การบำรุงรักษาเชิงรุกสำหรับระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงในท่าเรือและคลังปิโตรเคมี

นายณภัทร บรรจงกิจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

PROACTIVE MAINTENANCE FOR FIRE PUMP SYSTEM IN PETROCHEMICAL JETTY AND TERMINAL

Mr. Napat Banjongkit

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2019

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การบำรุงรักษาเชิงรุกสำหรับระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงในท่าเรือและคลังปิโตรเคมี
โดย	นายณภัทร บรรจงกิจ
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.จิตรา รู้กิจการพานิช

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

---------- คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

---------- ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา)

---------- อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.จิตรา รู้กิจการพานิช)

---------- กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ณัฏฐ์ ลีละวัฒน์)

---------- กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์สมชาย พวงเพิกศึก)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ณภัทร บรรจงกิจ : การบำรุงรักษาเชิงรุกสำหรับระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงในท่าเรือและคลังปิโตรเคมี . (PROACTIVE MAINTENANCE FOR FIRE PUMP SYSTEM IN PETROCHEMICAL JETTY AND TERMINAL) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. ดร.จิตรา รู้กิจการพานิช

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการตรวจพบความผิดปกติของระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงในท่าเทียบเรือและบริเวณถังเก็บปิโตรเคมีเหลว จากการวิเคราะห์หาสาเหตุพบว่าแผนการบำรุงรักษาที่มีอยู่เดิมนั้นยังขาดการตรวจพบความผิดปกติล่วงหน้าจึงส่งผลให้เกิดการขัดข้องของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงในขณะฝึกซ้อมแผนฉุกเฉินรวม 18 ครั้งภายในระยะเวลาหนึ่งปี มีค่าความพร้อมใช้งานของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงเพียง 65.4% ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้สร้างแผนการบำรุงรักษาขึ้นใหม่ที่สามารถตรวจความผิดปกติและป้องกันการขัดข้องของเครื่องจักร โดยมีขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยมีดังนี้ 1) รวบรวมข้อมูลจำนวนครั้งและประวัติอาการขัดข้องเพื่อนำมาวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นต่อไป 2) วิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบตามรูปแบบความเสียหายแยกตามประเภทของเครื่องจักร ประกอบไปด้วย มอเตอร์ไฟฟ้า เครื่องยนต์ดีเซล เครื่องสูบน้ำ 3) คัดเลือกวิธีการตรวจพบความผิดปกติที่เหมาะสมกับเครื่องมือ เทคโนโลยีและความรู้ความสามารถของพนักงานที่องค์กรมีอยู่ 4) กำหนดระยะเวลาที่เหมาะสมที่จะใช้ในการบำรุงรักษาเครื่องจักร 5) ปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำดับเพลิง 6) ดำเนินการตามแผนการบำรุงรักษาต่าง ๆ และทำการประเมินผล ผลการดำเนินงานพบว่าสามารถตรวจจับอาการผิดปกติของระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงได้ก่อนที่จะเกิดการขัดข้อง ส่งผลให้ระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงมีความพร้อมใช้งานหนึ่งร้อยเปอร์เซ็นต์และจำนวนชั่วโมงในการบำรุงรักษาลดลง 18 เปอร์เซ็นต์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2562 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

5970922321 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORD: fire pump system, petrochemical jetty and terminal, maintenance plan

Napat Banjongkit : PROACTIVE MAINTENANCE FOR FIRE PUMP SYSTEM IN PETROCHEMICAL JETTY AND TERMINAL. Advisor: Assoc. Prof. Jittra Rukijkanpanich, Ph.D.

The objective of this research was to improve the efficiency of abnormal fire pump detection in the petrochemical jetty and terminal. From the analysis, it was found that the existing maintenance plan still lacked the detection of faults in advance. Then there were 18 times of failures of the fire pump system in emergency drills within one year. These failures affected in the availability of the fire pumps being reduced to 65.4%. Therefore, this research aimed to improve the maintenance plan by adding methods for detecting abnormalities of the fire pump system. The research procedures were as follows: 1) gathering both the number of breakdowns and maintenance history for further analysis of problems, 2) analyzing the failures and the effects of the fire pump system which consists of electric motors, diesel engines, and pumps, 3) selecting methods for detecting faults that were appropriate for the existing tool, technology, and knowledge of staff, 4) setting appropriate schedule for maintenance activities, 5) improving the maintenance plan for the fire pump system, 6) implementing the maintenance plan and evaluating the research. The results showed that the abnormalities of the fire pump system could be detected before failure. The availability increased to one hundred percent and the maintenance working hour decreases 18%.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study: Industrial Engineering Student's Signature .....

Academic Year: 2019 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยกราบขอขอบพระคุณ อาจารย์จิตรา รู้กิจการพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ให้ความรู้ ให้คำปรึกษา และชี้แนะแนวทางการดำเนินงาน รวมถึงแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานวิจัย ตลอดจนคณาจารย์ที่ร่วมเป็นประธานกรรมการและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ซึ่งประกอบไปด้วย ศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา (ประธานกรรมการ) ดร.ณัฏฐ์ ลีละวัฒน์ (กรรมการ) และรองศาสตราจารย์สมชาย พวงเพิกศึก (กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ) ที่ได้ให้คำชี้แนะต่างๆ เพื่อให้งานวิจัยออกมาอย่างถูกต้องสมบรูณ์ จึงขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณเพื่อนและพี่ ทุกคนในโรงงานกรณีศึกษาที่ให้ความร่วมมือและช่วยเหลือด้านข้อมูลที่มีประโยชน์ในการทำวิจัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องขอขอบพระคุณ กรรมการ ผู้จัดการของโรงงานกรณีศึกษาที่อนุญาตให้ทำงานวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ได้สนับสนุนและให้กำลังใจต่ออุปสรรคต่างๆที่เจอในการศึกษามาโดยตลอด และขอขอบพระคุณทุกท่าน ที่มิได้กล่าวนามถึง ที่ให้ความร่วมมือและให้กำลังใจจนทำให้งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์

ณภัทร บรรจงกิจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญรูป ..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ 9
1.3 ขอบเขตในการดำเนินงาน 9
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 9
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 10
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11
2.1 การบำรุงรักษา (maintenance) 11
2.2 มาตรฐานความปลอดภัยของสมาคมป้องกันอัคคีภัยแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (NFPA) 20
2.3 เครื่องสูบ (pump) 23
2.4 การวิเคราะห์ต้นไม้แห่งความล้มเหลว (fault tree analysis) 25
2.5 การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ (failure mode and effect analysis) 29
2.6 ทฤษฎีการวิเคราะห์ ทำไม-ทำไม (Why-Why Analysis) 30
2.7 ดัชนีวัดผลในงานบำรุงรักษา 31
2.8 ระยะเวลาเฉลี่ยก่อนการขัดข้องของเครื่องจักร (Mean Time Between Failure: MTBF) 32

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 34
3.1 จัดตั้งทีมและกำหนดเป้าหมายในการทำงาน 34
3.2 ศึกษาและเก็บข้อมูลของเครื่องสูบน้ำดับเพลิง 38
3.3. วิเคราะห์ปัญหา 45
3.4 ปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำดับเพลิง 48
3.5 ดำเนินการแก้ปัญหา 58
3.6 การวัดผลและการปรับปรุง 58
3.7 สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะ 59
บทที่ 4 การศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการพัฒนาระบบบำรุงรักษาเชิงรุก 60
4.1 ข้อมูลทั่วไปของระบบดับเพลิงของโรงงานและหน่วยงานบำรุงรักษา 60
4.2 ระบบการบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำดับเพลิงของโรงงานในปัจจุบัน 64
4.3 แนวทางในการพัฒนาการบำรุงรักษาระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง 67
บทที่ 5 การพัฒนาระบบงานบำรุงรักษาและการนำไปใช้ 69
5.1 เลือกลำดับความเสียหายและวิธีในการตรวจพบความผิดปกติ 69
5.2 สร้างแผนการตรวจพบความผิดปกติของเครื่องจักร 76
5.3 ปรับปรุงใบรายการตรวจสอบเครื่องจักร 80
5.4 พัฒนาความรู้ความสามารถของพนักงานผู้ปฏิบัติงาน 92
บทที่ 6 การวัดผลการปรับปรุง 94
6.1 จำนวนครั้งการขัดข้อง 94
6.2 ความพร้อมใช้งาน (availability) 95
บทที่ 7 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 104
7.1 สรุปผลการดำเนินการบำรุงรักษาเชิงรุก 104
7.2 ข้อเสนอแนะ 111
7.3 ข้อจำกัดของงานวิจัย 112

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม 113

ประวัติผู้เขียน 116

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 จำนวนความต้องการใช้น้ำในการดับเพลิงสูงสุดของโรงงาน 6
ตารางที่ 1.2 ความพร้อมใช้งานเครื่องสูบน้ำดับเพลิงของโรงงานกรณีศึกษา ปี พ.ศ. 2558-2560 7
ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยการสั่นสะเทือนกับสมมุติฐานความเสียหายเครื่องจักร..... 17
ตารางที่ 2.2 ตารางสัญลักษณ์ที่ใช้ในเทคนิคการวิเคราะห์ต้นไม้แห่งความล้มเหลว 28
ตารางที่ 3.1 หน้าที่ความรับผิดชอบของทีมทำงาน..... 34
ตารางที่ 3.2 จำนวนครั้งการขัดข้องของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงปี พ.ศ.2558-2560 39
ตารางที่ 3.3 อาการขัดข้องของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงหมายเลข A ตั้งแต่ปี พ.ศ.2558-2560 39
ตารางที่ 3.4 อาการขัดข้องของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงหมายเลข B ตั้งแต่ปี พ.ศ.2558-2560 40
ตารางที่ 3.5 อาการขัดข้องของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงหมายเลข C ตั้งแต่ปี พ.ศ.2558-2560 41
ตารางที่ 3.6 อาการขัดข้องของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงหมายเลข D ตั้งแต่ปี พ.ศ.2558-2560 41
ตารางที่ 3.7 อาการขัดข้องของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงหมายเลข E ตั้งแต่ปี พ.ศ.2558-2560 42
ตารางที่ 3.8 ภาพรวมอาการขัดข้องที่เกิดขึ้นกับเครื่องสูบน้ำดับเพลิงทุกหมายเลข..... 43
ตารางที่ 3.9 สาเหตุและจำนวนครั้งการขัดข้องตั้งแต่ปีพ.ศ.2558 - พ.ศ.2559..... 48
ตารางที่ 3.10 อาการขัดข้องและลำดับความเสียหายของมอเตอร์ไฟฟ้า..... 54
ตารางที่ 3.11 อาการขัดข้องและลำดับความเสียหายของเครื่องยนต์ดีเซล 55
ตารางที่ 3.12 อาการขัดข้องและลำดับความเสียหายของเครื่องสูบ..... 56
ตารางที่ 4.1 ความสามารถในการสูบส่งน้ำของระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงในโรงงานกรณีศึกษา..... 62
ตารางที่ 5.1 เหตุผลการเลือกลำดับอาการขัดข้องในการตรวจพบความผิดปกติของมอเตอร์..... 70
ตารางที่ 5.2 เหตุผลการเลือกลำดับอาการขัดข้องในการตรวจพบความผิดปกติของเครื่องยนต์..... 71
ตารางที่ 5.3 เหตุผลการเลือกลำดับอาการขัดข้องในการตรวจพบความผิดปกติของเครื่องสูบ 72
ตารางที่ 5.4 สาเหตุการขัดข้องและเครื่องมือในการตรวจพบความผิดปกติของมอเตอร์ 73

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.5 สาเหตุการขัดข้องและเครื่องมือในการตรวจพบความผิดปกติของเครื่องยนต์.....74
ตารางที่ 5.6 สาเหตุการขัดข้องและเครื่องมือในการตรวจพบความผิดปกติของเครื่องสูบ 75
ตารางที่ 5.7 แผนการตรวจพบความผิดปกติของมอเตอร์ไฟฟ้า.....76
ตารางที่ 5.8 แผนการตรวจสอบความผิดปกติของเครื่องยนต์ดีเซล 77
ตารางที่ 5.9 แผนการตรวจสอบความผิดปกติของเครื่องสูบ.....79
ตารางที่ 5.10 ใบรายการตรวจสอบมอเตอร์ไฟฟ้า 80
ตารางที่ 5.11 ใบรายการตรวจสอบเครื่องยนต์ดีเซล.....83
ตารางที่ 5.12 ใบรายการตรวจสอบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง.....88
ตารางที่ 6.1 จำนวนครั้งการขัดข้องก่อนและหลังการปรับปรุง.....95
ตารางที่ 6.2 ความพร้อมใช้งานของระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงก่อนและหลังปรับปรุง.....96
ตารางที่ 6. 3 อาการผิดปกติที่ตรวจพบในปี พ.ศ.2561 98
ตารางที่ 7.1 การเปรียบเทียบแผนการบำรุงรักษามอเตอร์ไฟฟ้าก่อนและหลังการปรับปรุง.....105
ตารางที่ 7.2 การเปรียบเทียบแผนการบำรุงรักษาเครื่องยนต์ดีเซลก่อนและหลังการปรับปรุง 106
ตารางที่ 7.3 การเปรียบเทียบแผนการบำรุงรักษาเครื่องสูบก่อนและหลังการปรับปรุง 107
ตารางที่ 7. 4 เครื่องมือที่จัดหาเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการตรวจสอบระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง..... 108
ตารางที่ 7.5 การเปรียบเทียบผลการดำเนินงานก่อนและหลังปฏิบัติตามแผนบำรุงรักษาเชิงรุก 110

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 แผนภูมิการไหลของกระบวนการทำงานในโรงงานกรณีศึกษา 2
รูปที่ 1.2 สัญลักษณ์ NFPA แสดงความเป็นความอันตรายของ Ethylene 3
รูปที่ 1.3 สัญลักษณ์ NFPA แสดงความเป็นอันตรายของ Propylene 4
รูปที่ 1.4 สัญลักษณ์ NFPA แสดงความเป็นอันตรายของ Propane 5
รูปที่ 1.5 ความเสียหายเครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่เกิดจากปัญหาผุจนเครื่องสูบน้ำดับเพลิงทะลุ 7
รูปที่ 1.6 ชั่วโมงแรงงานในการบำรุงรักษาเครื่องจักร 8
รูปที่ 2.1 แนวโน้มความสั่นสะเทือนของเครื่องจักร 14
รูปที่ 2.2 เครื่องมือวัดความสั่นสะเทือน 14
รูปที่ 2.3 การเคลื่อนที่ของสปริงต่อหน่วยเวลา 15
รูปที่ 2.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยการวัดค่าความสั่นสะเทือนกับความถี่ 16
รูปที่ 2.5 ตัวอย่างแกนในการวัดค่าความสั่นสะเทือน 18
รูปที่ 2.6 ตัวอย่างน้ำมันที่จะนำมาทำการตรวจสอบ 20
รูปที่ 2.7 ประเภทและระดับความอันตรายของวัสดุ 22
รูปที่ 2.8 ทิศทางการไหลของของเหลวขณะผ่านออกจากใบพัด 25
รูปที่ 2.10 วิธีคำนวณหาค่า MTBF 33
รูปที่ 3.1 ภาพรวมการดำเนินงานวิจัย 37
รูปที่ 3.2 ชั่วโมงแรงงานในการซ่อมเครื่องสูบน้ำดับเพลิงตั้งแต่ปี พ.ศ.2558-2560 44
รูปที่ 3.3 วิเคราะห์ปัญหาความพร้อมใช้งานของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงต่ำโดยเทคนิคทำไม-ทำไม 45
รูปที่ 3.4 สายน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงรั่วบริเวณเทอร์โบของเครื่องสูบน้ำดับเพลิง 47
รูปที่ 3. 5 การวิเคราะห์อาการขัดข้องของมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้เทคนิคต้นไม้แห่งความล้มเ 49
รูปที่ 3.6 การวิเคราะห์อาการขัดข้องของเครื่องยนต์ดีเซลโดยใช้เทคนิคต้นไม้แห่งความล้มเหลว 51

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 3.7 การวิเคราะห์อาการขัดข้องของเครื่องสูบโดยใช้เทคนิคต้นไม้แห่งความล้มเหลว.....52
รูปที่ 4.1 ระบบดับเพลิงในโรงงานกรณีศึกษา.....61
รูปที่ 4.2 ผังองค์กรในหน่วยงานบำรุงรักษา.....63
รูปที่ 4.3 ใบรายการตรวจสอบมอเตอร์ไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำดับเพลิง.....65
รูปที่ 4.4 ใบรายการตรวจสอบเครื่องยนต์ดีเซลของเครื่องสูบน้ำดับเพลิง.....66
รูปที่ 4.5 ใบรายการตรวจสอบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง.....67
รูปที่ 5.1 วิธีการตรวจวัดค่าการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ไฟฟ้า.....81
รูปที่ 5.2 แสดงการตรวจวัดอุณหภูมิด้าน DE และ NDE ของมอเตอร์ไฟฟ้า.....82
รูปที่ 5.3 แสดงการวัดความต้านทานของขดลวดมอเตอร์.....82
รูปที่ 5.4 ตรวจสอบการร่วมศูนย์ของมอเตอร์ไฟฟ้า.....83
รูปที่ 5.5 การตรวจวัดความต่างศักย์ของแบตเตอรี่.....85
รูปที่ 5.6 จุดตรวจสอบรอยแตกร้าวของท่อไอเสีย.....85
รูปที่ 5.7 จุดตรวจสอบสภาพสายน้ำมัน.....86
รูปที่ 5.8 เกจสำหรับตรวจสอบความดันน้ำมันเครื่องและน้ำมันเชื้อเพลิง.....86
รูปที่ 5.9 เกจน์สำหรับตรวจสอบความสกปรกของกรองอากาศ.....87
รูปที่ 5.10 เกจน์สำหรับตรวจสอบการตั้งค่าของสวิตซ์ควบคุมความดัน.....87
รูปที่ 5.11 ผลการวิเคราะห์สภาพน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ดีเซล.....88
รูปที่ 5.12 วิธีวัดการสั่นสะเทือนของเครื่องสูบและชุดเกียร์.....90
รูปที่ 5.13 ผลการวิเคราะห์สภาพน้ำมันหล่อลื่นของชุดเกียร์.....90
รูปที่ 5.14 การตรวจวัดความหนาของผนังเครื่องสูบ.....91
รูปที่ 5.15 การตรวจสอบการอุดตันของที่กรองเครื่องสูบโดยใช้หุ่นยนต์ถ่ายภาพ.....91
รูปที่ 5.16 อบรมเพิ่มความรู้ให้แก่พนักงานทางด้านทฤษฎี.....92
รูปที่ 5.17 อบรมเพิ่มความรู้ให้แก่พนักงานทางด้านปฏิบัติ.....93

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 6.1 ชั่วโมงแรงงานในการบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำดับเพลิง.....97
รูปที่ 6. 2 ผลกระทบจากการเพิ่มชั่วโมงแรงงานในการตรวจสอบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง 97
รูปที่ 6.3 ผลการตรวจสอบพบการสั่นสะเทือนที่ผิดปกติของมอเตอร์ไฟฟ้า 99
รูปที่ 6.4 ผลการตรวจสอบพบอุณหภูมิที่สูงผิดปกติของมอเตอร์ไฟฟ้า 100
รูปที่ 6.5 ผลการตรวจสอบพบความผิดปกติจากความต่างศักย์ของแบตเตอรี่ 100
รูปที่ 6.6 ผลการตรวจสอบพบความผิดปกติจากระดับความดันน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำ 101
รูปที่ 6.7 ผลการตรวจสอบพบความผิดปกติจากสภาพสายน้ำมันเชื้อเพลิงเสื่อมสภาพ 102
รูปที่ 6.8 ผลการตรวจสอบพบความผิดปกติจากกรองเครื่องสูบเริ่มอุดตัน 103

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

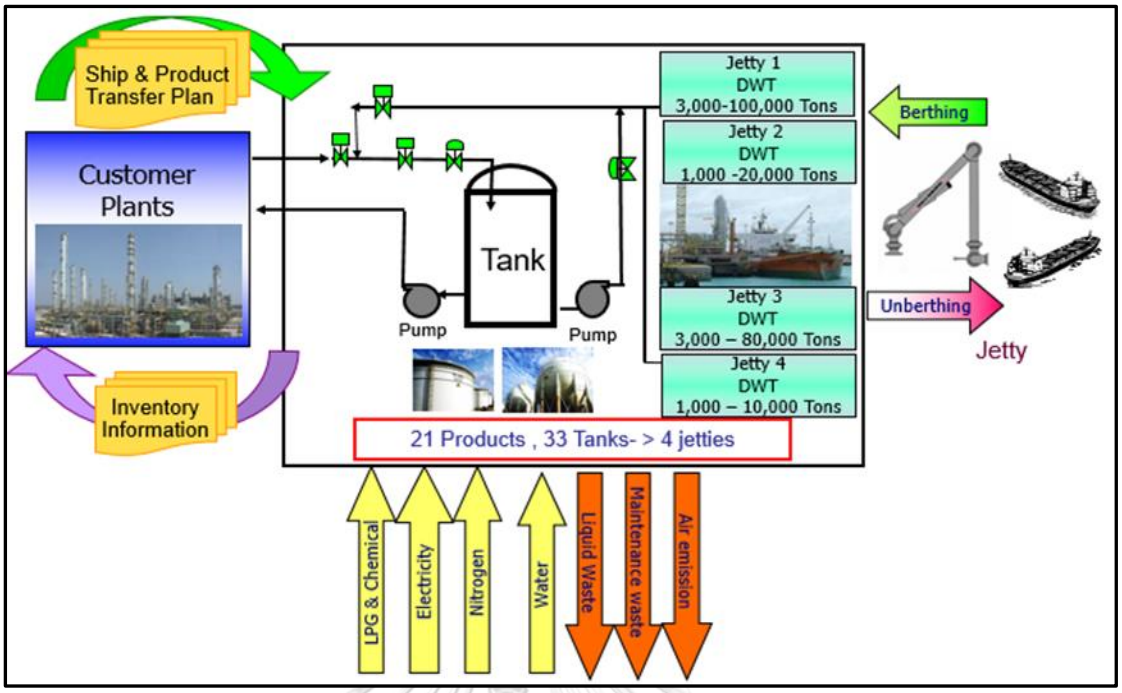
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปั๊มหรือเครื่องสูบเป็นอุปกรณ์ที่เพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลว โดยการส่งถ่ายพลังงานจากต้นกำเนิดไปยังของเหลวเพื่อทำให้ของเหลวสามารถเคลื่อนที่จากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งที่อยู่สูงกว่า หรืออยู่ในระยะทางที่ไกลออกไป ซึ่งพลังงานที่ให้กำลังแก่ปั๊มสามารถมาได้จากเครื่องยนต์ มอเตอร์ แรงลมหรือพลังงานอื่น ในปัจจุบันปั๊มได้ถูกนำมาใช้ในด้านต่างๆ ของภาคอุตสาหกรรมจำนวนมาก อาทิเช่น ใช้ส่งถ่ายน้ำในอุตสาหกรรมเกษตร ใช้ส่งถ่ายสารเคมีเหลวในกระบวนการผลิต ใช้ส่งถ่ายน้ำมันจากแหล่งผลิตไปยังถังกักเก็บ โดยเฉพาะอย่างยิ่งใช้ในด้านความปลอดภัยของทุกโรงงานตามที่กฎหมายกำหนด ในการเป็นเครื่องสูบน้ำดับเพลิงสำหรับป้องกันและบรรเทาอันตรายจากอัคคีภัย

ในอุตสาหกรรมเกี่ยวกับท่าเรือน้ำลึกและถังจัดเก็บปิโตรเคมีเหลวเป็นอุตสาหกรรมเกี่ยวกับการนำเข้าและส่งออกปิโตรเคมีเหลวที่มีความอันตรายในหลายด้าน ซึ่งอันตรายจากการเกิดอัคคีภัยมีโอกาสเกิดขึ้นและสร้างผลกระทบมากที่สุด เนื่องจากปิโตรเคมีเหลวที่ถูกลำเลียงผ่านท่าเรือและที่จัดเก็บอยู่ในถังมีคุณสมบัติที่จะสามารถลุกติดไฟจนเกิดเพลิงไหม้รุนแรงได้โดยง่ายเพราะองค์ประกอบของการติดไฟประกอบไปด้วย เชื้อเพลิง (ปิโตรเคมีเหลว) ก๊าซออกซิเจนและความร้อนหรือประกายไฟ (จิตรา รู้กิจการพานิช, 2561) ดังนั้นในกระบวนการจัดเก็บและลำเลียงสารเคมีเหลวของโรงงานเมื่อมีความร้อนและประกายไฟเกิดขึ้น ปิโตรเคมีเหลวจะมีการลุกไหม้ของไฟจนอาจส่งผลให้เกิดการระเบิดสร้างความเสียหายทั้งต่อชีวิตและทรัพย์สินจำนวนมาก การบำรุงรักษาอุปกรณ์ดับเพลิงเพื่อให้ระบบดับเพลิงมีความพร้อมใช้งานได้เต็มประสิทธิภาพตลอดเวลาจึงมีความจำเป็นอย่างมาก (สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัยกรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2552) เพื่อที่โรงงานสามารถป้องกันและควบคุมอัคคีภัยได้อย่างรวดเร็วจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการปฏิบัติงาน

โรงงานกรณีศึกษาดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับคลังเก็บสินค้าปิโตรเคมีเหลวและท่าเรือน้ำลึกเพื่อใช้ในการนำเข้า-ส่งออกให้กับลูกค้าจากโรงงานผู้ผลิตตั้งแต่ต้นน้ำ (upstream) ไปจนถึงปลายน้ำ (downstream)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 1.1 แผนภูมิการไหลของกระบวนการทำงานในโรงงานกรณีศึกษา

จากรูปที่ 1.1 ได้แสดงกระบวนการทำงานของโรงงานตั้งแต่รับปิโตรเคมีเหลวจากเรือผ่านทางแขนขนถ่ายสารเคมี (loading Arm) ส่งผ่านท่อลำเลียงไปเก็บยังถังเก็บปิโตรเคมีเหลวและส่งต่อผ่านท่อไปที่โรงงานของลูกค้า โดยโรงงานกรณีศึกษานี้มีท่าเทียบเรือน้ำลึกทั้งหมด 4 ท่าเรือ มีถังเก็บปิโตรเคมีเหลว 33 ใบ เพื่อใช้จัดเก็บปิโตรเคมีเหลว 21 ชนิด

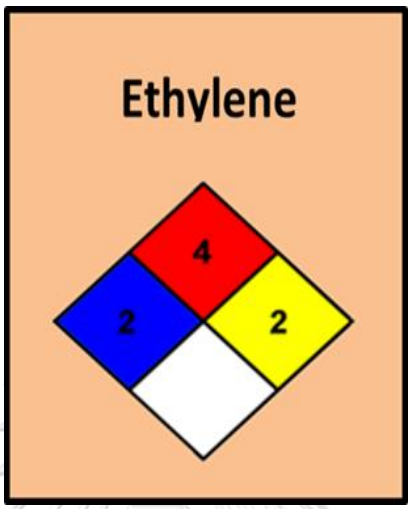
ขั้นตอนการทำงานในกระบวนการนำเข้า-ส่งออกของปิโตรเลียมเหลวของโรงงานกรณีศึกษามีความเสี่ยงต่อการรั่วไหลของสารเคมีเหลวจนอาจทำให้เกิดเพลิงไหม้ โดยเริ่มต้นจากกระบวนการต่างๆ ดังนี้

กระบวนการย่อยที่ 1 เป็นการขนถ่ายสารเคมีผ่านทางแขนขนถ่ายสารเคมีและท่อขนส่ง ซึ่งแขนขนถ่ายสารเคมีและท่อจะมีหน้าแปลน ข้อต่อจุดหมุนต่าง ๆ ซึ่งข้อต่อและจุดหมุนเหล่านี้จะมีการป้องกันการรั่วไหลด้วยปะเก็น (gasket) ชนิดต่างๆ ที่เป็นวัสดุอ่อนสามารถเกิดความเสียหายและเสื่อมสภาพได้ง่าย เมื่อเสื่อมสภาพแล้วปิโตรเคมีเหลวจะรั่วไหลออกมาตามจุดต่าง ๆ นี้

กระบวนการย่อยที่ 2 เป็นการจัดเก็บสารเคมีในถัง ซึ่งถังจัดเก็บสารเคมีจะมีหน้าแปลนบริเวณรอบถัง (manhole) สำหรับเข้าไปบำรุงรักษาตัวถังเก็บและมีวาล์วควบคุมโดยรอบถังซึ่งมีการป้องกันการรั่วไหลด้วยปะเก็นเช่นกัน

กระบวนการย่อยที่ 3 เป็นการสูบส่งสารปิโตรเคมีเหลวโดยใช้ปั๊ม ซึ่งปั๊มชนิดต่าง ๆ จะมีจุดอ่อนอยู่ที่แมคคานิคอลซีล (mechanical Seal) ซึ่งเป็นจุดที่มีการรั่วไหลของปิโตรเคมีบ่อยที่สุด

จะเห็นได้ว่ากระบวนการย่อยทั้ง 3 กระบวนการ มีโอกาสเกิดการรั่วไหลของสารเคมีได้ ซึ่งสารเคมีที่อยู่ภายในโรงงานกรณีศึกษา มีความอันตรายในด้านต่างๆ ดังตัวอย่างในรูปที่ 1.2, 1.3 และ 1.4



รูปที่ 1.2 สัญลักษณ์ NFPA 704 แสดงความเป็นความอันตรายของ Ethylene

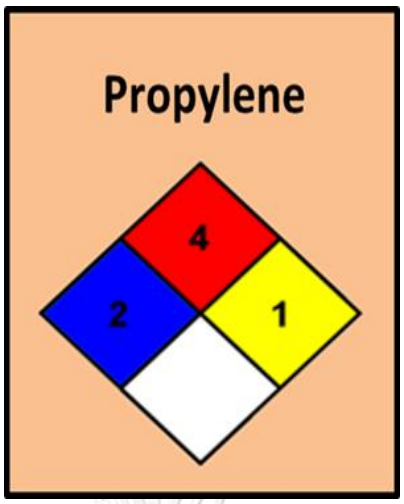
จากรูปที่ 1.2 แสดงสัญลักษณ์ NFPA สำหรับ Ethylene ซึ่งแสดงถึงความอันตรายของปิโตรเคมีเหลวชนิดนี้ไว้ 3 ประเภท คือ

สีแดง แสดงอันตรายจากไฟ (flammability) อยู่ในระดับที่ 4 คือ ปิโตรเคมีเหลวที่สามารถระเหยได้อย่างรวดเร็วและสมบูรณ์ในสภาพความดันและอุณหภูมิปกติ หรือกระจายในอากาศและเผาไหม้ได้โดยง่าย มีจุดวาบไฟต่ำกว่า 23°C

สีน้ำเงิน แสดงอันตรายต่อสุขภาพอนามัย (health) อยู่ในระดับที่ 2 คือ ปิโตรเคมีเหลวที่เมื่อรับเป็นช่วงหรือต่อเนื่องแต่ไม่ประจำ อาจเป็นสาเหตุให้ไร้ความสามารถชั่วขณะหรือเป็นอันตรายแบบถาวร

สีเหลือง แสดงความไวในการเกิดปฏิกิริยาของสาร (reactivity) อยู่ในระดับที่ 2 คือ ปิโตรเคมีเหลวที่ไม่เสถียร อาจทำปฏิกิริยารุนแรงหรือเกิดระเบิดได้หากทำปฏิกิริยากับน้ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



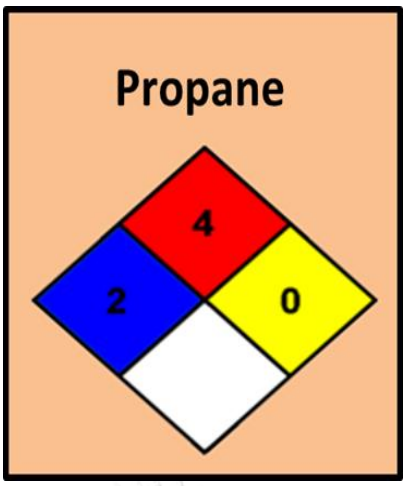
รูปที่ 1.3 สัญลักษณ์ NFPA 704 แสดงความเป็นอันตรายของ Propylene

จากรูปที่ 1.3 แสดงสัญลักษณ์ NFPA สำหรับ Propylene ซึ่งแสดงถึงความอันตรายของปิโตรเคมีเหลวชนิดนี้ไว้ 3 ประเภท คือ

สีแดง แสดงอันตรายจากไฟ (flammability) อยู่ในระดับที่ 4 คือ ปิโตรเคมีเหลวที่สามารถระเหยได้อย่างรวดเร็วและสมบูรณ์ในสภาพความดันและอุณหภูมิปกติ หรือกระจายในอากาศและเผาไหม้ได้โดยง่าย มีจุดวาบไฟต่ำกว่า 23°C

สีน้ำเงิน แสดงอันตรายต่อสุขภาพอนามัย (health) อยู่ในระดับที่ 2 คือ ปิโตรเคมีเหลวที่เมื่อมนุษย์ได้รับเป็นช่วงหรือต่อเนื่องแต่ไม่ประจำ อาจเป็นสาเหตุให้ไร้ความสามารถชั่วขณะหรือเป็นอันตรายแบบถาวร

สีเหลือง แสดงความไวในการเกิดปฏิกิริยาของสาร (reactivity) อยู่ในระดับที่ 1 คือ ปิโตรเคมีเหลวที่สภาวะปกติเป็นสารที่เสถียร แต่ที่อุณหภูมิและความดันสูงจะกลายเป็นสารที่ไม่เสถียร ทำปฏิกิริยากับน้ำแล้วให้ความร้อน



รูปที่ 1.4 สัญลักษณ์ NFPA 704 แสดงความเป็นอันตรายของ Propane

จากรูปที่ 1.4 แสดงสัญลักษณ์ NFPA สำหรับ Propane ซึ่งแสดงถึงความอันตรายของปิโตรเคมีเหลวชนิดนี้ไว้ 2 ประเภท คือ

สีแดง แสดงอันตรายจากไฟ (flammability) อยู่ในระดับที่ 4 คือ ปิโตรเคมีเหลวที่สามารถระเหยได้อย่างรวดเร็วและสมบูรณ์ในสภาพความดันและอุณหภูมิปกติ หรือกระจายในอากาศและเผาไหม้ได้ง่าย โดยมีจุดวาบไฟต่ำกว่า 23°C

สีน้ำเงิน แสดงอันตรายต่อสุขภาพอนามัย (health) อยู่ในระดับที่ 2 คือ ปิโตรเคมีเหลวที่เมื่อมนุษย์ได้รับเป็นช่วงหรือต่อเนื่องแต่ไม่ประจำ อาจเป็นสาเหตุให้ไร้ความสามารถชั่วขณะหรือเป็นอันตรายแบบถาวร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จะเห็นได้ว่าปิโตรเคมีที่ถูกจัดเก็บภายในโรงงานมีความอันตรายในด้านไวไฟมากที่สุด จากการคำนวณจะพบว่าเมื่อเกิดอัคคีภัยจะต้องใช้ปริมาณน้ำสูงสุดในการดับเพลิงเท่ากับ 6,919 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 1.1 โรงงานจึงจำเป็นที่จะต้องติดตั้งระบบดับเพลิงให้เพียงพอ โดยวิศวกรได้ออกแบบให้โรงงานมีเครื่องสูบน้ำดับเพลิงทั้งหมด 5 เครื่อง โดยแต่ละเครื่องมีอัตราการสูบส่งน้ำเท่ากันที่เครื่องละ 1,394 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ทำให้เมื่อเครื่องสูบน้ำดับเพลิงทั้ง 5 เครื่องของโรงงานทำงานพร้อมกัน จะสามารถสร้างอัตราการสูบส่งน้ำสำหรับดับเพลิงได้ทั้งหมด 6,970 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เพื่อให้สามารถใช้งานได้คลอบคลุมทุกพื้นที่ตั้งแต่ถังจัดเก็บไปยังท่าเรือเพื่อป้องกันและลดความเสี่ยงจากอัคคีภัยที่มีโอกาสเกิดขึ้น

การทำงานของระบบดับเพลิงของโรงงานจะเริ่มต้นจากเครื่องสูบน้ำดับเพลิงดำเนินการสูบน้ำทะเลจากบ่อน้ำเข้าสู่ระบบท่อดับเพลิงเพื่อส่งต่อไปยังอุปกรณ์ดับเพลิงและระบบโฟมดับเพลิงของโรงงาน จะเห็นได้ว่าอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในระบบดับเพลิง คือ เครื่องสูบน้ำดับเพลิง (Fire Pump) ซึ่ง

ทำหน้าที่สูบและจ่ายน้ำจากบ่อเก็บน้ำ (reservoir) ให้เข้าไปในระบบท่อดับเพลิงที่ถูกวางตามจุดต่างๆ ของอาคารหรือโรงงานเพื่อส่งต่อให้กับอุปกรณ์ดับเพลิง ซึ่งถ้าระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงเสียหายจะส่งผลกระทบทำให้ไม่สามารถใช้อุปกรณ์ดับเพลิงทุกชนิดในโรงงานได้

ตารางที่ 1.1 จำนวนความต้องการใช้น้ำในการดับเพลิงสูงสุดของโรงงาน

Total Water Supply Rate in Case of Fire	
Detail	**Fire water demand (m^3/h)**
Hydrants and Monitors	549
Water for foam injection for burning tank	552
Water for exposure protection for burning tank	2,072
Water for exposure protection for exposed tank	3,746
Total water supply rate	6,919

โรงงานจึงได้มีการบำรุงรักษาและทดสอบประสิทธิภาพของระดับเพลิงตามรอบเวลาเพื่อที่จะมั่นใจได้ว่าระบบดับเพลิงสามารถพร้อมทำงานได้ตลอดเวลา จากการทดสอบประสิทธิภาพของระบบดับเพลิงทุก 1 ปีพบว่าเครื่องสูบน้ำดับเพลิงและอุปกรณ์ดับเพลิงสามารถทำงานได้ตามประสิทธิภาพที่ได้ออกแบบไว้ และการตรวจสอบประวัติการขัดข้องของระบบดับเพลิงพบว่าอุปกรณ์ดับเพลิงและระบบโฟมพบว่าไม่มีประวัติอาการขัดข้องที่เกิดขึ้นจนส่งต่อความพร้อมใช้งานของอุปกรณ์ แต่พบอาการขัดข้องของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงจากการทดสอบเดินเครื่องสูบน้ำดับเพลิงทั้ง 5 เครื่องของโรงงาน ที่ต้องเดินเครื่อง 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ เพื่อบำรุงรักษาจะพบว่า ตั้งแต่ปี 2558-2560 เครื่องสูบน้ำดับเพลิงขัดข้องบ่อยครั้ง ซึ่งส่งผลให้ความพร้อมใช้งานของระบบลดลงเหลือ 56-65 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 1.2

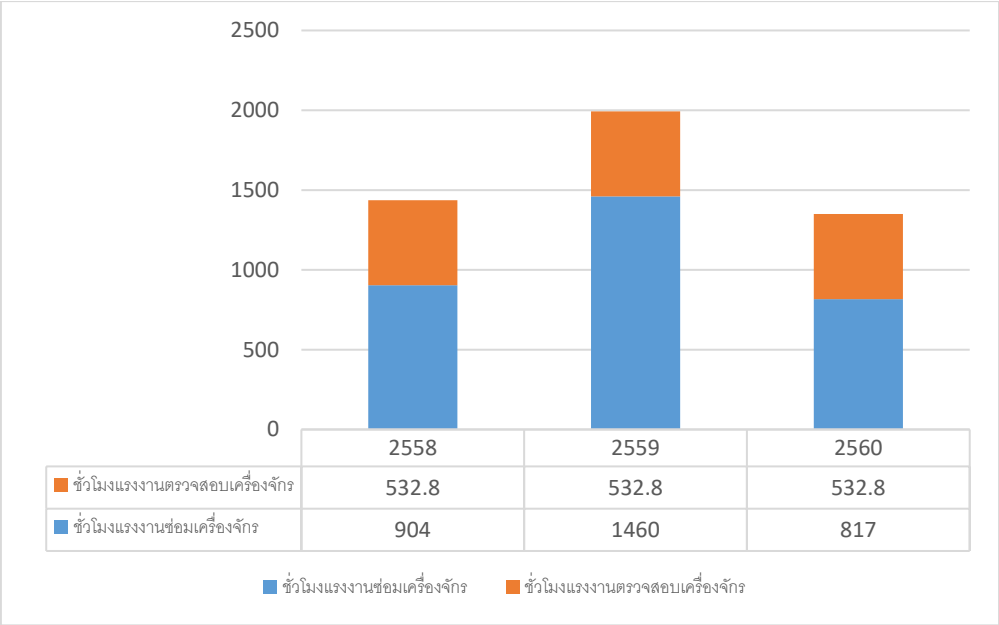
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 1.2 ความพร้อมใช้งานเครื่องสูบน้ำดับเพลิงของโรงงานกรณีศึกษา ปี พ.ศ. 2558-2560

ปี พ.ศ.	จำนวนชั่วโมงที่ต้องการเดินเครื่อง (ชั่วโมง)	จำนวนชั่วโมงที่เครื่องจักรไม่สามารถเดินเครื่องได้	ความพร้อมใช้งาน (%)
2558	52	20	62
2559	52	23	56
2560	52	18	65
หมายเหตุ 52 มาจากการทดสอบเดินเครื่องสูบน้ำดับเพลิงอาทิตย์ละ 1 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 1ปี			

รูปที่ 1.5 ความเสียหายเครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่เกิดจากปัญหาผุจนเครื่องสูบน้ำดับเพลิงทะลุ

รูปที่ 1.5 แสดงอาการขัดข้องของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงขณะทดสอบเดินเครื่อง พบว่าหัวของเครื่องสูบน้ำถูกน้ำทะเลกัดกร่อนจนทะลุ ไม่สามารถสูบส่งน้ำเข้าระบบดับเพลิงได้ ส่งผลต่อความพร้อมใช้งานของระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงของบริษัท ทำให้ต้องใช้งบประมาณและกำลังพลในการซ่อมแซมจำนวนมาก



รูปที่ 1.6 ชั่วโมงแรงงานในการบำรุงรักษาเครื่องจักร

รูปที่ 1.6 แสดงให้เห็นว่าในปี พ.ศ. 2558-2560 ต้องใช้ชั่วโมงแรงงานเพื่อซ่อมแซมเครื่องสูบน้ำดับเพลิงมากกว่าจำนวนชั่วโมงแรงงานที่ใช้ในการตรวจสอบจำนวนมาก แสดงให้เห็นว่าเครื่องจักรมีการขัดข้องบ่อยครั้ง

ดังนั้นจากประวัติการบำรุงรักษาอุปกรณ์ในระบบดับเพลิงทั้งหมด จะพบว่าอุปกรณ์ดับเพลิงและอุปกรณ์ในระบบโฟมไม่พบอาการขัดข้องที่เกิดขึ้น ทางทีมบำรุงรักษาเครื่องจักรจึงไม่ได้สนใจที่จะปรับปรุงอุปกรณ์ดังกล่าว แต่ระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงพบอาการขัดข้องเกิดขึ้นบ่อยครั้งทางทีมบำรุงรักษาของโรงงานจึงต้องการปรับปรุงปัญหาที่เกิดขึ้น โดยจากการรวบข้อมูลพบว่าอาการขัดข้องมีสาเหตุ 3 สาเหตุที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. อายุของเครื่องสูบน้ำดับเพลิง เนื่องจากเครื่องสูบน้ำดับเพลิงของโรงงานได้ติดตั้งมาเป็นระยะเวลา 20 ปี ชิ้นส่วนบางชิ้นเริ่มเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งานและขาดการดูแลอย่างเหมาะสม เครื่องสูบน้ำดับเพลิงจึงเกิดการขัดข้องขณะทดสอบเดินเครื่องประจำสัปดาห์บ่อยครั้ง ส่งผลให้ความพร้อมใช้งานของระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงลดลง

2. วิธีการบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่ใช้อยู่ในปัจจุบันไม่สามารถตรวจพบความผิดปกติได้ล่วงหน้า เนื่องจากวิธีการและเครื่องมือในการตรวจสอบไม่ได้ถูกปรับปรุงให้ก้าวทันเทคโนโลยีในปัจจุบัน ส่งผลให้ต้องใช้ค่าใช้จ่ายในการซ่อมจำนวนมาก

3. ความรู้ความสามารถของพนักงานที่เกี่ยวข้องยังไม่เพียงพอ เนื่องจากมีการหมุนเวียนพนักงานบ่อยครั้ง ทำให้คุณภาพการบำรุงรักษาไม่มีคุณภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ดังนั้นทางโรงงานจึงต้องการลดจำนวนครั้งการขัดข้องของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงและปรับปรุงค่าความพร้อมใช้งานของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงให้ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้การวิเคราะห์หาลำดับของการเกิดอาการขัดข้อง ค้นหาวิธีการตรวจพบความผิดปกติที่มีโอกาสเกิดขึ้นก่อนที่เครื่องจักรจะเกิดการขัดข้อง กำหนดช่วงระยะเวลาในแต่ละกิจกรรมและกำหนดมาตรฐานการตรวจสอบในแต่ละวิธีการ จากนั้นจะทำการปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรเพิ่มขึ้นมาใหม่

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อเพิ่มความพร้อมใช้งานของระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงในท่าเรือน้ำลึกสำหรับโรงงานปิโตรเคมีเหลว

1.3 ขอบเขตในการดำเนินงาน

1) งานวิจัยนี้เน้นการปรับปรุงเกี่ยวกับการบำรุงรักษาเครื่องจักรโดยการหาวิธีตรวจจับความผิดปกติที่เกิดขึ้น ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการดัดแปลงเครื่องจักรและระบบต่าง ๆ ของเครื่องจักร เช่น การดัดแปลงเครื่องต้นกำลังของเครื่องสูบน้ำดับเพลิง การดัดแปลงระบบดับเพลิงและการดัดแปลงเครื่องสูบน้ำดับเพลิง เป็นต้น

2) งานวิจัยนี้เป็นการปรับปรุงค่าความพร้อมใช้งานของระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงจำนวน 5 เครื่องของบริษัท โดยแยกเป็นระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่ใช้เครื่องต้นกำลังแบบเครื่องยนต์ดีเซล 4 เครื่องและระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่ใช้เครื่องต้นกำลังแบบมอเตอร์ไฟฟ้า 1 เครื่อง

3) งานวิจัยนี้เป็นการปรับปรุงค่าความพร้อมใช้งานของเครื่องสูบน้ำดับเพลิง โดยวัดจากเปอร์เซ็นต์ของความพร้อมใช้งาน ซึ่งวัดจากจำนวนครั้งที่ทดสอบเดินเครื่องสูบน้ำดับเพลิงทั้งหมดและจำนวนครั้งที่ทดสอบเดินเครื่องสูบน้ำดับเพลิงแต่เครื่องเสียหายจนไม่สามารถเดินเครื่องได้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ทำให้เครื่องสูบน้ำดับเพลิงของบริษัทมีประสิทธิภาพพร้อมใช้งานตลอดเวลา
2) พัฒนาทักษะและเพิ่มประสบการณ์ของพนักงานซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร
3) สามารถปรับปรุงวิธีการบำรุงรักษาเครื่องจักรให้ถูกต้องและเหมาะสม
4) สามารถสร้างใบรายการตรวจสอบเครื่องจักรของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงให้เหมาะสม
5) เป็นต้นแบบเพื่อปรับปรุงเครื่องจักรเครื่องอื่นที่มีปัญหา
6) ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่เสียหาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1) เก็บข้อมูลการบำรุงรักษาเครื่องจักรประกอบไปด้วย
   - ประวัติการเกิดเหตุขัดข้องของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงตั้งแต่ปี พ.ศ.2558-2560
   - ใบรายการตรวจสอบเครื่องจักร (PM check sheet) ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน
   - วิธีการบำรุงรักษาเครื่องจักร

2) ศึกษาหลักการทำงานและวิธีการบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำดับเพลิงและเครื่องต้นกำลังจากแหล่งต่างๆ เช่น หนังสือคู่มือของผู้ผลิต หนังสือมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย หนังสือคู่มือเครื่องสูบ หนังสือการวิเคราะห์การสั่นสะเทือน หนังสืองานเครื่องยนต์ดีเซลและสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์กับเครื่องสูบน้ำดับเพลิง

3) วิเคราะห์ความล้มเหลวแบบย้อนกลับเพื่อหาความล้มเหลวที่เกิดขึ้นก่อนหน้า ซึ่งจะสามารถหาโอกาสในการเกิดความเสียหายในแบบต่าง ๆ ของระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง

4) หาวิธีการและเครื่องมือที่เหมาะสมเพื่อกำหนดเป็นวิธีการตรวจพบความผิดปกติก่อนที่เครื่องสูบน้ำดับเพลิงจะเสียหาย

5) ปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง โดยการเพิ่มวิธีการตรวจพบความผิดปกติของระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงลงในรายการตรวจสอบ

6) นำแผนการบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำดับเพลิงไปทดลองใช้กับเครื่องสูบน้ำดับเพลิง

7) วัดผลการพัฒนาระบบบำรุงรักษาระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงหลังจากได้นำวิธีการต่าง ๆ ไปประยุกต์ใช้งานจริง ซึ่งวัดผลจากค่าความพร้อมใช้งานของระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงของโรงงานที่ทดสอบเดินเครื่องอาทิตย์ละ 1 ครั้ง

8) สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

9) จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ซึ่งประกอบไปด้วย ทฤษฎีการบำรุงรักษาเครื่องจักรแบบเชิงป้องกัน มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย เครื่องสูบ การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ ทฤษฎีการวิเคราะห์ ทำไม-ทำไม การวิเคราะห์การสั่นสะเทือน และการเฝ้าระวังความผิดปกติของเครื่องจักรโดยใช้การวิเคราะห์สารหล่อลื่น

2.1 การบำรุงรักษา (maintenance)

การบำรุงรักษา หมายถึง การพยายามเพื่อให้เครื่องจักรมีสภาพที่พร้อมจะใช้งานอยู่ตลอดเวลา ซึ่งในปัจจุบันถือเป็นกิจกรรมที่มีความสำคัญมากทั้งในโรงงานขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่ โดยมีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1) เพื่อให้เครื่องจักรพร้อมใช้งานตลอดเวลา คือ การบำรุงรักษาก่อนที่เครื่องจักรชำรุด

2) เพื่อแก้ไขซ่อมแซมอุปกรณ์ที่เสียหายให้กลับมาอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน

3) เพื่อเพิ่มความพร้อมใช้งาน (availability) และความน่าเชื่อถือ (reliability) ในการใช้งานเครื่องจักร

4) ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงเพราะสามารถจัดกำลังคน เครื่องมือ อะไหล่ รวมไปถึงระยะเวลาในการซ่อมที่เป็นไปอย่างรัดกุมและมีประสิทธิภาพ

5) ลดจำนวนหรือความถี่ของอุปกรณ์ที่ขัดข้องเสียหาย โดยการใช้ระบบการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (preventive maintenance) และระบบบำรุงรักษาแบบพยากรณ์ (predictive maintenance)

6) จำนวนงานบำรุงรักษาคงค้าง (backlog) มีจำนวนน้อยลง ทำให้เครื่องจักรมีประสิทธิภาพที่ดี

2.1.1 การบำรุงรักษาเครื่องจักรแบบเชิงป้องกัน (preventive Maintenance)

คือ งานบำรุงรักษาเครื่องจักรที่มีการวางแผน (planning) และกำหนดวิธีการทำงานไว้ตามรอบระยะเวลา (Eti M.C., Ogaji S.O.T., & Probert S.D., 2006) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันและลดปัญหาการขัดข้องของเครื่องจักรให้หมดไป โดยการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่

(1) การบำรุงรักษาโดยใช้เวลาเป็นตัวกำหนดอายุการใช้งาน (Time Base or Fixed Time

Maintenance) จะเป็นการวางแผนโดยกำหนดระยะเวลาในการเข้าไปตรวจสอบการทำงานของเครื่องจักร เปลี่ยนชิ้นส่วนอะไหล่หรือการโอเวอร์ฮอลเพื่อป้องกันก่อนที่จะเกิดความความเสียหายขึ้นกับเครื่องจักร ซึ่งแผนการบำรุงรักษาจะถูกวางไว้ล่วงหน้าเพื่อให้โรงงานสามารถวางแผนการผลิตและแผนการซ่อมบำรุงของโรงงานตามที่กำหนดไว้

(2) การบำรุงรักษาโดยตรวจสอบสภาพเครื่องจักร (Condition Based or Predictive Maintenance) การบำรุงรักษาตามสภาพจะใช้หลักการที่ว่า โดยทั่วไปเมื่อมีความเสียหายเกิดขึ้นอุปกรณ์หรือสินทรัพย์จะแสดงสัญญาณบางอย่างออกมา ดังนั้น ถ้าหากเราสามารถทำการตรวจจับสัญญาณที่แสดงออกมาได้ เราก็สามารถทำการบำรุงรักษาก่อนที่สินทรัพย์จะเสียหาย เช่น ความร้อน เสียง การสั่นสะเทือนและเศษผงโลหะต่าง ๆ เป็นต้น

(ดนัย สาหร่ายทอง, 2547) ทำงานวิจัยเรื่องการวิเคราะห์สาเหตุของการขัดข้องของเครื่องจักรในโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์และรถจักรยานยนต์ มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยสร้างขั้นตอนการวิเคราะห์เหตุขัดข้องของเครื่องจักร เป็นการนำประวัติการขัดข้องในรูปแบบของข้อมูลลำดับชั้นมาประยุกต์ใช้กับข้อมูลทางสถิติ เพื่อหาวิธีการปรับปรุงการขัดข้องเหล่านั้นให้ดีขึ้น เมื่อได้วิธีการปรับปรุงแล้ว จึงได้กำหนดกิจกรรมและช่วงเวลาที่เหมาะสมกับการปฏิบัติการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ผลการปรับปรุงพบว่าเครื่องเจียรนัยผิวนอกอัตโนมัติมีระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการขัดข้องเพิ่มขึ้น 10,610.33 นาที และ 6,469.75 นาที เครื่องเจียรนัยผิวในอัตโนมัติมีระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการขัดข้องเพิ่มขึ้น 8,452.50 นาทีและ 6,658.38 นาที และเครื่องกลึงอัตโนมัติ มีระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการขัดข้องเฉพาะสายการผลิต B เพิ่มขึ้น 4,183 นาที

(ภานุเดช แสนทวีสุข, 2559) ทำงานวิจัยเรื่องการลดข้อขัดข้องของเครื่องอัดรีดแบบสกรูในการผลิตมาสเตอร์แบตช์ โดยการรวบรวมข้อมูลจำนวนการขัดข้องและช่วงเวลาเพื่อมาวิเคราะห์หาสาเหตุการขัดข้อง หลังจากนั้นจะกำหนดกิจกรรมและช่วงเวลาที่เหมาะสมเพื่อสร้างแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกัน ซึ่งจากการดำเนินงานวิจัย พบว่า จำนวนการขัดข้องของเครื่องอัดรีดแบบสกรูลดลงจาก 42.75 ครั้งต่อเดือน เหลือ 24.25 ครั้งต่อเดือน และค่า MTBF เพิ่มขึ้นจาก 220.28 ชั่วโมง เป็น 273.31 ชั่วโมง

2.1.2 การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ (Predictive Maintenance หรือ PdM)

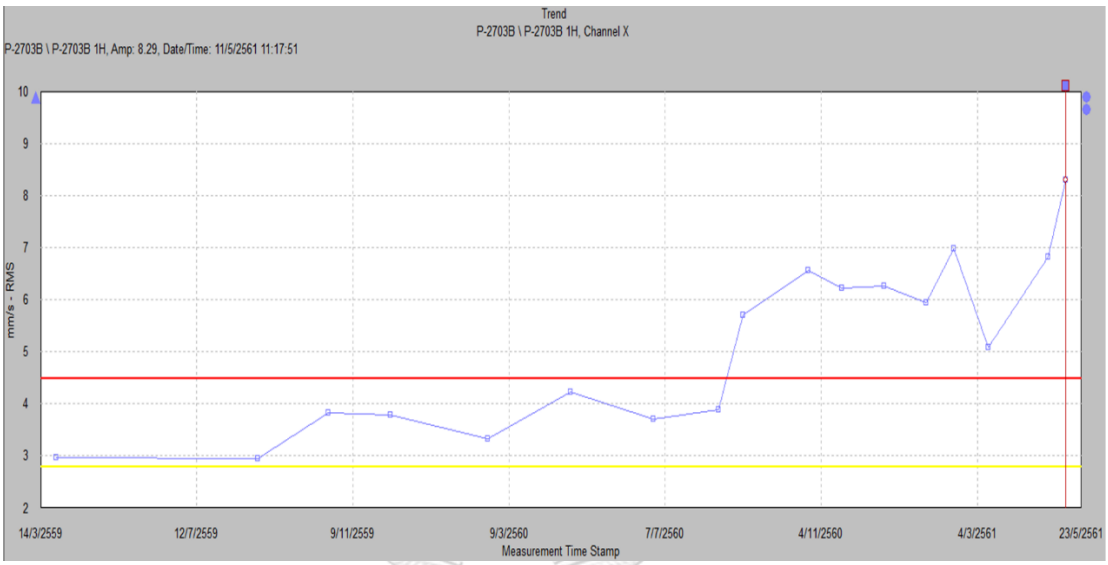
คือการบำรุงรักษาโดยกำหนดให้มีกิจกรรมการตรวจสภาพการทำงานหรือวิเคราะห์การเสื่อมสภาพของเครื่องจักรและอุปกรณ์ ด้วยเครื่องมือตรวจพบหรือเครื่องมือทดสอบที่สามารถวิเคราะห์ความผิดปกติในระดับความรุนแรงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับเครื่องจักรได้ ทำให้สามารถคาดการณ์อายุการทำงานและสามารถที่จะวางแผนแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ทันก่อนที่เครื่องจักรจะชำรุดเสียหาย

รุนแรง การบำรุงรักษาแบบ PDM จึงมีประโยชน์ คือโรงงานสามารถผลิตสินค้าให้มีคุณภาพตามแผนที่กำหนดไว้เนื่องจากการบำรุงรักษาเครื่องจักรนอกแผนจะเกิดขึ้นน้อยลงอย่างมาก การเปลี่ยนชิ้นส่วนของเครื่องจักรและอุปกรณ์จะมีความเหมาะสมและคุ้มค่ามากขึ้น ทำให้โรงงานและระบบผลิตมีความพร้อมและความน่าเชื่อถือในการผลิตสินค้าสูงขึ้น ประสิทธิภาพของการบำรุงรักษาเครื่องจักรจะเพิ่มมากขึ้น

2.1.2.1 การวิเคราะห์ความสั่นสะเทือน (Vibration Analysis)

อุปกรณ์ทางกลทุกชนิดที่มีการเคลื่อนที่จะก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนขึ้นเสมอ ระหว่างการทำงาน ไม่ว่าจะเป็นด้วยความเร็ว ด้วยการหมุน การเคลื่อนที่เชิงเส้น ดังนั้น จึงได้มีการประยุกต์การวิเคราะห์ความสั่นสะเทือนมาใช้กับอุปกรณ์ทางกล การสั่นสะเทือนนั้นเกิดจากปัญหาของเครื่องจักรที่แสดงผลออกมาให้เห็นทางกล ซึ่งจะส่งผลทำให้เครื่องจักรสูญเสียพลังงานและสมรรถนะการทำงาน เราสามารถวัดค่าของพลังงานที่สูญเสียไปของเครื่องจักรได้ในรูปของการสั่นสะเทือน (ประดิษฐ์ หมู่เมืองสอง, 2550) เครื่องจักรกลต่าง ๆ เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า เครื่องสูบ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ฯลฯ เมื่อมีการสั่นสะเทือนสูงมากกว่าปกติ นั่นแสดงว่ามีปัญหาอย่างใดอย่างหนึ่งเกิดขึ้นกับเครื่องจักรกลนั้น ๆ ซึ่งจะต้องหาแนวทางการแก้ไขเพื่อลดการสูญเสียพลังงานและเป็นการรักษาสภาพการทำงานของเครื่องจักรนั้นให้อยู่ในระดับปกติ ในการวิเคราะห์การทำงานของเครื่องจักรกลและการคาดการณ์ล่วงหน้า (Predictive Maintenance : PdM) โดยใช้เทคนิคการสั่นสะเทือน (Vibration Technique) เป็นแนวทางการบำรุงรักษาที่ดีอีกแนวทางหนึ่ง เพราะหากการตรวจสอบได้ทำอย่างสม่ำเสมอตามกำหนดเวลาที่กำหนดไว้ โอกาสที่ความเสียหายเนื่องจากการที่ต้องหยุดกระบวนการผลิตโดยไม่คาดหมายจะเกิดขึ้นได้ยากและน้อยที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 2.1 แนวโน้มความสั่นสะเทือนของเครื่องจักร

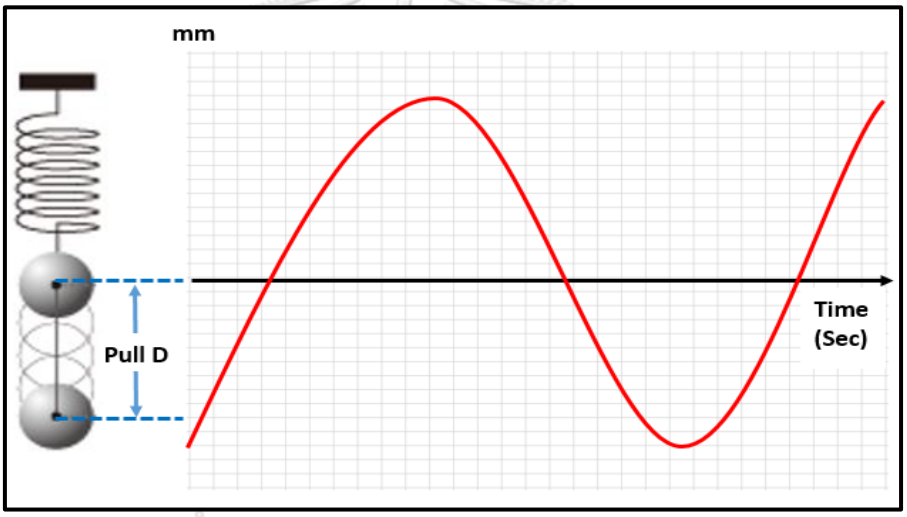
รูปที่ 2.1 แสดงผลการวัดความสั่นสะเทือนของเครื่องจักรตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559-2561 จะเห็นได้ว่ากราฟการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น แสดงถึงความผิดปกติของเครื่องจักร ทางทีมที่เกี่ยวข้องจำเป็นต้องหาสาเหตุและวางแผนการซ่อมบำรุง

การตรวจวัดค่าความสั่นสะเทือนของเครื่องจักร จะใช้เครื่องมือวัดที่เรียกว่า เครื่องวัดความสั่นสะเทือน (Vibration Meter) ดังรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 เครื่องมือวัดความสั่นสะเทือน

ซึ่งรายละเอียดพื้นฐานของการตรวจวัดและวิเคราะห์ค่าความสั่นสะเทือน สามารถจำแนกได้ตามปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

(1) การวัดความถี่ (Frequency) ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบของการเคลื่อนที่หรือรอบของการหมุนต่อหน่วยเวลา ซึ่งสามารถแสดงในรูปของสปริงผูกติดกับมวล ดังรูปที่ 2.3 เมื่อมีการเคลื่อนที่ มวลจะถูกแกว่งไปมาบนสปริง การแกว่งไปมาจะทำให้ตำแหน่งของมวลเปลี่ยนไป ทำให้เห็นเป็นรูปคลื่น (Sine wave) จุดเริ่มต้นคือ จุดที่มวลอยู่กับที่ คือเริ่มจากตำแหน่งศูนย์ การเคลื่อนที่ขึ้นลงหนึ่งรอบจะใช้นำมาเปรียบเทียบกับหน่วยเวลา จากตัวอย่างข้างต้นถ้าหากเพลาหมุนด้วยความเร็ว 1,200 รอบต่อนาที (RPM) ความถี่ในการหมุนจะเท่ากับ 1,200/60 = 20 รอบต่อวินาทีหรือ 20 Hz (ประดิษฐ์ หมู่เมืองสอง 2550)



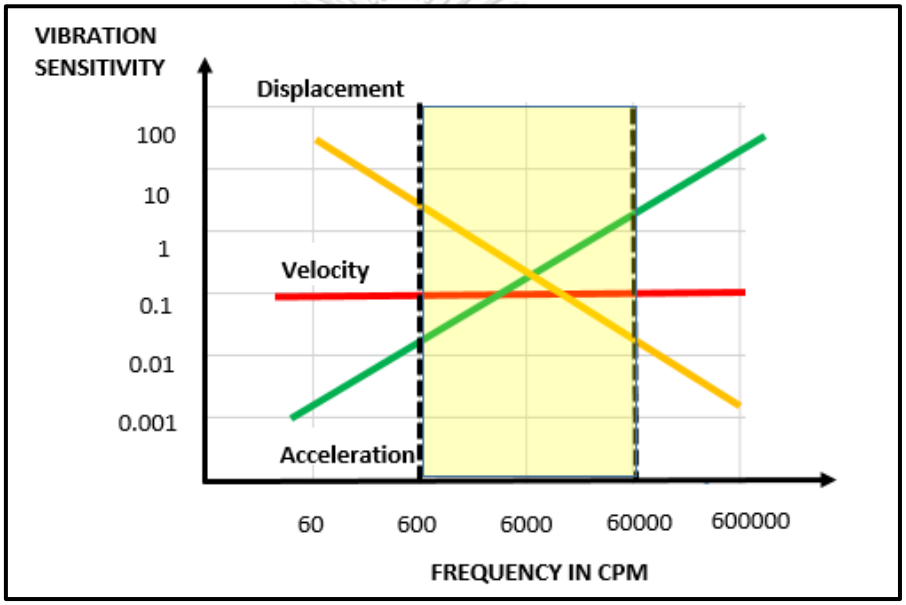
รูปที่ 2.3 การเคลื่อนที่ของสปริงต่อหน่วยเวลา

(2) การวัดการขจัด (Displacement) หน่วยที่นิยมใช้เป็นหน่วยความยาว จะวัดในหน่วย mils หรือ Micrometers การขจัด คือการเปลี่ยนแปลงระยะทางหรือตำแหน่งของวัตถุโดยเทียบกับจุดอ้างอิงซึ่งอุปกรณ์ในการวัดการขจัด คือ Eddy Probe หรือ Displacement Probe ซึ่งอุปกรณ์นี้นิยมใช้ในการวัดความสั่นสะเทือนของเพลาและเครื่องจักรที่ใช้ตลับลูกปืนแบบ Fluid Film ซึ่งการวัดด้วยอุปกรณ์นี้เหมาะสำหรับการวัด Vibration ในเครื่องจักรที่มีความเร็วรอบต่ำที่ไม่เกิน 1,200 RPM (รอบต่อนาที) หรือช่วงความถี่ต่ำกว่า 10 Hz

(3) การวัดความเร็ว (Velocity) หรือความเร็วในการสั่น หมายถึง ความเร็วที่เครื่องจักรหรือวัตถุสั่นในแต่ละรอบ มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อวินาที (mm/sec) นิ้วต่อวินาที

(inch/sec) การวัดอัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วของการขจัดนี้จะใช้ในการวัดความสั่นสะเทือนของเครื่องจักรเป็นส่วนใหญ่ วิธีนี้เหมาะสำหรับการตรวจสอบความสั่นสะเทือนที่ความถี่ต่ำถึงปานกลาง 10 Hz ไปจนถึง 1,000 Hz

(4) การวัดอัตราเร่ง (Acceleration) อัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วของความสั่นสะเทือนมีหน่วยเป็นฟุตต่อวินาที^{2} (ft/s^2), มิลลิเมตรต่อวินาที^{2} (mm/s^2) เหมาะสำหรับการวัดในช่วงที่มีความถี่สูงตั้งแต่ 1,000 Hz หรือ 60,000 RPM ขึ้นไปเพราะการสั่นสะเทือนที่ความถี่สูงนั้นระยะทางของการเคลื่อนที่น้อยแต่ความเร็วในการเคลื่อนที่จะสูงมาก



Chulalongkorn University

รูปที่ 2.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยการวัดค่าความสั่นสะเทือนกับความถี่

จากรูปที่ 2.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยการวัดค่าความสั่นสะเทือนกับความถี่ จะเห็นได้ว่า หน่วยการวัด Displacement (เส้นสีเหลือง) จะแสดงผลการวัดได้ดีที่ความถี่ต่ำเหมาะกับการนำมาวัดโครงสร้างและเครื่องจักรที่มีความถี่ต่ำ หน่วยการวัด Velocity (เส้นสีแดง) แสดงให้เห็นว่าสามารถแสดงผลการวัดได้ทุกย่านความถี่ หน่วยการวัด Acceleration (เส้นสีเขียว) จะแสดงผลได้ดีที่ความถี่สูงเหมาะสำหรับใช้ตรวจสอบความเสียหายตลับลูกปืน (Bearing) เนื่องจากเมื่อตลับลูกปืนเริ่มเกิดความเสียหายจะส่งสัญญาณที่ความถี่สูงออกมา sec^2

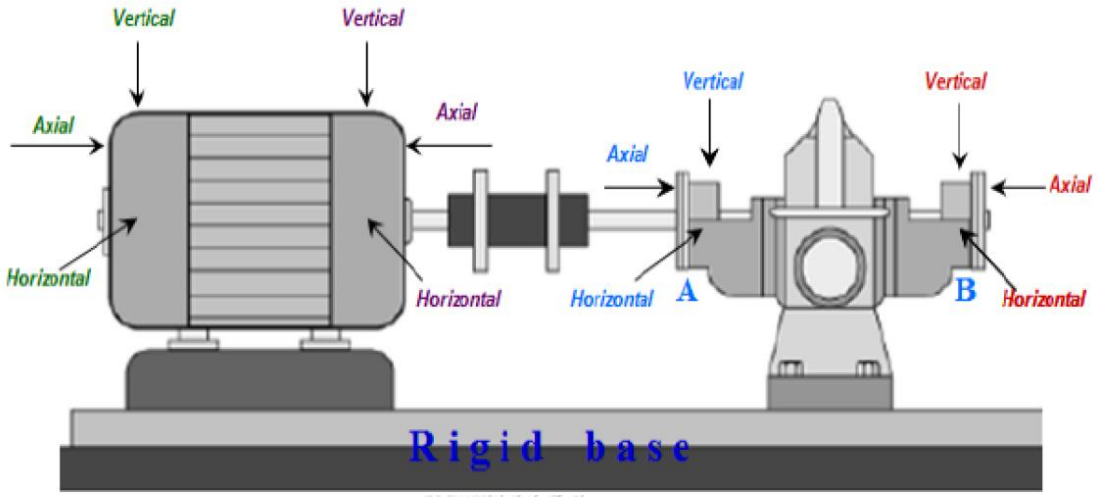
ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยการสั่นสะเทือนกับสมมุติฐานความเสียหายเครื่องจักร

หน่วยวัดการสั่นสะเทือน		จุดประสงค์	สมมุติฐานความเสียหาย
หน่วยความเร็ว	mm/sec,rms Inch/sec,rms	ประเมินระดับการสั่นสะเทือนตามมาตรฐาน ISO	การเสียสมดุล (Unbalance) การเยื้องศูนย์ (Misalignment) การหลวมคลอน (Looseness)
หน่วยความเร่ง (10-10,000 Hz)	G's,peak Mm/ sec^2	ตรวจสอบสภาพตลับลูกปืน การทำงานของชุดเกียร์	การขาดสารหล่อลื่น ความเสียหายของลูกปืน ความเสียหายเกียร์
หน่วยตรวจสอบแบริ่ง (Band pass filter or high pass)	Ge(Envelope) BDU(Bearing damage Unit)	ตรวจสอบสภาพตลับลูกปืน,ความผิดปกติของเกียร์	การขาดสารหล่อลื่น ความเสียหายของลูกปืน ความเสียหายเกียร์ในช่วงเริ่มต้นความเสียหาย

จากตารางที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยการสั่นสะเทือนกับสมมุติฐานความเสียหายของเครื่องจักร ซึ่งจะช่วยในการตรวจสอบความผิดปกติของเครื่องจักรเบื้องต้น

ตำแหน่งในการวัดการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร มีความสำคัญเป็นอย่างมากในการเก็บข้อมูลค่าการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร ซึ่งควรจะหลีกเลี่ยงตำแหน่งที่เครื่องจักรมีการทาสีไว้ ตำแหน่งที่ลูกปืนไม่ได้รับแรงและโครงสร้างที่โปร่งของเครื่องจักร ซึ่งบริเวณเหล่านี้จะทำให้ข้อมูลจากการวัดค่าการสั่นสะเทือนที่คลาดเคลื่อนได้ (วิศรุต พลหงษ์, 2559) เมื่อทำการวัดค่าการสั่นสะเทือนด้วยหัววัดแบบมือจับ (Hand-held sensor) จะต้องคำนึงถึงตำแหน่งที่วัด มุมและแรงกดของการวัดให้ใกล้เคียงตำแหน่งเดิมในทุกครั้งที่วัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างแกนในการวัดค่าความสั่นสะเทือน

ที่มา : สถาบันไทยเยอรมัน การบำรุงรักษาตามสภาพเชิงรุกและกรณีศึกษา

รูปที่ 2.5 แสดงแนวแกนในการวัดค่าความสั่นสะเทือนทั้งหมด 3 แกน คือ

- การวัดในแนวรัศมี (Radial) แบ่งออกเป็น แกนตั้งฉากกับเพลาในแนวดิ่ง (Vertical) และแกนตั้งฉากกับเพลาในแนวนอน (Horizontal)

- การวัดในแนวแกน (Axial)

(วิศรุต พลหงษ์, 2559) ทำงานวิจัย เรื่องการพัฒนาระบบการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์สำหรับปั๊มประเภทหอยโข่งและสกรูในอุตสาหกรรมผลิตเยื่อกระดาษ โดยได้นำการวัดค่าการสั่นสะเทือนและการวิเคราะห์คุณภาพของสารหล่อลื่นในลูกปืนของปั๊มเพื่อนำมาพยากรณ์หาระยะเวลาที่เหมาะสมในการตรวจสอบมาประยุกต์เข้ากับแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน จากผลการดำเนินการวิจัยพบว่าปัญหาการขัดข้องลดลงจาก 55 ครั้งเหลือ 15 ครั้ง จำนวนชั่วโมงการขัดข้องลดลงจาก 61.81 ชั่วโมงลดลงเหลือ 9.30 ชั่วโมง ในระยะเวลา 6 เดือน

2.1.2.2 การเฝ้าระวังความผิดปกติของเครื่องจักรโดยใช้การวิเคราะห์สารหล่อลื่น (Oil Analysis)

สารหล่อลื่นของเครื่องจักร คือการผสมน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานซึ่งอาจจะเป็นชนิดเดียวหรือหลายชนิดผสมกับสารเพิ่มคุณภาพ เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติ ลักษณะ หรือประสิทธิภาพของน้ำมันพื้นฐานให้ดีขึ้น เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานกับเครื่องจักรแต่ละประเภท เมื่อสารหล่อลื่นผ่านการใช้งานในเครื่องจักรที่มีการเผาไหม้ การเสียดสี อาจเกิดปฏิกิริยาความร้อน หรือการ

เกิดปฏิกิริยาการรวมตัวออกซิเจนและสารปนเปื้อนต่าง ๆ เช่น น้ำ เศษโลหะ กรดและยางเหนียว สารอินทรีย์ เป็นต้น ทำให้คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของน้ำมันหล่อลื่น เปลี่ยนแปลงไป เช่น คุณสมบัติในการหล่อลื่นลดลง มีความหนืดเพิ่มขึ้น มีสีดำจากเขม่าและการเผาไหม้ มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น มีโลหะหนักเจือปน ดังนั้น การนำสารหล่อลื่นมาตรวจสอบและวิเคราะห์จึงเป็นกระบวนการสำคัญในการติดตามสภาพเครื่องจักรเพื่อให้การบำรุงรักษาสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

การวิเคราะห์สารหล่อลื่นของเครื่องจักร หมายถึง การเก็บตัวอย่างสารหล่อลื่นที่ใช้อยู่ในเครื่องจักรเพื่อมาทำการตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี คุณสมบัติทางกายภาพและปริมาณการปนเปื้อนของเศษโลหะตามมาตรฐานอ้างอิงดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.6 โดยวัตถุประสงค์หลักของการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น คือ

1) เพื่อเป็นการประเมินสภาพของสารหล่อลื่นที่อยู่ระหว่างใช้งานภายในเครื่องจักร

2) เพื่อช่วยประเมินสภาพของเครื่องจักรทำให้ทราบถึงอาการผิดปกติและสามารถคาดการณ์ระยะเวลาที่เครื่องจักรจะเสียหายในระดับรุนแรง

3) ช่วยในการวิเคราะห์สาเหตุของความเสียหายเครื่องจักร เพื่อนำมาใช้ในการกำหนดแนวทางการป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายขึ้นอีกในอนาคต

4) เพื่อให้สามารถวางแผนการเตรียมทรัพยากรต่าง ๆ เช่น จัดเตรียมเครื่องมือ จัดเตรียมอะไหล่ จัดเตรียมบุคลากรได้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 2.6 ตัวอย่างน้ำมันที่จะนำมาทำการตรวจสอบ

การวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นมีเทคนิคและวิธีการวิเคราะห์หลายรูปแบบเพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงตัวเลขที่นำมาประกอบการตัดสินใจเกี่ยวกับกิจกรรมด้านการบำรุงรักษา การวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มหลัก คือ

(1) การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น เป็นการวิเคราะห์ที่มุ่งเน้นคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ เช่น ความหนืด ความเป็นกรด-ด่าง จุดวาบไฟและความถ่วงจำเพาะ เนื่องจากเมื่อน้ำมันหล่อลื่นถูกใช้งานไปคุณสมบัติเหล่านี้จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงไปด้วย

(2) การวิเคราะห์สิ่งสกปรกปนเปื้อนที่มาจากสิ่งแวดล้อมหรือถูกสร้างขึ้นภายในระบบหล่อลื่น เป็นการวิเคราะห์เพื่อตรวจหาน้ำมันเชื้อเพลิง น้ำ ฝุ่น คราบเขม่า สิ่งสกปรก ซึ่งมีผลในการเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ ทำให้น้ำมันหล่อลื่นขาดคุณสมบัติที่เหมาะสมในการใช้งาน อีกทั้งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เครื่องยนต์มีการสึกหรอเพิ่มขึ้น

(3) การวิเคราะห์อนุภาคโลหะที่สึกหรอ เป็นการวิเคราะห์หาความเข้มข้นและลักษณะอนุภาคโลหะของเครื่องยนต์ที่สึกหรอและปนเปื้อนมาในน้ำมันหล่อลื่น

2.2 มาตรฐานความปลอดภัยของสมาคมป้องกันอัคคีภัยแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (NFPA)

NFPA เป็นชื่อย่อของสมาคมป้องกันอัคคีภัยแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (National Fire Protection Association) ถูกก่อตั้งขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1896 โดยมีสำนักงานใหญ่อยู่ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นองค์กรชั้นนำของโลกที่สนับสนุนกิจกรรมด้านการป้องกันอัคคีภัยโดยไม่แสวงหาผล

กำไร (Non-Profit Organization) มีสมาชิกรายบุคคลทั่วโลกกว่า 75,000 ราย และมีองค์กรทางวิชาชีพและทางการค้าระดับนานาชาติเป็นสมาชิกกว่า 80 องค์กร ภารกิจหลักของ NFPA คือ จัดทำและสนับสนุนการกำหนดมาตรฐานที่พัฒนามาจากสถิติและข้อมูลความเสียหายที่เกิดขึ้นต่อชีวิตและทรัพย์สิน อันเนื่องมาจากอัคคีภัยและอุบัติภัยต่าง ๆ ด้วยวิธีประชามติ การวิจัย การฝึกอบรม และการให้ความรู้ โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะลดปัญหาและความสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นจากอัคคีภัยและอุบัติภัยต่าง ๆ เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีของประชากรโลก นอกจากนี้ NFPA ยังเป็นแหล่งรวมข้อมูลที่สำคัญด้านความปลอดภัยของสาธารณชน มาตรฐานความปลอดภัยของ NFPA กว่า 300 ประเภท เช่น NFPA 13 มาตรฐานการติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง NFPA 20 มาตรฐานสำหรับการติดตั้งเครื่องสูบสำหรับระบบน้ำดับเพลิง NFPA 25 มาตรฐานการตรวจสอบ ทดสอบและบำรุงรักษาระบบป้องกันอัคคีภัย NFPA 704 มาตรฐานสำหรับการระบุอันตรายของวัสดุเพื่อการตอบสนองกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน (National Fire Protection Association, 2012) โดยแต่ละมาตรฐานได้รับการยอมรับจากนานาประเทศ และนำมาใช้ในกระบวนการก่อสร้างและบริหารจัดการอาคารให้มีความปลอดภัย โดยครอบคลุมตั้งแต่การออกแบบ ติดตั้ง ตรวจสอบ จนถึงการดับเพลิงเมื่อเกิดอัคคีภัย

2.2.1 NFPA 25 เป็นมาตรฐานเกี่ยวข้องกับกิจกรรมที่ควรปฏิบัติและระยะเวลาที่เหมาะสมในการตรวจสอบ ทดสอบและบำรุงรักษาระบบป้องกันอัคคีภัยที่ใช้น้ำเป็นหลัก (National Fire Protection Association, 2008) มีอุปกรณ์และเครื่องจักรที่กำหนดให้ตรวจสอบตามมาตรฐานดังนี้

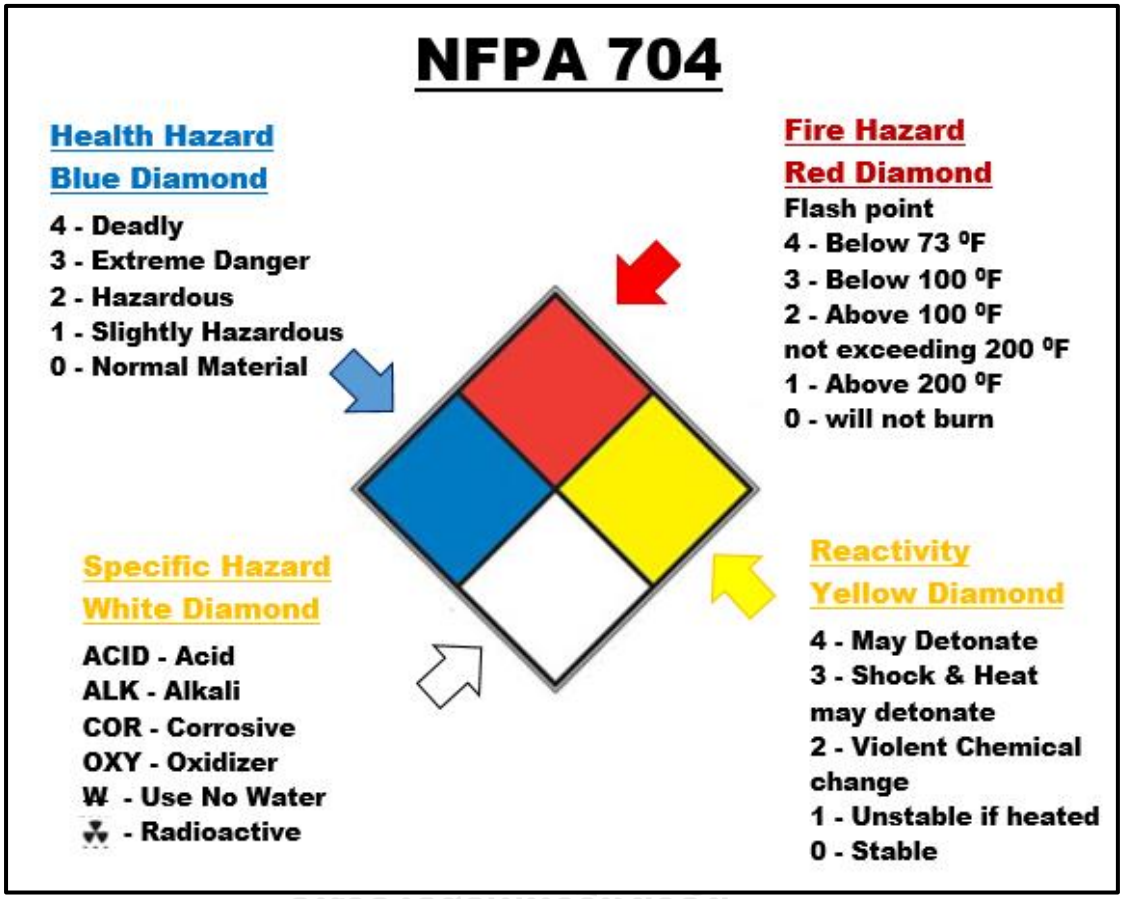
1. ระบบสปริงเกอร์
2. ระบบท่อน้ำดับเพลิง
3. ระบบถังจัดเก็บน้ำดับเพลิง
4. ระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง

มาตรฐานของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงถูกแยกออกเป็นออกเป็น 3 มาตรฐาน โดยแยกตามระบบการทำงานคือ ระบบเครื่องสูบ ระบบไฟฟ้า ระบบเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งรายละเอียดของแต่ละกิจกรรมประกอบไปด้วยกิจกรรมที่ควรปฏิบัติและระยะเวลาที่เหมาะสมในการประกอบกิจกรรม

2.2.2 NFPA 704 เป็นเครื่องหมายหรือสัญลักษณ์ซึ่งกำหนดและรักษามาตรฐานโดยสมาคมป้องกันอัคคีภัยแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา National Fire Protection Association (NFPA) เพื่อเตือนภัยอันตรายของวัสดุและแนวทางการปฏิบัติในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินได้อย่างรวดเร็ว โดยใช้เครื่องหมายที่เรียกว่า เพชรไฟ (Fire Diamond) หรือเครื่องหมายรูปข้าวหลามตัดที่ภายในแบ่งเป็นสี่เหลี่ยมย่อยขนาดเท่ากัน 4 รูปใช้พื้นที่กำกับ 4 สีได้แก่ สีแดง แสดงอันตรายจากไฟ (Flammability)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สีน้ำเงิน แสดงอันตรายต่อสุขภาพอนามัย (Health) สีเหลือง แสดงความไวในการเกิดปฏิกิริยาของสาร (Reactivity) สีขาว แสดงคุณสมบัติพิเศษของสาร และใช้ตัวเลข 0 ถึง 4 แสดงถึงระดับอันตราย



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 2.7 ประเภทและระดับความอันตรายของวัสดุ

รูปที่ 2.7 แสดงประเภทและระดับความอันตรายของวัสดุโดยแยกเป็นด้านต่าง ๆดังนี้

สีแดง แสดงอันตรายจากไฟ (Flammability) มีความอันตราย 5 ระดับคือ

ระดับ 0 คือ ระดับของปิโตรเคมีที่ไม่ติดไฟ เช่น อาร์กอน

ระดับ 1 คือ ปิโตรเคมีที่ต้องให้ความร้อนสูงเป็นเวลานานจึงสามารถลุกติดไฟได้ จุดวาบไฟสูงกว่า 93°C เช่น น้ำมันคาโนล่า

ระดับ 2 คือ ปิโตรเคมีที่ต้องให้ความร้อนปานกลางถึงสูงจึงสามารถลุกติดไฟได้ จุดวาบไฟอยู่ระหว่าง 38 – 93°C เช่น น้ำมันดีเซล

ระดับ 3 คือ ปิโตรเคมีที่สามารถลุกติดไฟได้ในสภาพแวดล้อมและอุณหภูมิปกติ จุดวาบไฟอยู่ระหว่าง 23 - 37°C เช่น น้ำมันเบนซิน

ระดับ 4 คือ ปิโตรเคมีที่สามารถระเหยได้อย่างรวดเร็วและสมบูรณ์ในสภาพความดันและอุณหภูมิปกติ หรือกระจายในอากาศและเผาไหม้ได้โดยง่าย มีจุดวาบไฟต่ำกว่า 23°C เช่น โพรเพน

สีน้ำเงิน แสดงอันตรายต่อสุขภาพอนามัย (Health) มีความอันตราย 5 ระดับ คือ

ระดับ 0 คือ ปิโตรเคมีที่ไม่เป็นอันตรายนอกจากเวลาติดไฟ

ระดับ 1 คือ ปิโตรเคมีที่ได้รับแล้วอาจทำให้เกิดระคายเคืองและอาจทำให้เกิดแผลเป็นเล็กน้อยเท่านั้น

ระดับ 2 คือ ปิโตรเคมีที่เมื่อรับเป็นช่วงหรือต่อเนื่องแต่ไม่ประจำ อาจเป็นสาเหตุให้ไร้ความสามารถชั่วขณะหรือเป็นอันตรายแบบถาวร

ระดับ 3 คือ ปิโตรเคมีที่เมื่อได้รับสารเพียงช่วงเวลาสั้นจะเป็นอันตรายร้ายแรงชั่วคราวหรือถาวร

ระดับ 4 คือ ปิโตรเคมีที่ได้รับเพียงช่วงเวลาสั้นอาจถึงตายหรือมีอาการสาหัสได้

สีเหลือง แสดงความไวในการเกิดปฏิกิริยาของปิโตรเคมี (Reactivity) มีความอันตราย 5 ระดับคือ

ระดับ 0 คือ ปิโตรเคมีที่ไม่ทำปฏิกิริยา

ระดับ 1 คือ ปิโตรเคมีที่สภาวะปกติเป็นสารที่เสถียร แต่ที่อุณหภูมิและความดันสูงจะกลายเป็นสารที่ไม่เสถียร ทำปฏิกิริยากับน้ำแล้วให้ความร้อน

ระดับ 2 คือ ปิโตรเคมีที่ไม่เสถียร อาจทำปฏิกิริยารุนแรงหรือเกิดระเบิดได้หากทำปฏิกิริยากับน้ำ

ระดับ 3 คือ ปิโตรเคมีที่อาจระเบิดได้หากได้รับความร้อนสูงและอยู่ในที่อับหรือทำปฏิกิริยากับน้ำแล้วระเบิดได้

ระดับ 4 คือ ปิโตรเคมีเหลวอาจระเบิดหรือทำปฏิกิริยาได้ง่ายที่อุณหภูมิและความดันปกติ

สีขาว แสดงคุณสมบัติพิเศษของสารและข้อควรระวังพิเศษ (Special Notice) เช่น

ACID คือ ปิโตรเคมีเหลวที่เป็นกรด

OXY คือ ปิโตรเคมีเหลวที่เป็นสารออกซิไดซ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3 เครื่องสูบ (pump)

เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยส่งผ่านพลังงานให้แก่ของเหลวเพื่อทำให้ของเหลวสามารถไหลจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งหรือจากบริเวณที่มีระดับของเหลวต่ำกว่าไปยังระดับของเหลวที่อยู่สูงกว่าหรือจากบริเวณที่มีความดันต่ำไปยังบริเวณที่มีความดันสูง (วิศรุต พลหงษ์, 2559) โดยจุดเริ่มต้นของเครื่องสูบมีประวัติศาสตร์ที่ยาวนานมากกว่า 2,000 ปีก่อนคริสตศักราช ซึ่งในช่วงเริ่มแรกมีการใช้พลังงานที่ได้จากมนุษย์ สัตว์ ต่อมาจึงได้มีการพัฒนาโดยใช้พลังงานอื่นเข้ามาช่วย เช่น พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานไฟฟ้า โดยในช่วงแรกเครื่องสูบถูกใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคและเกษตรกรรมเท่านั้น แต่ในปัจจุบันเครื่องสูบจัดเป็นอุปกรณ์เครื่องมืออีกชนิดหนึ่งที่มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตความเป็นอยู่ของ

มนุษย์อย่างมาก เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยจัดส่งของเหลวเพื่อการอุปโภคบริโภค การเกษตร คมนาคม อุตสาหกรรม แต่ปัจจุบันเครื่องสูบได้วิวัฒนาการเปลี่ยนไปจากเดิม รูปร่าง รูปแบบการทำงานและเครื่องต้นกำลัง เครื่องสูบมีการจัดแบ่งตามรูปแบบและลักษณะการใช้งานได้ 2 ประเภท คือ

2.3.1 แยกประเภทตามลักษณะการเพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลวหรือการไหลของของเหลว ได้แก่

1) ประเภทแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (centrifugal) เพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลวโดยอาศัยแรงเหวี่ยงหนีจุดศูนย์กลาง ปั๊มประเภทนี้บางครั้งเรียกว่าเป็นประเภท roto-dynamic

2) ประเภทโรตารี่ (rotary) เพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลวโดยอาศัยการหมุนของฟันเฟืองรอบแกนกลาง

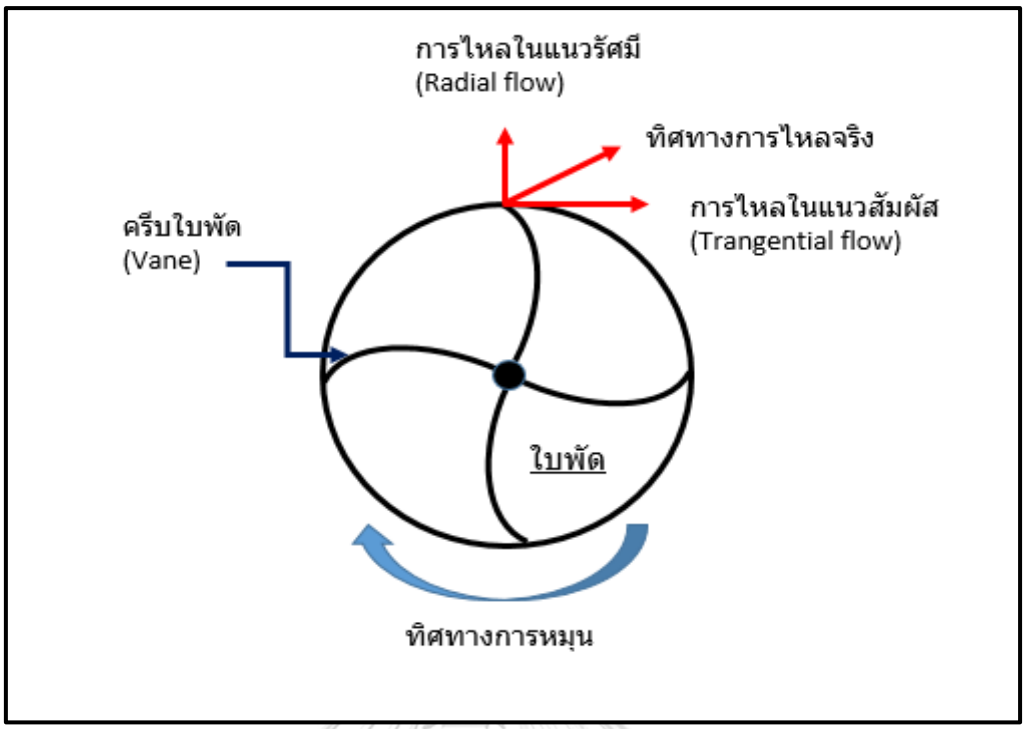
3) ประเภทลูกสูบซัก (reciprocating) เพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลวโดยอาศัยการอัดโดยตรงในกระบอกสูบ

2.3.2 แยกประเภทตามลักษณะการขับดันของของเหลวในเครื่องสูบ แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) ทำงานโดยไม่อาศัยหลักการแทนที่ของของเหลว (non-positive displacement) เครื่องสูบประเภทอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางสามารถจัดให้อยู่ในกลุ่มนี้ได้

2) ทำงานโดยอาศัยหลักการแทนที่ของของเหลว (positive displacement) เป็นหลักการแทนที่ของของเหลวในห้องสูบด้วยการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนของเครื่องสูบ

งานวิจัยนี้ให้ความสำคัญกับเครื่องสูบประเภทแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ซึ่งมีลักษณะการทำงานโดยอาศัยหลักการพลังงานกลที่ได้จากเพลาของเครื่องสูบที่ต่ออยู่กับเครื่องต้นกำลัง เช่น มอเตอร์ไฟฟ้าหรือเครื่องยนต์และถ่ายทอดพลังงานกลไปสู่ของเหลวโดยผ่านใบพัด (impeller) ที่ติดอยู่กับเพลาของเครื่องสูบ เมื่อเครื่องสูบทำงานใบพัดซึ่งติดอยู่กับเพลาก็จะหมุน ซึ่งการหมุนของใบพัดจะทำให้ของเหลวซึ่งอยู่ระหว่างครีบของใบพัดหมุนไปกับใบพัดจนเกิดแรงหนีจุดศูนย์กลาง (centrifugal force) และเป็นผลให้มีการไหลจากจุดศูนย์กลางของใบพัดออกไปสู่แนวเส้นรอบวงทุกทิศทาง (radial flow) ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ทิศทางการไหลของของเหลวขณะผ่านออกจากใบพัด

ความกดดันของของเหลวจะมีค่ามากขึ้นเมื่ออยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของใบพัดมากขึ้น เมื่อความเร็วของใบพัดซึ่งหมุนอยู่ในเครื่องสูบอัดมากพอความกดดันที่จุดศูนย์กลางก็จะต่ำกว่าค่าความกดดันของบรรยากาศ ซึ่งเมื่อความดันด้านดูด (suction) ลดลงจะทำให้ของเหลวในท่อดูดไหลเข้าช่องด้านดูดของเครื่องสูบ และไหลเข้าสู่ศูนย์กลางของใบพัดและของเหลวก็จะถูกใบพัดหมุนพา ไป (วิชาญ วิมานจันทร์, 2549) โดยเปลี่ยนจากพลังงานกลไปเป็นพลังงานจลน์และเปลี่ยนเป็นความดันไหลออกไปทางช่องด้านส่ง (discharge) ไปยังท่อส่งต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4 การวิเคราะห์ต้นไม้แห่งความล้มเหลว (fault tree analysis)

2.4.1 ที่มาและความหมายของเทคนิคต้นไม้แห่งความล้มเหลว

การวิเคราะห์ต้นไม้แห่งความล้มเหลว (fault tree analysis) หรือเรียกชื่อย่อเป็นภาษาอังกฤษว่า FTA ถูกพัฒนาขึ้นโดย H.A. Watson of Bell Telephone Laboratory เมื่อปี พ.ศ.2504 เพื่อให้หน่วยงาน US Air Force ใช้ศึกษา The Minuteman Missile Launch Control System ต่อมาในปี พ.ศ.2508 มีการจัดงานสัมมนาเกี่ยวกับความปลอดภัย จึงเป็นจุดเริ่มต้นของการวิเคราะห์ฟอลท์ทรี (FTA) ในด้านความปลอดภัยและใช้ในการวิเคราะห์ระบบที่มีความซับซ้อน หลังจากนั้นจึงได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ทางการศึกษา เช่น การวางแผน การจัดการและการประเมิน

FTA จะมีรูปแบบการการคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ โดยอาศัยหลักการทางตรรกวิทยาในการหาเหตุผลเพื่อรู้และสามารถหาทางหลีกเลี่ยงปัญหาต่าง ๆ ที่อาจจะนำไปสู่ความล้มเหลว โดยเริ่มต้นจากการกำหนดเหตุการณ์ตั้งต้น (top event) ซึ่งจะอยู่ส่วนบนสุดของแผนภูมิ หลังจากนั้นจะวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยต่าง ๆ ที่นำไปสู่การเกิดเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ (undesired event) โดยมีข้อตกลงว่าสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดสิ่งที่ไม่พึงปรารถนาสามารถแตกแขนงเป็นสาเหตุรองได้จนถึงสาเหตุสุดท้ายที่ไม่สามารถอธิบายสาเหตุย่อยใด ๆ ได้อีก เหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์บางเหตุการณ์อาจเกิดจากสาเหตุย่อยหลายสาเหตุ โดยอาจจะเป็นสาเหตุเดียวหรือสาเหตุร่วม รูปแบบของโครงสร้างของสาเหตุเหล่านี้จะถูกนำเสนอเหมือนต้นไม้ที่มีการแตกกิ่งก้านสาขาเรียกว่าต้นไม้แห่งความล้มเหลว (fault tree) เป็นต้นไม้ที่ประกอบด้วยเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดความล้มเหลว การสร้างแผนภาพต้นไม้จึงเป็นงานหลักในการวิเคราะห์ FTA โดยเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์จะอยู่ด้านบนสุดและมีเหตุการณ์หรือสาเหตุย่อยที่ทำให้เกิดความล้มเหลวอยู่ลดหลั่นเป็นระดับลงไปเรื่อย ๆ จนถึงเหตุการณ์สุดท้าย จึงหยุดทำการวิเคราะห์

2.4.2 ข้อดีของเทคนิคการวิเคราะห์ต้นไม้แห่งความล้มเหลว

(American Institute of Chemical Engineers 1985) ได้แสดงข้อดีของเทคนิคการวิเคราะห์แบบต้นไม้แห่งความล้มเหลวไว้ ดังต่อไปนี้

1) สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของความอันตรายที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน วิธีการทำงาน เครื่องมือ เครื่องจักรและกระบวนการผลิตได้

2) สามารถนำมาใช้เพื่อทำให้ทราบเหตุการณ์สำคัญที่มีโอกาสเกิดอุบัติเหตุสูงและสามารถกำหนดแนวทางการป้องกันได้

3) สามารถนำมาใช้ในการสอบสวนอุบัติเหตุที่มีความสลับซับซ้อนได้

4) การวิเคราะห์จะใช้รูปภาพแสดงความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ต่าง ๆ ทำให้สามารถมองเห็นภาพได้อย่างชัดเจนและสามารถเข้าใจได้ง่าย

2.4.3 กระบวนการขั้นตอนในเทคนิคการวิเคราะห์แบบต้นไม้แห่งความล้มเหลว

(ไพฑูรย์ ตันอุด, 2547) อธิบายเทคนิคการวิเคราะห์แบบต้นไม้แห่งความล้มเหลวมีขั้นตอนทั้งหมด 4 ขั้นตอน คือ การนิยามระบบ (system definition) การสร้างแผนภาพต้นไม้แห่งความล้มเหลว (fault tree construction) การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (qualitative evaluation) และการวิเคราะห์เชิงปริมาณ (quantitative evaluation) มีรายละเอียดในขั้นตอนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1) การนิยามระบบ (system definition)

การนิยามระบบเป็นการอธิบายโดยกล่าวถึงรายละเอียดต่างๆ ของระบบ เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการสร้างต้นไม้แห่งความล้มเหลว การนิยามระบบจะต้องระบุเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ที่จะทำการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิเคราะห์พร้อมทั้งข้อมูลในส่วนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ประกอบไปด้วย ขอบเขตของข้อมูลที่ต้องทำการวิเคราะห์ ลักษณะความเสียหายของระบบ ความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุต่าง ๆ ภายในระบบ ข้อมูลที่ได้จากการนิยามระบบจะถูกนำไปใช้ในการสร้างแผนภาพต้นไม้แห่งความล้มเหลวในขั้นตอนต่อไป

2) การสร้างแผนภาพต้นไม้แห่งความล้มเหลว (fault tree construction)

การสร้างแผนภาพต้นไม้แห่งความล้มเหลว เป็นการนำความรู้ที่ได้จากการนิยามระบบมาสร้างเป็นแผนภาพต้นไม้แห่งความล้มเหลว ซึ่งประกอบไปด้วยคำจำกัดความ สัญลักษณ์ที่ใช้กับเหตุการณ์ (event) และสัญลักษณ์ที่ใช้แสดงความเป็นเหตุเป็นผลกัน (logic gate) การสร้างแผนภาพต้นไม้แห่งความล้มเหลวมีกระบวนการในการสร้าง 2 กระบวนการ ดังนี้

(1) กระบวนการสังเคราะห์ (synthesis process) ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

ก) พิจารณาหาเหตุการณ์ในระดับทั่วไปทุกเหตุการณ์ที่มีความผิดปกติโดยสามารถพิจารณาเป็นเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ ในระบบที่ต้องการจะศึกษา

ข) แยกเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ได้เลือกมาออกเป็นกลุ่ม ๆ ตามลักษณะเหตุการณ์ที่มีความสัมพันธ์ร่วมกัน เช่น มีสาเหตุเดียวกันหรือมีลักษณะอื่น ๆ ร่วมกัน เป็นต้น

ค) ใช้ประโยชน์จากความสัมพันธ์ร่วมกัน หาเหตุการณ์ 1 เหตุการณ์ ที่สามารถ คลอบคลุมเหตุการณ์อื่น เพื่อนำมากำหนดเป็นเหตุการณ์ส่วนหัว (head event) และจะถูกพิจารณาเป็นแผนภาพต้นไม้แห่งความล้มเหลว

(2) กระบวนการวิเคราะห์แบบบน-ล่าง (analysis process: top-down approach)

ก) เลือกเหตุการณ์ส่วนหัว (head event) มาหนึ่งเหตุการณ์ ซึ่งการวิเคราะห์อาจมีเหตุการณ์ส่วนหัวหลายเหตุการณ์ได้

ข) วิเคราะห์หาเหตุการณ์ปฐมภูมิและทุติยภูมิทั้งหมด ที่สามารถเป็นสาเหตุทำให้เกิดเหตุการณ์ส่วนหัวได้

ค) หาความเกี่ยวข้องระหว่างเหตุการณ์ที่เป็นสาเหตุและเหตุการณ์ส่วนหัวในเชิงตรรกศาสตร์ (and และ or)

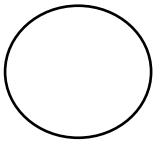
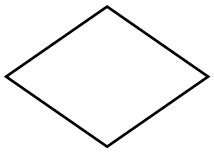
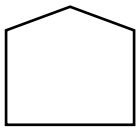
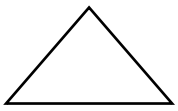
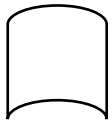
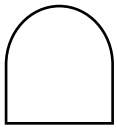
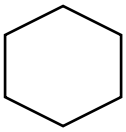
ง) ทำการวิเคราะห์ซ้ำในลำดับต่อไปโดยใช้วิธีการตามขั้นตอน ข และ ค ซึ่งเหตุการณ์ส่วนหัวที่จะนำมาวิเคราะห์ จะถูกแทนที่ด้วยเหตุการณ์ที่เป็นสาเหตุที่จะวิเคราะห์ต่อไป

จ) ทำซ้ำในขั้นตอน ข ค และ ง จนกระทั่งเหตุการณ์ที่นำมาพิจารณาทั้งหมดอยู่ในรูปของเหตุการณ์พื้นฐาน (basic event) หรือไม่ต้องการที่จะวิเคราะห์ต่อไป เพราะไม่มีความสำคัญ ข้อมูลในการวิเคราะห์ไม่เพียงพอ

ฉ) สร้างแผนภาพต้นไม้แห่งความล้มเหลว โดยใช้สัญลักษณ์ต่างๆ ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.2 ตารางสัญลักษณ์ที่ใช้ในเทคนิคการวิเคราะห์ต้นไม้แห่งความล้มเหลว

สัญลักษณ์	ชื่อ	ความหมาย
	Fault Event: เหตุการณ์ย่อย	เหตุการณ์ย่อยที่ส่งผลให้เกิดเหตุการณ์ต่อเนื่องจน เป็นเหตุให้เกิดอุบัติเหตุ
	Basic Event: เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยปกติ	เหตุการณ์ย่อยที่เห็นได้ชัดเจนโดยไม่ต้องทำการวิเคราะห์หาสาเหตุต่อเพราะถือเป็นสาเหตุแรกของการเกิดอุบัติเหตุ
	Undeveloped Event: เหตุการณ์ที่วิเคราะห์ต่อไม่ได้	เหตุการณ์ย่อยที่ไม่ต้องทำการวิเคราะห์หาสาเหตุต่อไป เนื่องจากไม่มีข้อมูลสนับสนุน
	External Event: เหตุการภายนอก	เหตุการณ์ภายนอกหรือปัจจัยภายนอกที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ต่างๆ
	Transfer Gate: สัญลักษณ์การถ่ายโอน	แสดงให้เห็นว่าสาเหตุในแผนภาพจะมีการโยกย้ายไปแสดงในหน้าอื่นหรืออีกแผนภาพหนึ่ง
	Or Gate: สาเหตุใดสาเหตุหนึ่ง	เหตุการณ์จะเกิดขึ้นได้เนื่องจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งของสาเหตุย่อย
	And Gate: สาเหตุหลายสาเหตุ	เหตุการณ์จะเกิดขึ้นได้เนื่องจากสาเหตุของเหตุการณ์ย่อยทุกตัว
	Inhibit Gate: สาเหตุแบบมีเงื่อนไข	เหตุการณ์ผลลัพท์จะเกิดขึ้นจากสาเหตุนำเข้าได้ก็ต่อเมื่อเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 2.2 แสดงสัญลักษณ์ที่ใช้สร้างแผนภาพต้นไม้แห่งความล้มเหลวซึ่งมีทั้งหมด 8 สัญลักษณ์ซึ่งใช้ในการสื่อความหมายที่แตกต่างกันออกไป

นอกจากนี้ในการสร้างแผนภาพต้นไม้แห่งความล้มเหลวมีกฎอีก 2 ข้อ เพื่อช่วยลดการข้ามขั้นตอนหรือการตัดทอนขณะสร้างแผนภาพได้แก่

- Complete-the-Gate Rule เป็นกฎที่กล่าวว่า จะต้องหาสาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์นั้น ๆ ในระดับเดียวกันให้ครบก่อนจึงจะทำการวิเคราะห์ในระดับถัดไป

- No-Gate-to-Gate Rule เป็นกฎที่กล่าวว่า ประตูตรรกศาสตร์ไม่สามารถต่อเชื่อมกันกับประตูตรรกศาสตร์โดยตรงได้

(อุมารัตน์ ศิริจรูญวงศ์, 2561) ได้ทำการรวบรวมสาเหตุของการประสบอันตรายถึงขั้นหยุดงานเกิน 3 วัน จากโรงงานอุตสาหกรรม 17 แห่งในจังหวัดสมุทรปราการ โดยได้นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุโดยใช้แผนภูมิต้นไม้แห่งความล้มเหลว ซึ่งผลของการวิเคราะห์ทำให้สามารถรู้ต้นตอของการเกิดอุบัติเหตุและสามารถกำหนดแนวทางในการควบคุม ป้องกันการประสบอันตรายถึงขั้นหยุดงานเกิน 3 วันในโรงงานได้

2.5 การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ (failure mode and effect analysis)

การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ (failure mode and effect analysis) หรือเรียกชื่อย่อเป็นภาษาอังกฤษว่า FMEA เป็นเทคนิคสำหรับการเพิ่มความไว้วางใจแก่เครื่องจักร ลดอัตราขัดข้องของเครื่องจักรในระยะเริ่มแรกและระยะการใช้งานปกติ จะเน้นที่การคาดการณ์ปัญหาโดยวิธีการวิเคราะห์หน้าที่ของกระบวนการ คือ จะทำการวิเคราะห์หน้าที่ (Function) การทำงานของเครื่องจักรและชิ้นส่วนต่างๆ แล้วจึงคาดการณ์ถึงความล้มเหลวหรือการขัดข้องใดเกิดขึ้นได้บ้าง (Mike Gerdse., Dieter Scholz., & Diego Galar., 2016) ซึ่งหมายถึงความไม่สอดคล้องกับหน้าที่ของกระบวนการที่กำหนดไว้ โดยผู้วิเคราะห์มีความจำเป็นต้องมีพื้นฐานด้านวิทยาศาสตร์พื้นฐาน (pure science) ที่ดีควบคู่ไปกับเทคโนโลยีเฉพาะด้าน (intrinsic Technology) ประกอบกับการใช้สถิติอนุมาน (inferential statistics) ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ การจำลองผล (Simulation)

กระบวนการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) เป็นไปตามขั้นตอน ดังนี้

1) หาข้อบกพร่องที่มีแนวโน้มจะเกิดขึ้นกับเครื่องจักร

2) หาสาเหตุและผลกระทบของแต่ละข้อบกพร่อง

3) จัดลำดับความสำคัญและข้อบกพร่องตามตัวเลขกำหนดก่อนหลังความเสี่ยง (risk priority number - RPN) ซึ่งพิจารณาจากความถี่ที่เกิดความรุนแรงและแนวโน้มที่ข้อบกพร่องจะเกิด

4) กำหนดปัญหาที่จะเกิดขึ้นตามมาและการแก้ไข

5) แสดงให้เห็นรูปแบบของความล้มเหลว ปัญหาและความผิดพลาดต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นแล้วจากระบบงาน การออกแบบ การผลิตและการบริการและมีการประเมินผล

6) ขจัดโอกาสของความล้มเหลวของปัญหาและความผิดพลาดนั้น ๆ ที่จะเกิดขึ้นมาอีก

7) การบันทึกลงในแบบฟอร์มมาตรฐาน

(คธายส พุ่มมณี, 2558) ทำงานวิจัยเรื่องแผนงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของลิฟต์รุ่นใหม่ โดยใช้การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงค่า MTBF ของลิฟท์ โดยเริ่มจากจัดตั้งทีมทำงาน ศึกษาโอกาสและกำหนดระดับของจำนวนครั้งของการเกิดความเสียหาย ความรุนแรงและความสามารถในการตรวจสอบพบ เพื่อมากำหนด Risk Priority Number (RPN) เพื่อนำมาใช้เพื่อปรับตารางงานซ่อมบำรุง ปรับรายการตรวจสอบงานซ่อมบำรุง การสร้างคู่มืองานซ่อมบำรุง การเตรียมแผนการอบรม และระบบการประเมินผล หลังจากการปรับปรุงพบว่าค่า MTBF ของลิฟท์เพิ่มขึ้นจาก 25 วัน เป็น 60 วัน

2.6 ทฤษฎีการวิเคราะห์ ทำไม-ทำไม (Why-Why Analysis)

เป็นเครื่องมือพื้นฐานของการวิเคราะห์หาสาเหตุรากเหง้าของปัญหา โดยถ้าสามารถค้นพบสาเหตุรากเหง้าและกำจัดได้แล้ว ปัญหาเดิมจะไม่เกิดซ้ำอย่างแน่นอน แต่หากปัญหาเดิมเกิดซ้ำ แสดงว่าการวิเคราะห์นั้นมาผิดทางหรืออาจมีบางสาเหตุตกหล่นไป จำเป็นต้องมาทำการวิเคราะห์ใหม่ เครื่องมือนี้เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงมากหากผู้วิเคราะห์มีความเข้าใจและมีความชำนาญในงานที่ตนทำอยู่ รวมถึงความรู้ด้านวิศวกรรม Why-Why Analysis เป็นเทคนิคการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุให้เกิดปรากฏการณ์อย่างเป็นระบบ มีขั้นตอน ไม่เกิดการตกหล่น ซึ่งไม่ใช่การคิดแบบคาดเดา วิธีการคิดของ Why-Why Analysis เมื่อเรามีปัญหาอย่างใดอย่างหนึ่งเกิดขึ้น จะมาวิเคราะห์ว่าอะไรเป็นปัจจัยหรือสาเหตุที่ทำให้เกิดขึ้นโดยการตั้งคำถามว่า “ทำไม” และตั้งคำถามไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งได้ปัจจัยที่เป็นต้นตอของปัญหา ปัจจัยที่อยู่หลังสุดต้องเป็นปัจจัยที่สามารถพลิกกลับกลายเป็นมาตรการที่มีประสิทธิภาพ

(รัฐกร อุดมสุข, 2553) ได้วิจัยเกี่ยวกับการปรับปรุงประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตอิฐทนไฟ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ทำไม-ทำไม เพื่อวิเคราะห์อาการขัดข้องและหามาตรการการป้องกัน หลังจากนำมาตรการป้องกันไปใช้งานพบว่าระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการขัดข้องในสายงานวิกฤตเพิ่มขึ้นจาก 94:18 ชั่วโมง เป็น 119:48 ชั่วโมง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.7 ดัชนีวัดผลในงานบำรุงรักษา

2.7.1. จำนวนครั้งการขัดข้องของเครื่องจักร (Number of Failures)

จำนวนครั้งการขัดข้องของเครื่องจักร คือ จำนวนครั้งที่เครื่องจักรไม่สามารถเดินเครื่องได้ตามที่ต้องการ โดยจำนวนครั้งการขัดข้องของเครื่องจักรสามารถแยกตามประเภทของการขัดข้องได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. เครื่องจักรไม่สามารถเดินเครื่องได้

2. เครื่องจักรไม่สามารถเดินเครื่องได้ตามประสิทธิภาพที่ต้องการ

อาการขัดข้องของเครื่องจักรจะนับตามจำนวนครั้ง ซึ่งเครื่องจักรที่มีจำนวนครั้งการขัดข้องมากแสดงให้เห็นว่าเครื่องจักรมีความพร้อมใช้งานและความน่าเชื่อถือต่ำ เครื่องจักรที่มีจำนวนครั้งการขัดข้องน้อยแสดงว่าเครื่องจักรมีการตรวจสอบและบำรุงรักษาที่ดีซึ่งจะส่งผลต่อค่าความพร้อมใช้งานและความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรนั้นด้วย

2.7.2. ความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร (Availability: A)

ความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร หมายถึงการแสดงความพร้อมของเครื่องจักรในการทำงาน ซึ่งเปรียบเทียบระหว่างเวลาที่เครื่องจักรทำงานกับเวลาที่เครื่องจักรหยุดการทำงานกะทันหันโดยไม่มีการวางแผนล่วงหน้า ถ้าเครื่องจักรมีการขัดข้องบ่อยครั้งจะส่งผลให้เครื่องจักรมีค่าความพร้อมใช้งานต่ำและมีความน่าเชื่อถือต่ำด้วย (Jain, Bhatti, & Singh, 2015) และ (Modgil, Sharma, & Singha, 2013) เป็นตัวอย่างที่แสดงถึงการปรับปรุงค่าความพร้อมใช้งานกับเครื่องจักรในโรงงานขนาดกลางและขนาดเล็ก สูตรที่ใช้ในการคำนวณดังแสดงในสมการที่ 2.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

$$\text{Availability (\%)} = \frac{\text{Planned running time} - \text{Unplanned stop time}}{\text{Planned running time}} \times 100 \quad \text{..... (2.1)}$$

โดยที่

Availability = ค่าความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร

Planned running time = เวลาที่เครื่องจักรสามารถเดินเครื่องได้

Unplanned stop time = เวลาที่เครื่องจักรไม่สามารถเดินเครื่องได้

2.7.3. ชั่วโมงแรงงาน (Man-hour)

ชั่วโมงแรงงาน หมายถึง ปริมาณของงานที่แรงงานโดยทั่วไปสามารถทำได้ภายในหนึ่งชั่วโมงโดยไม่รวมเวลาพัก เป็นหน่วยที่ใช้วัดการทำงานของคนงานในสถานประกอบการซึ่งคิดเป็นชั่วโมงต่อคน หรือเท่ากับการทำงานของคนหนึ่งคนต่อหนึ่งชั่วโมง เพื่อใช้ประโยชน์ในด้านการบริหารแรงงาน

เช่น การคำนวณเวลาที่ทำงานจริง การคำนวณเวลาทำงานที่สูญเสียไปและการคิดต้นทุนการผลิตต่อหน่วย เป็นต้น

ชั่วโมงแรงงานเป็นการประมาณค่าจำนวนของคนงานซึ่งไม่ถูกรบกวน ที่จะต้องใช้ในการกระทำงานอย่างใดอย่างหนึ่งให้สำเร็จลุล่วง ยกตัวอย่างเช่น การซ่อมรถจะต้องใช้ 10 ชั่วโมงแรงงานในการซ่อม ดังนั้นถ้าใช้ช่างซ่อมเพียงคนเดียว รถจะสามารถซ่อมเสร็จภายใน 10 ชั่วโมง แต่ถ้าเพิ่มจำนวนช่างซ่อมเป็นสองคน รถจะสามารถซ่อมเสร็จได้ภายใน 5 ชั่วโมง

(Md Azree Othuman Mydin., 2017) และ (Samir Ismail Mostafa, 2004) แสดงให้เห็นว่าเมื่อปรับปรุงวิธีการบำรุงรักษาเครื่องจักรโดยใช้การบำรุงรักษาเชิงรุกจะส่งผลให้ ชั่วโมงแรงงานในการบำรุงรักษาเครื่องจักรโดยรวมลดลง 20-25 เปอร์เซ็นต์

2.8 ระยะเวลาเฉลี่ยก่อนการขัดข้องของเครื่องจักร (Mean Time Between Failure: MTBF)

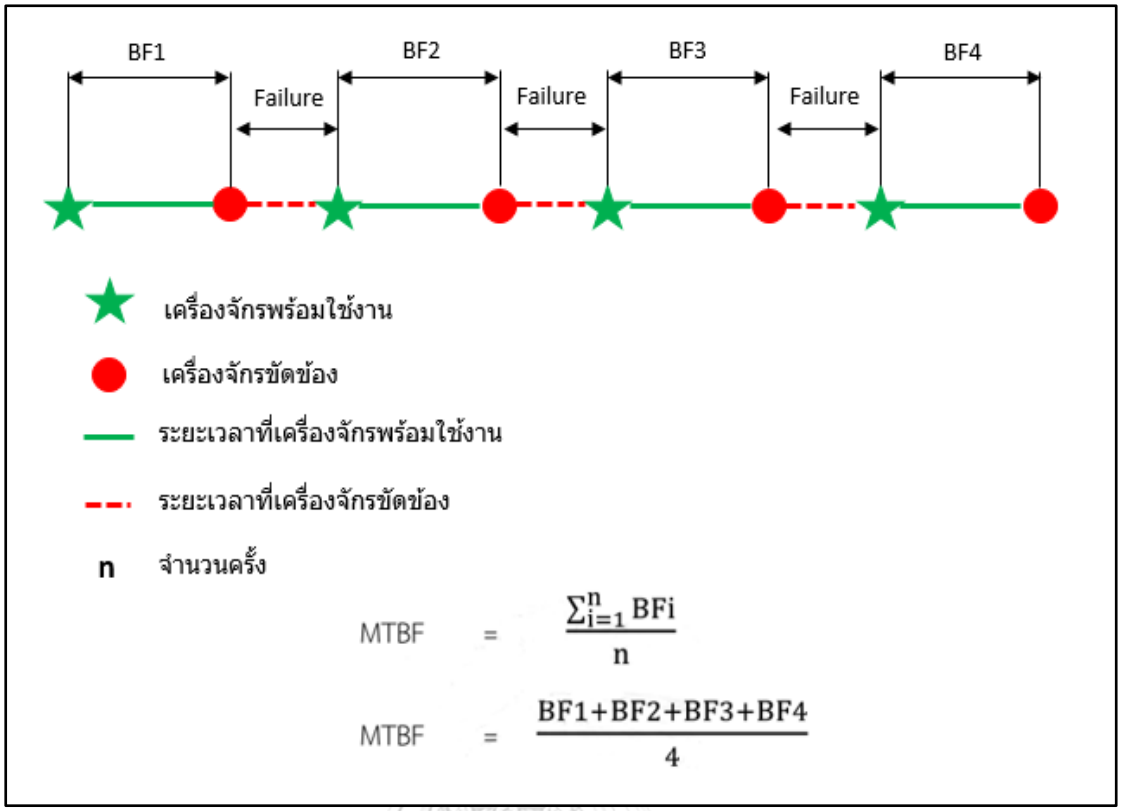
ระยะเวลาเฉลี่ยก่อนการขัดข้องของเครื่องจักร หมายถึง ช่วงระยะเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรสามารถใช้งานได้ก่อนที่จะพบการขัดข้อง 1 ครั้ง โดยเครื่องจักรที่มีค่า MTBF น้อยแสดงว่าเครื่องจักรเกิดอาการขัดข้องบ่อยครั้งและเป็นเครื่องจักรที่ขาดความน่าเชื่อถือ เครื่องจักรที่มีค่า MTBF มากแสดงว่าเครื่องจักรมีอาการขัดข้องไม่บ่อยและมีความน่าเชื่อถือสูง ซึ่งจะทำให้เกิดความมั่นใจในการใช้งานของชิ้นส่วนและอุปกรณ์ต่าง ๆ ของเครื่องจักร การมีการตรวจสอบและบำรุงรักษาเครื่องจักรที่ดีนั้นทำให้ค่า MTBF มีค่ามากขึ้น ซึ่งสามารถคำนวณค่า MTBF ได้จากสมการที่ 2.2

$$MTBF = \frac{\text{Operating time}}{\text{Number of Failures}} \quad \text{..... (2.2)}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โดยที่

MTBF	=	ระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการขัดข้อง
Operating time	=	เวลาที่เครื่องจักรสามารถใช้งานได้
Number of Failures	=	จำนวนครั้งที่เกิดเหตุขัดข้อง



รูปที่ 2.9 วิธีคำนวณหาค่า MTBF

จากรูปที่ 2.10 แสดงวิธีการคำนวณหาค่า MTBF ของเครื่องจักร ซึ่งคำนวณจากผลรวมของระยะเวลาที่เครื่องจักรพร้อมใช้งานทั้งหมด หารด้วยจำนวนครั้งที่ขัดข้อง ซึ่งการเพิ่มความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรสามารถทำได้ด้วยการเพิ่มค่า MTBF

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 จัดตั้งทีมและกำหนดเป้าหมายในการทำงาน

จากปัญหาที่ได้กล่าวมาจึงได้มีการจัดตั้งทีมทำงานในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งทีมทำงานประกอบไปด้วยทีมซ่อมบำรุงเครื่องกล (mechanical maintenance) ทีมซ่อมบำรุงไฟฟ้า (electrical maintenance) ทีมตรวจสอบ (predictive maintenance) โดยทีมทำงานมีหน้าที่ศึกษาและเก็บข้อมูลของเครื่องสูบน้ำดับเพลิง วิเคราะห์ปัญหาการเกิดความเสียหายของเครื่องสูบน้ำดับเพลิง กำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหา ดำเนินการแก้ปัญหา การวัดผลและการปรับปรุง สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

ตารางที่ 3.1 หน้าที่ความรับผิดชอบของทีมทำงาน

	หน้าที่	ความรับผิดชอบ
1	หัวหน้าทีม	- นัดประชุม - ควบคุมการดำเนินงานให้เป็นไปตามแผน - รวบรวมข้อมูล แนวคิด ข้อเสนอแนะ - สรุปผลการดำเนินการ
2	วิศวกรเครื่องกล	- รวบรวมความเสียหายที่เกี่ยวกับทางเครื่องกล - วิเคราะห์ปัญหาทางเครื่องกล - ศึกษาหาแนวทางการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับเครื่องกล - ดำเนินการแก้ปัญหา
3	วิศวกรไฟฟ้า	- รวบรวมความเสียหายที่เกี่ยวกับทางไฟฟ้า - วิเคราะห์ปัญหาทางไฟฟ้า - ศึกษาหาแนวทางการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับไฟฟ้า - ดำเนินการแก้ปัญหา
4	วิศวกรตรวจสอบ	- กำหนดวิธีการในการตรวจสอบ - วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา - ร่วมหาวิธีการในการแก้ปัญหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.1 แสดงหน้าที่และความรับผิดชอบของสมาชิกภายในทีมทำงานทั้งหมด 4 คน ซึ่งประกอบไปด้วยหัวหน้าทีม วิศวกรเครื่องกล วิศวกรไฟฟ้า วิศวกรตรวจสอบ โดยความรับผิดชอบของสมาชิกภายในทีมมีดังนี้ 1. หัวหน้าทีมทำหน้าที่นัดประชุมทีมทำงาน ควบคุมให้การดำเนินการเป็นไปตามแผนที่ได้กำหนดไว้ รวบรวมข้อมูลแนวคิด ข้อเสนอแนะจากสมาชิกภายในทีมทุกคนและนำมาสรุปผล 2. วิศวกรเครื่องกลทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับเครื่องกลประกอบไปด้วยประวัติการบำรุงรักษา ประวัติความเสียหาย แผนการบำรุงรักษาของทีมเครื่องกล วิเคราะห์ปัญหาและเสนอแนวคิดการแก้ไขที่เกี่ยวข้องกับทางเครื่องกลและดำเนินการแก้ปัญหาตามที่ได้กำหนดไว้ในแผนการดำเนินการ 3. วิศวกรไฟฟ้าทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับไฟฟ้าและเครื่องมือวัด ประกอบไปด้วยประวัติการบำรุงรักษา ประวัติความเสียหาย แผนการบำรุงรักษาของทีมไฟฟ้า วิเคราะห์ปัญหาและเสนอแนวคิดการแก้ไขที่เกี่ยวข้องกับทางไฟฟ้าและดำเนินการแก้ปัญหาตามที่ได้กำหนดไว้ในแผนการดำเนินการ 4. วิศวกรตรวจสอบทำหน้าที่ร่วมวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น ศึกษาแนวทางแก้ไขปัญหาโดยใช้ความรู้และเทคโนโลยีที่มีอยู่มาช่วยในการตรวจสอบ กำหนดแผนการตรวจสอบ

ความสำเร็จของทีมนอกเหนือจากความมุ่งมั่นตั้งใจและความรู้ความสามารถของทีมทำงานแล้ว ทุกคนภายในทีมต้องมีทิศทางและเป้าหมายในการทำงานเดียวกันเพื่อให้สามารถบรรลุผลตามที่ตั้งไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นเพื่อให้ทุกคนภายในทีมมีเป้าหมายและขอบเขตการทำงานที่ชัดเจน จึงใช้ SMART Goals ซึ่งมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในการดำเนินธุรกิจ การวางแผนกลยุทธ์หรือแม้กระทั่งตั้งเป้าหมายในการพัฒนาตนเอง เพื่อตั้งเป้าหมายให้การทำงานสามารถบรรลุผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Doran, 1981) รายละเอียดของ SMART goals ซึ่งประกอบไปด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Specific

- การปรับปรุงระบบตรวจความผิดปกติของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงทั้ง 5 เครื่องของโรงงาน
- ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องเพื่อให้งานนี้ประสบผลสำเร็จ ประกอบด้วย หน่วยงานซ่อมบำรุงและปฏิบัติการ

Measurable

- การวัดผลจากจำนวนครั้งการขัดข้องและค่าความพร้อมใช้งานของเครื่องสูบน้ำดับเพลิง

Attainable

- การลดจำนวนการขัดข้องของเครื่องจักรและเพิ่มความพร้อมใช้งานของระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง แสดงให้เห็นว่า ระบบตรวจพบที่ปรับปรุงมาสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Realistic

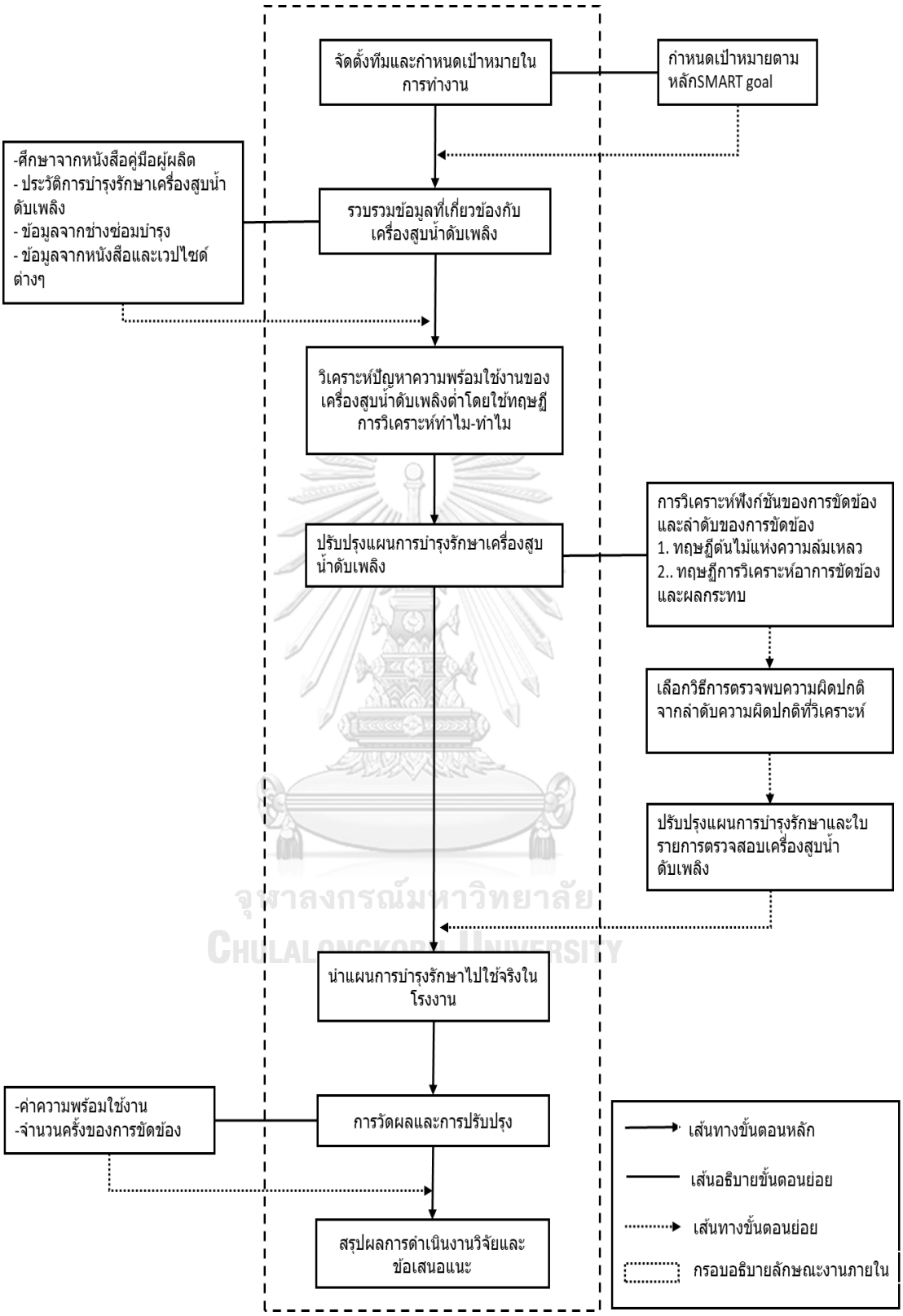
- เป้าหมายที่ตั้งไว้สามารถทำให้สำเร็จได้ด้วยความร่วมมือของทุกคนที่มีส่วนเกี่ยวข้อง

Time Sensitive

- ระยะเวลาการทำงาน 1 ปี ตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ.2561- 31 ธันวาคม พ.ศ.2561

จากการรวบรวมปัญหา ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไปแล้ว ในบทนี้ขอกล่าวถึงวิธีการดำเนินงานวิจัย โดยนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาทฤษฎีและหนังสือคู่มือต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยเพื่อทำการพัฒนาระบบการบำรุงรักษาเชิงรุกของระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงให้มีความพร้อมใช้งานมากขึ้น ซึ่งได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 7 ขั้นตอน ดังรูปที่ 3.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 3.1 ภาพรวมการดำเนินงานวิจัย

3.2 ศึกษาและเก็บข้อมูลของเครื่องสูบน้ำดับเพลิง

การรวบรวมข้อมูลการบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำดับเพลิงจากหนังสือคู่มือการบำรุงรักษาของผู้ผลิต หนังสือที่เกี่ยวข้อง และเก็บข้อมูลประวัติการบำรุงรักษาของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงตั้งแต่ปี พ.ศ.2558-2560 เพื่อช่วยในการปรับปรุงและวางแผนให้เครื่องสูบน้ำดับเพลิงมีค่าความพร้อมใช้งานมากขึ้น ซึ่งข้อมูลทั้งหมดจะหาได้จากการดำเนินการต่าง ๆ ดังนี้

3.2.1 ศึกษาหลักการทำงานและการบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำดับเพลิงและเครื่องต้นกำลังจากหนังสือคู่มือของผู้ผลิต หนังสือการวิเคราะห์การสั่นสะเทือน (ประดิษฐ์ หมู่เมืองสอง, 2550) หนังสือคู่มือปั๊ม (สุเทพ แก้วนัย, 2554) ตลอดจนศึกษาการทำงานของเครื่องสูบและเครื่องต้นกำลังทุกขั้นตอนตั้งแต่เริ่มการทำงานไปจนถึงหยุดการทำงาน เพื่อให้สามารถเข้าใจหลักการทำงานและสามารถตรวจพบสิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว

3.2.2 สอบถามข้อมูลจากช่างที่เคยเข้าไปบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำดับเพลิงโดยตรง เนื่องจากช่างจะมีข้อมูลการบำรุงรักษา ข้อมูลสภาพการทำงานของเครื่องจักรว่าอยู่ในสภาพอย่างไร ตลอดจนการศึกษาเรียนรู้จากผู้มีประสบการณ์และเชี่ยวชาญในด้านการบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำดับเพลิง เพื่อจะพัฒนาการบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำดับเพลิงให้มีความพร้อมใช้งานมากขึ้น

3.2.3 รวบรวมข้อมูลประวัติของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงย้อนหลังตั้งแต่ปี พ.ศ.2558-2560 เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์และแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม โดยประวัติของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่รวบรวมประกอบไปด้วย

3.2.3.1 ประวัติอาการขัดข้องของเครื่องสูบน้ำดับเพลิง

เครื่องสูบน้ำดับเพลิงของโรงงานกรณีศึกษามีทั้งหมด 5 เครื่อง ประกอบไปด้วยหมายเลขเครื่องจักร A, B, C, D และ E โดยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558-2560 มีจำนวนครั้งของการขัดข้องคือ ปี พ.ศ.2558 ขัดข้องจำนวน 20 ครั้ง พ.ศ.2559 ขัดข้องจำนวน 23 ครั้งและพ.ศ.2560 ขัดข้องจำนวน 18 ครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 จำนวนครั้งการขัดข้องของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงปี พ.ศ.2558-2560

จำนวนครั้งการขัดข้องของเครื่องสูบน้ำดับเพลิง						
ปี พ.ศ.	**หมายเลขของเครื่องสูบน้ำดับเพลิง**					**รวม**
	A	B	C	D	E	
2558	1	5	6	5	3	20
2559	4	6	4	5	4	23
2560	2	3	4	4	5	18
รวม	7	14	14	14	12	**61**

โดยข้อมูลจำนวนครั้งการขัดข้องที่เกิดขึ้น สามารถแยกตามหมายเลขเครื่องจักร อาการขัดข้องและช่วงเวลาที่ขัดข้อง ดังแสดงในตารางที่ 3.3-3.7

ตารางที่ 3.3 อาการขัดข้องของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงหมายเลข A ตั้งแต่ปี พ.ศ.2558-2560

อาการขัดข้อง	เครื่องจักรที่ขัดข้อง	เวลาเฉลี่ยก่อนการเสียหายแต่ละครั้ง (MTBF)	ปีพ.ศ.ที่ขัดข้อง
ปะเก็นเชือกรั่ว	เครื่องสูบน้ำ	78 ชั่วโมง	พ.ศ.2558
ท่อเครื่องสูบทะลุ	เครื่องสูบน้ำ	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2559
คับปลิงเพลาเครื่องสูบแตก	เครื่องสูบน้ำ	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2559
ขดลวดมอเตอร์ช็อต	มอเตอร์ไฟฟ้า	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2559
ตลับลูกปืนมอเตอร์แตก	มอเตอร์ไฟฟ้า	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2559
ปะเก็นเชือกรั่ว	เครื่องสูบน้ำ	78 ชั่วโมง	พ.ศ.2560
เพลาเครื่องสูบน้ำร้าว	เครื่องสูบน้ำ	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2560

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.3 แสดงอาการขัดข้องของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงหมายเลข A ตั้งแต่ปี พ.ศ.2558-2560 พบว่ามีการขัดข้องทั้งหมด 7 ครั้ง สามารถแยกตามอาการขัดข้องที่เกิดขึ้นได้ 6 อาการ ได้แก่ ปะเก็นเชือกรั่ว ท่อเครื่องสูบทะลุ คับปลิงเพลาเครื่องสูบแตก ขดลวดมอเตอร์ช็อต ตลับลูกปืนมอเตอร์แตก เพลาเครื่องสูบน้ำร้าว

ตารางที่ 3.4 อาการขัดข้องของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงหมายเลข B ตั้งแต่ปี พ.ศ.2558-2560

อาการขัดข้อง	เครื่องจักรที่ขัดข้อง	เวลาเฉลี่ยก่อนการเสียหายแต่ละครั้ง (MTBF)	ปีพ.ศ.ที่ขัดข้อง
หัวเครื่องสูบทะลุ	เครื่องสูบน้ำ	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2558
ที่กรองเครื่องสูบตัน	เครื่องสูบน้ำ	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2558
สวิตช์ควบคุมความดันเสีย	เครื่องยนต์ดีเซล	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2558
คับปลิงเพลาเครื่องยนต์แตก	เครื่องยนต์ดีเซล	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2558
แบตเตอรี่เสื่อมสภาพ	เครื่องยนต์ดีเซล	78 ชั่วโมง	พ.ศ.2558
สายน้ำมันเชื้อเพลิงรั่ว	เครื่องยนต์ดีเซล	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2559
สายน้ำมันหล่อลื่นรั่ว	เครื่องยนต์ดีเซล	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2559
ตลับลูกปืนชุดเกียร์แตก	เครื่องสูบน้ำ	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2559
ท่อเครื่องสูบทะลุ	เครื่องสูบน้ำ	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2559
ท่อไอเสียขาด	เครื่องยนต์ดีเซล	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2559
ปะเก็นเชือกรั่ว	เครื่องสูบน้ำ	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2560
กรองอากาศตัน	เครื่องยนต์ดีเซล	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2560
แบตเตอรี่เสื่อมสภาพ	เครื่องยนต์ดีเซล	78 ชั่วโมง	พ.ศ.2560
กรองน้ำมันเชื้อเพลิงตัน	เครื่องยนต์ดีเซล	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2560

ตารางที่ 3.4 แสดงอาการขัดข้องของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงหมายเลข B ตั้งแต่ปี พ.ศ.2558-2560 พบว่ามีการขัดข้องทั้งหมด 15 ครั้ง สามารถแยกตามอาการขัดข้องที่เกิดขึ้นได้ 11 อาการ ได้แก่ หัวเครื่องสูบทะลุ ที่กรองเครื่องสูบตัน สวิตช์ควบคุมความดันเสีย คับปลิงเพลาเครื่องยนต์แตก แบตเตอรี่เสื่อมสภาพ สายและท่อน้ำมันเชื้อเพลิงรั่ว ตลับลูกปืนชุดเกียร์แตก ท่อไอเสียขาด ปะเก็นเชือกรั่ว กรองอากาศตัน กรองน้ำมันตัน โดย MTBF ของชิ้นส่วนเครื่องจักรมากที่สุดคือ 156 ชั่วโมง หรือ 3 ปีเนื่องจากมีการทดสอบเดินเครื่องปีละ 52 ชั่วโมง พบการเสียหาย 1 ครั้ง MTBF ที่น้อยที่สุด คือ 78 ชั่วโมงหรือ 1.5 ปี

ตารางที่ 3.5 อาการขัดข้องของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงหมายเลข C ตั้งแต่ปี พ.ศ.2558-2560

อาการขัดข้อง	เครื่องจักรที่ขัดข้อง	เวลาเฉลี่ยก่อนการเสียหายแต่ละครั้ง (MTBF)	ปีพ.ศ.ที่ขัดข้อง
ท่อเครื่องสูบทะลุ	เครื่องสูบน้ำ	78 ชั่วโมง	พ.ศ.2558
ตลับลูกปืนชุดเกียร์แตก	เครื่องสูบน้ำ	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2558
กรองน้ำมันหล่อลื่นตัน	เครื่องยนต์ดีเซล	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2558
สายน้ำมันหล่อลื่นรั่ว	เครื่องยนต์ดีเซล	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2558
สวิตช์ควบคุมความดันเสีย	เครื่องยนต์ดีเซล	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2558
ท่อไอเสียขาด	เครื่องยนต์ดีเซล	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2558
สายน้ำมันเชื้อเพลิงรั่ว	เครื่องยนต์ดีเซล	78 ชั่วโมง	พ.ศ.2559
สายน้ำหล่อเย็นรั่ว	เครื่องยนต์ดีเซล	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2559
ท่อเครื่องสูบทะลุ	เครื่องสูบน้ำ	78 ชั่วโมง	พ.ศ.2559
แบตเตอรี่เสื่อมสภาพ	เครื่องยนต์ดีเซล	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2559
ใบพัดเครื่องสูบน้ำกร่อน	เครื่องสูบน้ำ	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2560
หม้อน้ำรั่ว	เครื่องยนต์ดีเซล	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2560
สายน้ำมันเชื้อเพลิงรั่ว	เครื่องยนต์ดีเซล	78 ชั่วโมง	พ.ศ.2560
กรองเครื่องสูบตัน	เครื่องสูบน้ำ	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2560

ตารางที่ 3.5 แสดงอาการขัดข้องของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงหมายเลข C ตั้งแต่ปี พ.ศ.2558-2560 พบว่ามีการขัดข้องทั้งหมด 15 ครั้ง สามารถแยกตามอาการขัดข้องที่เกิดขึ้นได้ 11 อาการ ได้แก่ ท่อและหัวเครื่องสูบทะลุ ตลับลูกปืนชุดเกียร์แตก กรองน้ำมันเชื้อเพลิงตัน สายน้ำมันเชื้อเพลิงรั่ว สายน้ำหล่อเย็นรั่ว สวิตช์ควบคุมความดันเสีย ท่อไอเสียขาด แบตเตอรี่เสื่อมสภาพ ใบพัดเครื่องสูบน้ำกร่อน หม้อน้ำรั่ว กรองเครื่องสูบตัน

ตารางที่ 3.6 อาการขัดข้องของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงหมายเลข D ตั้งแต่ปี พ.ศ.2558-2560

อาการขัดข้อง	เครื่องจักรที่ขัดข้อง	เวลาเฉลี่ยก่อนการเสียหายแต่ละครั้ง (MTBF)	ปีพ.ศ.ที่ขัดข้อง
ท่อเครื่องสูบทะลุ	เครื่องสูบน้ำ	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2558
กรองน้ำมันเชื้อเพลิงตัน	เครื่องยนต์ดีเซล	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2558
สายน้ำหล่อเย็นรั่ว	เครื่องยนต์ดีเซล	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2558
ใบพัดเครื่องสูบน้ำกร่อน	เครื่องสูบน้ำ	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2558
ปะเก็นเชือกรั่ว	เครื่องสูบน้ำ	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2558
สายน้ำมันหล่อลื่นรั่ว	เครื่องสูบน้ำ	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2559

อาการขัดข้อง	เครื่องจักรที่ขัดข้อง	เวลาเฉลี่ยก่อนการเสียหายแต่ละครั้ง (MTBF)	ปีพ.ศ.ที่ขัดข้อง
แบตเตอรี่เสื่อมสภาพ	เครื่องยนต์ดีเซล	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2559
หัวเครื่องสูบทะลุ	เครื่องสูบน้ำ	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2559
คับปลิงเพลาเครื่องยนต์แตก	เครื่องสูบน้ำ	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2559
กรองอากาศตัน	เครื่องยนต์ดีเซล	78 ชั่วโมง	พ.ศ.2559
หม้อน้ำรั่ว	เครื่องยนต์ดีเซล	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2560
สายน้ำมันเชื้อเพลิงรั่ว	เครื่องยนต์ดีเซล	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2560
กรองอากาศตัน	เครื่องยนต์ดีเซล	78 ชั่วโมง	พ.ศ.2560
ตลับลูกปืนชุดเกียร์แตก	เครื่องสูบน้ำ	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2560

ตารางที่ 3.6 แสดงอาการขัดข้องของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงหมายเลข D ตั้งแต่ปี พ.ศ.2558-2560 พบว่ามีการขัดข้องทั้งหมด 13 ครั้ง สามารถแยกตามอาการขัดข้องที่เกิดขึ้นได้ 12 อาการ ได้แก่ กรองน้ำมันเชื้อเพลิงตัน สายน้ำหล่อเย็นรั่ว ใบพัดเครื่องสูบน้ำกร่อน ปะเก็นเชือกรั่ว สายน้ำมันเชื้อเพลิงรั่ว แบตเตอรี่เสื่อมสภาพ หัวเครื่องสูบทะลุ คับปลิงเพลาเครื่องยนต์แตก กรองอากาศตัน หม้อน้ำรั่ว สายน้ำมันเชื้อเพลิงรั่ว ตลับลูกปืนชุดเกียร์แตก

ตารางที่ 3.7 อาการขัดข้องของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงหมายเลข E ตั้งแต่ปี พ.ศ.2558-2560

อาการขัดข้อง	ชิ้นส่วนที่ขัดข้อง	เวลาเฉลี่ยก่อนการเสียหายแต่ละครั้ง (MTBF)	ปีพ.ศ.ที่ขัดข้อง
สายน้ำมันเชื้อเพลิงรั่ว	เครื่องยนต์ดีเซล	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2558
คับปลิงเพลาเครื่องสูบแตก	เครื่องสูบน้ำ	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2558
ปะเก็นเชือกรั่ว	เครื่องสูบน้ำ	78 ชั่วโมง	พ.ศ.2558
ปะเก็นเชือกรั่ว	เครื่องสูบน้ำ	78 ชั่วโมง	พ.ศ.2559
ก้านสูบเครื่องยนต์ขาด	เครื่องยนต์ดีเซล	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2559
กรองเครื่องสูบตัน	เครื่องสูบน้ำ	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2559
สายน้ำมันหล่อลื่นรั่ว	เครื่องสูบน้ำ	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2559
แบตเตอรี่เสื่อมสภาพ	เครื่องยนต์ดีเซล	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2560
แกนเทอร์โบหัก	เครื่องยนต์ดีเซล	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2560
สวิตช์ควบคุมความดันเสีย	เครื่องยนต์ดีเซล	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2560
หัวเครื่องสูบทะลุ	เครื่องสูบน้ำ	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2560
ใบพัดเครื่องสูบน้ำกร่อน	เครื่องสูบน้ำ	156 ชั่วโมง	พ.ศ.2560

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.7 แสดงอาการขัดข้องของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงหมายเลข E ตั้งแต่ปี พ.ศ.2558-2560 พบว่ามีการขัดข้องทั้งหมด 11 ครั้ง สามารถแยกตามอาการขัดข้องที่เกิดขึ้นได้ 10 อาการ ได้แก่ สายน้ำมันเชื้อเพลิงรั่ว คับปลิงเพลาเครื่องสูบแตก ปะเก็นเชือกรั่ว ก้านสูบขาด สวิตช์ควบคุมความดันเสีย กรองเครื่องสูบตัน แบตเตอรี่เสื่อมสภาพ แกนเทอร์โบหัก หัวเครื่องสูบทะลุ ใบพัดเครื่องสูบน้ำกร่อน

ตารางที่ 3.8 ภาพรวมอาการขัดข้องที่เกิดขึ้นกับเครื่องสูบน้ำดับเพลิงทุกหมายเลข

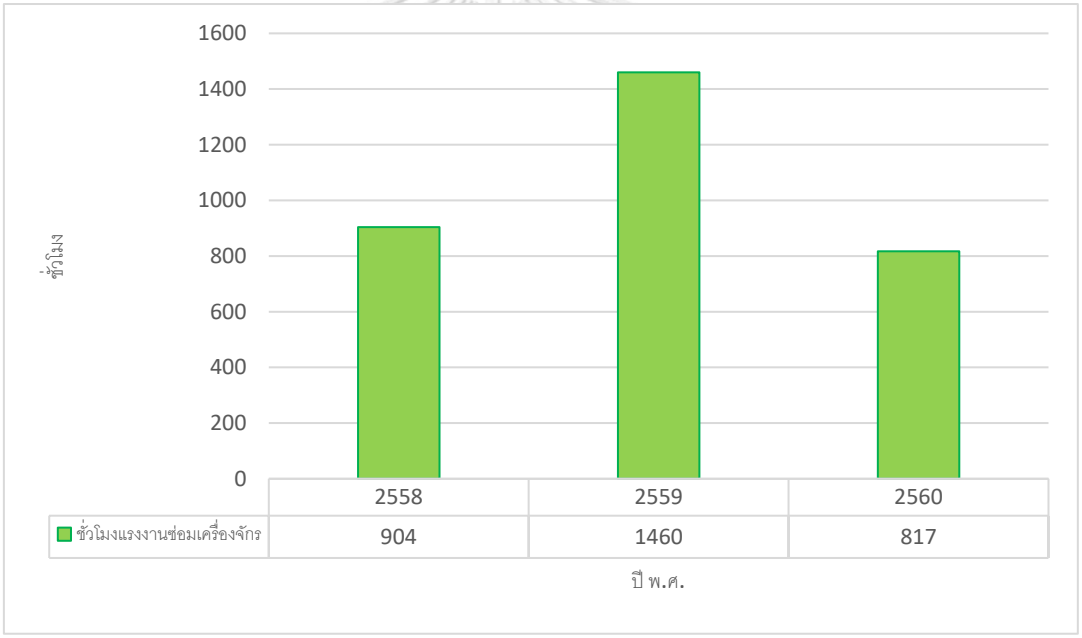
อาการขัดข้อง	หมายเลขเครื่องจักรที่ขัดข้อง				
	A	B	C	D	E
ตลับลูกปืนมอเตอร์แตก	√	-	-	-	-
ขดลวดมอเตอร์ช็อต	√	-	-	-	-
สวิตช์ควบคุมความดันเสีย	-	√	√	-	√
แบตเตอรี่เสื่อมสภาพ	-	√	√	√	√
สายน้ำมันเชื้อเพลิงรั่ว	-	√	√	√	√
สายน้ำมันหล่อลื่นรั่ว	-	√	√	√	√
กรองน้ำมันเชื้อเพลิงตัน	-	-	-	√	-
กรองน้ำมันหล่อลื่นตัน	-	-	√	-	-
กรองอากาศตัน	-	√	-	√	-
คับปลิงเพลาเครื่องยนต์แตก	-	√	-	√	-
สายน้ำหล่อเย็นรั่ว	-	-	√	√	-
ท่อไอเสียขาด	-	√	√	-	√
หม้อน้ำรั่ว	-	-	√	√	-
ก้านสูบขาด	-	-	-	-	√
แกนเทอร์โบหัก	-	-	-	-	√
ปะเก็นเชือกรั่ว	√	√	-	√	√
ท่อเครื่องสูบทะลุ	√	√	√	√	-
หัวเครื่องสูบทะลุ	-	√	-	√	√
กรองเครื่องสูบตัน	-	√	√	-	√
ตลับลูกปืนชุดเกียร์แตก	-	√	√	√	-
ใบพัดเครื่องสูบน้ำกร่อน	-	-	√	√	√
คับปลิงเพลาเครื่องสูบแตก	√	-	-	-	√
เพลาเครื่องสูบร้าว	√	-	-	-	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 3.8 แสดงภาพรวมอาการขัดข้องที่เกิดขึ้นในแต่ละเครื่องจักร ซึ่งข้อมูลข้างต้นจะช่วยให้สามารถวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้องเนื่องจากพบว่าอาการเสียหายส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นกับเครื่องจักรแบบสุ่ม ไม่เกิดขึ้นกับเครื่องจักรใดเครื่องจักรหนึ่งโดยเฉพาะ แสดงให้เห็นว่าปัญหาที่เกิดขึ้นไม่ได้เกิดขึ้นจากความผิดปกติของเครื่องจักรใดโดยเฉพาะ แต่เกิดขึ้นจากระบบการบำรุงรักษาของเครื่องจักรที่ไม่สามารถตรวจพบความผิดปกติที่เกิดขึ้นได้

3.2.3.1 ประวัติการซ่อมบำรุงเครื่องสูบน้ำดับเพลิง

เมื่อเครื่องจักรเกิดการขัดข้องผลกระทบที่จะตามมาโดยทันทีคือการซ่อมเครื่องจักรที่ต้องใช้กำลังพลและค่าใช้จ่ายจำนวนมาก จากประวัติการซ่อมแซมเครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่เกิดขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558-2560 พบว่าต้องใช้ชั่วโมงแรงงาน (man-hour) จำนวนมากในแต่ละปีเพื่อซ่อมแซมให้เครื่องสูบน้ำดับเพลิงกลับมาพร้อมใช้งานดังแสดงในรูปที่ 3.2

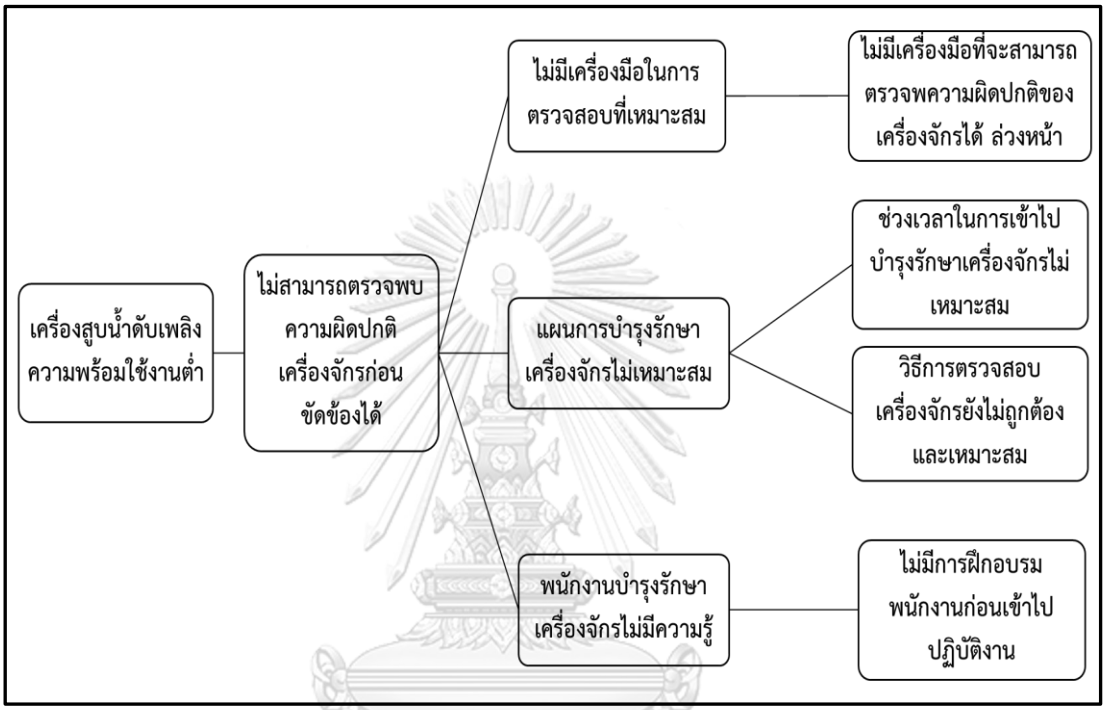


รูปที่ 3.2 ชั่วโมงแรงงานในการซ่อมเครื่องสูบน้ำดับเพลิงตั้งแต่ปี พ.ศ.2558-2560

จากรูปที่ 3.2 แสดงให้เห็นว่านอกจากความพร้อมใช้งานของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่ลดลงซึ่งเพิ่มความเสี่ยงให้กับโรงงานกรณีที่เกิดเพลิงไหม้ หน่วยงานซ่อมบำรุงต้องเสียกำลังพลต่อปีจำนวนมากเพื่อซ่อมเครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่ขัดข้อง โดยทีมซ่อมบำรุงต้องเสียกำลังพลในการซ่อมเครื่องจักรมากที่สุด 1,460 ชั่วโมงแรงงานในปีพ.ศ. 2559 และค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการซ่อมบำรุงย้อนหลัง 3 ปี คิดเป็น 1,037 ชั่วโมงแรงงานต่อปี

3.3. วิเคราะห์ปัญหา

จากการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ ทำไม-ทำไม (Why-Why analysis) เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุทำให้เกิดการขัดข้องเสียหายของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงบ่อยครั้งจนทำให้ความพร้อมใช้งานอยู่ในระดับต่ำ พบว่ามี 4 สาเหตุ ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 วิเคราะห์ปัญหาความพร้อมใช้งานของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงต่ำโดยเทคนิคทำไม-ทำไม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 3.3 การวิเคราะห์ปัญหาความพร้อมใช้งานของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงต่ำเนื่องจากเกิดการขัดข้องบ่อยครั้ง ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าสาเหตุที่เครื่องสูบน้ำดับเพลิงของโรงงานเสียหายบ่อยครั้ง ทำให้ส่งผลต่อค่าความพร้อมใช้งานของของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงของโรงงานต่ำ ซึ่งแยกสาเหตุของปัญหาได้ 4 สาเหตุ โดยแบ่งกลุ่มของปัญหาได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

3.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการบำรุงรักษาเครื่องจักร (tool) เนื่องจากการบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำดับเพลิงของโรงงานในปัจจุบันเป็นการบำรุงรักษาตามคู่มือของเครื่องจักรที่ถูกสร้างไว้ตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 การบำรุงรักษาส่วนใหญ่จึงเป็นการตรวจสอบโดยใช้สายตาส่งผลให้ไม่สามารถตรวจพบความผิดปกติของเครื่องจักรได้ล่วงหน้า จากข้อมูลพบว่าก่อนที่จะเกิดการขัดข้องของเครื่องจักรทุกครั้งจะมีสัญญาณความผิดปกติเกิดขึ้นก่อน ดังนั้น ถ้าเราสามารถหาเครื่องมือและเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาช่วยในการตรวจพบความผิดปกติและสามารถคาดเดาอายุการใช้งานได้ย่อมส่งผลให้เครื่องจักรมี

ความพร้อมใช้งานเพิ่มมากขึ้น ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาก็จะลดลง เช่น การตรวจสอบความต้านทานของขดลวดไฟฟ้า การตรวจสอบความต่างศักย์ไฟฟ้า การตรวจสอบการแตกหักของชิ้นส่วนภายในเครื่องจักร

แต่ในปัจจุบันได้มีการคิดค้นเครื่องมือที่สามารถนำมาใช้ในการตรวจพบความผิดปกติของเครื่องจักร แม้จะเป็นความผิดปกติเพียงเล็กน้อย ทำให้สามารถวิเคราะห์และคาดเดาอายุการใช้งานของเครื่องจักรได้ เช่น เครื่องมือในการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันหล่อลื่น เครื่องมือในการตรวจสอบการสั่นสะเทือน เครื่องมือในการตรวจสอบความหนาของโลหะ เครื่องมือในการตรวจสอบความเป็นฉนวนของขดลวดไฟฟ้า

3.3.2 แผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร (PM plan) เนื่องการเข้าไปบำรุงรักษาเครื่องจักรแต่ละครั้งจะถูกกำหนดวิธีการและระยะเวลาในการเข้าไปตรวจสอบจากแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรที่ถูกกำหนดและแจ้งเตือนจากโปรแกรมที่ชื่อว่า System Applications & Products in Data Processing (SAP) ดังนั้น ถ้าแผนการบำรุงรักษาที่ใช้อยู่มีช่วงเวลาในการเข้าไปตรวจสอบและรายการตรวจสอบไม่เหมาะสม จะส่งผลให้ไม่สามารถตรวจพบและคาดเดาความผิดปกติได้ก่อนจะส่งผลให้เครื่องจักรขัดข้อง จากการรวบรวมข้อมูลและนำมาวิเคราะห์ พบว่าปัญหาที่เกี่ยวข้องกับแผนการบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่ใช้อยู่มีปัญหาที่เกิดขึ้น 2 ประการ คือ 1. วิธีการตรวจสอบเครื่องจักรในปัจจุบันยังไม่เหมาะสม ไม่สามารถป้องกันการขัดข้องของเครื่องจักรได้ทั้งหมด เนื่องจากแผนการบำรุงรักษาถูกสร้างจากคู่มือที่ถูกกำหนดมามากกว่า 15 ปี ซึ่งพบว่าความเสียหายที่เกิดขึ้นในอดีต สาเหตุเกิดมาจากโหมดความเสียหายที่เกิดขึ้นยังไม่ถูกนำมากำหนดในแผนการบำรุงรักษา ส่งผลให้ยังพบการขัดข้องของเครื่องจักรอยู่ 2. ช่วงเวลาที่ถูกกำหนดเพื่อเข้าไปตรวจสอบเครื่องจักรไม่เหมาะสม คือ ถ้าช่วงเวลาในการเข้าไปตรวจสอบห่างเกินไปส่งผลให้เครื่องจักรขัดข้องก่อนที่จะสามารถตรวจพบความผิดปกติได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3.3 คน (technician) คนในที่นี้หมายถึงพนักงานที่เข้าไปทำการทดสอบและบำรุงรักษาเครื่องจักรซึ่งมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากพนักงานที่เข้าไปบำรุงรักษาเครื่องจักรต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องจักรในทุกขั้นตอนตั้งแต่ก่อนเริ่มเดินเครื่องจักรไปจนถึงการหยุดเครื่องจักร พนักงานต้องรู้เกี่ยวกับรูปแบบความเสียหายของเครื่องจักรและสาเหตุของการเกิดความเสียหาย เพื่อที่จะสามารถสังเกตความผิดปกติและดำเนินการแก้ไขได้ทันก่อนที่จะเกิดความเสียหายมากขึ้น แต่พบว่าที่ผ่านมาพนักงานที่เข้าไปบำรุงรักษาเครื่องจักรขาดความรู้ ความเข้าใจ จึงทำให้ไม่สามารถสังเกตอาการผิดปกติได้ล่วงหน้า

รูปที่ 3.4 สายน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงรั่วบริเวณเทอร์โบของเครื่องสูบน้ำดับเพลิง

จากรูปที่ 3.4 แสดงตัวอย่างความเสียหายที่เกิดจากพนักงานบำรุงรักษาเครื่องจักรตรวจพบน้ำมันรั่วบริเวณเทอร์โบของเครื่องสูบน้ำดับเพลิง แต่พนักงานมองเป็นสิ่งปกติไม่รีบดำเนินการแก้ไข เมื่อน้ำมันเจอความร้อนจากท่อไอเสียจึงเกิดการติดไฟจนเครื่องจักรเสียหายต้องเสียค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงจำนวน 200,000 บาท จะเห็นว่าความเสียหายของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่เคยเกิดขึ้นมาจากการขาดความรู้ ความเข้าใจของพนักงานเป็นสาเหตุหลัก

จากสาเหตุหลักทั้ง 4 สาเหตุที่กล่าวมาข้างต้น จึงได้แบ่งวิธีการแก้ไขปัญหาเป็น 2 วิธี คือ (1) สาเหตุที่เกิดขึ้นจากไม่มีเครื่องมือที่จะตรวจพบสิ่งผิดปกติได้ แผนการบำรุงรักษาปัจจุบันไม่สามารถป้องกันการขัดข้องของเครื่องจักรได้ทั้งหมดและไม่สามารถตรวจพบความผิดปกติของเครื่องจักรได้ล่วงหน้า จะเห็นได้ว่าวิธีการแก้ปัญหาจาก 3 สาเหตุ จะเป็นวิธีการแก้ปัญหาแนวทางเดียวกัน คือ ต้องวิเคราะห์โหมดความเสียหายของเครื่องจักรทุกโหมดเพื่อนำมาหาวิธีการตรวจพบจากเครื่องมือ เทคโนโลยีและความสามารถของบุคลากรที่มีอยู่ หลังจากนั้นจะนำวิธีการตรวจพบทั้งหมดมาปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาที่ใช้อยู่ (2) ไม่มีการฝึกอบรมพนักงานก่อนเข้าไปปฏิบัติงาน จำเป็นที่จะต้องกำหนดให้ช่างที่มีหน้าที่บำรุงรักษาเครื่องจักรต้องผ่านการอบรม การบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำดับเพลิงจากผู้ที่มีความรู้และความเชี่ยวชาญก่อนที่จะเข้าไปปฏิบัติงาน

ตารางที่ 3.9 สาเหตุและจำนวนครั้งการขัดข้องตั้งแต่ปีพ.ศ.2558 - พ.ศ.2559

ปี พ.ศ.	จำนวนครั้งที่ขัดข้อง	สาเหตุการขัดข้องของเครื่องสูบน้ำดับเพลิง			
		ไม่มีเครื่องมือตรวจสอบที่เหมาะสม (ครั้ง)	วิธีการตรวจสอบไม่เหมาะสม (ครั้ง)	ระยะเวลาในการตรวจสอบไม่เหมาะสม (ครั้ง)	คนบำรุงรักษาเครื่องจักรขาดความรู้ (ครั้ง)
2558	20	9	3	2	6
2559	23	15	2	0	6
2560	18	7	4	2	5

ตารางที่ 3.9 แสดงสาเหตุการขัดข้องของเครื่องสูบน้ำดับเพลิง มี 3 สาเหตุหลักประกอบด้วย 1) ไม่มีเครื่องมือและวิธีตรวจสอบที่เหมาะสม 2) ระยะเวลาในการตรวจสอบไม่เหมาะสม 3) คนที่บำรุงรักษาเครื่องจักรขาดความรู้ โดยสาเหตุที่ส่งผลให้เครื่องจักรขัดข้องมากที่สุด คือไม่มีเครื่องมือและวิธีการตรวจสอบที่เหมาะสม

3.4 ปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำดับเพลิง

3.4.1 วิเคราะห์หาอาการขัดข้องและลำดับการเกิดอาการขัดข้อง

เนื่องจากปัญหาหลักที่เครื่องสูบน้ำดับเพลิงขัดข้องคือไม่มีเครื่องมือและวิธีการตรวจสอบที่เหมาะสม งานวิจัยจึงต้องการพัฒนาแผนการบำรุงรักษาโดยการปรับปรุงวิธีการและเครื่องมือในการตรวจสอบเครื่องจักร รวมทั้งรอบเวลาการตรวจสอบให้เหมาะสม โดยงานวิจัยนี้จะใช้เทคนิคทั้งหมด 2 เทคนิคในการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุและลำดับเหตุการณ์การเกิดอาการขัดข้องของเครื่องสูบน้ำดับเพลิง ซึ่งประกอบไปด้วย 1) เทคนิคการวิเคราะห์ต้นไม้แห่งความล้มเหลว (fault tree analysis) 2) เทคนิคการวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ (failure mode and effect analysis) เนื่องจากการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีเป็นการวิเคราะห์ที่ให้ผลเหมือนกัน ดังนั้น การวิเคราะห์ด้วยสองวิธีการนี้จะช่วยให้ได้ผลลัพท์ที่มีความถูกต้องมากขึ้นเพราะเป็นการตรวจสอบผลลัพท์ซึ่งกันและกัน

3.4.1.1 การวิเคราะห์อาการขัดข้องด้วยเทคนิคต้นไม้แห่งความล้มเหลว เริ่มต้นจากกำหนดหน้าที่การทำงานของเครื่องจักร หลังจากนั้นต้องหาอาการขัดข้องทั้งหมดที่มีโอกาสเกิดขึ้นและส่งผลกระทบให้เครื่องจักรไม่สามารถทำงานได้ตามหน้าที่ โดยอาการขัดข้องทั้งหมดจะถูกรวบรวมจากหนังสือคู่มือ ประสบการณ์ในการทำงานและจากประวัติการบำรุงรักษา หลังจากนั้นจึงนำอาการขัดข้องมากำหนดเป็นเหตุการณ์ตั้งต้น (top event) แล้วจึงวิเคราะห์ตามลำดับอาการผิดปกติแตกแขนงจนถึงสาเหตุสุดท้ายที่ไม่สามารถอธิบายสาเหตุย่อยใดๆ ได้อีก ซึ่งแต่ละกิ่งจะมีเครื่องหมาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

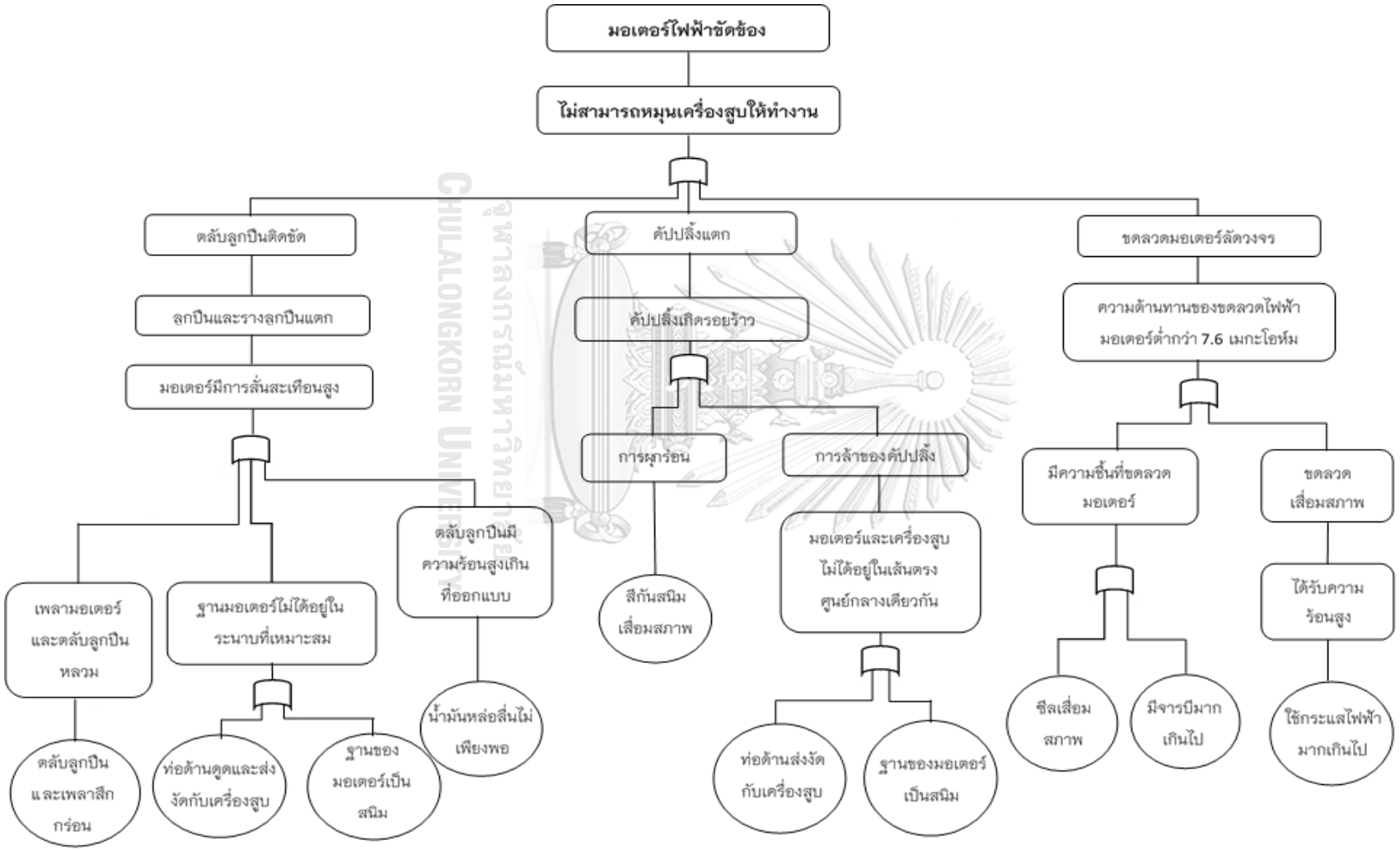
แสดงความเกี่ยวข้องกัน (and,or) ยกตัวอย่าง เช่น การเกิดความชื้นในขดลวดของมอเตอร์ (Moisture in Winding) จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อซีลเสื่อมสภาพ (seal deteriorate) หรือมีจารบีเข้าไปในขดลวดมอเตอร์มากเกินไป ดังแสดงในรูปที่ 3.5 ซึ่งเครื่องหมายแสดงความเกี่ยวข้องกันสำคัญอย่างมากเพราะเครื่องหมายและ (and gate) แสดงว่าความเสียหายจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อทุกกิ่งเกิดเหตุการณ์ขึ้นพร้อมกัน แต่เครื่องหมายหรือ (or gate) จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีเพียง 1 กิ่งเกิดขึ้นและส่งผลให้เกิดความเสียหาย เมื่อได้แผนภาพต้นไม้แห่งความล้มเหลวแล้วจะทำให้รู้ลำดับและอาการผิดปกติของเครื่องจักรทั้งหมดที่จะเกิดความเสียหาย โดยเครื่องจักรในระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงจะถูกแยกวิเคราะห์ออกเป็น 3 เครื่องจักร ตามหน้าที่การทำงาน ประกอบไปด้วย

1) แผนภาพต้นไม้แห่งความล้มเหลวของมอเตอร์ไฟฟ้า ดังรูปที่ 3.5

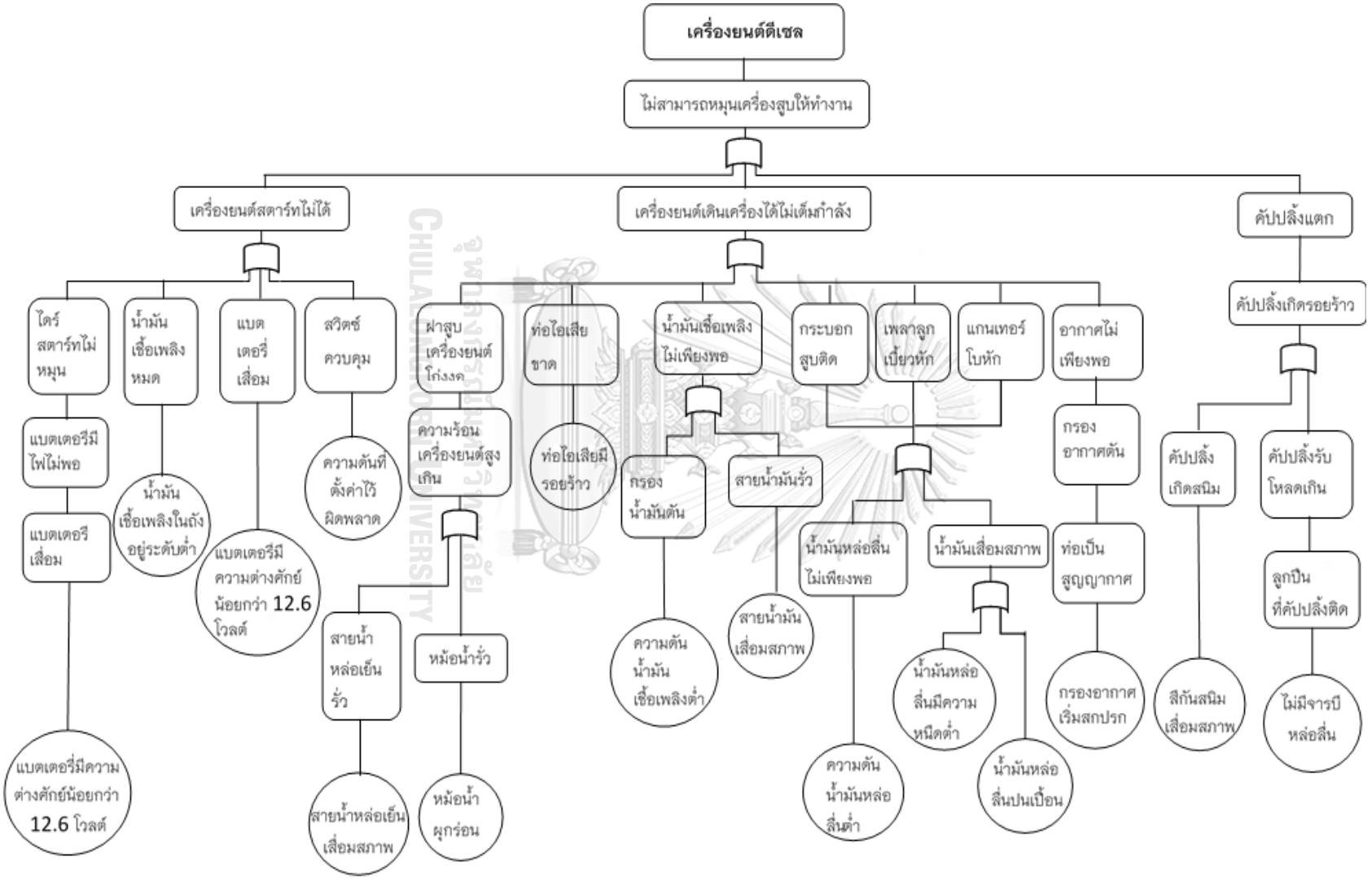
2) แผนภาพต้นไม้แห่งความล้มเหลวของเครื่องยนต์ดีเซล ดังรูปที่ 3.6

3) แผนภาพต้นไม้แห่งความล้มเหลวของเครื่องสูบ ดังรูปที่ 3.7

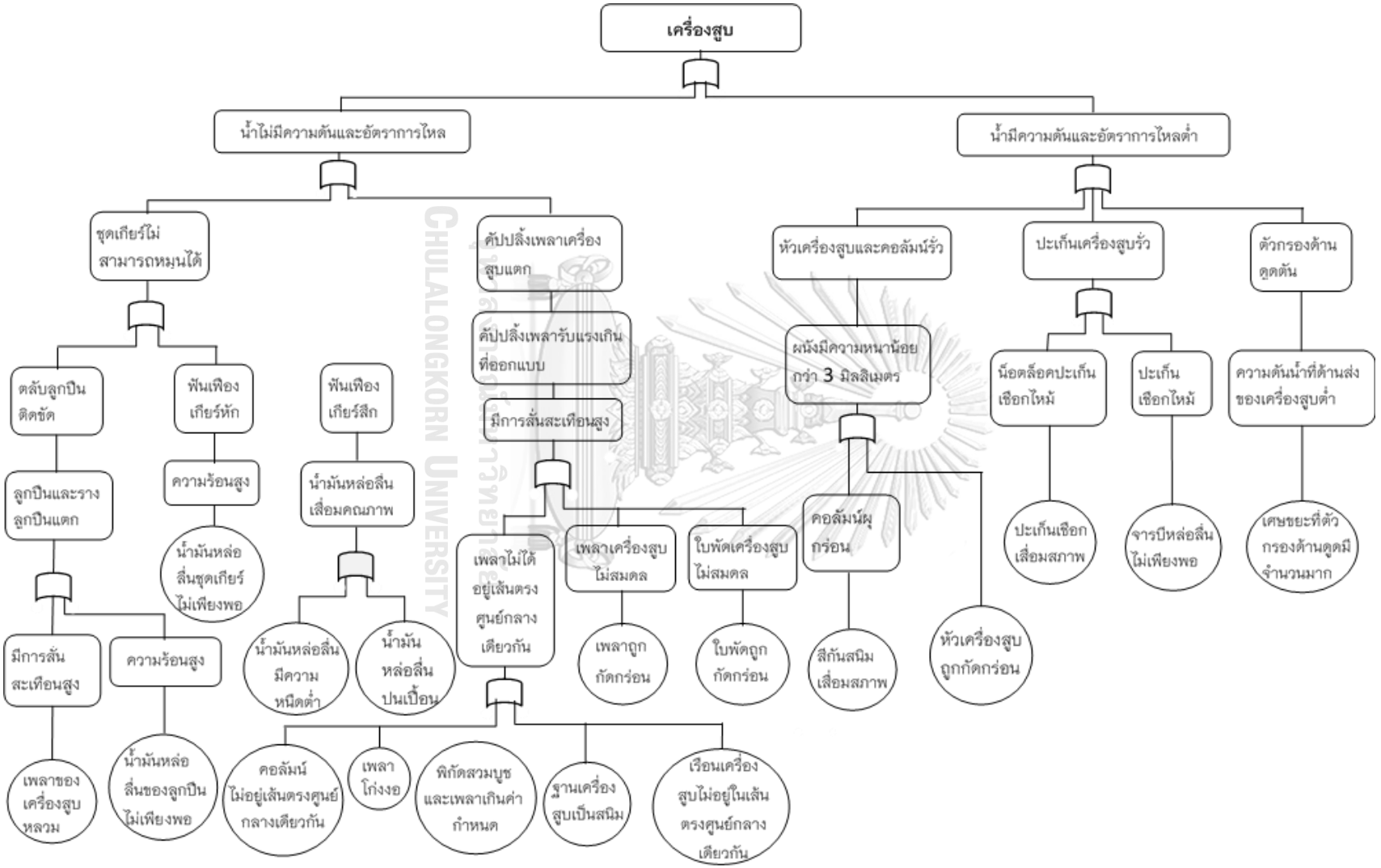
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 3.5 การวิเคราะห์อาการขัดข้องของมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้เทคนิคต้นไม้แห่งความล้มเหลว



รูปที่ 3.6 การวิเคราะห์อาการขัดข้องของเครื่องยนต์ดีเซลโดยใช้เทคนิคต้นไม้แห่งความล้มเหลว



รูปที่ 3.7 การวิเคราะห์อาการขัดข้องของเครื่องสูบโดยใช้เทคนิคต้นไม้แห่งความล้มเหลว

CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.4.1.2 การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ (FMEA)

กระบวนการวิเคราะห์จะเริ่มต้นจากการเลือกเครื่องจักรที่เราต้องการทราบโหมดความเสียหาย มากำหนดฟังก์ชันและการล้มเหลวของฟังก์ชันเครื่องจักร หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล้มเหลวของฟังก์ชัน โดยการลำดับการเกิดเหตุการณ์แบบย้อนกลับเพื่อหาความล้มเหลวที่เกิดขึ้นก่อนหน้า โดยเริ่มต้นจากอาการขัดข้อง (failure level 1) จากนั้นจะวิเคราะห์ย้อนกลับไปที่อาการผิดปกติที่เกิดขึ้นก่อนหน้าไปจนถึงระดับสุดท้ายก่อนที่เครื่องจักรทำงานโดยปกติ ซึ่งเป็นอาการเริ่มต้นของความผิดปกติที่เกิดขึ้น โดยการวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงโดยแยกวิเคราะห์ตามประเภทของเครื่องจักร ประกอบไปด้วยเครื่องจักร 3 ชนิด คือ มอเตอร์ไฟฟ้า เครื่องยนต์ดีเซลและเครื่องสูบน้ำ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงแยกวิเคราะห์โหมดความเสียหายออกตามหน้าที่การทำงานของเครื่องจักร ดังนี้

(1) การวิเคราะห์หน้าที่ที่ล้มเหลวของของมอเตอร์ไฟฟ้า

หน้าที่ของมอเตอร์ไฟฟ้า คือหมุนส่งกำลังให้เครื่องสูบหมุน ดังนั้น หน้าที่ที่ล้มเหลวของมอเตอร์ คือไม่สามารถหมุนส่งกำลังให้เครื่องสูบหมุนได้ ซึ่งอาจเกิดได้จาก 3 สาเหตุ ดังที่แสดงระดับความเสียหายที่ 1 (failure level 1) คือ 1. ตลับลูกปืนติดขัด (bearing seize) 2. คับปลิงแตก (coupling break) 3. ขดลวดไฟฟ้าลัดวังจร (winding short circuit) หลังจากนั้นอาการขัดข้องในระดับที่ 1 จะถูกนำมาวิเคราะห์หาลำดับของการเกิดความผิดปกติตามลำดับจนถึงต้นตอของความผิดปกติ ดังแสดงในตารางที่ 3.10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.10 อาการขัดข้องและลำดับความเสียหายของมอเตอร์ไฟฟ้า

หน้าที่	หน้าที่ที่ล้มเหลว	การขัดข้องลำดับ 1	การขัดข้องลำดับ 2	การขัดข้องลำดับ 3	การขัดข้องลำดับ 4	การขัดข้องลำดับ 5
หมุนเครื่องสูบให้ทำงาน	ไม่สามารถหมุนเครื่องสูบให้ทำงาน	ตลับลูกปืนติดขัด	ลูกปืนและรางลูกปืนแตก	มอเตอร์มีการสั่นสะเทือนสูง	เพลามอเตอร์และตลับลูกปืนหลวม	ตลับลูกปืนและเพลาสึกกร่อน
					ฐานมอเตอร์ไม่ได้อยู่ในระนาบที่เหมาะสม	ท่อด้านดูดและส่งงัดกับเครื่องสูบ
						ฐานของมอเตอร์เป็นสนิม
					ตลับลูกปืนมีความร้อนสูงเกินที่ออกแบบ	น้ำมันหล่อลื่นไม่เพียงพอ
		คับปลิงแตก	คับปลิงเกิดรอยร้าว	การผุกร่อน	สีกันสนิมเสื่อมสภาพ	-
				การล้าของคับปลิง	มอเตอร์และเครื่องสูบไม่ได้อยู่ในเส้นตรงศูนย์กลางเดียวกัน	ท่อด้านดูดและส่งงัดกับเครื่องสูบ
						ฐานของมอเตอร์เป็นสนิม
		ขดลวดมอเตอร์ลัดวงจร	ความต้านทานของฉนวนหุ้มขดลวดไฟฟ้ามอเตอร์ต่ำกว่า 7.6 เมกะโอห์ม	มีความชื้นที่ขดลวดมอเตอร์	ซีลเสื่อมสภาพ	-
					มีจารบีมากเกินไป	-
				ขดลวดเสื่อมสภาพ	ความร้อนสูง	ใช้กระแสไฟฟ้ามากเกินไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(2) การวิเคราะห์หน้าที่ที่ล้มเหลวของเครื่องยนต์ดีเซล

หน้าที่ของเครื่องยนต์ดีเซล คือหมุนส่งกำลังให้เครื่องสูบหมุน ดังนั้น หน้าที่ที่ล้มเหลวของเครื่องยนต์ คือ ไม่สามารถหมุนส่งกำลังให้เครื่องสูบหมุนได้ ซึ่งสามารถเกิดได้จาก 3 สาเหตุ ดังที่แสดงในระดับความเสียหายที่ 1 (failure level 1) คือ 1. เครื่องยนต์สตาร์ทไม่ได้ (engine cannot start) 2. เครื่องยนต์ไม่สามารถเดินเครื่องได้เต็มกำลัง (engine cannot running at full power) 3.

คับปลิงแตก (universal joint break) หลังจากนั้นอาการขัดข้องในระดับที่ 1 จะถูกนำมาวิเคราะห์หาลำดับของการเกิดความผิดปกติตามลำดับจนถึงต้นตอของความผิดปกติ ดังแสดงในตารางที่ 3.11

ตารางที่ 3.11 อาการขัดข้องและลำดับความเสียหายของเครื่องยนต์ดีเซล

หน้าที่	หน้าที่ที่ล้มเหลว	การขัดข้องลำดับ 1	การขัดข้องลำดับ 2	การขัดข้องลำดับ 3	การขัดข้องลำดับ 4	การขัดข้องลำดับ 5
หมุนเครื่องสูบให้ทำงาน	ไม่สามารถหมุนเครื่องสูบให้ทำงาน	เครื่องยนต์สตาร์ทไม่ได้	น้ำมันเชื้อเพลิงหมด	น้ำมันเชื้อเพลิงในถังอยู่ระดับต่ำ	-	-
			สวิตช์ควบคุมความดันไม่ทำงาน	ความดันที่ตั้งค่าไว้ผิดพลาด	-	-
			แบตเตอรี่เสื่อม	แบตเตอรี่มีความต่างศักย์น้อยกว่า 12.6 โวลต์	แบตเตอรี่ไม่สามารถเก็บประจุไฟฟ้าได้	-
					ไม่สามารถชาร์จไฟไปที่แบตเตอรี่	อุปกรณ์ชาร์จแบตเสีย
			ไดร์สตาร์ทไม่หมุน	แบตเตอรี่มีไฟไม่พอ	แบตเตอรี่เสื่อม	แบตเตอรี่มีความต่างศักย์น้อยกว่า 12.6 โวลต์
		เครื่องยนต์เดินเครื่องได้ไม่เต็มกำลัง	ฝาสูบเครื่องยนต์โก่งงอ	ความร้อนเครื่องยนต์สูงเกิน	สายน้ำหล่อเย็นรั่ว	สายน้ำหล่อเย็นเสื่อมสภาพ
					หม้อน้ำรั่ว	หม้อน้ำผุกร่อน
			ท่อไอเสียขาด	ท่อไอเสียมีรอยร้าว	การอ่อนล้าของวัสดุ	การสั่นสะเทือนของท่อ
					ท่อไอเสียเกิดสนิมกัดกร่อน	สีกันสนิมเสื่อมสภาพ
			น้ำมันเชื้อเพลิงไม่เพียงพอ	สายน้ำมันรั่ว	สายน้ำมันเสื่อมสภาพ	-
				กรองน้ำมันตัน	ความดันน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำ	กรองน้ำมันเริ่มสกปรก
			อากาศไม่เพียงพอ	กรองอากาศตัน	ท่อเป็นสูญญากาศ	กรองอากาศเริ่มสกปรก
			-ก้านสูบขาด -เพลาลูกเบี้ยวหัก	น้ำมันหล่อลื่นไม่เพียงพอ	ความดันน้ำมันหล่อลื่นต่ำ	ท่อน้ำมันหล่อลื่นรั่ว
						เครื่องสูบน้ำมัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้าที่	หน้าที่ที่ล้มเหลว	การขัดข้องลำดับ 1	การขัดข้องลำดับ 2	การขัดข้องลำดับ 3	การขัดข้องลำดับ 4	การขัดข้องลำดับ 5
			-แกนเทอร์โบหัก			หล่อลื่นเสีย
				น้ำมันเสื่อมสภาพ	น้ำมันหล่อลื่นมีความหนืดต่ำ	-
					น้ำมันหล่อลื่นปนเปื้อน	-
		คับปลิงแตก	คับปลิงเกิดรอยร้าว	คับปลิงเกิดสนิม	สีกันสนิมเสื่อมสภาพ	-
				คับปลิงรับโหลดเกิน	ลูกปืนที่คับปลิงติด	ไม่มีจาระบีหล่อลื่น

(3) การวิเคราะห์หน้าที่ที่ล้มเหลวของเครื่องสูบ

หน้าที่ของเครื่องสูบ คือหมุนส่งกำลังให้เครื่องสูบหมุน ดังนั้นหน้าที่ที่ล้มเหลวของเครื่องสูบ คือ ไม่สามารถสูบส่งน้ำให้กับระบบดับเพลิงได้ ซึ่งสามารถเกิดได้จาก 5 สาเหตุ ดังที่แสดงระดับความเสียหายที่ 1 (failure level 1) คือ 1. ชุดเกียร์ไม่สามารถหมุนได้ (gear box cannot rotate) 2. คับปลิงเพลาแตก (coupling Shaft Break) 3. ท่อส่งและตัวเครื่องสูบรั่ว (Column and head pump leak) 4. ปะเก็นเชือกรั่ว (packing leak) 5. ตัวกรองด้านดูดน้ำตัน (strainer clogged) หลังจากนั้นอาการขัดข้องในระดับที่ 1 จะถูกนำมาวิเคราะห์หาลำดับของการเกิดความผิดปกติตามลำดับจนถึงต้นตอของความผิดปกติ ดังแสดงในตารางที่ 3.12

ตารางที่ 3.12 อาการขัดข้องและลำดับความเสียหายของเครื่องสูบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้าที่	หน้าที่ที่ล้มเหลว	การขัดข้องลำดับ 1	การขัดข้องลำดับ 2	การขัดข้องลำดับ 3	การขัดข้องลำดับ 4	การขัดข้องลำดับ 5
สร้างความดันและอัตราการไหลให้น้ำ	น้ำไม่มีความดันและอัตราการไหล	ชุดเกียร์ไม่สามารถหมุนได้	ตลับลูกปืนติดขัด	ลูกปืนและรางลูกปืนแตก	มีการสั่นสะเทือนสูง	เพลาเครื่องสูบหลวม
					ความร้อนสูง	น้ำมันหล่อลื่นของลูกปืนไม่เพียงพอ
			ฟันเฟืองเกียร์หัก	ความร้อนสูง	น้ำมันหล่อลื่นชุดเกียร์ไม่เพียงพอ	-
			ฟันเฟืองเกียร์สึกหรอ	น้ำมันหล่อลื่นเสื่อมคุณภาพ	น้ำมันหล่อลื่นมีความหนืดต่ำ	-

หน้าที่	หน้าที่ที่ล้มเหลว	การขัดข้องลำดับ 1	การขัดข้องลำดับ 2	การขัดข้องลำดับ 3	การขัดข้องลำดับ 4	การขัดข้องลำดับ 5
					น้ำมันหล่อลื่นปนเปื้อน	-
		คับปลิงเพลาเครื่องสูบแตก	คับปลิงเพลารับแรงเกินที่ออกแบบ	มีการสั่นสะเทือนสูง	เพลาไม่อยู่ในเส้นตรงศูนย์กลางเดียวกัน	เพลาโก่งงอ
						คอลัมน์ไม่อยู่ในเส้นตรงศูนย์กลางเดียวกัน
						พิกัดสวมบูชและเพลาเกินค่ากำหนด
						ฐานเครื่องสูบเป็นสนิม
						เรือนเครื่องสูบไม่อยู่ในเส้นตรงศูนย์กลางเดียวกัน
					ใบพัดเครื่องสูบไม่สมดุล	ใบพัดถูกกัดกร่อน
					เพลาเครื่องสูบไม่สมดุล	เพลาถูกกัดกร่อน
	น้ำมีความดันและอัตราการไหลต่ำ	หัวเครื่องสูบและคอลัมน์รั่ว	ผนังมีความหนาน้อยกว่า 3 มิลลิเมตร	คอลัมน์ผุกร่อน	สีกันสนิมเสื่อมสภาพ	
				หัวเครื่องสูบถูกกัดกร่อน	-	-
		ปะเก็นเครื่องสูบรั่ว	ปะเก็นเชือกไหม้	จาระบีหล่อลื่นไม่เพียงพอ	-	-
			น็อตล็อคปะเก็นเชือกหลวม	ปะเก็นเชือกเสื่อมสภาพ	-	-
		ตัวกรองด้านดูดตัน	ความดันน้ำด้านส่งของเครื่องสูบต่ำ	เศษขยะและสัตว์น้ำที่ตัวกรองด้านดูดมีจำนวนมาก	-	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.5 ดำเนินการแก้ปัญหา

หลังจากที่ได้แนวทางและวิธีการแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการนำวิธีแก้ปัญหาต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้งานจริง ซึ่งมีแนวทางการแก้ปัญหาทั้งหมด 3 วิธี ประกอบด้วย

1) นำวิธีการตรวจสอบที่ได้วิเคราะห์มาสร้างแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร โดยการกำหนดรายละเอียดการตรวจสอบไว้ในใบรายการตรวจสอบเครื่องจักร (PM check sheet)

2) จะต้องปรับปรุงความรู้ความสามารถและความใส่ใจในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน โดยการดำเนินงานประกอบไปด้วย

- หลักสูตรอบรมเกี่ยวกับการบำรุงรักษาเครื่องจักร โดยเนื้อหาจะ อธิบายและทำความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการและการใช้งานเครื่องมือตรวจสอบระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่ปรับปรุงขึ้นมาใหม่ ซึ่งการอบรมต้องมีทั้งภาคทฤษฎีและทดลองปฏิบัติจริง เพื่อให้การตรวจสอบและบำรุงรักษา สามารถทำได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

- หลักสูตรอบรมเกี่ยวกับระบบการทำงานของเครื่องสูบน้ำดับเพลิง โดยการส่งพนักงานไปอบรมกับวิทยากรณ์ภายนอกที่มีความรู้ความสามารถ และกลับมาทำหลักสูตรเพื่อสอนให้กับพนักงานภายในให้มีความรู้เกี่ยวกับ การทำงานของระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงและเข้าใจหน้าที่ของชิ้นส่วนต่างๆ เพื่อให้พนักงานสามารถบำรุงรักษาเครื่องจักรได้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการอบรมจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือการอบรมภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ

3) ดำเนินการสร้างแผนการบำรุงรักษาลงในโปรแกรม System Applications & Products in Data Processing (SAP) เพื่อใช้ในการแจ้งเตือนและเก็บข้อมูลงานบำรุงรักษาที่ถูกสร้างขึ้นมาใหม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.6 การวัดผลและการปรับปรุง

หลังจากที่ได้นำแนวทางการแก้ปัญหามาทดลองใช้เป็นระยะเวลาทั้งหมด 6 เดือนแล้ว จะนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง โดยมีดัชนีชี้วัด ได้แก่

(1) จำนวนครั้งที่ระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงขัดข้อง

(2) ค่าความพร้อมใช้งานของระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง

(3) จำนวนชั่วโมงแรงงานที่ใช้ในการบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำดับเพลิง

หลังจากนั้นนำปัญหาที่พบในการดำเนินการมาปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดจุดบกพร่อง

3.7 สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะ เป็นการสรุปผลการศึกษาที่ได้จากการเพิ่มความรู้ความสามารถแก่พนักงานบำรุงรักษาเครื่องจักร การปรับปรุงการบำรุงรักษาเชิงรุกและทำการเสนอแนะแนวคิดที่ได้จากการศึกษานี้เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการบำรุงรักษาเครื่องจักรชนิดอื่นที่พบปัญหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4
การศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการพัฒนาระบบบำรุงรักษาเชิงรุก

ในบทนี้จะกล่าวถึงการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการพัฒนาระบบงานซ่อมบำรุงรักษาเชิงรุกของระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น เพื่อจะนำมาใช้เป็นแนวทางการปฏิบัติงานภายในโรงงานกรณีศึกษา โดยรายละเอียดของข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการทำงานวิจัย ประกอบด้วย

4.1 ข้อมูลทั่วไปของระบบดับเพลิงของโรงงานและหน่วยงานบำรุงรักษา

4.2 ระบบการบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำดับเพลิงของโรงงานในปัจจุบัน

4.3 แนวทางการพัฒนาการบำรุงรักษาระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง

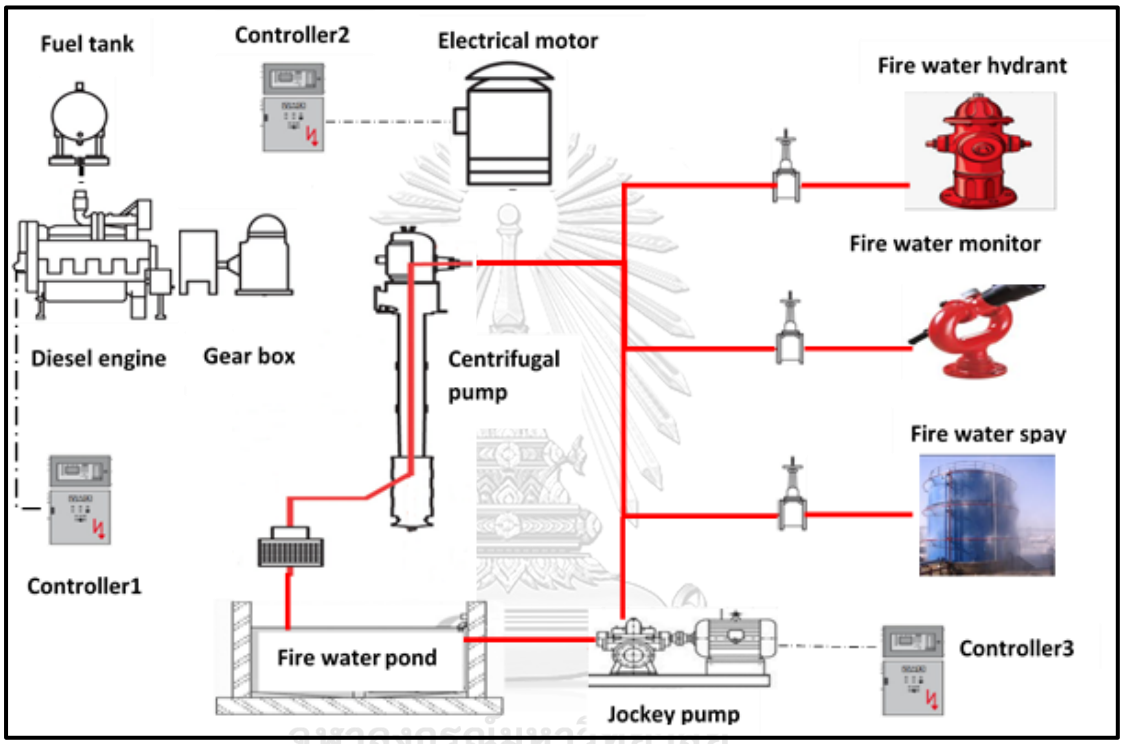
4.1 ข้อมูลทั่วไปของระบบดับเพลิงของโรงงานและหน่วยงานบำรุงรักษา

4.1.1 ข้อมูลระบบดับเพลิงของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษาได้ออกแบบการทำงานของระบบดับเพลิงภายในโรงงาน โดยการทำงานเริ่มจากเครื่องสูบน้ำรักษาแรงดัน (jockey pump) จะทำหน้าที่สูบน้ำจากบ่อเก็บน้ำดิบ (fire water pond) เข้าไปในระบบท่อดับเพลิงที่ถูกเดินไปตามจุดต่าง ๆ ของโรงงาน เมื่อสูบน้ำเต็มท่อดับเพลิงแล้วเครื่องสูบน้ำรักษาแรงดันจะทำหน้าที่เพิ่มแรงดันน้ำดับเพลิงในระบบท่อจากความดันบรรยากาศเพิ่มขึ้นจนถึงความดัน 11 บาร์ ซึ่งท่อน้ำดับเพลิงจะมีน้ำที่มีแรงดันพร้อมที่จะใช้งานอยู่ในระบบท่อตลอดเวลา เมื่อต้องการใช้น้ำในการดับเพลิงหรือมีความจำเป็นอย่างอื่นที่จะต้องใช้แรงดันน้ำในท่อดับเพลิง จะส่งผลให้แรงดันน้ำในระบบท่อดับเพลิงลดลง เมื่อแรงดันในระบบท่อลดลงจนถึงจุดที่ได้ตั้งค่าไว้ สวิทช์แรงดัน (pressure switch) จะเป็นตัวรับสัญญาณส่งให้ตู้ควบคุม 3 (controller 3) หลังจากนั้นตู้ควบคุมจะสั่งให้เครื่องสูบน้ำรักษาแรงดัน (jockey pump) เริ่มทำงาน โดยสูบน้ำจากถังเก็บเข้าไปในระบบท่อน้ำดับเพลิงจนแรงดันภายในระบบถึงจุดที่ได้ตั้งค่าไว้ สวิทช์แรงดัน จะส่งสัญญาณไปยังตู้ควบคุม 3 (controller 3) เพื่อสั่งให้เครื่องสูบน้ำรักษาแรงดันหยุดทำงานโดยอัตโนมัติ แต่ถ้ายังคงมีการใช้น้ำอย่างต่อเนื่องหรือแรงดันในระบบตกอย่างต่อเนื่อง กล่าวคือเครื่องสูบน้ำรักษาแรงดันสูบน้ำเข้าในระบบไม่ทัน ทำให้แรงดันภายในระบบลดลงจนถึงจุดที่กำหนดการทำงาน จะส่งผลให้สวิตช์แรงดันของชุดควบคุมส่งสัญญาณไปยังตู้ควบคุม 1และ2 (controller 1,2) สั่งการให้มอเตอร์ไฟฟ้า (electrical Motor) และเครื่องยนต์ดีเซล (diesel Engine) ทำงานเพื่อไปหมุนให้เครื่องสูบน้ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(centrifugal pump) หมุนเพื่อสูบส่งน้ำ โดยลำดับการเดินเครื่องของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงเริ่มจากเมื่อแรงดันในระบบท่อดับเพลิงต่ำกว่า 7.5 บาร์ เครื่องสูบน้ำดับเพลิง P-2501A จะเริ่มเดินเครื่อง แต่ถ้ายังคงมีการใช้น้ำดับเพลิงอย่างต่อเนื่องจนความดันในระบบท่อลดลงจนต่ำกว่า 7 บาร์ เครื่องสูบน้ำดับเพลิง P-2501 P2501C P2501D จะเดินเครื่องทั้งหมด โดยการสูบน้ำจากบ่อเข้าสู่ระบบท่อดับเพลิงเพื่อส่งไปยังอุปกรณ์ดับเพลิงที่อยู่โดยรอบโรงงาน ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ระบบดับเพลิงในโรงงานกรณีศึกษา

เครื่องสูบน้ำดับเพลิงของโรงงานกรณีศึกษามีการใช้งานเครื่องสูบน้ำดับเพลิงทั้งหมด 5 เครื่อง ซึ่งแต่ละเครื่องมีรายระเอียดดังตารางที่ 4.1

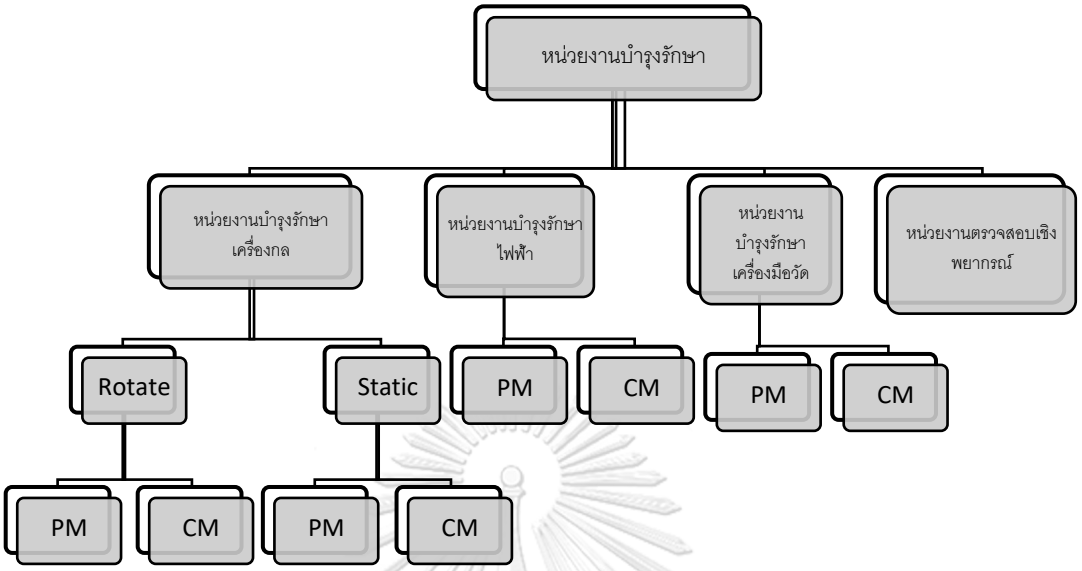
ตารางที่ 4.1 ความสามารถในการสูบส่งน้ำของระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงในโรงงานกรณีศึกษา

ลำดับ	เลขเครื่องจักร	เครื่องต้นกำลัง	Rated Capacity (m^3/hr)
1	A	มอเตอร์ไฟฟ้า	1,394
2	B	เครื่องยนต์ดีเซล	1,394
3	C	เครื่องยนต์ดีเซล	1,394
4	D	เครื่องยนต์ดีเซล	1,394
5	E	เครื่องยนต์ดีเซล	1394
Total Fire Water Pump Supply			**6,970**

4.1.2 ผังองค์กรภายในหน่วยงานบำรุงรักษา

หน่วยงานบำรุงรักษาเครื่องจักรของโรงงานกรณีศึกษาจะถูกแบ่งย่อยออกเป็น 4 หน่วยงาน ได้แก่ หน่วยงานบำรุงรักษาเครื่องกล หน่วยงานบำรุงรักษาเครื่องมือวัด หน่วยงานบำรุงรักษาไฟฟ้า และหน่วยงานตรวจสอบเชิงพยากรณ์ โดยแต่ละหน่วยงานจะทำหน้าที่ดูแลอุปกรณ์ที่มีลักษณะการทำงานที่แตกต่างกันไปทั้งงานด้านการวางแผนบำรุงรักษา (preventive maintenance) และงานซ่อมแซมอุปกรณ์ที่เสียหาย (corrective maintenance) ดังแสดงในรูปที่ 4.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4.2 ผังองค์กรในหน่วยงานบำรุงรักษา

จากรูปที่ 4.2 แสดงแผนผังองค์กรภายในหน่วยงานบำรุงรักษา ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 4 หน่วยงานย่อย ได้แก่

(1) หน่วยงานบำรุงรักษาเครื่องกล (mechanical maintenance)

หน่วยงานบำรุงรักษาเครื่องกลมีหน้าที่ดูแลเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ใช้กลไกการทำงานทางเครื่องกลซึ่งจะแยกออกเป็น 2 หน่วยงานย่อย คือ หน่วยงานบำรุงรักษาเครื่องกลดูแลเครื่องจักรหมุน (rotating equipment) และหน่วยงานบำรุงรักษาเครื่องกลดูแลเครื่องจักรอยู่กับที่ (static equipment)

(2) หน่วยงานบำรุงรักษาไฟฟ้า (electrical maintenance)

หน่วยงานบำรุงรักษาไฟฟ้ามีหน้าที่ดูแลเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ทางไฟฟ้าทุกชนิดภายในโรงงาน

(3) หน่วยงานบำรุงรักษาเครื่องมือวัด (instrument maintenance)

หน่วยงานบำรุงรักษาเครื่องมือวัดมีหน้าที่ดูแลเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ในโรงงานที่ทำหน้าที่ตรวจวัดและควบคุม

(4) หน่วยงานตรวจสอบเชิงพยากรณ์ (predictive maintenance)

หน่วยงานตรวจสอบเชิงพยากรณ์จะมีหน้าที่ตรวจสอบเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ทุกชนิดภายในโรงงานโดยใช้เครื่องมือตรวจสอบเฉพาะทางดูแนวโน้วความผิดปกติเพื่อแจ้งต่อทีมซ่อมบำรุงให้แก้ไขก่อนที่เครื่องจักรหรืออุปกรณ์จะเสียหาย

4.2 ระบบการบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำดับเพลิงของโรงงานในปัจจุบัน

ระบบบำรุงรักษาของโรงงานกรณีศึกษากำหนดแผนบำรุงรักษาเครื่องจักรลงในโปรแกรมที่ชื่อว่า SAP Module Maintenance ซึ่งโปรแกรมจะทำหน้าที่แจ้งเตือนและมีหน้าที่จัดเก็บข้อมูลที่เกี่ยวกับงานซ่อมบำรุงประกอบด้วย ค่าใช้จ่าย ชั่วโมงการทำงาน จำนวนคนทำงานและอาการเสียหาย ดังนั้น เมื่อถึงกำหนดที่จะเข้าไปบำรุงรักษาเครื่องจักร โปรแกรม SAP จะแจ้งเตือนโดยการสร้าง MO (maintenance order) เพื่อให้พนักงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบเข้าบำรุงรักษาเครื่องจักรตามวันที่กำหนด เมื่อพนักงานเข้าไปบำรุงรักษาเครื่องจักรเสร็จแล้วก็จะมาปิด MO ในโปรแกรม SAP โดยการกรอกข้อมูลค่าใช้จ่าย จำนวนคนทำงาน ชั่วโมงการทำงานและความผิดปกติที่พบ หลังจากนั้นจะดำเนินการแสกนใบรายการตรวจสอบเครื่องจักรที่ได้ไปตรวจสอบมาลงในระบบจัดเก็บส่วนกลาง ซึ่งโรงงานกรณีศึกษามีเครื่องสูบน้ำดับเพลิงทั้งหมด 5 เครื่อง โดยแผนการบำรุงรักษาของเครื่องจักรจะแบ่งออกเป็น 3 แผน ดังนี้

1) แผนการบำรุงรักษามอเตอร์ไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำดับเพลิง มีกำหนดเวลาเข้าไปตรวจสอบและบำรุงรักษาทุกระยะ 1 สัปดาห์ มีรายการตรวจสอบ 7 รายการ ดังแสดงในรูปที่ 4.3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

MAINTENANCE ORDER

Equipment No : Equipment Description :
Equipment Class : S Equipment Type :
Plan Date : Actual Date :
Pm Task List : TAG NO : Order No :
APPROVED BY **FINISHED BY**

Item	Description	Unit	ปกติ	ไม่ปกติ	แก้ไข	Comment
	Motor ตรวจสอบ 1 สัปดาห์					
	1. Motor ตรวจสอบสภาพสีกันสนิม	N/A				
	2. Motor ตรวจวัดกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์	N/A				
	3 Motor ตรวจวัดกำลังของมอเตอร์	N/A				
	4. Motor ตรวจสอบการหลวมของน็อต	N/A				
	5. Motor อัตราระบีด้าน DE มอเตอร์	PSI				
	6. Motor อัตราระบีด้าน NDE มอเตอร์	%				
	7. Motor ตรวจสอบเสียงที่ผิดปกติ	N/A				

	สรุป สิ่งไม่ปกติ และสิ่งที่ต้องแก้ไขด่วน:	By	MN

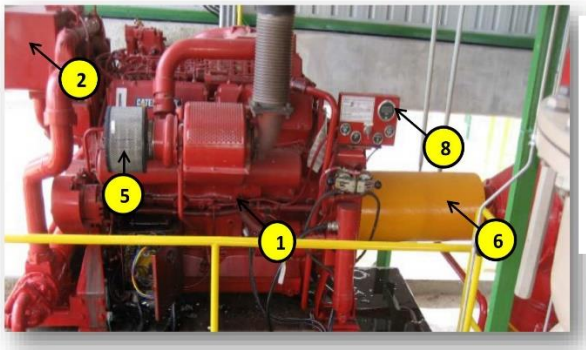
รูปที่ 4.3 ใบรายการตรวจสอบมอเตอร์ไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำดับเพลิง

2) แผนการบำรุงรักษาเครื่องยนต์ดีเซลของเครื่องสูบน้ำดับเพลิง มีกำหนดเวลาเข้าไปตรวจสอบและบำรุงรักษาทุกระยะ 1 สัปดาห์และ 1 ปี มีรายการตรวจสอบทั้งหมด 19 รายการ ดังแสดงในรูปที่ 4.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

OL2-ME-F-0093-003

Diesel Engine PM check sheet



Equipment tag.....
Plan date .....
Actual date .....
Order number.....
Finished by .....
Approved by.....

Safety Check List

- ☐ Work Permit ต้องได้รับการอนุญาตอย่างถูกต้อง
- ☐ ห้ามปรับหรือเปิด/ปิด อุปกรณ์ใดๆ ก่อนได้รับการอนุญาตจาก Operation
- ☐ ขณะที่ Pump ทำงาน ต้องมี Coupling Guard ติดตั้งไว้เสมอและอยู่ในสภาพดี
- ☐ ขณะทำงานใกล้จุดหมุนของเครื่องจักร ต้องแต่งกายให้รัดกุม
- ☐ ต้องรู้ตำแหน่งของ Eye Shower ที่อยู่ใกล้ที่สุด

Inspection Check List

- ไม่มีรอยรั่ว ซึม ตามจุดต่างๆ
- สีไม่ซำรุด,ไม่มี Corrosion สนิม หรือการผุกร่อนของชิ้นส่วน
- ฉนวนอุปกรณ์ไฟฟ้า & Start/Stop button อยู่ในสภาพดี ไม่แตก
- ไม่มีน้ำขังในเครื่องจักรที่จะทำให้เกิด corrosion
- ไม่มีคราบสกปรก รอบๆ เครื่องจักร
- ทำการ 5ส บริเวณเครื่องจักร

Item	Description	Unit	Green	Yellow	Red	Check Date	Note
เครื่องยนต์ดีเซลตรวจสอบ 1 สัปดาห์							
Before Run							
1	Lube oil Level in crank case	%	Min-Max	Min	<Min		
2	Coolant level Expansion Tank	%	80-90	50-80	<50		
3	Fuel level (Diesel oil)	%	50-70	40-50	<40		
4	Engine Crank Case Temp.	°C	>49	-	<49		
5	Air Filter Condition	ปกติ/ผิดปกติ	ปกติ	-	ผิดปกติ		
6	Engine - Gear Coupling condition	ปกติ/ผิดปกติ	ปกติ	-	ผิดปกติ		
Running							
7	Engine running hours	hr					
8	Engine Speed	Rpm	1400-1500	1400 และ >150	-		
9	Engine Crank Case Temp.	°C	90-115	<90	>115		
10	Coolant Inlet to Exchanger Temp.	°C	-	-	-		
11	Coolant Outlet from Exchanger Temp.	°C	-	-	-		
12	All flexible condition	ปกติ/ผิดปกติ	ปกติ	-	ผิดปกติ		
13	Coolant leak	ปกติ/ผิดปกติ	ปกติ	-	ผิดปกติ		
14	Engine oil leak	ปกติ/ผิดปกติ	ปกติ	-	ผิดปกติ		
15	Belt & Pulley Condition	ปกติ/ผิดปกติ	ปกติ	-	ผิดปกติ		
16	All Bolt & Nut looseness condition	ปกติ/ผิดปกติ	ปกติ	-	ผิดปกติ		
เครื่องยนต์ดีเซลตรวจสอบ 1 ปี							
1	Air Filter Condition	ตัน/ไม่ตัน	ตัน	-	ตัน		
2	Check fuel oil filter	ตัน/ไม่ตัน	ตัน	-	ตัน		
3	Check lubrication oil filter	ตัน/ไม่ตัน	ตัน	-	ไม่ตัน		

Checking Result | Normal ☐ Machine Stop, Need to run

Note * ถ้าเกิด Abnormal ให้ทาง Technician ทำการออก MO เพื่อทำการซ่อมแซมต่อไป และให้ทาง Engineer รับทราบ

Note : _____

Check by : _____ (Technician) Date : _____

Approve by : _____ (Engineer) Date : _____

รูปที่ 4.4 ใบรายการตรวจสอบเครื่องยนต์ดีเซลของเครื่องสูบน้ำดับเพลิง

3) แผนการบำรุงรักษาเครื่องสูบของเครื่องสูบน้ำดับเพลิง มีกำหนดเวลาเข้าไปตรวจสอบและบำรุงรักษาทุกระยะ 1 สัปดาห์ มีรายการตรวจสอบทั้งหมด 7 รายการ ดังแสดงในรูปที่ 4.5

MAINTENANCE ORDER

Equipment No :		Equipment Description :				
Equipment Class : S		Equipment Type :				
Plan Date :		Actual Date :				
Pm Task List :		TAG NO :		Order No :		
APPROVED BY		**FINISHED BY**				

Item	PUMP Description	Unit	ปกติ	ไม่ปกติ	แก้ไข	Comment
	Motor ตรวจสอบ 1 สัปดาห์					
	1 Pump ตรวจสอบมาร์ค Bolt ทุกจุด	N/A				
	2 Pump ตรวจสอบ Bolt เป็นสนิมทุกจุด	N/A				
	3 Pump ตรวจสอบรอยแตกร้าวทุกชิ้นส่วน	N/A				
	4 Pump สังเกตุทิศทางการหมุน	N/A				
	5 Pump ตรวจสอบ discharge pressure	PSI				
	6 Pump ตรวจสอบระดับน้ำมันชุดเกียร์	%				
	7 Pump ตรวจสอบเสียงผิดปกติ	N/A				
	สรุป สิ่งไม่ปกติ และสิ่งที่ต้องแก้ไขด่วน:	By	MN			

รูปที่ 4.5 ใบรายการตรวจสอบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง

4.3 แนวทางในการพัฒนาการบำรุงรักษาระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง

จากข้อมูลที่ได้ศึกษาและรวบรวมมาในข้างต้น พบว่าการบำรุงรักษาระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงจำเป็นต้องพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากยังคงพบปัญหาการขัดข้องและเป็นอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบความปลอดภัย เครื่องสูบน้ำดับเพลิงจำเป็นต้องมีความพร้อมใช้งานเสมอ จึงต้องนำความเสียหายต่าง ๆ มาวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางการตรวจพบก่อนที่จะเกิดอาการขัดข้องเพื่อเป็นการเพิ่มความพร้อมใช้งานของเครื่องสูบน้ำดับเพลิง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แนวทางในการพัฒนาการบำรุงรักษาระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง มี 4 ข้อ ดังนี้ แนวทางข้อที่ 1 เมื่อนำการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์มาช่วยในการพยากรณ์และตรวจพบความผิดปกติของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงทำให้สามารถวางแผนแก้ไขหรือหาแนวทางป้องกันก่อนที่เครื่องจักรจะขัดข้อง (Eti M.C. et al., 2006) เป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงเพราะสามารถวางแผนในด้านต่าง ๆ ได้ล่วงหน้า ทำให้วิเคราะห์ความเสียหายและซ่อมได้ตรงจุด

แนวทางข้อที่ 2 จากการวิเคราะห์โดยใช้ FTA และ FMEA พบว่าการบำรุงรักษาเชิงป้องกันจำเป็นต้องแก้ไขใน 2 ด้าน คือ 1) แผนการบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่ใช้อยู่ในปัจจุบันยังไม่คลอบคลุมทุกอาการของความเสียหายจึงจำเป็นต้องปรับปรุงด้วยการเพิ่มวิธีบำรุงรักษาที่กำหนดขึ้นมาใหม่ลงในแผนการบำรุงรักษา 2) เนื่องจากมีการผนวกแผนการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์เพิ่มเข้ามาจึงจำเป็นต้องปรับช่วงเวลาการบำรุงรักษาให้ตรงกัน เพื่อให้พนักงานสามารถตรวจสอบและบำรุงรักษาไปพร้อมกัน ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายและกำลังพลในการเข้าไปบำรุงรักษาเครื่องจักร

แนวทางข้อที่ 3 งานวิจัยนี้จะใช้การวิเคราะห์ต้นไม้แห่งความล้มเหลวและการวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ เพื่อมาวิเคราะห์หาความเสียหายในแต่ละอาการของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงหลังจากนั้นจะนำความเสียหายทุกอาการมาวิเคราะห์ต่อเพื่อให้ทราบอาการผิดปกติในแต่ละระดับ ซึ่งจะทำให้สามารถเลือกวิธีการและเครื่องมือที่เหมาะสมจากเทคโนโลยี ความรู้ ความสามารถของบุคลากรที่บริษัทมีอยู่ (คธายส พุ่มมณี, 2558) ทำให้สามารถกำหนดเป็นวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาเพื่อไม่ให้ระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงขัดข้องในโหมดนั้น ๆ

แนวทางข้อที่ 4 เมื่อได้วิธีการและแผนการตรวจสอบเครื่องจักรมาแล้ว ลำดับต่อไปจะเป็นการพัฒนาบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษาเครื่องจักร ให้มีความเข้าใจถึงการทำงานของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงและวิธีการใช้งานเครื่องมือในการตรวจสอบเครื่องจักรทุกขั้นตอน เพื่อให้สามารถตรวจพบความผิดปกติที่เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
การพัฒนาระบบงานบำรุงรักษาและการนำไปใช้

จากการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับทำงานวิจัยในบทที่ผ่านมา ทำให้สามารถนำข้อมูลทั้งหมดมาช่วยในการพัฒนาระบบงานบำรุงรักษาและนำไปใช้งาน ซึ่งมีขั้นตอนในการพัฒนาดังนี้

5.1 เลือกลำดับความเสียหายและวิธีในการตรวจพบความผิดปกติ

5.2 สร้างแผนการตรวจพบความผิดปกติของเครื่องจักร

5.3 ปรับปรุงใบรายการตรวจสอบเครื่องจักร

5.4 พัฒนาความรู้ความสามารถของพนักงานผู้ปฏิบัติงาน

5.1 เลือกลำดับความเสียหายและวิธีในการตรวจพบความผิดปกติ

เพื่อป้องกันอาการขัดข้องที่จะเกิดขึ้นกับเครื่องจักร จึงจำเป็นที่ต้องจะต้องหาวิธีการที่จะสามารถตรวจพบความผิดปกติให้ได้ก่อนที่เครื่องจักรจะขัดข้อง โดยใช้เทคโนโลยีและความรู้ความสามารถของบุคลากรที่มีอยู่มาประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสม โดยเริ่มตั้งแต่การแยกประเภทของเครื่องจักรในระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง หลังจากนั้นจะใช้ FMEA และ FTA เพื่อหาอาการขัดข้องและลำดับการเกิดอาการขัดข้องแยกตามประเภทของเครื่องจักร เมื่อได้อาการขัดข้องและลำดับการเกิดอาการขัดข้องแล้วทีมทำงานจึงหาวิธีในการตรวจพบความผิดปกติจากอาการขัดข้องในแต่ละลำดับที่เหมาะสม โดยมีเกณฑ์ในการเลือก 2 เกณฑ์คือ 1) ต้องสามารถตรวจพบความผิดปกติได้ที่ลำดับอาการขัดข้องที่มากที่สุด (ตรวจพบความผิดปกติได้รวดเร็วที่สุด) 2) วิธีในการตรวจพบจะต้องไม่แยกชิ้นส่วนเครื่องจักรเพราะจะต้องเสียเวลา กำลังพลและค่าใช้จ่ายจำนวนมาก โดยแต่ละอาการขัดข้องจะมีเหตุผลในการเลือกวิธีการตรวจพบดังตารางที่ 5.1 5.2 และ 5.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.1 เหตุผลการเลือกลำดับอาการขัดข้องในการตรวจพบความผิดปกติของมอเตอร์

อาการขัดข้อง	อาการผิดปกติที่เลือกเพื่อตรวจพบ	ลำดับการขัดข้อง	เหตุผลที่เลือก
ตลับลูกปืนติดขัด	มอเตอร์มีการสั่นสะเทือนสูง	การขัดข้องลำดับ 3	ตรวจพบได้ง่ายและรวดเร็วที่สุดโดยไม่ต้องแยกชิ้นส่วนเครื่องจักร
	ตลับลูกปืนมีความร้อนสูงเกินที่ออกแบบ	การขัดข้องลำดับ 4	ตรวจพบได้ง่ายและรวดเร็วที่สุดโดยไม่ต้องแยกชิ้นส่วนเครื่องจักร
คับปลิงแตก	สีกันสนิมเสื่อมสภาพ	การขัดข้องลำดับ 4	ตรวจพบความผิดปกติได้ตั้งแต่เริ่มต้น
	มอเตอร์และเครื่องสูบไม่ได้อยู่ในเส้นตรงศูนย์กลางเดียวกัน	การขัดข้องลำดับ 4	ตรวจพบได้ง่ายและรวดเร็วที่สุดโดยไม่ต้องแยกชิ้นส่วนเครื่องจักร
ขดลวดลัดวงจร	ความต้านทานของฉนวนหุ้มขดลวดไฟฟ้ามอเตอร์ต่ำกว่า 7.6 เมกะโอห์ม	การขัดข้องลำดับ 2	ตรวจพบได้ง่ายและรวดเร็วที่สุดโดยไม่ต้องแยกชิ้นส่วนเครื่องจักร
	มอเตอร์ใช้กระแสไฟฟ้ามากเกินไป	การขัดข้องลำดับ 5	ตรวจพบความผิดปกติได้ตั้งแต่เริ่มต้น

ตารางที่ 5.1 แสดงอาการขัดข้องและลำดับอาการขัดข้องของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ถูกเลือกเพื่อตรวจพบอาการผิดปกติทั้งหมด 6 อาการ ซึ่งแต่ละอาการขัดข้องที่เลือกจะมีเกณฑ์ในการเลือกที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น อาการเสียหายที่ส่งผลให้มอเตอร์ใช้งานไม่ได้ คือ ขดลวดมอเตอร์ลัดวงจร เพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าวจึงจำเป็นต้องตรวจพบอาการผิดปกติที่เกิดขึ้นทั้ง 2 อาการคือ 1) ความต้านทานของฉนวนหุ้มขดลวดไฟฟ้ามอเตอร์ต่ำกว่า 7.6 เมกะโอห์ม อยู่ในลำดับการขัดข้องที่ 2 ซึ่งมีเหตุผลในการเลือกคือ สามารถตรวจพบได้ง่ายและรวดเร็วที่สุดโดยไม่ต้องแยกชิ้นส่วนเครื่องจักร 2) มอเตอร์ใช้กระแสไฟฟ้ามากเกินไป ซึ่งอยู่ในลำดับการขัดข้องที่ 5 ซึ่งมีเหตุผลในการเลือก คือ สามารถตรวจพบความผิดปกติได้ตั้งแต่เริ่มต้น ดังนั้นถ้าพนักงานสามารถตรวจพบความผิดปกติที่เกิดขึ้นจาก 2 อาการนี้ได้ ก็จะส่งผลให้สามารถวางแผนแก้ปัญหาก่อนที่จะขัดข้องได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 5.2 เหตุผลการเลือกลำดับอาการขัดข้องในการตรวจพบความผิดปกติของเครื่องยนต์

อาการขัดข้อง	อาการผิดปกติที่เลือกเพื่อตรวจพบ	ลำดับอาการขัดข้อง	เหตุผลที่เลือก
เครื่องยนต์สตาร์ทไม่ได้	น้ำมันเชื้อเพลิงในถังอยู่ระดับต่ำ	การขัดข้องลำดับ 3	ตรวจพบความผิดปกติได้ตั้งแต่เริ่มต้น
	สวิตช์ความดันที่ตั้งค่าไว้ผิดพลาด	การขัดข้องลำดับ 3	ตรวจพบความผิดปกติได้ตั้งแต่เริ่มต้น
	แบตเตอรี่มีความต่างศักย์น้อยกว่า 12.6 โวลต์	การขัดข้องลำดับ 3	ตรวจพบได้ง่ายและรวดเร็วที่สุดโดยไม่ต้องแยกชิ้นส่วนเครื่องจักร
เครื่องยนต์เดินเครื่องได้ไม่เต็มกำลัง	สายน้ำหล่อเย็นเสื่อมสภาพ	การขัดข้องลำดับ 5	ตรวจพบความผิดปกติได้ตั้งแต่เริ่มต้น
	หม้อน้ำผุกร่อน	การขัดข้องลำดับ 5	ตรวจพบความผิดปกติได้ตั้งแต่เริ่มต้น
	ท่อไอเสียมีรอยร้าว	การขัดข้องลำดับ 3	ตรวจพบได้ง่ายและรวดเร็วที่สุดโดยไม่ต้องแยกชิ้นส่วนเครื่องจักร
	สายน้ำมันเสื่อมสภาพ	การขัดข้องลำดับ 4	ตรวจพบความผิดปกติได้ตั้งแต่เริ่มต้น
	ความดันน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำ	การขัดข้องลำดับ 4	ตรวจพบได้ง่ายและรวดเร็วที่สุดโดยไม่ต้องแยกชิ้นส่วนเครื่องจักร
	ท่อเป็นสูญญากาศ	การขัดข้องลำดับ 4	ตรวจพบได้ง่ายและรวดเร็วที่สุดโดยไม่ต้องแยกชิ้นส่วนเครื่องจักร
	ความดันน้ำมันหล่อลื่นต่ำ	การขัดข้องลำดับ 4	ตรวจพบได้ง่ายและรวดเร็วที่สุดโดยไม่ต้องแยกชิ้นส่วนเครื่องจักร
	น้ำมันหล่อลื่นความหนืดต่ำ	การขัดข้องลำดับ 4	ตรวจพบความผิดปกติได้ตั้งแต่เริ่มต้น
	น้ำมันหล่อลื่นปนเปื้อน	การขัดข้องลำดับ 4	ตรวจพบความผิดปกติได้ตั้งแต่เริ่มต้น
คับปลิงแตก	สีกันสนิมเสื่อมสภาพ	การขัดข้องลำดับ 4	ตรวจพบความผิดปกติได้ตั้งแต่เริ่มต้น
	ไม่มีจาระบีหล่อลื่น	การขัดข้องลำดับ 5	ตรวจพบความผิดปกติได้ตั้งแต่เริ่มต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.2 แสดงอาการขัดข้องและลำดับอาการขัดข้องของเครื่องยนต์ดีเซลที่ถูกเลือกเพื่อตรวจพบอาการผิดปกติทั้งหมด 14 อาการ ตัวอย่างเช่น อาการเสียหายที่ส่งผลให้เครื่องยนต์ไม่

สามารถใช้งานได้ คือ เครื่องยนต์สตาร์ทไม่ได้ ดังนั้น เพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าวจึงจำเป็นต้องตรวจพบอาการผิดปกติที่เกิดขึ้นทั้ง 3 อาการคือ 1) น้ำมันเชื้อเพลิงในถังอยู่ระดับต่ำ อยู่ในลำดับการขัดข้องที่ 3 ซึ่งมีเหตุผลในการเลือก คือ สามารถตรวจพบความผิดปกติได้ตั้งแต่เริ่มต้น 2) สวิตช์ความดันที่ตั้งค่าไว้ผิดพลาด อยู่ในลำดับการขัดข้องที่ 3 ซึ่งมีเหตุผลในการเลือก คือ สามารถตรวจพบความผิดปกติได้ตั้งแต่เริ่มต้น 3) แบตเตอรี่มีความต่างศักย์น้อยกว่า 12.6 โวลต์ อยู่ในลำดับการขัดข้องที่ 3 มีเหตุผลในการเลือก คือ สามารถตรวจพบได้ง่ายและรวดเร็วที่สุดโดยไม่ต้องแยกชิ้นส่วนเครื่องจักร

ตารางที่ 5.3 เหตุผลการเลือกลำดับอาการขัดข้องในการตรวจพบความผิดปกติของเครื่องสูบ

อาการขัดข้อง	อาการผิดปกติที่เลือกเพื่อตรวจพบ	ลำดับอาการขัดข้อง	เหตุผลที่เลือก
ชุดเกียร์ไม่สามารถหมุนได้	มีการสั่นสะเทือนสูง	การขัดข้องลำดับ 4	ตรวจพบได้ง่ายและรวดเร็วที่สุดโดยไม่ต้องแยกชิ้นส่วนเครื่องจักร
	น้ำมันหล่อลื่นของลูกปืนไม่เพียงพอ	การขัดข้องลำดับ 5	ตรวจพบความผิดปกติได้ตั้งแต่เริ่มต้น
	น้ำมันหล่อลื่นชุดเกียร์ไม่เพียงพอ	การขัดข้องลำดับ 4	ตรวจพบความผิดปกติได้ตั้งแต่เริ่มต้น
	น้ำมันหล่อลื่นความหนืดต่ำ	การขัดข้องลำดับ 4	ตรวจพบความผิดปกติได้ตั้งแต่เริ่มต้น
	น้ำมันหล่อลื่นปนเปื้อน	การขัดข้องลำดับ 4	ตรวจพบความผิดปกติได้ตั้งแต่เริ่มต้น
คับปลิงเพลาเครื่องสูบแตก	มีการสั่นสะเทือนสูง	การขัดข้องลำดับ 3	ตรวจพบได้ง่ายและรวดเร็วที่สุดโดยไม่ต้องแยกชิ้นส่วนเครื่องจักร
หัวเครื่องสูบและคอลัมน์รั่ว	สีกันสนิมเสื่อมสภาพ	การขัดข้องลำดับ 4	ตรวจพบความผิดปกติได้ตั้งแต่เริ่มต้น
	ผนังมีความหนาน้อยกว่า 3 มิลลิเมตร	การขัดข้องลำดับ 2	ตรวจพบได้ง่ายและรวดเร็วที่สุดโดยไม่ต้องแยกชิ้นส่วนเครื่องจักร
ปะเก็นเครื่องสูบรั่ว	จาระบีหล่อลื่นไม่เพียงพอ	การขัดข้องลำดับ 3	ตรวจพบความผิดปกติได้ตั้งแต่เริ่มต้น
	น็อตล็อคปะเก็นเชือกหลวม	การขัดข้องลำดับ 2	ตรวจพบได้ง่ายและรวดเร็วที่สุดโดยไม่ต้องแยกชิ้นส่วนเครื่องจักร
ตัวกรองด้านดูดตัน	เศษขยะและสัตว์น้ำที่ตัวกรองด้านดูดมีจำนวนมาก	การขัดข้องลำดับ 3	ตรวจพบได้ง่ายและรวดเร็วที่สุดโดยไม่ต้องแยกชิ้นส่วนเครื่องจักร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 5.3 แสดงอาการขัดข้องและลำดับอาการขัดข้องของเครื่องสูบที่ถูกเลือกเพื่อตรวจพบอาการผิดปกติ ซึ่งแต่ละอาการขัดข้องที่เลือกจะมีเกณฑ์ในการเลือกที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น อาการเสียหายที่ส่งผลให้เครื่องสูบไม่สามารถใช้งานได้คือ ตัวกรองด้านดูดตัน ดังนั้นเพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าวจึงจำเป็นต้องตรวจพบอาการผิดปกติที่เกิดขึ้นคือ เศษขยะและสัตว์น้ำที่ตัวกรองด้านดูดมีจำนวนมากอยู่ในลำดับการขัดข้องที่ 3 ซึ่งเหตุผลในการเลือก คือ สามารถตรวจพบได้ง่ายและรวดเร็วที่สุดโดยไม่ต้องแยกชิ้นส่วนเครื่องจักร

หลังจากที่ได้เลือกลำดับอาการขัดข้องที่ใช้ในการตรวจพบตามที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ทางทีมทำงานจึงได้ร่วมกันกำหนดวิธีการและอุปกรณ์ที่เหมาะสมจากอุปกรณ์ที่มีใช้งานอยู่ภายในบริษัทหรืออุปกรณ์ชนิดอื่นที่สามารถจัดหาได้โดยง่าย เพื่อให้สามารถตรวจพบความผิดปกติได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ โดยเครื่องมือและวิธีการที่ถูกนำมาเลือกใช้ในการตรวจพบความผิดปกติของระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่ประกอบด้วย มอเตอร์ไฟฟ้า เครื่องยนต์ดีเซลและเครื่องสูบ ดังแสดงในตารางที่ 5.4 5.5 และ 5.6 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.4 สาเหตุการขัดข้องและเครื่องมือในการตรวจพบความผิดปกติของมอเตอร์

อาการขัดข้อง	อาการผิดปกติ	เครื่องมือ	ชั่วโมงแรงงานในการตรวจสอบ (man-hour)
ตลับลูกปืนติดขัด	มอเตอร์มีการสั่นสะเทือนสูง	เครื่องวัดความสั่นสะเทือน	0..1
	ตลับลูกปืนมีความร้อนสูงเกินที่ออกแบบ	เครื่องวัดอุณหภูมิ	0.1
คับปลิงแตก	สีกันสนิมเสื่อมสภาพ	ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	0.1
	มอเตอร์และเครื่องสูบไม่ได้อยู่ในเส้นตรงศูนย์กลางเดียวกัน	เครื่องมือตั้งศูนย์เพลา	1.5
ขดลวดลัดวงจร	ความต้านทานของฉนวนหุ้มขดลวดไฟฟ้ามอเตอร์ต่ำกว่า 7.6 เมกะโอห์ม	เมกะโอห์มมิเตอร์	0.2
	มอเตอร์ใช้กระแสไฟฟ้ามากเกินไป	มัลติมิเตอร์	0.1

ตารางที่ 5.4 แสดงรายการเครื่องมือทั้งหมดที่ต้องใช้ในการตรวจพบอาการผิดปกติที่เกิดขึ้นกับมอเตอร์ไฟฟ้า พบว่าอาการขัดข้องของมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยอาการตลับลูกปืนติดขัดจะต้องใช้เครื่องมือในการตรวจพบ 4 รายการ คือ 1) ใช้เครื่องมือวัดการสั่นสะเทือนเพื่อตรวจสอบการ

สั่นสะเทือนที่ผิดปกติของตลับลูกปืนขณะเดินเครื่อง 2) ใช้เครื่องวัดอุณหภูมิเพื่อตรวจสอบอุณหภูมิที่ผิดปกติของตลับลูกปืนขณะเดินเครื่อง 3) ใช้เครื่องมือตั้งศูนย์เพลาเพื่อตรวจสอบการร่วมศูนย์ระหว่างมอเตอร์และเครื่องสูบ 4) ใช้มัลติมิเตอร์เพื่อตรวจสอบปริมาณกระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ในการทำงาน โดยอีก 1 รายการที่เหลือ คือใช้สายตาและความรู้ของพนักงานในการตรวจสอบสภาพสีกันสนิมของมอเตอร์

ตารางที่ 5.5 สาเหตุการขัดข้องและเครื่องมือในการตรวจพบความผิดปกติของเครื่องยนต์

อาการขัดข้อง	สาเหตุการขัดข้อง	เครื่องมือ	ชั่วโมงแรงงานในการตรวจสอบ (man-hour)
เครื่องยนต์สตาร์ทไม่ได้	น้ำมันเชื้อเพลิงในถังอยู่ระดับต่ำ	ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	0.1
	ความดันที่ตั้งค่าไว้ผิดพลาด	ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	0.1
	แบตเตอรี่มีความต่างศักย์น้อยกว่า 12.6 โวลต์	มัลติมิเตอร์	0.2
เครื่องยนต์เดินเครื่องได้ไม่เต็มกำลัง	สายน้ำหล่อเย็นเสื่อมสภาพ	ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	0.1
	หม้อน้ำผุกร่อน	ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	0.1
	ท่อไอเสียมีรอยร้าว	ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	3
	สายน้ำมันเสื่อมสภาพ	ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	0.1
	ความดันน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำ	ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	0.1
	ท่อเป็นสูญญากาศ	เกจวัดกรองอากาศ	0.1
	ความดันน้ำมันหล่อลื่นต่ำ	ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	0.1
	น้ำมันหล่อลื่นความหนืดต่ำ	ตรวจสอบคุณภาพน้ำมัน	0.5
	น้ำมันหล่อลื่นปนเปื้อน	ตรวจสอบคุณภาพน้ำมัน	0.5
คับปลิงแตก	สีกันสนิมเสื่อมสภาพ	ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	0.1
	ไม่มีจาระบีหล่อลื่น	ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	0.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.5 แสดงรายการเครื่องมือทั้งหมดที่ต้องใช้ในการตรวจพบอาการผิดปกติที่เกิดขึ้นกับเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งจะพบว่าอาการขัดข้องของเครื่องยนต์ดีเซลด้วยอาการสตาร์ทเครื่องไม่ได้จะต้องใช้เครื่องมือในการตรวจพบความผิดปกติ 2 รายการคือ 1) ใช้มัลติมิเตอร์ตรวจสอบความต่างศักย์ของแบตเตอรี่ที่ใช้ในการสตาร์เครื่องยนต์ให้มีเพียงพอเสมอ 2) เก็บตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นเข้าห้องแล็บเพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำมัน ส่วนอีก 11 รายการที่เหลือต้องใช้สายตา ความรู้ ความสามารถของพนักงานในการตรวจพบ ยกตัวอย่างเช่น ใช้สายตาตรวจสอบเกจของสวิตซ์ควบคุมความดันที่ตั้งค่าไว้ว่าอยู่ในค่าที่กำหนดหรือไม่ เพื่อให้เครื่องยนต์สามารถสตาร์ทได้เองเมื่อความดันของน้ำในระบบ

น้ำดับเพลิงไม่เพียงพอ ใช้สายตาเพื่อตรวจสอบระดับน้ำมันดีเซลในถังจัดเก็บให้มีเพียงพอสำหรับให้เครื่องยนต์พร้อมทำงานและใช้สายตาตรวจสอบสภาพสายน้ำมันและข้อต่อเพื่อดูสภาพของสายและความผิดปกติเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำมันรั่วไหล

ตารางที่ 5.6 สาเหตุการขัดข้องและเครื่องมือในการตรวจพบความผิดปกติของเครื่องสูบ

อาการขัดข้อง	สาเหตุการขัดข้อง	เครื่องมือ	ชั่วโมงแรงงานในการตรวจสอบ (Man-hour)
ชุดเกียร์ไม่สามารถหมุนได้	มีการสั่นสะเทือนสูง	เครื่องวัดความสั่นสะเทือน	0.1
	น้ำมันหล่อลื่นชุดเกียร์ไม่เพียงพอ	ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	0.1
	น้ำมันหล่อลื่นความหนืดต่ำ	ตรวจสอบคุณภาพน้ำมัน	0.5
	น้ำมันหล่อลื่นปนเปื้อน	ตรวจสอบคุณภาพน้ำมัน	0.5
คับปลิงเพลาเครื่องสูบแตก	มีการสั่นสะเทือนสูง	เครื่องวัดความสั่นสะเทือน	0.1
หัวเครื่องสูบและคอลัมน์รั่ว	สีกันสนิมเสื่อมสภาพ	ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	0.1
	ผนังมีความหนาน้อยกว่า 3 มิลลิเมตร	เครื่องวัดความหนาโลหะ	1.5
ปะเก็นเครื่องสูบรั่ว	จาระบีหล่อลื่นไม่เพียงพอ	ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	0.1
	น็อตล็อคปะเก็นเชือกหลวม	ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	0.1
ตัวกรองด้านดูดตัน	มีเศษขยะและสิ่งมีชีวิตบริเวณตะแกรงด้านดูด	หุ่นยนต์ดำน้ำสำรวจ	2

ตารางที่ 5.6 แสดงรายการเครื่องมือทั้งหมดที่ต้องใช้ในการตรวจพบอาการผิดปกติที่เกิดขึ้นกับเครื่องสูบ ซึ่งจะพบว่าอาการขัดข้องของเครื่องสูบด้วยอาการชุดเกียร์ไม่สามารถหมุนได้มีทั้งหมด 4 อาการ โดยแยกเป็นใช้เครื่องมือในการตรวจพบความผิดปกติ 4 รายการคือ 1) ใช้เครื่องมือวัดการสั่นสะเทือนเพื่อตรวจสอบการสั่นสะเทือนที่ผิดปกติของชุดเกียร์ 2) เก็บตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นชุดเกียร์เพื่อส่งไปวิเคราะห์หาความผิดปกติของน้ำมัน 3) ใช้เครื่องวัดความหนาเหล็กเพื่อตรวจสอบความหนาของเครื่องสูบ 4) ใช้หุ่นยนต์เพื่อดำน้ำสำรวจตัวกรองของเครื่องสูบ โดยอีก 4 รายการต้องใช้สายตาและความรู้ของพนักงานในการตรวจพบ คือ 1) ตรวจสอบระดับน้ำมันหล่อลื่นในชุดเกียร์ให้มีเพียงพอสำหรับการใช้งาน 2) ตรวจสอบสภาพของสีกันสนิม 3) ตรวจสอบปริมาณของจาระบีหล่อลื่น 4) ตรวจสอบน็อตล็อคปะเก็นเชือก

5.2 สร้างแผนการตรวจพบความผิดปกติของเครื่องจักร

หลังจากที่ได้เลือกวิธีการและเครื่องมือในการตรวจพบความผิดปกติในแต่ละโหมดความเสียหายของเครื่องจักรแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการรวบรวบวิธีการตรวจพบทั้งหมดมาจัดทำเป็นแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรซึ่งประกอบไปด้วย 1) เครื่องจักรที่เข้าไปตรวจสอบ 2) กิจกรรมที่ปฏิบัติ 3) เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบ 4) ความถี่ในการเข้าไปตรวจสอบ ซึ่งความถี่ในการเข้าไปตรวจสอบจะถูกกำหนดโดยการอ้างอิงจากประวัติความเสียหายที่เคยเกิดขึ้น คู่มือการใช้งานของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงและตามคำแนะนำของสมาคมป้องกันอัคคีภัยแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NFPA 25)

ตารางที่ 5.7 แผนการตรวจพบความผิดปกติของมอเตอร์ไฟฟ้า

สาเหตุการขัดข้อง	กิจกรรม	เครื่องมือ	รอบเวลาการตรวจ	เหตุผลในการกำหนดรอบเวลาการตรวจ
มอเตอร์มีการสั่นสะเทือนสูง	ตรวจวัดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์	เครื่องวัดความสั่นสะเทือน	1 สัปดาห์	อ้างอิงตาม NFPA 25 หัวข้อที่ 8.3.2.2
ตลับลูกปืนมีความร้อนสูงเกินที่ออกแบบ	ตรวจวัดอุณหภูมิของตลับลูกปืนมอเตอร์	เครื่องวัดอุณหภูมิ	1 สัปดาห์	อ้างอิงตาม NFPA 25 หัวข้อที่ 8.2.2
สีกันสนิมเสื่อมสภาพ	ตรวจสอบสภาพสีกันสนิม	ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	1 สัปดาห์	อ้างอิงตามคู่มือของเครื่องจักร
มอเตอร์และเครื่องสูบไม่ได้อยู่ในเส้นตรงศูนย์กลางเดียวกัน	ตรวจสอบการร่วมศูนย์ของมอเตอร์และเครื่องสูบ	เครื่องมือตั้งศูนย์เพลา	1 ปี	อ้างอิงตาม NFPA 25 หัวข้อที่ 8.3.4.4
ความต้านทานของฉนวนหุ้มขดลวดไฟฟ้ามอเตอร์ต่ำกว่า 7.6 เมกะโอห์ม	ตรวจสอบความต้านทานของฉนวนหุ้มขดลวดไฟฟ้ามอเตอร์	เมกะโอห์มมิเตอร์	3 เดือน	อ้างอิงจากประวัติความเสียหายเกิดขึ้น
มอเตอร์ใช้กระแสไฟฟ้ามากเกินไป	ตรวจสอบกระแสไฟฟ้ามอเตอร์	มัลติมิเตอร์	1 สัปดาห์	อ้างอิงตาม NFPA 25 หัวข้อที่ 8.6.1

จากตารางที่ 5.7 แสดงให้เห็นว่าแผนการตรวจพบความผิดปกติของมอเตอร์ไฟฟ้าประกอบด้วยรายการตรวจสอบทั้งหมด 6 รายการ โดยมีรอบการตรวจ 3 ช่วงเวลาได้แก่ รอบเวลาการตรวจ 1 สัปดาห์ รอบเวลาการตรวจ 3 เดือนและรอบเวลาการตรวจ 1 ปี ซึ่งแต่ละรายการตรวจสอบมีรอบเวลาและเหตุผลที่เลือก ดังนี้ 1) การตรวจวัดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ โดยใช้เครื่องวัดความสั่นสะเทือนมีรอบการตรวจวัดทุก 1 สัปดาห์ ซึ่งรอบการตรวจวัดอ้างอิงตามคำแนะนำของสมาคมป้องกันอัคคีภัยแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NFPA 25) หัวข้อที่ 8.3.2.2 2) การตรวจวัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

อุณหภูมิของตลับลูกปืนมอเตอร์ โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิตรวจวัดทุก 1 สัปดาห์อ้างอิงตามคำแนะนำของสมาคมป้องกันอัคคีภัยแห่งชาติสหรัฐอเมริกา หัวข้อที่ 8.2.2 3) การตรวจสอบสภาพสีกันสนิมเสื่อมสภาพ โดยการตรวจสอบด้วยตาเปล่าที่มีรอบการตรวจสอบทุกสัปดาห์อ้างอิงตามคู่มือการใช้งานของเครื่องจักร 4) การตรวจสอบการร่วมศูนย์ของมอเตอร์และเครื่องสูบโดยใช้เครื่องมือตั้งศูนย์เพลาซึ่งมีรอบเวลาการตรวจทุก 1 ปีอ้างอิงตามคำแนะนำของสมาคมป้องกันอัคคีภัยแห่งชาติสหรัฐอเมริกา หัวข้อที่ 8.3.4.4 5) การตรวจวัดตรวจวัดกระแสไฟฟ้า โดยใช้เครื่องมัลติมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าขณะที่ทำงานมีรอบการตรวจทุก 1 สัปดาห์อ้างอิงตามคำแนะนำของสมาคมป้องกันอัคคีภัยแห่งชาติสหรัฐอเมริกา หัวข้อที่ 8.6.1 แต่เนื่องจากการตรวจสอบความต้านทานของฉนวนหุ้มขดลวดไฟฟ้ามอเตอร์โดยใช้เครื่องเมกะโอห์มมิเตอร์ไม่สามารถหาข้อกำหนดเพื่อนำมาอ้างอิงเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมได้ งานวิจัยนี้จึงได้กำหนดจากประวัติความเสียหายที่เคยเกิดขึ้น จะพบว่ามอเตอร์เสียหายจากความต้านของฉนวนในลดลวดไฟฟ้าต่ำ เกิดเพียง 1 ครั้งในรอบ 3 ปีดังนั้นเพื่อความมั่นใจ จึงได้กำหนดการตรวจสอบทุก 3 เดือนเพื่อเก็บแนวโน้มค่าความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงและสามารถคาดการณ์ช่วงเวลาที่เครื่องจักรจะขัดข้องได้

ตารางที่ 5.8 แผนการตรวจสอบความผิดปกติของเครื่องยนต์ดีเซล

สาเหตุการขัดข้อง	กิจกรรม	เครื่องมือ	รอบเวลาการตรวจ	เหตุผลในการกำหนดรอบเวลาการตรวจ
น้ำมันเชื้อเพลิงในถังอยู่ระดับต่ำ	ตรวจสอบระดับน้ำมันเชื้อเพลิง	ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	1 สัปดาห์	อ้างอิงตาม NFPA 25 หัวข้อที่ 8.2.2
ความดันที่ตั้งค่าไว้ผิดพลาด	ตรวจสอบการตั้งค่าของสวิตช์ควบคุมความดัน	ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	6 เดือน	อ้างอิงตาม NFPA 25 หัวข้อที่ 11.1.3.1.2
แบตเตอรี่มีความต่างศักย์น้อยกว่า 12.6 โวลต์	ตรวจสอบความต่างศักย์ของแบตเตอรี่	มัลติมิเตอร์	1 สัปดาห์	อ้างอิงตาม NFPA 25 หัวข้อที่ 8.2.2
สายน้ำหล่อเย็นเสื่อมสภาพ	ตรวจสอบสภาพสายหล่อเย็น	ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	1 สัปดาห์	อ้างอิงตามคู่มือของเครื่องจักร
หม้อน้ำผุกร่อน	ตรวจสอบสภาพหม้อน้ำ	ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	1 สัปดาห์	อ้างอิงตามคู่มือของเครื่องจักร
ท่อไอเสียมีรอยร้าว	ตรวจสอบรอยร้าวของท่อไอเสีย	ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	1 ปี	อ้างอิงตาม NFPA 25 หัวข้อที่ 9.2.5.3
สายน้ำมันเสื่อมสภาพ	ตรวจสอบสภาพสายน้ำมัน	ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	1 สัปดาห์	อ้างอิงตามคู่มือของเครื่องจักร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาเหตุการขัดข้อง	กิจกรรม	เครื่องมือ	รอบเวลาการตรวจ	เหตุผลในการกำหนดรอบเวลาการตรวจ
ความดันน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำ	ตรวจสอบความดันน้ำมันเชื้อเพลิง	ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	1 สัปดาห์	อ้างอิงตาม NFPA 25 หัวข้อที่ 8.3.2.2
ท่อเป็นสูญญากาศ	ตรวจสอบเกจวัดกรองอากาศ	เกจวัดกรองอากาศ	1 สัปดาห์	อ้างอิงตามคู่มือของเครื่องจักร
ความดันน้ำมันหล่อลื่นต่ำ	ตรวจสอบความดันของน้ำมันหล่อลื่น	ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	1 สัปดาห์	อ้างอิงตาม NFPA 25 หัวข้อที่ 8.3.2.2
น้ำมันหล่อลื่นความหนืดต่ำ	ตรวจสอบคุณภาพน้ำมันหล่อลื่น	ตรวจสอบคุณภาพน้ำมัน	6 เดือน	อ้างอิงตามคู่มือของเครื่องจักร
น้ำมันหล่อลื่นปนเปื้อน	ตรวจสอบคุณภาพน้ำมันหล่อลื่น	ตรวจสอบคุณภาพน้ำมัน	6 เดือน	อ้างอิงตามคู่มือของเครื่องจักร
สีกันสนิมเสื่อมสภาพ	ตรวจสอบสภาพสีกันสนิม	ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	1 สัปดาห์	อ้างอิงตามคู่มือของเครื่องจักร
ไม่มีจาระบีหล่อลื่น	ตรวจสอบจาระบี	ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	1 สัปดาห์	อ้างอิงตามคู่มือของเครื่องจักร

จากตารางที่ 5.8 แสดงให้เห็นว่าแผนการตรวจพบความผิดปกติของเครื่องยนต์ ประกอบด้วยรายการตรวจสอบทั้งหมด 14 รายการ โดยจะมีรอบการตรวจ 3 ช่วงเวลา ได้แก่ รอบเวลาการตรวจ 1 สัปดาห์ และรอบเวลาการตรวจ 6 เดือน และรอบการตรวจ 1 ปี ตัวอย่างเช่น การตรวจสอบการตั้งค่าของสวิตซ์ควบคุมความดันโดยการตรวจสอบเข็มที่ตั้งค่าไว้ในเกจโดยการตรวจสอบด้วยตาเปล่าทุก 6 เดือน อ้างอิงตามคำแนะนำของสมาคมป้องกันอัคคีภัยแห่งชาติสหรัฐอเมริกาหัวข้อที่ 11.1.3.1.2 การตรวจสอบรอยร้าวของท่อไอเสียโดยการตรวจสอบด้วยตาเปล่า โดยมีรอบการตรวจสอบทุก 1 ปี อ้างอิงตามคำแนะนำของสมาคมป้องกันอัคคีภัยแห่งชาติสหรัฐอเมริกาหัวข้อที่ 9.2.5.3 การตรวจสอบความหนืดและการปนเปื้อนของน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์โดยการตรวจคุณภาพของเครื่องยนต์ทุก 6 เดือน ซึ่งรอบการตรวจสอบถูกกำหนดตามคู่มือของผู้ผลิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 5.9 แผนการตรวจสอบความผิดปกติของเครื่องสูบ

สาเหตุการขัดข้อง	กิจกรรม	เครื่องมือ	รอบเวลาการตรวจ	เหตุผลในการกำหนดรอบเวลาการตรวจ
มีการสั่นสะเทือนสูง	ตรวจวัดการสั่นสะเทือนของชุดเกียร์	เครื่องวัดความสั่นสะเทือน	1 สัปดาห์	อ้างอิงตาม NFPA 25 หัวข้อที่ 8.3.2.2
น้ำมันหล่อลื่นชุดเกียร์ไม่เพียงพอ	ตรวจสอบระดับน้ำมันหล่อลื่นชุดเกียร์	ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	1 สัปดาห์	อ้างอิงตาม NFPA 25 หัวข้อที่ 8.2.2
น้ำมันหล่อลื่นความหนืดต่ำ	ตรวจสอบคุณภาพน้ำมันหล่อลื่น	ตรวจสอบคุณภาพน้ำมัน	6 เดือน	อ้างอิงตามประวัติความเสียหาย
น้ำมันหล่อลื่นปนเปื้อน	ตรวจสอบคุณภาพน้ำมันหล่อลื่น	ตรวจสอบคุณภาพน้ำมัน	6 เดือน	อ้างอิงตามประวัติความเสียหาย
เครื่องสูบมีการสั่นสะเทือนสูง	ตรวจวัดการสั่นสะเทือนของชุดเครื่องสูบ	เครื่องวัดความสั่นสะเทือน	1 สัปดาห์	อ้างอิงตาม NFPA 25 หัวข้อที่ 8.3.2.2
สีกันสนิมเสื่อมสภาพ	ตรวจสอบสภาพสีกันสนิม	ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	1 สัปดาห์	อ้างอิงตามคู่มือของเครื่องจักร
ผนังมีความหนาน้อยกว่า 3 มิลลิเมตร	ตรวจวัดความหนาเครื่องสูบ	เครื่องวัดความหนาโลหะ	1 ปี	อ้างอิงตามประวัติความเสียหาย
จาระบีหล่อลื่นไม่เพียงพอบริเวณปะเก็นเชือก	ตรวจสอบจาระบี	ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	1 สัปดาห์	อ้างอิงตาม NFPA 25 หัวข้อที่ 8.3.2.2
น็อตล็อคปะเก็นเชือกหลวม	ตรวจสอบการคลายตัวของน็อต	ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	1 สัปดาห์	อ้างอิงตาม NFPA 25 หัวข้อที่ 8.3.2.2
ความดันน้ำด้านส่งของเครื่องสูบต่ำ	ตรวจเศษขยะและสัตว์น้ำอุดตันบริเวณตัวกรอง	ตรวจสอบด้วยหุ่นยนต์	1 ปี	อ้างอิงตามประวัติความเสียหาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 5.9 แสดงให้เห็นว่าแผนการตรวจพบความผิดปกติของเครื่องสูบน้ำ ประกอบด้วยรายการตรวจสอบทั้งหมด 10 รายการ โดยมีรอบการตรวจ 3 ช่วงเวลาได้แก่ รอบเวลาการตรวจ 1 สัปดาห์ รอบเวลาการตรวจ 6 เดือนและรอบเวลาการตรวจ 1 ปี ตัวอย่างเช่น การตรวจวัดการสั่นสะเทือนของชุดเกียร์และเครื่องสูบโดยใช้เครื่องวัดความสั่นสะเทือนถูกกำหนดให้มีการตรวจวัดทุก 1 สัปดาห์อ้างอิงตามคำแนะนำของสมาคมป้องกันอัคคีภัยแห่งชาติสหรัฐอเมริกา หัวข้อที่ 8.3.2.2 การตรวจสอบสภาพสีกันสนิมทุก 1 สัปดาห์อ้างอิงตามคู่มือของเครื่องจักร การตรวจสอบความหนาของผนังเครื่องสูบน้ำดับเพลิงโดยเครื่องวัดความหนาของโลหะ ซึ่งรอบการตรวจสอบถูกกำหนดโดยการ

อ้างอิงจาก MTBF น้อยที่สุดของเครื่องจักรที่เคยเกิดขึ้น จากข้อมูลจะพบว่า MTBF ของคอลัมน์และหัวเครื่องสูบน้ำดับเพลิงต่ำที่สุดอยู่ที่ 1.5 ปี แต่เนื่องจากทางทีมซ่อมบำรุงต้องการเก็บแนวโน้มความหนาของเครื่องสูบจึงได้กำหนดให้มีการตรวจทุก 1 ปี เพื่อเก็บอัตราการกร่อนของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงเพื่อใช้ในการปรับปรุงรอบการบำรุงรักษาให้เหมาะสมต่อไป

5.3 ปรับปรุงใบรายการตรวจสอบเครื่องจักร

เมื่อได้แผนการตรวจพบความผิดปกติของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงแล้ว ลำดับต่อไปจะเป็นการปรับปรุงใบรายการตรวจสอบเครื่องจักรสำหรับใช้ในการนำไปตรวจสอบและบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำดับเพลิง ซึ่งจะเริ่มจากการนำใบรายการตรวจสอบเครื่องจักรที่ใช้ในปัจจุบันมารวมกับแผนการตรวจพบความผิดปกติของเครื่องจักรที่สร้างขึ้นมาใหม่ โดยใช้รายการตรวจสอบที่สร้างขึ้นมาเป็นตัวตั้งต้นและนำรายการบำรุงรักษาที่ใช้อยู่มาเพิ่มเติมในส่วนที่ยังขาด ทำให้ได้ใบรายการตรวจสอบมอเตอร์ไฟฟ้า เครื่องยนต์ดีเซลและเครื่องสูบ ดังแสดงในตารางที่ 5.10, 5.11 และ 5.12 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.10 ใบรายการตรวจสอบมอเตอร์ไฟฟ้า

ใบรายการตรวจสอบมอเตอร์ไฟฟ้าหมายเลขเครื่อง : ..... วันที่ตรวจ :			
กิจกรรม	ปกติ	ผิดปกติ	หมายเหตุ
รอบเวลาการตรวจ 1 สัปดาห์			
ตรวจวัดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์	[ ] < 7.1 mm/s	[ ] > 7.1 mm/s	อ้างอิงตาม ISO 10816
ตรวจวัดอุณหภูมิของตลับลูกปืนมอเตอร์ DE	[ ] < 80^{0}C	[ ] > 80^{0}C	อ้างอิงตามคู่มือของตลับลูกปืน
ตรวจวัดอุณหภูมิของตลับลูกปืนมอเตอร์ NDE	[ ] < 80^{0}C	[ ] > 80^{0}C	
ตรวจสอบสภาพสีกันสนิม	[ ] ปกติ	[ ] สีเสื่อมสภาพ	
ตรวจวัดกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์	[ ] 55-75 แอมแปร์	[ ] < 55 แอมแปร์ และ > 75 แอมแปร์	อ้างอิงตามคู่มือของมอเตอร์
ตรวจวัดกำลังของมอเตอร์	[ ] 630-740 กิโลวัตต์	[ ] < 630 กิโลวัตต์ และ>740 กิโลวัตต์	อ้างอิงตามคู่มือของมอเตอร์
ตรวจสอบการหลวมของน็อต	[ ] ปกติ	[ ] หลวม	
อัดจาระบีด้าน DE มอเตอร์	[ ] อัดจาระบี		
อัดจาระบีด้าน NDE มอเตอร์	[ ] อัดจาระบี		
ตรวจสอบเสียงที่ผิดปกติ	[ ] ปกติ	[ ] เสียงดัง	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ใบรายการตรวจสอบมอเตอร์ไฟฟ้าหมายเลขเครื่อง : ..... วันที่ตรวจ :			
กิจกรรม	ปกติ	ผิดปกติ	หมายเหตุ
รอบเวลาการตรวจ 3 เดือน			
ตรวจสอบความต้านทานของฉนวนหุ้มขดลวดไฟฟ้ามอเตอร์	[ ] > 7.6 เมกะโอห์ม	[ ] < 7.6 เมกะโอห์ม	อ้างอิงตามคู่มือของมอเตอร์
รอบเวลาการตรวจ 1 ปี			
ตรวจสอบการ่วมศูนย์ของมอเตอร์และเครื่องสูบ	[ ] < 0.05 มิลลิเมตร	[ ] > 0.05 มิลลิเมตร	อ้างอิงตามคู่มือของมอเตอร์

งานวิจัยนี้ได้ปรับปรุงใบรายการตรวจสอบมอเตอร์ไฟฟ้าโดยมีกิจกรรมที่ถูกกำหนดขึ้นใหม่ 5 กิจกรรมและกิจกรรมที่ปฏิบัติอยู่เดิม 7 กิจกรรม ซึ่งกิจกรรมที่ถูกกำหนดขึ้นมาใหม่แต่ละกิจกรรมนั้นได้กำหนดวิธีการปฏิบัติดังแสดงในรูปที่ 5.2-5.5

CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 5.1 วิธีการตรวจวัดค่าการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ไฟฟ้า

รูปที่ 5.1 แสดงวิธีวัดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ซึ่งจะต้องวัดขณะเดินเครื่องจักร โดยใช้หัวของเครื่องวัดการสั่นสะเทือนไปสัมผัสกด้าน DE และ ด้าน NDE ของมอเตอร์ หลังจากนั้นเครื่องวัดจะแสดงค่าการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นกับเครื่องจักร ถ้าพบว่าการสั่นสะเทือนมีค่ามากกว่า 7.1 mm/s แสดงว่ามอเตอร์เริ่มผิดปกติ จำเป็นที่จะต้องหาสาเหตุและกำหนดแนวทางแก้ไข

รูปที่ 5.2 แสดงการตรวจวัดอุณหภูมิด้าน DE และ NDE ของมอเตอร์ไฟฟ้า

รูปที่ 5.2 การตรวจวัดอุณหภูมิด้าน DE และ NDE ของมอเตอร์ เพื่อตรวจพบความผิดปกติที่จะเกิดขึ้นกับตลับลูกปืนของมอเตอร์ ซึ่งขั้นตอนการทำงานเริ่มจากการเดินเครื่องจักรต่อเนื่องอย่างน้อย 15 นาที หลังจากนั้นจะให้ปืนวัดอุณหภูมิที่มีเลเซอร์เป็นตัวชี้เป้า ชี้ไปยังจุดที่ต้องการวัดอุณหภูมิ คือบริเวณตลับลูกปืนด้าน DE และ NDE ของมอเตอร์ โดยผลการวัดอุณหภูมิของตลับลูกปืนทั้งสองด้านต้องไม่เกิน 80 องศาเซลเซียส จึงจะแสดงว่าเครื่องจักรยังสามารถทำงานได้ตามปกติ

รูปที่ 5.3 แสดงการวัดความต้านทานของขดลวดมอเตอร์

รูปที่ 5.3 การตรวจวัดความต้านทานฉนวนหุ้มขดลวดมอเตอร์ โดยการใช้เครื่องเมกะโอห์มมิเตอร์ตรวจวัดขณะที่มอเตอร์หมุน เป็นการวัดเทียบระหว่างสายไฟกับโครงของมอเตอร์ ซึ่งถ้าผลการวัดพบว่าความต้านทานของขดลวดน้อยกว่า 7.6 เมกะโอห์ม แสดงว่าขดลวดของมอเตอร์มีความชื้นหรือสารเคลือบขดลวดเริ่มเสื่อมสภาพทำให้มีความเสี่ยงที่ขดลวดมอเตอร์จะลัดวงจร ดังนั้นควรที่จะต้องวางแผนการแก้ไข

รูปที่ 5.4 ตรวจสอบการร่วมศูนย์ของมอเตอร์ไฟฟ้า

รูปที่ 5.4 แสดงการตรวจสอบการร่วมศูนย์ระหว่างมอเตอร์ไฟฟ้าและเครื่องสูบโดยใช้ไดอัลเกจ ตรวจสอบโดยการใช้ฐานของไดอัลเกจน์จับที่ฐานของมอเตอร์และใช้เข็มของไดอัลเกจน์สัมผัสไปที่เพลาของเครื่องสูบหลังจากนั้นทดลองหมุนเพลาของเครื่องสูบและตรวจสอบดูว่าที่ตำแหน่ง 0, 90, 180 และ 270 เพลาของเครื่องสูบมีการเยื้องศูนย์กลางเกิน 0.05 มิลลิเมตรหรือไม่ ถ้าค่าที่วัดได้เกินที่กำหนดจำเป็นต้องวางแผนปรับตั้งการร่วมศูนย์ของมอเตอร์และเครื่องสูบใหม่

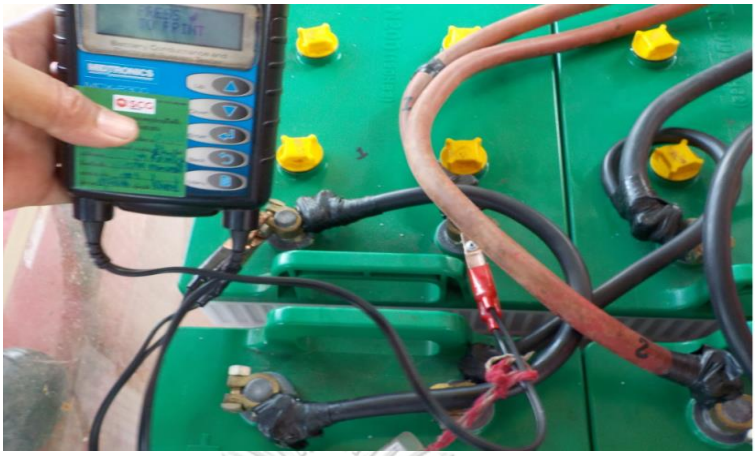
ตารางที่ 5.11 ใบรายการตรวจสอบเครื่องยนต์ดีเซล

ใบรายการตรวจสอบเครื่องยนต์ดีเซลหมายเลขเครื่อง : ..... วันที่ตรวจ :			
กิจกรรม	ปกติ	ผิดปกติ	หมายเหตุ
รอบเวลาการตรวจ 1 สัปดาห์			
ตรวจสอบระดับน้ำมันเชื้อเพลิง	[ ] 60%-80% ของระดับสูงสุด	[ ] < 60% ของระดับสูงสุด	อ้างอิงตามคู่มือเครื่องยนต์
ตรวจสอบความต่างศักย์ของแบตเตอรี่	[ ] >12.6 โวลต์	[ ] <12.6 โวลต์	อ้างอิงตามคู่มือเครื่องยนต์
ตรวจสอบสภาพสายหล่อเย็น	[ ] ปกติ	[ ] เสื่อมสภาพ	
ตรวจสอบสภาพหม้อน้ำ	[ ] ปกติ	[ ] ผุกร่อน	
ตรวจสอบสภาพสายน้ำมัน	[ ] ปกติ	[ ] เสื่อมสภาพ	
ตรวจสอบความดันน้ำมันเชื้อเพลิง	[ ] 17-50 PSI	[ ] <17 PSI และ>50 PSI	อ้างอิงตามคู่มือเครื่องยนต์
ตรวจสอบเกจวัดกรองอากาศ	[ ] ระดับสีเขียว	[ ] ระดับสีส้ม	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ใบรายการตรวจสอบเครื่องยนต์ดีเซลหมายเลขเครื่อง : ..... วันที่ตรวจ :			
กิจกรรม	ปกติ	ผิดปกติ	หมายเหตุ
ตรวจสอบความดันของน้ำมันหล่อลื่น	[ ] 20-70 PSI	[ ] <20 PSI และ>70 PSI	อ้างอิงตามคู่มือเครื่องยนต์
ตรวจสอบสภาพสีกันสนิม	[ ] ปกติ	[ ] สีเสื่อมสภาพ	
ตรวจสอบการรั่วของน้ำหล่อเย็น	[ ] ไม่รั่ว	[ ] รั่ว	
ตรวจสอบระดับน้ำมันหล่อลื่น	[ ] 60%-80% ของระดับสูงสุด	[ ] < 60% ของระดับสูงสุด	อ้างอิงตามคู่มือเครื่องยนต์
ตรวจสอบระดับน้ำหล่อเย็น	[ ] 60%-80% ของระดับสูงสุด	[ ] < 60% ของระดับสูงสุด	อ้างอิงตามคู่มือเครื่องยนต์
ตรวจวัดอุณหภูมิของข้อเหวี่ยง	[ ] 90-115^{0}C	[ ] < 90 ^{0}C และ > 115^{0}C	อ้างอิงตามคู่มือเครื่องยนต์
ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำขาเข้าหม้อน้ำ	[ ] 20-40 ^{0}C	[ ] > 40 ^{0}C	อ้างอิงตามคู่มือเครื่องยนต์
ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำขาออกหม้อน้ำ	[ ] < 65	[ ] > 65 ^{0}C	อ้างอิงตามคู่มือเครื่องยนต์
ตรวจสอบการรั่วของน้ำมันทุกจุด	[ ] ไม่รั่ว	[ ] รั่ว	
ตรวจสอบการหลวมของน็อตทุกจุด	[ ] หลวม	[ ] ไม่หลวม	
ตรวจสอบจาระบีคับปลิง	[ ] จาระบีเพียงพอ	[ ] จาระบีไม่เพียงพอ	
ตรวจสอบชั่วโมงทำงานเครื่องยนต์	.....ชั่วโมง		
ตรวจสอบความเร็วรอบเครื่องยนต์	.....RPM		
รอบเวลาการตรวจ 6 เดือน			
ตรวจสอบการตั้งค่าของสวิตช์ความดัน	[ ] 7 kg/cm^2	[ ] < 7 kg/cm^2	อ้างอิงตามคู่มือเครื่องยนต์
ตรวจสอบคุณภาพน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์	[ ] ปกติ	[ ] เสื่อมสภาพ	
รอบเวลาการตรวจ 1 ปี			
ตรวจสอบรอยร้าวของท่อไอเสีย	[ ] ปกติ	[ ] มีรอยแตกร้าว	

ใบรายการตรวจสอบเครื่องยนต์ดีเซลที่ถูกปรับปรุงขึ้นในตารางที่ 5.11 มีกิจกรรมที่ต้องปฏิบัติทั้งหมด 22 กิจกรรม โดยแบ่งเป็นถูกกำหนดขึ้นมาใหม่ทั้งหมด 8 กิจกรรมและกิจกรรมที่ปฏิบัติอยู่เดิม 14 กิจกรรม กิจกรรมที่ถูกกำหนดขึ้นมาใหม่แต่ละกิจกรรมนั้นได้กำหนดวิธีการปฏิบัติดังแสดงในรูปที่ 5.6-5.12

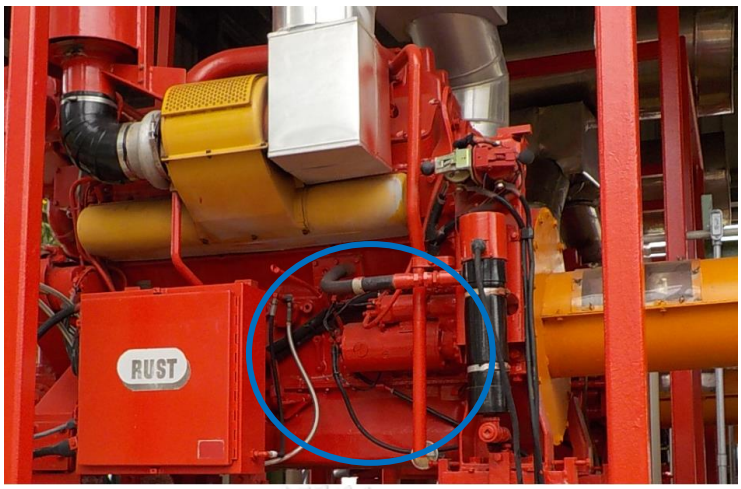


รูปที่ 5.5 การตรวจวัดความต่างศักย์ของแบตเตอรี่

รูปที่ 5.5 แสดงวิธีการตรวจวัดความต่างศักย์ของแบตเตอรี่โดยใช้เครื่องมัลติมิเตอร์หนีบบริเวณขั้วบวกและขั้วลบของแบตเตอรี่ ซึ่งถ้าค่าที่วัดได้น้อยกว่า 12.6 โวลต์ จำเป็นต้องวางแผนซ่อมบำรุงต่อไป

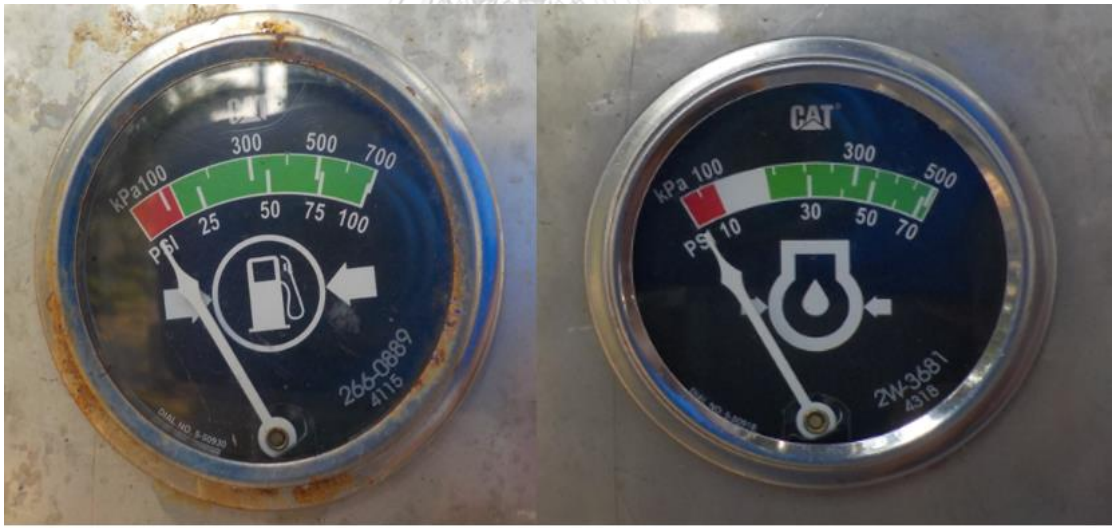
รูปที่ 5.6 จุดตรวจสอบรอยแตกร้าวของท่อไอเสีย

รูปที่ 5.6 แสดงจุดที่ต้องตรวจสอบรอยแตกร้าวของท่อไอเสียเนื่องจากขณะเครื่องจักรทำงานท่อไอเสียจะมีการสั่นตลอดเวลาส่งผลให้เกิดการล้าของวัสดุและอาจจะแตกได้ จึงต้องมีการตรวจสอบท่อไอเสียทุกครั้ง



รูปที่ 5.7 จุดตรวจสอบสภาพสายน้ำมัน

การตรวจสอบสภาพสายน้ำมันเครื่องยนต์ดีเซลจะตรวจสอบบริเวณรอบ ๆ ตัวเครื่องดังแสดงในรูปที่ 5.7 โดยการตรวจสอบสภาพผิวของสายน้ำมันว่ามีรอยแตกร้าวและเสียหายหรือไม่ ถ้าพบรอยดังกล่าวจำเป็นต้องวางแผนในการแก้ไข

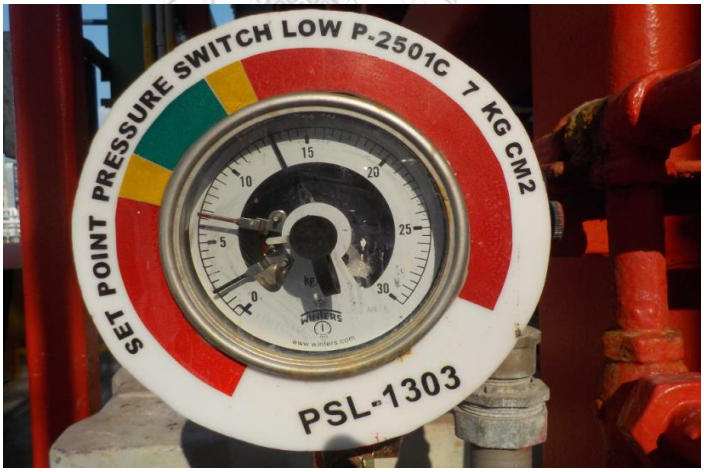


รูปที่ 5.8 เกจสำหรับตรวจสอบความดันน้ำมันเครื่องและน้ำมันเชื้อเพลิง

วิธีการตรวจสอบความดันของน้ำมันเชื้อเพลิงและน้ำมันเครื่องเป็นการตรวจสอบจากเกจน์วัดดังแสดงในรูปที่ 5.8 โดยขณะเดินเครื่องจักรความดันของน้ำมันเชื้อเพลิงต้องห้ามน้อยกว่า 17 psi และความดันของน้ำมันเครื่องต้องมากกว่า 20 psi จึงจะแสดงว่าเครื่องยนต์ดีเซลเดินเครื่องโดยปกติ

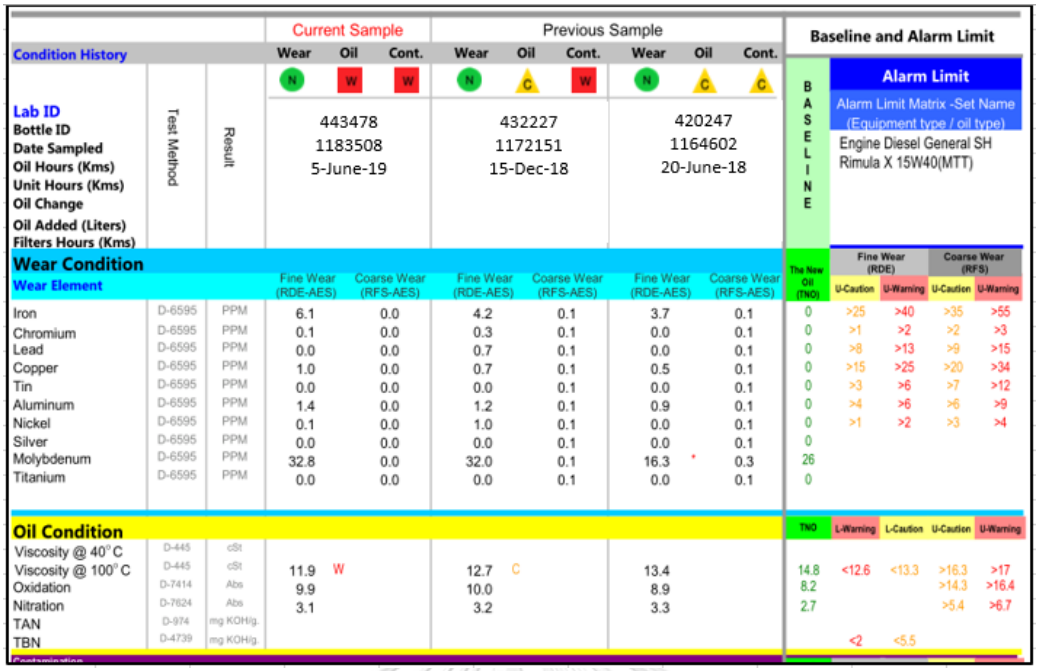
รูปที่ 5.9 เกจน์สำหรับตรวจสอบความสกปรกของกรองอากาศ

รูปที่ 5.9 แสดงเกจน์สำหรับใช้ตรวจสอบความสกปรกของกรองอากาศเครื่องยนต์ โดยปกติเกจน์จะแสดงอยู่ที่ระดับสีเขียวแต่เมื่อกรองอากาศเริ่มสกปรก เกจน์จะเปลี่ยนจากระดับสีเขียวเป็นสีส้ม ทีมซ่อมบำรุงจึงจะต้องวางแผนแก้ไขต่อไป



รูปที่ 5.10 เกจน์สำหรับตรวจสอบการตั้งค่าของสวิตซ์ควบคุมความดัน

รูปที่ 5.10 แสดงเกจสำหรับตรวจสอบการตั้งค่าของสวิตซ์ควบคุมความดัน ซึ่งปกติเข็มสีแดงต้องถูกตั้งค่าไปที่ 7 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ถ้าเข็มมีการคลาดเคลื่อนจะส่งผลให้เครื่องสูบน้ำดับเพลิงไม่สามารถเริ่มเดินเครื่องตามที่ต้องการ



Condition History			Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Baseline and Alarm Limit Wear	Baseline and Alarm Limit Oil	Baseline and Alarm Limit Cont.
			N	W	W	N	C	W	N	C	C
Lab ID	Test Method	Result	443478			432227			420247		
Bottle ID			1183508			1172151			1164602		
Date Sampled			5-June-19			15-Dec-18			20-June-18		
Oil Hours (Kms)											
Unit Hours (Kms)											
Oil Change											
Oil Added (Liters)											
Filters Hours (Kms)											
Wear Condition											
Wear Element			Fine Wear (RDE-AES)	Coarse Wear (RFS-AES)		Fine Wear (RDE-AES)	Coarse Wear (RFS-AES)		Fine Wear (RDE-AES)	Coarse Wear (RFS-AES)	
Iron	D-6595	PPM	6.1	0.0		4.2	0.1		3.7	0.1	
Chromium	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.3	0.1		0.0	0.1	
Lead	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.7	0.1		0.0	0.1	
Copper	D-6595	PPM	1.0	0.0		0.7	0.1		0.5	0.1	
Tin	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.1		0.0	0.1	
Aluminum	D-6595	PPM	1.4	0.0		1.2	0.1		0.9	0.1	
Nickel	D-6595	PPM	0.1	0.0		1.0	0.1		0.0	0.1	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.1		0.0	0.1	
Molybdenum	D-6595	PPM	32.8	0.0		32.0	0.1		16.3	0.3	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.1		0.0	0.1	
Oil Condition											
Viscosity @ 40°C	D-445	cSt									
Viscosity @ 100°C	D-445	cSt	11.9	W		12.7	C		13.4		
Oxidation	D-7414	Abs	9.9			10.0			8.9		
Nitration	D-7624	Abs	3.1			3.2			3.3		
TAN	D-974	mg KOH/g									
TBN	D-4739	mg KOH/g									

BASELINE

Alarm Limit

Alarm Limit Matrix -Set Name (Equipment type / oil type)

Engine Diesel General SH Rimula X 15W40(MTT)

The New Oil (TNO)	Fine Wear (RDE) U-Caution	Fine Wear (RDE) U-Warning	Coarse Wear (RFS) U-Caution	Coarse Wear (RFS) U-Warning
0	>25	>40	>35	>55
0	>1	>2	>2	>3
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3	>6	>7	>12
0	>4	>6	>6	>9
0	>1	>2	>3	>4
0				
26				
0				

TNO	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
14.8	<12.6	<13.3	>16.3	>17
8.2			>14.3	>16.4
2.7			>5.4	>6.7
	<2	<5.5		

รูปที่ 5.11 ผลการวิเคราะห์สภาพน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ดีเซล

รูปที่ 5.11 แสดงผลการวิเคราะห์สภาพน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ดีเซล จะเห็นได้ว่าน้ำมันหล่อลื่นที่นำไปตรวจสอบคือน้ำมัน Rimula X 15W40 มีผลการตรวจดังนี้ 1) สิ่งปนปื้นในน้ำมันอยู่ในเกณฑ์ปกติสามารถใช้งานได้ 2) ความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นมีแนวโน้มลดลงซึ่งอาจจะส่งผลให้เครื่องยนต์ดีเซลขัดข้องได้จำเป็นที่จะต้องหาสาเหตุและรีบดำเนินการแก้ปัญหา

ตารางที่ 5.12 ใบรายการตรวจสอบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง

ใบรายการตรวจสอบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงหมายเลขเครื่อง : ..... วันที่ตรวจ :			
กิจกรรม	ปกติ	ผิดปกติ	หมายเหตุ
รอบเวลาการตรวจ 1 สัปดาห์			
ตรวจวัดการสั่นสะเทือนของชุดเกียร์	[ ] ≤ 18 mm/s	[ ] > 18 mm/s	อ้างอิงตามผลการตรวจสอบประจำเดือนของเครื่องจักร
ตรวจวัดการสั่นสะเทือนของชุดเครื่องสูบ	[ ] ≤ 7.1 mm/s	[ ] > 7.1 mm/s	อ้างอิงตาม ISO 10816
ตรวจสอบระดับน้ำมันหล่อลื่นชุดเกียร์	[ ] 60%-80% ของระดับสูงสุด	[ ] < 60% ของระดับสูงสุด	อ้างอิงตามคู่มือของเครื่องจักร

ใบรายการตรวจสอบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงหมายเลขเครื่อง : ..... วันที่ตรวจ :			
กิจกรรม	ปกติ	ผิดปกติ	หมายเหตุ
ตรวจสอบสภาพสีกันสนิม	[ ] ปกติ	[ ] เสื่อมสภาพ	
จาระบีหล่อลื่นไม่เพียงพอบริเวณปะเก็นเชือก	[ ] จาระบีเพียงพอ	[ ] จาระบีไม่เพียงพอ	
ตรวจสอบการคลายตัวของน็อต	[ ] คลายตัว	[ ] ไม่คลายตัว	
ตรวจสอบทิศทางการหมุน	[ ] ตามเข็มนาฬิกา	[ ] ทวนเข็มนาฬิกา	
ตรวจสอบรอยแตกร้าวทุกชิ้นส่วน	[ ] แตกร้าว	[ ] ไม่แตกร้าว	
ตรวจสอบเสียงผิดปกติ	[ ] ปกติ	[ ] ผิดปกติ	
รอบเวลาการตรวจ 6 เดือน			
ตรวจสอบคุณภาพน้ำมันหล่อลื่นชุดเกียร์	[ ] ปกติ	[ ] เสื่อมสภาพ	
รอบเวลาการตรวจ 1 ปี			
ตรวจวัดความหนาผนังเครื่องสูบ	[ ] > 3 mm	[ ] ≤ 3 mm	อ้างอิงจากการคำนวณ
ตรวจสอบการอุดตันของขยะและสัตว์น้ำบริเวณตัวกรอง	[ ] ไม่อุดตัน	[ ] อุดตัน	

ใบรายการตรวจสอบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่ถูกปรับปรุงขึ้นในตารางที่ 5.12 มีกิจกรรมที่ต้องปฏิบัติทั้งหมด 12 กิจกรรม เป็นกิจกรรมที่กำหนดขึ้นมาใหม่ 5 กิจกรรมและกิจกรรมที่ปฏิบัติอยู่เดิม 8 กิจกรรม โดยกิจกรรมที่ถูกกำหนดขึ้นมาใหม่แต่ละกิจกรรมได้กำหนดวิธีการปฏิบัติดังแสดงในรูปที่ 5.13 - 5.16

รูปที่ 5.12 วิธีวัดการสั่นสะเทือนของเครื่องสูบและชุดเกียร์

รูปที่ 5.12 แสดงวิธีวัดการสั่นสะเทือนของเครื่องสูบและชุดเกียร์ซึ่งจะต้องวัดขณะเดินเครื่องจักร โดยใช้หัวของเครื่องวัดการสั่นสะเทือนไปสัมผัสบริเวณด้านบนและด้านล่างของชุดเกียร์ หลังจากนั้นเครื่องวัดจะแสดงค่าการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นกับเครื่องจักร ถ้าพบว่าการสั่นสะเทือนมีค่ามากกว่า 7.1 mm/s แสดงว่าชุดเกียร์และเครื่องสูบเริ่มผิดปกติจำเป็นที่จะต้องหาสาเหตุเพื่อกำหนดแนวทางแก้ไข

			Current Sample			Previous Sample						Baseline and Alarm Limit				
Condition History			Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.					
			N	N	N	N	N	N	N	N	N		Alarm Limit			
Lab ID	Test Method	Result	443483			432232			420250			B A S E L I N E	Alarm Limit Matrix -Set Name (Equipment type / oil type)			
Bottle ID			1183512			1172179			1164606				Gearbox Reduction SH Morlina 220 (Map Ta Phut)			
Date Sampled			5-June-19			15-Dec-18			20-June-18							
Oil Hours (Kms)																
Unit Hours (Kms)																
Oil Change																
Oil Added (Liters)																
Filters Hours (Kms)																
Wear Condition													Fine Wear (RDE)		Coarse Wear (RFS)	
Wear Element	Method	Unit	Fine Wear (RDE-AES)	Coarse Wear (RFS-AES)		Fine Wear (RDE-AES)	Coarse Wear (RFS-AES)		Fine Wear (RDE-AES)	Coarse Wear (RFS-AES)		The New Oil (TNO)	U-Caution	U-Warning	U-Caution	U-Warning
Iron	D-6595	PPM	6.7	0.0		3.2	2.7		1.9	0.1		0	>27	>44	>50	>100
Chromium	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.3	0.3		0.2	0.1		0	>1	>2	>2	>3
Lead	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.7	0.1		0.9	0.1		0	>2	>3	>4	>7
Copper	D-6595	PPM	0.7	0.0		0.5	0.2		0.2	0.1		0	>10	>16	>18	>32
Tin	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.7	0.2		0.0	0.1		0	>1	>2	>8	>16
Aluminum	D-6595	PPM	0.5	0.0		0.2	0.1		0.2	0.1		0	>1	>2	>5	>9
Nickel	D-6595	PPM	0.2	0.0		0.7	0.3		0.0	0.1		0	>1	>2	>1	>2
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.1		0.0	0.1		0				
Molybdenum	D-6595	PPM	0.4	0.0		0.0	0.1		14.3	0.1		0				
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.1		0.0	0.1		0				
Oil Condition												TNO	L-Warning	L-Caution	U-Caution	U-Warning
Viscosity @ 40°C	D-445	cSt	223.2			221.0			222.1			222.3	<200.1	<211.2	>233.4	>244.5
Viscosity @ 100°C	D-445	cSt														
Oxidation	D-7414	Abs	3.8			2.8			3.7			2.5			>3.8	>4.4
Nitration	D-7624	Abs	3.6			3.6			3.5			3.0			>4.5	>5.3
TAN	D-974	mg KOH/g										0.08			>0.58	>1.58
TBN	D-4739	mg KOH/g														

รูปที่ 5.13 ผลการวิเคราะห์สภาพน้ำมันหล่อลื่นของชุดเกียร์

รูปที่ 5.13 แสดงผลการวิเคราะห์สภาพน้ำมันหล่อลื่นของชุดเกียร์ จะเห็นได้ว่าน้ำมันหล่อลื่นที่นำไปตรวจสอบ คือ น้ำมัน Morina 220 มีผลการตรวจดังนี้ 1) สิ่งปนเปื้อนในน้ำมันอยู่ในเกณฑ์ปกติสามารถใช้งานได้ 2) ความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นอยู่ในเกณฑ์ปกติสามารถใช้งานได้

รูปที่ 5.14 การตรวจวัดความหนาของผนังเครื่องสูบ

รูปที่ 5.15 แสดงรอบการตรวจสอบ 1 ปี โดยการตรวจวัดความหนาของผนังเครื่องสูบ ซึ่งความหนาของผนังเครื่องสูบน้ำดับเพลิงต้องมากกว่า 3 มิลลิเมตร จึงจะสามารถทนความดันได้ แต่การตรวจสอบต้องมีการจดบันทึกความหนาทุกครั้งเพื่อดูแนวโน้มและสามารถที่จะคาดการณ์ระยะเวลาที่เครื่องสูบจะทะลุและทีมซ่อมบำรุงสามารถวางแผนซ่อมบำรุงทันเวลา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 5.15 การตรวจสอบการอุดตันของที่กรองเครื่องสูบโดยใช้หุ่นยนต์ถ่ายภาพ

รูปที่ 5.15 แสดงรอบการตรวจ 1 ปี โดยการใช้หุ่นยนต์เพื่อดำน้ำตรวจสอบความผิดปกติจากการอุดตันของขยะและสัตว์น้ำบริเวณที่กรองเครื่องสูบน้ำดับเพลิง ซึ่งถ้าพบสิ่งผิดปกติจำนวนมากทีมซ่อมบำรุงจะสามารถวางแผนแก้ไขได้ทันเวลา เพื่อให้เครื่องสูบน้ำดับเพลิงสามารถสูบส่งน้ำได้ในปริมาณที่ต้องการ

5.4 พัฒนาความรู้ความสามารถของพนักงานผู้ปฏิบัติงาน

หลังจากที่ได้ปรับปรุงใบรายการตรวจสอบเครื่องจักรในระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงซึ่งประกอบไปด้วย มอเตอร์ไฟฟ้า เครื่องยนต์ดีเซลและเครื่องสูบ ลำดับต่อไปจะเป็นการอบรมเพิ่มความรู้ให้กับพนักงาน เนื่องจากสาเหตุบางส่วนที่เครื่องสูบน้ำดับเพลิงขัดข้องเกิดจากพนักงานขาดความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการทำงานและการบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำดับเพลิง โดยการอบรมจะแบ่งเป็นภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ มีหัวข้อการอบรมทั้งหมด 2 หัวข้อ คือ

1) การอบรมเกี่ยวกับการทำงานของระบบภายในเครื่องสูบน้ำดับเพลิงซึ่งพนักงานที่ต้องบำรุงรักษาและใช้งานเครื่องจักรจำเป็นต้องรู้หน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนทุกชิ้นเนื่องจากจะทำให้สามารถสังเกตุอาการผิดปกติที่เกิดขึ้นเพื่อนำมาวิเคราะห์และหาแนวทางการแก้ไขปัญหาต่อไป

2) การอบรมเกี่ยวกับวิธีการตรวจพบความผิดปกติที่ถูกกำหนดขึ้นในใบรายการตรวจสอบเครื่องจักร โดยพนักงานที่เข้าไปบำรุงรักษาเครื่องจักรทุกคนจำเป็นต้องรู้วิธีการ ตำแหน่งในการตรวจและเกณฑ์ต่าง ๆ ที่กำหนดในใบรายการตรวจสอบเครื่องจักรเพื่อให้การตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงเป็นไปอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 5.16 อบรมเพิ่มความรู้ให้แก่พนักงานทางด้านทฤษฎี

รูปที่ 5.17 อบรมเพิ่มความรู้ให้แก่พนักงานทางด้านปฏิบัติ

รูปที่ 5.16 แสดงการอบรบพนักงานทางด้านทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเครื่องสูบน้ำดับเพลิงทั้งในด้านการใช้งานและการบำรุงรักษา ส่วนรูปที่ 5.17 แสดงการการอบรมพนักงานทางด้านปฏิบัติเพื่อให้สามารถใช้งานและบำรุงรักษาได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 6
การวัดผลการปรับปรุง

การวัดผลการปรับปรุงการบำรุงรักษาเชิงรุกสำหรับระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงจะใช้ดัชนีชี้วัด ได้แก่ 1) จำนวนครั้งการขัดข้อง 2) ค่าความพร้อมใช้งาน 3) เปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการปรับปรุงโดยใช้ช่วงเวลาดังนี้

- ช่วงก่อนการปรับปรุง: มกราคม พ.ศ.2558 ถึง ธันวาคม พ.ศ.2560 (36 เดือน)
- ช่วงหลังการปรับปรุง: มกราคม พ.ศ.2561 ถึง ธันวาคม พ.ศ.2561 (12 เดือน)

ค่าดัชนีชี้วัดทั้ง 2 ช่วงได้จากการรวบรวมและเปลี่ยนแปลงข้อมูลดิบจากใบแจ้งซ่อมการขัดข้องของระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง ซึ่งในแต่ละดัชนีมีรายละเอียด ดังนี้

6.1 จำนวนครั้งการขัดข้อง

จำนวนครั้งการขัดข้องจะนับจากการที่เครื่องสูบน้ำดับเพลิงไม่สามารถทำงานได้ตามฟังก์ชั่น ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อความสามารถในการดับเพลิง ถ้าเครื่องสูบน้ำดับเพลิงขัดข้องบ่อย ครั้งแสดงว่าโรงงานมีความเสี่ยงในการเกิดอัคคีภัยและความเสี่ยงที่จะเกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินเพิ่มมากขึ้น จากตารางที่ 6.1 แสดงข้อมูลจำนวนครั้งการขัดข้องในช่วงก่อนและหลังการปรับปรุงของระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงทุกระบบ พบว่าก่อนการปรับปรุงมีจำนวนครั้งการขัดข้อง ดังนี้ ปี พ.ศ. 2558 มีการขัดข้องทั้งหมด 20 ครั้งโดยแยกเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า 1 ครั้ง เครื่องยนต์ดีเซล 8 ครั้ง และเครื่องสูบ 11 ครั้ง ปีพ.ศ. 2559 มีการขัดข้องทั้งหมด 23 ครั้งโดยแยกเป็น เครื่องยนต์ดีเซล 13 ครั้ง และเครื่องสูบ 10 ครั้ง ปีพ.ศ. 2560 มีการขัดข้องทั้งหมด 18 ครั้งโดยแยกเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า 2 ครั้ง เครื่องยนต์ดีเซล 10 ครั้งและเครื่องสูบ 6 ครั้ง หลังการปรับปรุงพบว่าจากการทดสอบเดินเครื่องทั้งหมด 52 ครั้ง ยังไม่พบอาการขัดข้องจากมอเตอร์ไฟฟ้า เครื่องยนต์ดีเซลและเครื่องสูบที่ส่งผลให้ระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงไม่สามารถทำงานงานได้ตามฟังก์ชั่น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.1 จำนวนครั้งการขัดข้องก่อนและหลังการปรับปรุง

ปี พ.ศ.	จำนวนครั้งที่เดินเครื่อง	จำนวนครั้งของการขัดข้อง			
		มอเตอร์ไฟฟ้า	เครื่องยนต์ดีเซล	เครื่องสูบ	รวม
ก่อนปรับปรุง					
2558	52	1	8	11	20
2559	52	0	13	10	23
2560	52	2	10	6	18
หลังปรับปรุง					
2561	52	0	0	0	0

6.2 ความพร้อมใช้งาน (availability)

การหาค่าความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรจะคำนวณจากเวลาที่เครื่องจักรทำงาน (เวลารับภาระงาน) เปรียบเทียบกับเวลาที่เครื่องจักรหยุดการทำงานกระทันหันโดยไม่มีการวางแผนล่วงหน้า (เวลาสูญเสียจากเครื่องจักรหยุด) จากสูตรการคำนวณจะเห็นได้ว่า ถ้าเครื่องจักรมีค่าความพร้อมใช้งานน้อยแสดงว่าเครื่องจักรขัดข้องบ่อยครั้ง ส่งผลให้เครื่องจักรมีความน่าเชื่อถือต่ำ สำหรับเครื่องจักรที่มีค่าความพร้อมใช้งานมาก แสดงว่าเครื่องจักรมีการขัดข้องน้อยครั้ง ส่งผลให้เครื่องจักรมีความน่าเชื่อถือสูง ซึ่งการวัดผลโดยใช้ค่าความพร้อมใช้งานนี้หมายความว่า ถ้าหลังการปรับปรุงค่าความพร้อมใช้งานมีค่า เพิ่มขึ้น จากช่วงก่อนปรับปรุง แสดงว่าการปรับปรุงนี้ได้ผลที่ดีขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 6.2 แสดงค่าความพร้อมใช้งานของระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงจากการทดสอบเดินเครื่องปีละ 52 ครั้ง ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2558-2561 โดยแยกเป็นก่อนการปรับปรุง ปีพ.ศ. 2558 ค่าความพร้อมใช้งานระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงอยู่ที่ 61.5 เปอร์เซ็นต์ แยกเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า 98 เปอร์เซ็นต์ เครื่องยนต์ดีเซล 84.6 เปอร์เซ็นต์และเครื่องสูบ 78.8 เปอร์เซ็นต์ ปีพ.ศ. 2559 ค่าความพร้อมใช้งานระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงอยู่ที่ 55.8 เปอร์เซ็นต์ แยกเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า 100 เปอร์เซ็นต์ เครื่องยนต์ดีเซล 75 เปอร์เซ็นต์และเครื่องสูบ 80.7 เปอร์เซ็นต์ ปีพ.ศ. 2560 ค่าความพร้อมใช้งานระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงอยู่ที่ 65.4 เปอร์เซ็นต์ แยกเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า 100 เปอร์เซ็นต์ เครื่องยนต์ดีเซล 75 เปอร์เซ็นต์และเครื่องสูบ 80.7 เปอร์เซ็นต์ และหลังการปรับปรุงในปีพ.ศ. 2561 ค่าความพร้อมใช้งานระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงอยู่ที่ 100 เปอร์เซ็นต์ แยกเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า 100 เปอร์เซ็นต์ เครื่องยนต์ดีเซล 100 เปอร์เซ็นต์และเครื่องสูบ 100 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าระบบเครื่องสูบน้ำ

ดับเพลิงยังไม่เกิดอาการขัดข้อง เนื่องจากแผนการบำรุงรักษาที่ถูกปรับปรุงขึ้นมาใหม่สามารถตรวจพบความผิดปกติได้

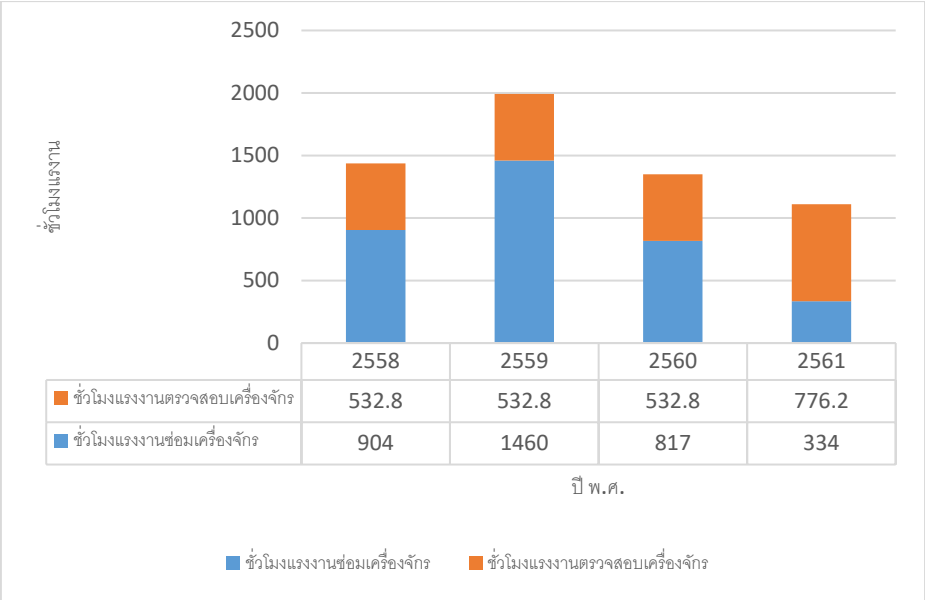
จะเห็นได้ว่าความพร้อมใช้งานเมื่อแยกตามประเภทของเครื่องจักรทั้ง 4 ปี มีค่าค่อนข้างสูงแต่ความพร้อมใช้งานของระบบดับเพลิงอยู่ในระดับต่ำ เนื่องจากเมื่อมอเตอร์ เครื่องยนต์หรือเครื่องสูบเครื่องใดเสียหายจะส่งผลให้ความพร้อมใช้งานของระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงลดลง ทันที แต่ความพร้อมใช้งานของแต่ละเครื่องจักรจะลดลงได้ต่อเมื่อเครื่องจักรชนิดนั้นเสียหายเท่านั้น

ตารางที่ 6.2 ความพร้อมใช้งานของระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงก่อนและหลังปรับปรุง

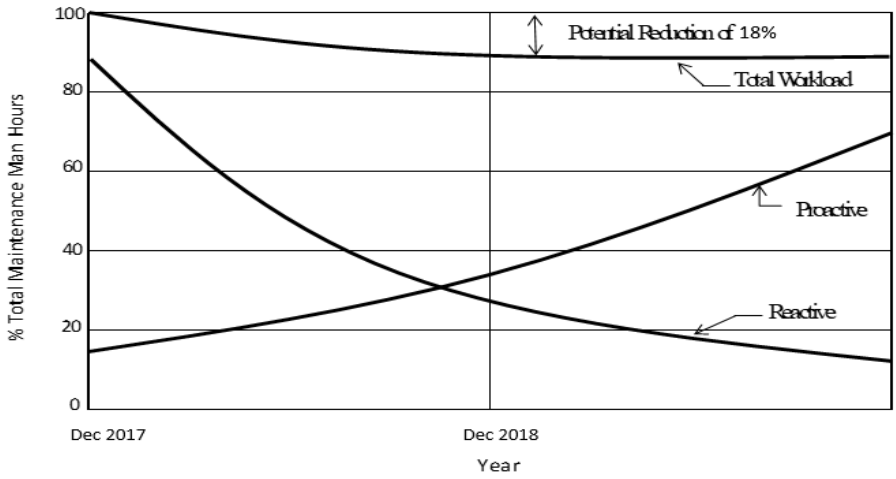
ปี พ.ศ.	จำนวนครั้งที่เดินเครื่อง	ความพร้อมใช้งาน			ความพร้อมใช้งานของระบบดับเพลิง
		มอเตอร์ไฟฟ้า	เครื่องยนต์ดีเซล	เครื่องสูบ	
ก่อนปรับปรุง					
2558	52	98%	84.6%	78.8%	61.5%
2559	52	100%	75%	80.7	55.8%
2560	52	96.2	80.7	88.5	65.4%
หลังปรับปรุง					
2561	52	100%	100%	100%	100%

6.3 ชั่วโมงแรงงานในการบำรุงรักษาเครื่องจักร (man-hour)

การวัดผลโดยใช้ชั่วโมงแรงงานรวมในการบำรุงรักษาเครื่องจักรเป็นดัชนีที่บ่งชี้ว่า เครื่องจักรใช้ระยะเวลารวมในการซ่อมแซมและบำรุงรักษาน้อยลง โดยเป็นการเปรียบเทียบจำนวนแรงงานที่ใช้ในการบำรุงรักษาเครื่องจักรก่อนและหลังการปรับปรุง ซึ่งถ้าจำนวนแรงงานที่ใช้น้อยลงแสดงว่าจำนวนครั้งที่เครื่องจักรเสียหายลดลงและสามารถตรวจพบอาการผิดปกติก่อนที่เครื่องจักรจะเสียหายได้รวดเร็วมากขึ้น



รูปที่ 6.1 ชั่วโมงแรงงานในการบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำดับเพลิง



รูปที่ 6. 2 ผลกระทบจากการเพิ่มชั่วโมงแรงงานในการตรวจสอบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง

รูปที่ 6.1 และ 6.2 แสดงชั่วโมงแรงงานในการซ่อมแซมและบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำดับเพลิง โดยแยกเป็นก่อนปรับปรุงในปี พ.ศ. 2558-2560 เห็นได้ว่าก่อนปรับปรุงวิธีการตรวจสอบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงชั่วโมงแรงงานที่ใช้ในการตรวจสอบอยู่ที่ 532.8 ชั่วโมง โดยเมื่อเทียบกับชั่วโมงแรงงานในการซ่อมแซมจะพบว่าชั่วโมงแรงงานในการซ่อมแซมมากกว่าถึง 20-46 เปอร์เซ็นต์ส่งผลให้ชั่วโมงแรงงานโดยรวมในการบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำดับเพลิงต่อปีจำนวนมากทำให้มีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาที่เพิ่มมากขึ้นด้วย แต่หลังจากการปรับปรุงแผนการตรวจสอบในปี พ.ศ. 2561 พบว่าชั่วโมงแรงงานที่ใช้

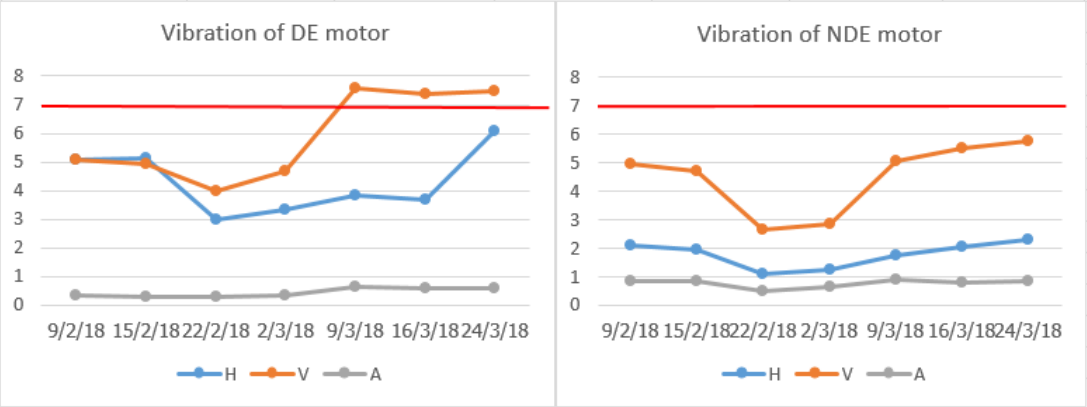
ในการตรวจสอบต่อปีเพิ่มขึ้น 243.4 ชั่วโมง จาก 532.8 ชั่วโมงเพิ่มเป็น 776.2 ชั่วโมง แต่ชั่วโมงแรงงานในการซ่อมแซมเครื่องสูบน้ำดับเพลิงลดลง 18 เปอร์เซนต์ จาก 817 ชั่งโมงในปี พ.ศ. 2560 เหลือ 334 ชั่วโมง ในปี พ.ศ. 2561 จะเห็นได้ว่าชั่วโมงแรงงานในการตรวจสอบที่เพิ่มขึ้นเพียง 243.4 ชั่วโมงแต่สามารถลดชั่วโมงแรงงานในการซ่อมแซมได้ถึง 483 ชั่วโมง ส่งผลให้ชั่วโมงแรงงานโดยรวมในการการบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำดับเพลิงลดลง ส่งผลต่อค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาให้ลดลง

ซึ่งความผิดปกติที่สามารถตรวจพบได้มีทั้งหมด 10 รายการ ดังรายละเอียดในตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6. 3 อาการผิดปกติที่ตรวจพบในปี พ.ศ.2561

กิจกรรม	อาการผิดปกติที่พบ	เวลาที่ตรวจพบ
มอเตอร์ไฟฟ้า		
ตรวจวัดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ไฟฟ้า	การสั่นสะเทือนของมอเตอร์เกิน 7.1 มิลลิเมตรต่อวินาที	มีนาคม พ.ศ.2561
ตรวจวัดอุณหภูมิของตลับลูกปืน	อุณหภูมิของมอเตอร์ฝั่ง DE สูงเกิน 80 องศาเซลเซียส	พฤษภาคม พ.ศ.2561
ตรวจสอบการร่วมศูนย์ของมอเตอร์และเครื่องสูบ	มอเตอร์และเครื่องสูบไม่ได้เส้นตรงศูนย์กลางเดียวกัน	ธันวาคม พ.ศ.2561
เครื่องยนต์ดีเซล		
ตรวจวัดความต่างศักย์ของแบตเตอรี่	แบตเตอรี่มีความต่างศักย์ต่ำกว่า 12.6 โวลต์	กุมภาพันธ์ พ.ศ.2561
ตรวจสอบการตั้งค่าของสวิตช์ควบคุมความดัน	การตั้งค่าของสวิตช์ควบคุมความดันผิดเพี้ยน	มิถุนายน พ.ศ.2561
ตรวจสอบความดันน้ำมันเชื้อเพลิง	ความดันของน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำกว่า 17 psi	ตุลาคม พ.ศ.2561
ตรวจสอบสภาพสายน้ำมันหล่อลื่น	สายน้ำมันหล่อลื่นเสื่อมสภาพ	กันยายน พ.ศ.2561
เครื่องสูบ		
ตรวจวัดการสั่นสะเทือนของเครื่องสูบ	การสั่นสะเทือนของเครื่องสูบเกิน 7.1 มิลลิเมตรต่อวินาที	สิงหาคม พ.ศ.2561
ตรวจวัดความหนาของหัวเครื่องสูบน้ำดับเพลิง	ความหนาของหัวเครื่องสูบต่ำกว่า 3 มิลลิเมตร	ธันวาคม พ.ศ.2561
ตรวจการอุดตันของเครื่องสูบน้ำ	เศษขยะและสัตว์ทะเลอุดตันกรองของเครื่องสูบ	ธันวาคม พ.ศ.2561

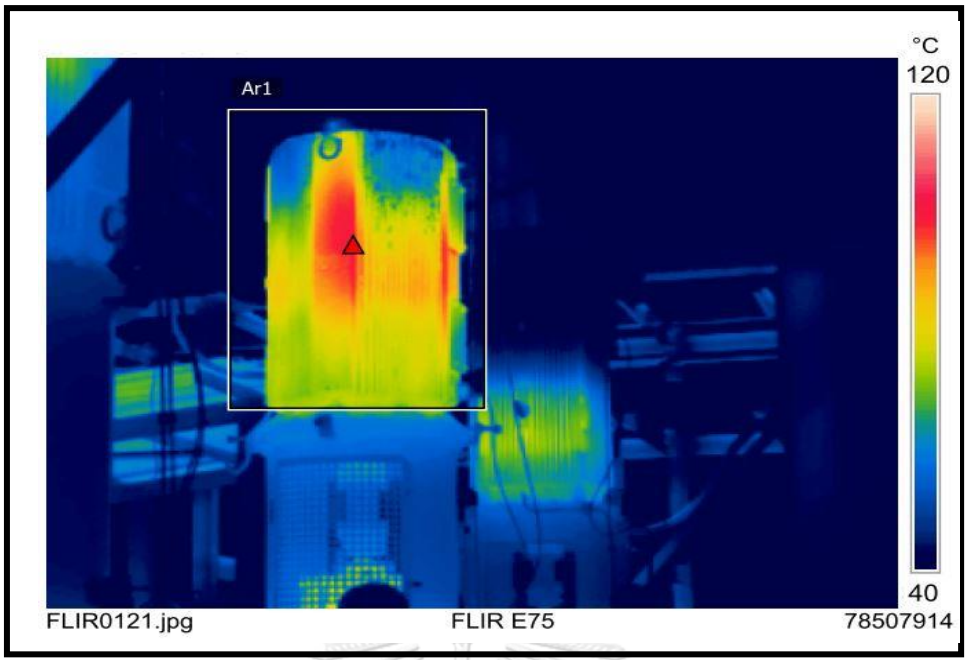
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



Inspected date	DE motor			NDE motor		
	H mm/s	V mm/s	A mm/s	H mm/s	V mm/s	A mm/s
9/2/2018	5.09	5.08	0.38	2.11	4.95	0.84
15/2/2018	5.12	4.92	0.3	1.94	4.69	0.87
22/2/2018	3.02	4	0.32	1.13	2.68	0.53
2/3/2018	3.36	4.67	0.38	1.28	2.84	0.65
9/3/2018	3.86	7.6	0.68	1.77	5.07	0.93
16/3/2018	3.69	7.38	0.6	2.05	5.51	0.83
24/3/2018	6.09	7.5	0.61	2.33	5.79	0.87

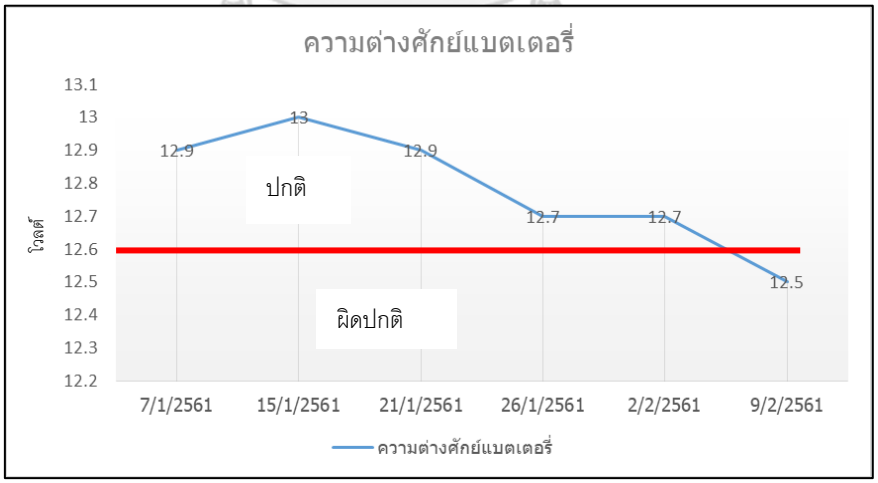
รูปที่ 6.3 ผลการตรวจสอบพบการสั่นสะเทือนที่ผิดปกติของมอเตอร์ไฟฟ้า

รูปที่ 6.2 แสดงการตรวจพบความผิดปกติที่เกิดจากมอเตอร์ไฟฟ้าซึ่งมีการสั่นสะเทือนเกินค่าที่กำหนด (ระดับการสั่นสะเทือนมากกว่า 7.1 mm/s) จะเห็นได้ว่าจากการวัดในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2561 การสั่นสะเทือนยังอยู่ในเกณฑ์ปกติ แต่เมื่อตรวจวัดในเดือนมีนาคม พ.ศ.2561 พบว่าค่าการสั่นสะเทือนมีการเพิ่มมากขึ้น หลังจากทีมซ่อมบำรุงได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุ พบว่าการสั่นสะเทือนเกิดขึ้นจากเพลาของมอเตอร์สึกและหลวม



รูปที่ 6.4 ผลการตรวจสอบพบอุณหภูมิที่สูงผิดปกติของมอเตอร์ไฟฟ้า

รูปที่ 6.3 แสดงความผิดปกติที่ถูกตรวจพบเนื่องจากมอเตอร์ไฟฟ้ามีความความร้อนสูงเกิน 80 องศาเซลเซียส เมื่อทางทีมซ่อมบำรุงได้เข้าไปตรวจสอบพบว่าเกิดจากท่ออัดจาระบีอุดตันส่งทำให้จาระบีไม่สามารถส่งไปเลี้ยงลูกปืนได้เป็นผลให้อุณหภูมิมอเตอร์สูง ซึ่งถ้าไม่สามารถตรวจพบและแก้ไขได้ก่อนอาจจะทำให้เครื่องจักรขัดข้องเนื่องจากตลับลูกปืนแตกได้



รูปที่ 6.5 ผลการตรวจสอบพบความผิดปกติจากความต่างศักย์ของแบตเตอรี่

รูปที่ 6.4 แสดงการตรวจพบความผิดปกติของแบตเตอรี่โดยใช้มัลติมิเตอร์วัด จะเห็นได้ว่าผลการวัดวันที่ 7 มกราคม ถึง 2 กุมภาพันธ์ 2561 ความต่างศักย์ของแบตเตอรี่อยู่ในระดับที่ปกติแต่มีแนวโน้มลดลง เมื่อตรวจวัดวันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2561 พบว่าความต่างศักย์ลดลงต่ำกว่า 12.6 โวลต์ ส่งผลให้เครื่องยนต์อาจจะสตาร์ทไม่ได้ จะเห็นได้ว่าทีมซ่อมบำรุงสามารถเห็นแนวโน้มความผิดปกติจากค่าความต่างศักย์ที่ลดลง สามารถคาดเดาช่วงเวลาที่แบตเตอรี่ขัดข้องและวางแผนแก้ไขได้ทันเวลา

รูปที่ 6.6 ผลการตรวจสอบพบความผิดปกติจากระดับความดันน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำ

รูปที่ 6.5 แสดงผลการตรวจวัดระดับความดันของน้ำมันเชื้อเพลิงอยู่ต่ำกว่า 17 PSI จากการตรวจสอบโดยทีมซ่อมบำรุงพบว่ากรองของน้ำมันเชื้อเพลิงเริ่มตัน ซึ่งอาจจะส่งผลให้เครื่องยนต์ดีเซลไม่สามารถเดินเครื่องได้เต็มกำลัง

รูปที่ 6.7 ผลการตรวจสอบพบความผิดปกติจากสภาพสายน้ำมันเชื้อเพลิงเสื่อมสภาพ

รูปที่ 6.6 แสดงการตรวจพบสายน้ำมันเชื้อเพลิงเสื่อมสภาพโดยการตรวจสอบด้วยตาเปล่า ซึ่งช่วยป้องกันไม่ให้เกิดการขัดข้องที่ส่งผลให้ไม่สามารถเดินเครื่องยนต์ดีเซลได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 6.8 ผลการตรวจสอบพบความผิดปกติจากกรองเครื่องสูบเริ่มอุดตัน

รูปที่ 6.7 แสดงผลการตรวจกรองเครื่องสูบโดยการใช้หุ่นยนต์ดำน้ำสำรวจพบว่า กรองของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงเริ่มมีขยะอุดตัน ทางทีมซ่อมบำรุงจำเป็นต้องวางแผนแก้ไขเพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องสูบน้ำขัดข้องเนื่องจากสร้างปริมาณการไหลของน้ำได้เพียงพอ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 7
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการตรวจพบความผิดปกติของระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงในท่าเทียบเรือและถังเก็บปิโตรเคมีเหลวโดยการสร้างแผนการบำรุงรักษาเชิงรุก ซึ่งวัดผลจากความพร้อมใช้งาน จำนวนครั้งของการขัดข้องและแรงงานในการบำรุงรักษาเครื่องจักร ซึ่งแผนการบำรุงรักษาจะถูกสร้างขึ้นเพื่อตรวจพบความผิดปกติและป้องกันการขัดข้องของเครื่องจักร โดยใช้การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบมาทำการวิเคราะห์รูปแบบความเสียหายแยกตามประเภทของเครื่องจักร ประกอบด้วย 1) มอเตอร์ไฟฟ้า 2) เครื่องยนต์ดีเซล 3) เครื่องสูบ ฟังก์ชั่นความล้มเหลวของแต่ละเครื่องจักรจะถูกวิเคราะห์จากอาการขัดข้องที่เกิดขึ้นเพื่อนำไปสู่การหาวิธีการและช่วงเวลาที่เหมาะสมในการตรวจพบ ซึ่งผลการดำเนินงานวิจัยสามารถสรุปได้ ดังนี้

7.1 สรุปผลการดำเนินการบำรุงรักษาเชิงรุก

ในการพัฒนาการบำรุงรักษาเชิงรุก มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาการเกิดอาการขัดข้องในระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง โดยเริ่มต้นจากแยกประเภทของเครื่องจักรเพื่อหาฟังก์ชั่นและอาการล้มเหลวของฟังก์ชั่นการทำงาน จากนั้นจะวิเคราะห์ถึงอาการขัดข้องและลำดับในการเกิดที่ส่งผลกระทบต่อฟังก์ชั่นการทำงาน ลำดับต่อไปจะเลือกลำดับอาการขัดข้องที่เหมาะสมในการเลือกเครื่องมือและวิธีการตรวจพบความผิดปกติที่เกิดขึ้น ซึ่งวิธีการตรวจพบที่ถูกกำหนดขึ้นมาใหม่จะถูกนำมาเพิ่มลงในแผนการบำรุงรักษา เพื่อให้พนักงานนำไปใช้ในการตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง

CHULALONGKORN UNIVERSITY

7.1.1 ขั้นตอนการดำเนินการ

ดำเนินการวิเคราะห์ความเสียหายในโหมดต่างๆ ของเครื่องจักรในระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง ประกอบไปด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า เครื่องยนต์ดีเซลและเครื่องสูบ โดยใช้การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบกับการวิเคราะห์ต้นไม้แห่งความล้มเหลว เพื่อให้ได้ลำดับอาการขัดข้องที่เริ่มตั้งแต่ลำดับที่ 1 ไปจนถึงลำดับสุดท้ายหรือเรียกว่าอาการเริ่มต้นของความผิดปกติ หลังจากนั้นจะเลือกลำดับความเสียหายที่สามารถตรวจพบได้โดยรวดเร็วและง่ายที่สุดที่ไม่ต้องรื้อชิ้นส่วนเครื่องจักรเพื่อตรวจพบความผิดปกติ ซึ่งช่วงเวลาในการตรวจพบจะอ้างอิงจากประวัติความเสียหายที่เคยเกิดขึ้น จากคู่มือของเครื่องจักรและตามคำแนะนำของสมาคมป้องกันอัคคีภัยแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา โดยกำหนดช่วงเวลาของการตรวจสอบ คือ 1 สัปดาห์ 1 เดือน 3 เดือน 6 เดือนและ 1 ปี

7.1.2 กิจกรรมการตรวจสอบและบำรุงรักษา

หลังจากที่ได้วิธีการและระยะเวลาที่เหมาะสมในการตรวจสอบระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงแล้ว จะนำรายละเอียดกับช่วงเวลาที่ได้สร้างขึ้นทั้งหมดมาปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรและปรับปรุงใบรายการตรวจสอบเครื่องจักร โดยเปรียบเทียบแผนการบำรุงรักษาที่ใช้อยู่ในปัจจุบันกับแผนบำรุงรักษาเชิงรุกที่สร้างขึ้นมาใหม่ ดังตารางที่ 7.1 7.2 และ 7.3

ตารางที่ 7.1 การเปรียบเทียบแผนการบำรุงรักษามอเตอร์ไฟฟ้าก่อนและหลังการปรับปรุง

มอเตอร์ไฟฟ้า	
กิจกรรมก่อนการปรับปรุง	กิจกรรมหลังการปรับปรุง
รอบเวลาการตรวจ 1 สัปดาห์	
ตรวจสอบการหลวมของน็อต	ตรวจสอบการหลวมของน็อต
ตรวจสอบสภาพสีกันสนิม	ตรวจสอบสภาพสีกันสนิม
อัดจาระบีด้าน DE มอเตอร์	อัดจาระบีด้าน DE มอเตอร์
อัดจาระบีด้าน NDE มอเตอร์	อัดจาระบีด้าน NDE มอเตอร์
ตรวจวัดกำลังของมอเตอร์	ตรวจวัดกำลังของมอเตอร์
ตรวจวัดกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์	ตรวจวัดกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์
ตรวจสอบเสียงที่ผิดปกติ	ตรวจสอบเสียงที่ผิดปกติ
	ตรวจวัดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์
	ตรวจวัดอุณหภูมิของตลับลูกปืนมอเตอร์ DE
	ตรวจวัดอุณหภูมิของตลับลูกปืนมอเตอร์ NDE
รอบเวลาการตรวจ 3 เดือน	
	ตรวจสอบความต้านทานของฉนวนหุ้มขดลวดไฟฟ้ามอเตอร์
รอบเวลาการตรวจ 1 ปี	
	ตรวจสอบการร่วมศูนย์ของมอเตอร์และเครื่องสูบ

จากตารางที่ 7.1 แสดงการเปรียบเทียบแผนบำรุงรักษามอเตอร์ไฟฟ้าก่อนและหลังการปรับปรุง ซึ่งจะเห็นได้ว่าหลังปรับปรุงมีการเพิ่มรายการตรวจสอบขึ้นมาจากเดิมทั้งหมด 8 รายการ และเพิ่มช่วงเวลาการตรวจสอบที่มากขึ้น

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 7.2 การเปรียบเทียบแผนการบำรุงรักษาเครื่องยนต์ดีเซลก่อนและหลังการปรับปรุง

เครื่องยนต์ดีเซล	
กิจกรรมก่อนการปรับปรุง	กิจกรรมหลังการปรับปรุง
รอบเวลาการตรวจ 1 สัปดาห์	
ตรวจสอบระดับน้ำมันหล่อลื่น	ตรวจสอบระดับน้ำมันหล่อลื่น
ตรวจสอบระดับน้ำหล่อเย็น	ตรวจสอบระดับน้ำหล่อเย็น
ตรวจสอบระดับน้ำมันเชื้อเพลิง	ตรวจสอบระดับน้ำมันเชื้อเพลิง
ตรวจวัดอุณหภูมิของข้อเหวี่ยง	ตรวจวัดอุณหภูมิของข้อเหวี่ยง
ตรวจสอบสภาพกรองอากาศ	ตรวจสอบเกจวัดกรองอากาศ
ตรวจสอบสภาพคับปลิง	ตรวจสอบจาระบีคับปลิง
ตรวจสอบชั่วโมงทำงานของเครื่องยนต์	ตรวจสอบชั่วโมงทำงานของเครื่องยนต์
ตรวจสอบความเร็วรอบเครื่องยนต์	ตรวจสอบความเร็วรอบเครื่องยนต์
ตรวจสอบอุณหภูมิขาเข้าหม้อน้ำ	ตรวจสอบอุณหภูมิขาเข้าหม้อน้ำ
ตรวจสอบอุณหภูมิขาออกหม้อน้ำ	ตรวจสอบอุณหภูมิขาออกหม้อน้ำ
ตรวจสอบสภาพสีกันสนิมทุกจุด	ตรวจสอบสภาพสีกันสนิมทุกจุด
ตรวจสอบสภาพสายหล่อเย็น	ตรวจสอบสภาพสายหล่อเย็น
ตรวจสอบการรั่วไหลของน้ำมันทุกจุด	ตรวจสอบการรั่วไหลของน้ำมันทุกจุด
ตรวจสอบการหลวมของน็อตทุกจุด	ตรวจสอบการหลวมของน็อตทุกจุด
	ตรวจสอบความต่างศักย์ของแบตเตอรี่
	ตรวจสอบรอยร้าวของท่อไอเสีย
	ตรวจสอบสภาพสายน้ำมัน
	ตรวจสอบความดันน้ำมันเชื้อเพลิง
	ตรวจสอบสภาพหม้อน้ำ
	ตรวจสอบความดันของน้ำมันหล่อลื่น
รอบเวลาการตรวจ 6 เดือน	
	ตรวจสอบการตั้งค่าของสวิตช์ความดัน
	ตรวจสอบคุณภาพน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 7.2 แสดงการเปรียบเทียบแผนการบำรุงรักษาเครื่องยนต์ดีเซลก่อนและหลังการปรับปรุง ซึ่งจะเห็นได้ว่าหลังการปรับปรