉนวนหรือน้ำมันมากเกินไป ควรทำการปลดหม้อแปลงออกจากการทำงานเพื่อเข้าบำรุงรักษาทันที

2.6.2 Dissolved Gas Analysis (DGA)

เป็นการนำตัวอย่างน้ำมันมาแยกก๊าซเพื่อหาปริมาณของก๊าซเพื่อหาปริมาณของก๊าซแต่ละชนิด สามารถใช้ได้กับหม้อแปลงที่ใช้น้ำมันเป็นฉนวนทุกประเภท ซึ่งมีข้อดีคือแปลกลับไปสู่ประเภทของปัญหาได้ ข้อเสียคือ วิธีค่อนข้างซับซ้อน

บทบาทของ DGA

1. ตรวจจับความผิดปกติเริ่มแรก (Incipient Fault) ในอุปกรณ์ได้อย่างรวดเร็วถึงแม้ว่าการทดสองทางไฟฟ้า หรือรีเลย์ป้องกันยังไม่สามารถตรวจจับได้
2. สามารถตรวจจับชนิดของ Incipient Fault ได้แม้เป็นเพียงปัญหาเล็กๆ
3. ตรวจสอบได้ง่าย โดยสามารถตรวจได้กับทั้งอุปกรณ์ที่ยังใช้งานอยู่
4. สามารถจัดการวางแผนล่วงหน้ากับอุปกรณ์ได้ อาทิ ลดโหลด วางแผนการตรวจสอบไม่ว่าจะตรวจที่ Site หรือนำกลับมาซ่อมที่โรงงาน และยังใช้ในการวางแผนเพื่อปรึกษากับทางผู้ผลิตได้อีกด้วย

2.7 ก๊าซในหม้อแปลง

เมื่อหม้อแปลงเกิดการทำงาน น้ำมันหม้อแปลง (Mineral Oil) ในระบบเกิดความร้อนส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเป็น Combustible Gas ทั้งนี้อัตราการเกิดจะขึ้นอยู่กับจุด Hot spot ที่น้ำมันล้อมรอบอยู่ โดยเซลลูโลสมีอุณหภูมิจำกัดอยู่ที่ 105°C หากระบบมีอุณหภูมิต่ำกว่านี้ก๊าซในระบบจะเกิดอย่างช้าๆ ก๊าซที่เกิดขึ้นก่อนหม้อแปลงใช้งานประกอบไปด้วย O_2 N_2 CO CO_2 H_2 และกลุ่ม Hydrocarbon โดย ก) O_2 และ N_2 จะเกิดระหว่างกระบวนการกลั่น ไม่สามารถกำจัดออกจากระบบได้หมด ข) CO CO2 H2 และ กลุ่มไฮโดรคาร์บอน (C_1-C_2) จะเกิดระหว่างกระบวนการ Drying และ Impregnating หม้อแปลงในโรงงาน ค) N_2 ที่ใช้ในบรรจุหม้อแปลง มักพบในปริมาณที่สูงในกรณีที่น้ำมันอยู่ในจุดอิ่มตัว (Saturated Oil)

2.8 สภาวะหลักที่ทำให้ก๊าซเกิดความผิดปกติ

สาเหตุการเกิดก๊าซในน้ำมันเป็นเพราะการแตกตัวของพันธะทางเคมีระหว่างอะตอมที่ใช้สร้างเป็นโมเลกุลของไฮโดรคาร์บอนของน้ำมัน สภาวะผิดปกติ หรือ Abnormal Condition แบ่งตามความร้อนของสภาวะผิดปกติได้ 3 กลุ่ม

1. สภาวะโคโรนา (Corona หรือ Partial Discharge) สร้างความร้อนไม่สูงนัก เป็นปัญหาทางไฟฟ้าที่ส่งพลังงานต่ำๆออกมาในน้ำมันโดยพบก๊าซมีเทนและไฮโดรเจนในปริมาณมาก

พอสมควร และยังสามารถพบก๊าซอีเทนและเอทิลีนปะปนอยู่ด้วย ซึ่งหากมีการ Discharge ในกระดาษฉนวน จะพบว่ามีการเพิ่มปริมาณของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และคาร์บอนได้ออกไซด์

2. การเกิดความร้อนสูงเกิน (Overheating) การเผาไหม้หรือการเกิดความร้อนมากกว่าปกติ โดยกลุ่มนี้ปริมาณก๊าซจะเกิดการสะสมไปเรื่อยๆ โดยหากเกิดขึ้นในน้ำมันส่วนเดียวจะพบก๊าซไฮโดรเจน มีเทน อีเทน และเอทิลีน ปริมาณของก๊าซแต่ละชนิดจะขึ้นกับค่าความร้อนจากปัญหานั้นๆ ซึ่งถ้าความร้อนสูงมากๆจะพบก๊าซอะเซทิลีน หากในกรณีที่ความร้อนสูงเกินบริเวณกระดาษฉนวนจะพบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอนมอนอกไซด์ในปริมาณมากเนื่องจากการเสื่อมของกระดาษที่มีโครงสร้างเป็นเซลลูโลส
3. การอาร์ค (Arcing) จัดเป็นปัญหาที่รุนแรงที่สุด เนื่องจากมีความร้อนสูงจากการไหลอย่างต่อเนื่องของค่ากระแสสูงในน้ำมัน ซึ่งจะพบก๊าซไฮโดรเจนและอะเซทิลีนปริมาณมาก

2.9 วิธีแปลผลการทดสอบก๊าซ

การแปลผลของก๊าซสำคัญทั้ง 7 ชนิดที่ได้จากการทำ DGA สามารถบอกถึงสภาพการทำงานของหม้อแปลงได้ว่าอยู่ในสภาวะปกติ หรือ ผิดปกติในลักษณะใด ซึ่งวิธีการแปลผลที่นิยมมีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 6 วิธีคือ

1. IEEE Method
2. Roger's Ratio Method
3. Doernenburg Ratio Method
4. Key Gas Method
5. IEC Method
6. Duval Triangle Method

2.9.1 IEEE Method

การแปลผลตามมาตรฐาน IEEE C57-104 (1991) จะพิจารณาจากค่าผลรวมของก๊าซทั้งหมดที่สามารถติดไฟได้ (Total Dissolve Combustible Gas, TDCG) โดยดูอัตราการเพิ่มขึ้นของ TDCG ได้ตามสมการที่ (2.1)

$$TDGC = H_2 + CH_4 + C_2H_2 + C_2H_4 + C_2H_6 + CO \qquad (2.1)$$

2.9.2 Roger's Ratio Method

วิธีการนี้จะพิจารณาเกณฑ์จากค่าอัตราส่วนของก๊าซแต่ละชนิด โดยค่าอัตราส่วนที่สำคัญซึ่งจะนำไปใช้สำหรับการวิเคราะห์ผลมีอยู่ด้วยกัน 5 ค่าตามตารางที่ 2.2 ซึ่งแสดงในหน่วยส่วนต่อล้าน (ppm) โดยวิธีการนี้จะพิจารณาเฉพาะค่าอัตราส่วนของ R1, R2 และ R5 เท่านั้น โดยมีขีดจำกัดของค่าอัตราส่วนสัมพันธ์ตามลักษณะของความผิดปกติ ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.2 อัตราส่วนสำคัญของก๊าซแต่ละชนิด

Ratio	Gas (ppm)
R1	CH_4/H_2
R2	C_2H_2/C_2H_4
R3	C_2H_2/CH_4
R4	C_2H_6/C_2H_2
R5	C_2H_4/C_2H_6

ตารางที่ 2.3 การวิเคราะห์เหตุผิดปกติจากค่าอัตราส่วนก๊าซด้วยวิธี Roger's Ratio

Case	Fault	R2	R1	R5
0	Unit normal	< 0.1	0.1 – 1.0	< 1.0
1	Low energy density arcing	< 0.1	< 0.1	< 1.0
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

2.9.3 Doernenburg Ratio Method

Doernenburg Ratio Method จะใช้ค่าอัตราส่วนก๊าซจำนวน 4 ค่าคือ R1, R2, R3 และ R4 เพื่อระบุความผิดปกติของหม้อแปลง โดยความผิดปกติแบ่งออกเป็นทั้งหมด 3 ลักษณะ ดังแสดงในตารางที่ 2.4 และพิจารณาร่วมกับขีดจำกัดของปริมาณก๊าซแต่ละชนิดตามตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.4 การวิเคราะห์เหตุผิดปกติจากค่าอัตราส่วนก๊าซด้วยวิธี Doernenburg Ratio Method

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 2.5 ขีดจำกัดของก๊าซแต่ละชนิด

Gas	Limit (ppm)
H_2	100
CH_4	120
C_2H_4	50
C_2H_2	35
C_2H_6	1
CO	350

2.9.4 Key Gas Method

โดยหลักการแล้ว วิธีนี้จะใช้เมื่อหม้อแปลงไม่เคยได้รับการวิเคราะห์ก๊าซแต่ละชนิดมาเป็นเวลานาน โดยยังคงพิจารณาจากค่า TDCG เป็นหลักร่วมกับการเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดของก๊าซบางตัวเพื่อระบุถึงปัญหาที่เกิดขึ้นได้ดังแสดงในตารางที่ 2.6

2.9.5 IEC Method

วิธี IEC Method พิจารณาจากค่าอัตราส่วนก๊าซ 3 จำนวนคือ R1, R2 และ R5 ในหน่วย ppm เพื่อระบุถึงลักษณะความผิดปกติที่เกิดขึ้นในหม้อแปลงซึ่งแบ่งออกเป็นทางไฟฟ้าและอุณหภูมิทั้งหมด 6 ลักษณะ ดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.6 ตารางแสดงมาตรฐานเหตุผิดปกติจากปริมาณก๊าซสำคัญในน้ำมันหม้อแปลงตามมาตรฐาน IEEE

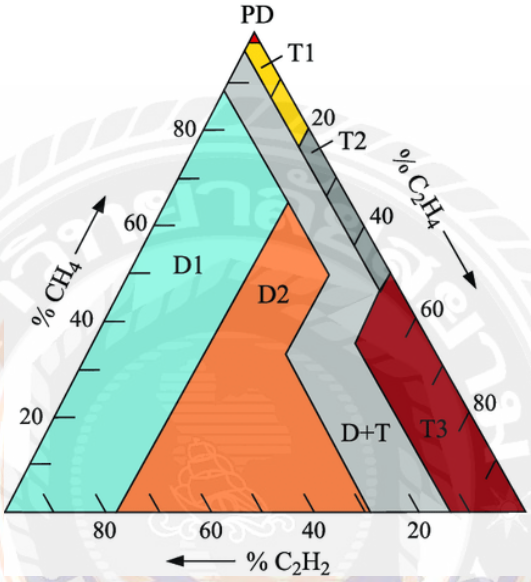
Case	Fault	Principle Gas	CO	H_2	CH_4	C_2H_6	C_2H_4	C_2H_2
1	Overheated oil	C_2H4	-	2%	16%	19%	63%	-
2	Overheated cellulose	CO	92%	-	-	-	-	-
3	Corona in oil	H_2		85%	13%	1%	1%	-
4	Arcing in oil	C_2H_2	-	60%	5%	2%	3%	30%

ตารางที่ 2.7 ตารางแสดงค่าความผิดปกติจากอัตราส่วนก๊าซด้วยวิธี 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

2.9.6 Duval Triangle Method

วิธีการนี้ได้รับการคิดค้นมาจาก Mr. Duval โดยใช้รูปสามเหลี่ยมดังแสดงในรูปภาพที่ 2.1 อธิบายลักษณะความผิดปกติของหม้อแปลงซึ่งแบ่งออกเป็น 7 ลักษณะตามตารางที่ 2.8 โดยวิธีนี้จะพิจารณาจากค่าร้อยละของก๊าซ 3 ชนิด คือ CH_4, C_2H_2 และ C_2H_4 ตามสมการที่ (2.2) ถึง (2.4) เพื่อหาจุดตัดเส้นตรงภายในสามเหลี่ยมว่าอยู่ในบริเวณใดซึ่งจะเป็นการบอกถึงลักษณะความผิดปกติของหม้อแปลง



รูปที่ 2.1 ลักษณะความผิดปกติโดยวิธี Duval

$$\%CH_4 = \left(\frac{CH_4}{CH_4+C_2H_2+C_2H_4}\right) x100 \qquad 2.2$$

$$\%C_2H_2 = \left(\frac{C_2H_2}{CH_4+C_2H_2+C_2H_4}\right) x100 \qquad 2.3$$

$$\%C_2H_4 = \left(\frac{C_2H_4}{CH_4+C_2H_2+C_2H_4}\right) x100 \qquad 2.4$$

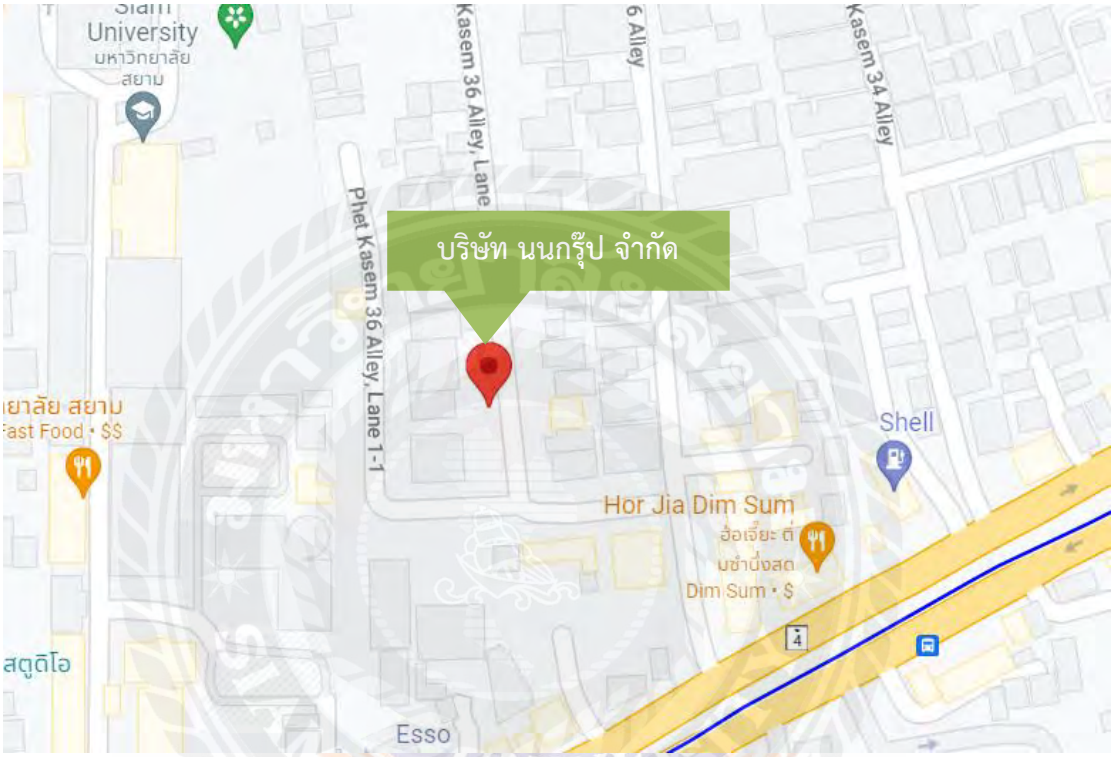
ตารางที่ 2.8 การวิเคราะห์ค่าความผิดปกติด้วยวิธี Duval

Case	Fault	CH_4	C_2H_2	C_2H_4
PD	Partial discharge	98%	-	-
D1	Low energy discharge	-	> 13%	< 23%
D2	High energy discharge	-	13% - 29%	23% - 38%
			> 29%	> 23%
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	-		

บทที่ 3
รายละเอียดการปฏิบัติงาน

3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ

ฝ่ายวิศวกรตรวจสอบและควบคุม ตั้งอยู่ที่ บริษัท นนกรุ๊ป จำกัด เลขที่ 13 ซอยเพชรเกษม 36 แยก 1 ถนนเพชรเกษม แขวงบางจาก เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร 10160



รูปที่ 3.1 ที่ตั้งของสถานประกอบการ

3.2 ลักษณะการประกอบการและการให้บริการหลักขององค์กร

บริษัท นนกรุ๊ป จำกัด ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2536 โดยเริ่มจากรับออกแบบติดตั้งงานระบบไฟฟ้า ประปา งานปรับปรุงระบบอาคารสูง /อาคารโรงงานอุตสาหกรรม และปรับปรุงระบบไฟฟ้าอาคารโรงงานหลังน้ำท่วม ติดตั้งหม้อแปลง ระบบบำบัดน้ำเสีย กว่า 23 ปี ที่ผ่านมาทางบริษัทฯ ได้มีการพัฒนาองค์ความรู้ รวมทั้งสั่งสมประสบการณ์และความสามารถด้านการออกแบบและการติดตั้ง รวมทั้งมีการนำเอาเทคโนโลยีใหม่ๆเข้ามาช่วยเพื่อให้สามารถรองรับ กฎหมายและ พรบ. ต่างๆ (พรบ. ควบคุมอาคารฯ พรบ.โรงงานฯ พรบ.การนิคมฯ) เพื่อความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินของผู้ใช้งาน/ผู้อยู่อาศัย โดยทางบริษัทฯ มีทีมงานวิศกรผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขา เช่น วิศวกรโยธา, วิศวกรไฟฟ้า, วิศวกรเครื่องกล,วิศวกรอุตสาหการ, วิศวกรสิ่งแวดล้อม และ วิศวกรเคมี

3.2.1 บริการด้านระบบไฟฟ้า (Electrical System)

ปรึกษา ออกแบบ ติดตั้ง และ ปรับปรุง ระบบไฟฟ้า เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator), ระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar cells), ระบบดาต้าเซนเตอร์ (Data Center), ระบบไฟฟ้าในโรงพยาบาล, ในอาคาร, โรงงาน, ห้างสรรพสินค้า ฯลฯ โดยวุฒิวิศวกรไฟฟ้า

3.2.2 บริการตรวจสอบรับรอง ระบบไฟฟ้า ตามกฎกระทรวง

1. ตรวจสอบระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคาร/โรงงานอุตสาหกรรมตาม กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับไฟฟ้า ของกระทรวงแรงงาน รับรองโดยวุฒิวิศวกร/สามัญวิศวกร
2. ตรวจสอบระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม ของกระทรวงอุตสาหกรรม รับรองโดยวุฒิวิศวกร/สามัญวิศวกร
3. มาตรฐานอ้างอิงที่ใช้ในการตรวจสอบ, สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, การไฟฟ้านครหลวง, การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, National Fire Protection Association , OSHA Standards 29 CFR 1910, EIT Standard 022011-14

3.2.3 ตรวจสอบรับรองจัดการพลังงาน (Energy Auditor)

1. ตรวจสอบรับรองการจัดการพลังงาน ตามพ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535
2. เสนอข้อคิดเห็นการปรับปรุงวิธีการจัดการพลังงาน ตามข้อกำหนดของ พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535
3. จัดทำรายงานผลการตรวจสอบและรับรองตามข้อกำหนดของพ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535

4.ตรวจสอบรับรองโดยผู้ชำนาญการจัดการพลังงาน (วุฒิวิศวกรไฟฟ้า), ผู้ช่วยผู้ชำนาญการจัดการพลังงาน

3.3 ตำแหน่งและลักษณะงานที่นักศึกษาได้รับมอบหมาย

3.3.1 ตำแหน่งที่นักศึกษาได้รับมอบหมาย

นางสาวมนปพร ชัยวาณิชยา วิศวกรไฟฟ้า

3.3.2 ลักษณะงานที่นักศึกษาได้รับมอบหมาย

นางสาวมนปพร ชัยวาณิชยา ได้รับมอบหมายให้ฝึกงานในตำแหน่งวิศวกรไฟฟ้า โดยมีหน้าที่หลักคือการเป็นผู้ช่วยวิศวกรตรวจสอบระบบไฟฟ้า และหม้อแปลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือ ระบบการ

ตรวจสอบ และวางแผนในการบำรุงรักษาหม้อแปลง ในส่วนของการตรวจสอบน้ำมันหม้อแปลง เพื่อให้ทราบถึงคุณภาพ และประสิทธิภาพของหม้อแปลง โดยต้องทำการควบคุมการเก็บ ส่งตรวจ และรายงานผลให้แก่ลูกค้าเป็นลายลักษณ์อักษร

3.4 ชื่อและตำแหน่งงานของพนักงานที่ปรึกษา

3.4.1 ชื่อพนักงานที่ปรึกษา นายธนปพน ชัยวาณิชยา

3.4.2 ตำแหน่งพนักงาน วิศวกรไฟฟ้า (วุฒิวิศวกร)

3.5 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน

3.5.1 ระยะเวลาในการดำเนินงานตั้งแต่วันที่ 22 สิงหาคม ถึงวันที่ 9 ธันวาคม พ.ศ. 2565

3.5.2 วันเวลาในการปฏิบัติสหกิจศึกษา เวลา 09:30 – 17:30 น.

3.6 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน

1. กำหนดหัวข้อการทำโครงงาน ขออนุมัติโครงงานและวางแผนการดำเนินงาน
2. ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
3. ทำการติดต่อบริษัทเพื่อนัดวันเข้าตรวจน้ำมันหม้อแปลง
4. ดำเนินการตรวจสอบน้ำมันหม้อแปลงด้วยวิธีการ DGA
5. รับรายงานผลการตรวจสอบน้ำมันหม้อแปลงและทำการสรุปผลตรวจสอบ
6. รายงานผลและ สรุปผลการดำเนินการ

ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	**ส.ค. 2565**	**ก.ย. 2565**	**ต.ค. 2565**	**พ.ย. 2565**	**ธ.ค. 2565**
กำหนดหัวข้อการทำโครงงาน ขออนุมัติโครงงานและวางแผนการดำเนินงาน					
ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง					
ทำการติดต่อบริษัทเพื่อนัดวันเข้าตรวจน้ำมันหม้อแปลง					
ดำเนินการตรวจสอบน้ำมันหม้อแปลงด้วยวิธีการ DGA					

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ส.ค. 2565	ก.ย. 2565	ต.ค. 2565	พ.ย. 2565	ธ.ค. 2565
รับรายงานผลการตรวจสอบน้ำมันหม้อแปลงและทำการสรุปผลตรวจสอบ					
รายงานผลและ สรุปผลการดำเนินการ					

3.7 อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้

3.7.1 คอมพิวเตอร์

3.7.2 Thermometer

3.7.3 แก้วสแตนเลส

3.7.4 ขวดสุญญากาศ

บทที่ 4
ผลการปฏิบัติงานตามโครงงาน

จากการทดสอบน้ำมันหม้อแปลงด้วยวิธี DGA ทั้งหมด 3 ลูก (TR1, TR2 และ TR3) ผลการทดสอบมีดังนี้

4.1 ผลการทดสอบด้วยวิธีมาตรฐานตามหลัก IEC60599-2007

ค่าการวิเคราะห์ของหม้อแปลง TR1 แสดงให้เห็นว่าอยู่ในสภาวะปกติพร้อมใช้งานในขณะที่เมื่อพิจารณาตารางที่ 4.1 พบว่า หม้อแปลงเบอร์ TR2 มีค่า CO สูงกว่าปกติในขณะที่เมื่อทำการพิจารณาควบคู่ไปกับค่า Gas Ratio (ตารางที่ 4.2) สามารสรุปได้ว่า จากวิธี IEC60599-2007 หม้อแปลงยังอยู่ในสภาวะปกติ แต่เริ่มตรวจพบการเสื่อมคุณภาพของกระดาษฉนวน

สำหรับหม้อแปลง TR3 พบค่าที่สูงกว่าเกณฑ์ทั้งหมด 2 ค่าคือก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซอีเทน โดยมีค่าอยู่ที่ 425 ppm และ 870 ppm ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าค่าปกติอยู่มาก แต่อย่างไรก็ตามเมื่อทำการวิเคราะห์ด้วย Gas Ratio เพื่อพิจารณาคุณภาพหม้อแปลงและกระดาษฉนวน พบว่ายังอยู่ในสภาวะปกติ หากแต่พบการเสื่อมของกระดาษฉนวนเท่านั้น

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์น้ำมันหม้อแปลงด้วยวิธี IEC60599-2007

Key Gas	Limit (ppm)		Gas Result (ppm)		
	min	max	TR1	TR2	TR3
Hydrogen (H_2)	50	150	32	39	425
Methane (CH_4)	30	130	8	13	26
Carbon Monoxide (CO)	400	600	461	1,461	165
Acetylene (C_2H_2)	2	20	0	0	0
Ethylene (C_2H_4)	60	280	2	3	33
Ethane (C_2H_6)	20	90	6	5	870

ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบ Gas Ratio ด้วยวิธี IEC60599-2007

Gas Ratio	TR1	TR2	TR3
C_2H_2/C_2H_4	-	-	-
CH_4/H_2	-	-	-
C_2H_4/C_2H_6	-	-	-
CO_2/CO	10.97	5.46	9.06
O_2/N_2	0.2	0.2	0.1

จากตารางที่ 4.3 พบว่าค่าการวิเคราะห์ก๊าซในน้ำมันหม้อแปลงของหม้อแปลง TR1 อยู่ในสภาวะปกติ ในขณะที่ค่า CO ของหม้อแปลง TR2 มีค่าสูงกว่าขีดจำกัด หรือมากกว่า 700 ppm และหม้อแปลง TR3 มีค่า H_2 และค่า C_2H_6 สูงกว่าค่ามาตรฐาน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า พบความผิดปกติของคุณภาพน้ำมันหม้อแปลง

อย่างไรก็ตาม เมื่อทำการพิจารณา Gas Ratio พบว่า หม้อแปลงทั้งสามตัว ยังคงอยู่ในสภาวะปกติ หาเพียงแต่เริ่มมีการเลื่อมของกระดาษฉนวนในหม้อแปลงซึ่งต้องทำการดูแลบำรุงรักษาต่อไป

4.2 ผลการทดสอบด้วยวิธีมาตรฐานตามหลัก Doernenburg ratio

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์น้ำมันหม้อแปลงโดยวิธี Doernenburg ratio

Key Gas	Limit (ppm)		Gas Result (ppm)		
	Min	Max	TR1	TR2	TR3
Hydrogen (H_2)	100	200	32	39	425
Methane (CH_4)	120	240	8	13	26
Carbon Monoxide (CO)	350	700	461	1,461	165
Acetylene (C_2H_2)	1	2	0	0	0
Ethylene (C_2H_4)	50	100	2	3	33
Ethane (C_2H_6)	65	130	6	5	870

ตารางที่ 4.4 ค่า Gas Ratio โดยวิธี Doernenburg ratio

Gas Ratio	**TR1**	**TR2**	**TR3**
R1 = CH_4/H_2	0	0	0
R2 = C_2H_2/C_2H_4	0	0	0
R3 = C_2H_2/CH_4	0	0	0
R4 = C_2H_6/C_2H_2	0	0	0

4.3 ผลการทดสอบด้วยวิธีมาตรฐานตามหลัก Roger ratio

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการวิเคราะห์หม้อแปลง TR1 TR2 และ TR3 ด้วยวิธี Roger ratio โดยผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า CO ของ หม้อแปลงเบอร์ TR2 มีค่าเท่ากับ 1,461 ppm ซึ่งมีค่าสูงกว่ามาตรฐาน (CO min = 350 ppm and CO max = 700 ppm) โดยต้องทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีอื่นๆ เพื่อประกาบการพิจารณา ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาค่าน้ำมันหม้อแปลง TR3 พบว่ามีค่า Hydrogen และ Ethane สูงกว่าค่ามาตรฐานคือมีค่าเท่ากับ 425 ppm และ 870 ppm ตามลำดับ และเมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี Gas ratio พบว่าไม่พบค่าความผิดปกติ

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงค่าความผิดปกติของน้ำมันหม้อแปลงด้วยวิธี Rogers ratio

Key Gas	Limit (ppm)		Gas Result (ppm)		
	Min	Max	TR1	TR2	TR3
Hydrogen (H_2)	100	200	32	39	425
Methane (CH_4)	120	240	8	13	26
Carbon Monoxide (CO)	350	700	461	1,461	165
Acetylene (C_2H_2)	1	2	0	0	0
Ethylene (C_2H_4)	50	100	2	3	33
Ethane (C_2H_6)	65	130	6	5	870

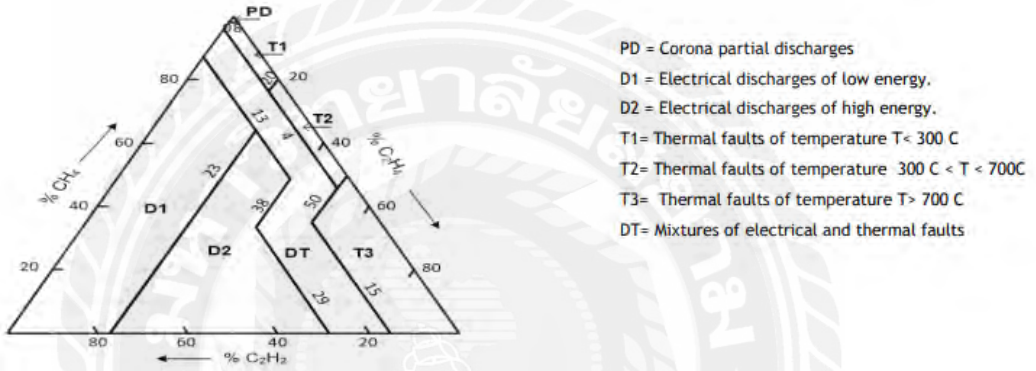
ตารางที่ 4.6 ค่า Gas Ratio โดยวิธี Rogers ratio

Gas Ratio	TR1	TR2	TR3
R1 = CH_4/H_2	0	0	0
R2 = C_2H_2/C_2H_4	0	0	0
R5 = C_2H_4/C_2H_6	0	0	0

4.4 ผลการทดสอบด้วยวิธีมาตรฐานตามหลัก Duval triangle

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์น้ำมันหม้อแปลงด้วยวิธี Duval triangle

Key Gas	Limit (ppm)		Gas Result (ppm)		
	Min	Max	TR1	TR2	TR3
Methane (CH_4)	120	240	8	13	26
Ethylene (C_2H_4)	50	100	2	3	33
Acetylene (C_2H_2)	1	2	0	0	0
Total Gas			10	16	59



รูปที่ 4.1 Duval triangle method

ตารางที่ 4.7 เป็นการแสดงผลการทดสอบน้ำมันหม้อแปลงด้วยวิธี Duval triangle โดยผลการทดสอบพบว่าค่า TR1 TR2 และ TR3 อยู่ในสภาวะปกติซึ่งสามารถกล่าวได้ว่าการทดสอบด้วยวิธี Duval triangle แสดงว่าหม้อแปลงทั้งสามลูกยังมีคุณภาพดี

ดังนั้น กล่าวโดยสรุปได้ว่า ผลการทดสอบน้ำมันสำหรับหม้อแปลงเบอร์ TR1 พบว่า อยู่ในเกณฑ์ Condition 1 หรือ อุปกรณ์อยู่ในสภาวะปกติ Insulating oil และ Insulating paper อยู่ในสภาวะปกติ ทั้งนี้ ยังคงแนะนำให้ทำการตรวจน้ำมันหม้อแปลงเพื่อวัดประสิทธิภาพหม้อแปลงอย่างสม่ำเสมอ

ผลการตรวจสอบหม้อแปลงเบอร์ TR2 พบว่าเข้า Condition 2 หรือ ควรทำการตรวจสอบและพิจารณาก๊าซในน้ำมันแยกกัน ทั้งนี้พบว่าค่า CO_2 และ CO มีค่าความผิดปกติ โดยมีค่าสูงเกินค่ามาตรฐานที่กระดาษฉนวน นอกจากนี้ยังตรวจพบอีกว่า เริ่มมีการเสื่อมของกระดาษฉนวนในหม้อแปลงซึ่งเป็นเหตุให้หม้อแปลงเริ่มมีประสิทธิภาพลดลงดังแสดงในตารางที่ 4.8

สำหรับหม้อแปลงเบอร์ TR3 พบว่าอยู่ในเกณฑ์ Condition 2 เนื่องจากมีค่า Ethane สูงเกินค่ามาตรฐาน หรืออยู่ที่ 870 ppm (ค่ามาตรฐานในสถาวะปกติควร < 90 ppm) นอกจากนี้ยังตรวจสอบการเสื่อมของกระดาษฉนวนในหม้อแปลง TR3 อีกด้วย

ตารางที่ 4.8 สรุปผลการทดสอบปริมาณก๊าซในน้ำมัน

Component Gas (ppm)	**TR1**	**TR2**	**TR3**
Hydrogen (H_2)	32	39	425
Oxygen (O_2)	20,525	14,197	3,021
Nitrogen (N_2)	98,181	81,686	38,178
Carbon Monoxide (CO)	461	1,461	165
Carbon Dioxide (CO_2)	5,057	7,982	1,492
Methane (CH_4)	8	13	26
Ethane (C_2H_6)	6	5	870
Ethylene (C_2H_4)	2	3	33
Acetylene (C_2H_2)	0	0	0
Propane (C_3H_8)	4	49	125
Propylene (C_3H_6)	0	29	43
Total Dissolved Combustible Gas (TDCG)	509	1521	1,518
Total Gas	124,275	105,464	44,377
TDCG Rate (ppm/day)	-0.001	0.000	N/A

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการปฏิบัติงาน

การฝึกงานในตำแหน่งวิศวกรไฟฟ้า บริษัทนนกรุ๊ป จำกัด ตั้งแต่วันที่ 22 สิงหาคม พ.ศ.2565 ถึงวันที่ 9 ธันวาคม พ.ศ. 2565 ส่งเสริมทักษะทางด้านการติดต่อสื่อสาร ประสานงาน คิด วิเคราะห์ และทำงานเป็นระบบ ทำให้ช่วยพัฒนาศักยภาพรอบด้าน และยังส่งผลให้สามารถเข้าใจหลักการในการตรวจสอบน้ำหม้อแปลงตามโรงงานต่างๆ ซึ่งช่วยให้ผู้จัด มีความรู้และความเชี่ยวชาญในสานงานวิศวกรไฟฟ้าไปอีกขั้น

5.2 ประโยชน์ด้านสังคม

เนื่องจากการฝึกงานกับทางบริษัท นนกรุ๊ป จำกัด ทำให้ได้ติดต่อประสานงานกับทั้งหลายๆ ฝ่าย ทำให้เข้าในการทำงานเป็นทีม การบริหารบุคคล และการประสานงานอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งทักษาะเหล่านี้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องและไม่ทำให้ผู้อื่นเดือดร้อน อีกทั้ง ยังช่วยให้สามารถแก้ปัญหาเฉพาะหน้าได้อย่างดี

5.3 ประโยชน์ด้านการทำงาน

5.3.1 ได้ประสบการณ์จริงในการทำงานโรงงาน รวมถึงการเรียนรู้เพื่อแก้ไขปัญหา

5.3.2 ได้เรียนรู้วิธีการวางแผนการทำงาน เพื่อให้การทำงานทั้งกับลูกค้า และภายในองค์กรมีความราบรื่น

5.3.3 ได้เรียนรู้วิธีการทำงานอย่างเป็นระบบ และเข้าใจถึงผลดี และผลเสียในการตัดสินใจ

5.4 ปัญหาในการปฏิบัติงาน

เนื่องจากการตรวจสอบระบบไฟฟ้าในโรงงาน หรือ หม้อแปลง ต้องมีการตัดไฟในระบบซึ่งส่งผลในกระบวนการผลิตในโรงงานของลูกค้าหยุกชะงัก ดังนั้น หากไม่ได้ทำการวางแผนในการติดต่อเพื่อทำการเก็บตัวอย่าง อย่างถี่ถ้วน อาจส่งผลให้เกิดความเสียหายทั้งทางทรัพย์สินได้

5.5 การแก้ไขปัญหาในการปฏิบัติงาน

5.5.1 วางแผนการเข้าทำงานล่วงหน้าอย่างน้อย 2 สัปดาห์

5.5.2 ทำการติดต่อประสานงานกับผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่าย

5.5.3 ทำเอกสารแจ้งระบุวัน เวลาในการเข้าทำงาน พร้อมทั้งมีการแจ้งเป็นลายลักษณ์อักษร

บรรณานุกรม

จิตติมา ณรงค์ และคณะ. (2561). การวิเคราะห์ก๊าซในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อการวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกัน. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ครั้งที่ 13 ประจำปี 2561*. มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

จีรศักดิ์ บุญโชติ และคณะ. (2554). การวิเคราะห์ก๊าซน้ำมันหม้อแปลงเพื่อตรวจสอบดิซชาร์ตในหม้อแปลงกำลัง. ใน *การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 34*. มหาวิทยาลัยสยาม.

Muhamad et al. (2013). *Dissolved Gas Analysis (DGA) of partial discharge fault in bio-degradable Transformer Insulation Oil*. (This work was supported in part by the University Teknologi, Malaysia). University Teknologi, Malaysia.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การนิเทศงานสหกิจศึกษา

ชื่ออาจารย์นิเทศสหกิจศึกษา

1.ผศ. ดร. ยงยุทธ นาราษฎร์

2.ผศ. วิภาวัลย์ นาคทรัพย์

3.ผศ. พกิจ สุวัตถิ์

นักศึกษาสหกิจศึกษา

ชื่อ-นามสกุล มนปพร ชัยวาณิชยา รหัสนักศึกษา 6324220002

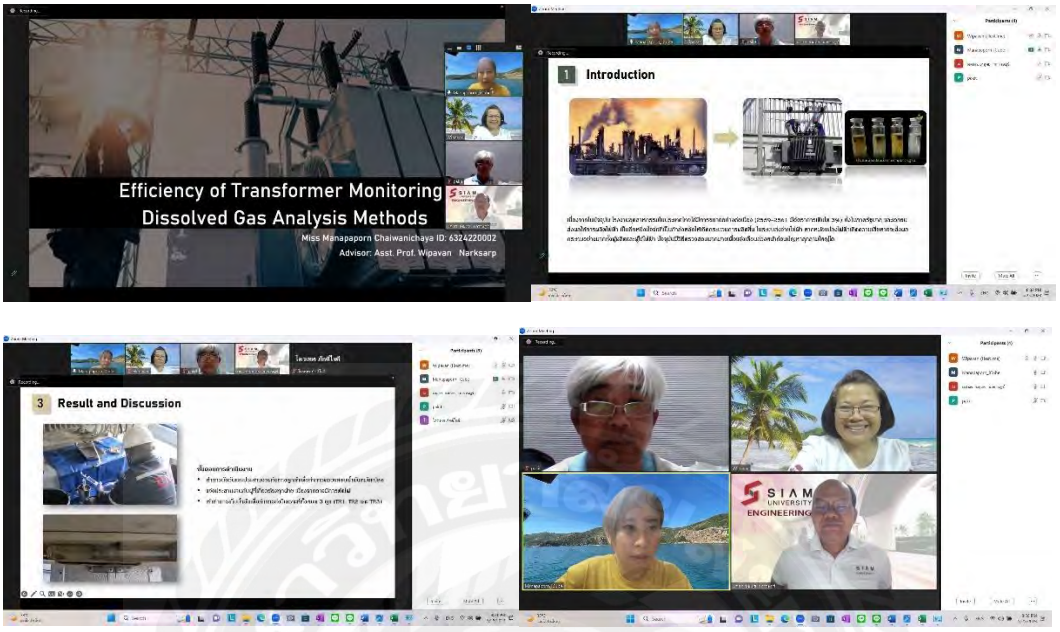
นิเทศงานสหกิจศึกษา ผ่าน program Zoom เนื่องจากสถานการณ์ Covid 19

รูปที่ 1 การนิเทศงานผ่านโปรแกรม Zoom

ภาคผนวก ข

การสอบโครงงานสหกิจศึกษา

การสอบโครงงานสหกิจศึกษา สอบวันที่ 25 พฤษภาคม 2566 ผ่านช่องทาง Zoom



รูปที่ 2 การสอบโครงงานสหกิจศึกษา

ภาคผนวก ค

การตรวจสอบการลอกเลียนวรรณกรรมทางวิชาการโดยใช้โปรแกรมอักขราวิสุทธิ์

Plagiarism Checking Report

Created on Jun 9, 2023 at 11:01 AM

Print Report | View Full Document

Submission Information

ID	SUBMISSION DATE	SUBMITTED BY	ORGANIZATION	FILENAME	STATUS	SIMILARITY INDEX
3209955	Jun 9, 2023 at 11:01 AM	manapaporn.cha@siam.edu	มหาวิทยาลัยสยาม	6324220002_Final Report.pdf	Completed	2.13 %

รูปที่ 3 ผลการตรวจสอบ Plagiarism

ประวัติผู้จัดทำ

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวมนปพร ชัยวาณิชยา
รหัสนักศึกษา	6324220002
เกิด	28 พฤศจิกายน 2537
ที่อยู่	13 ซอยเพชรเกษม 36 แยก 1 ถนนเพชรเกษม แขวงบางจาก เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร 10160
โทรศัพท์	092-625-5619
E-mail	manapaporn.c@gmail.com
ประวัติการศึกษา	
มัธยมต้น	โรงเรียนซางตาครูสคอนแวนท์
มัธยมปลาย	โรงเรียนมัธยมสาธิตมหาวิทยาลัยราช-ภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
ปริญญาตรี	วิศวกรรมเคมี (วศ.บ.) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (หลักสูตร นานาชาติ)
ปริญญาโท	วิศวกรรมอาหาร (วศ.บ.) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (หลักสูตร ทักษะวิศวกรรมอาหาร)
ปริญญาตรี	วิศวกรรมไฟฟ้า (วศ.บ.) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม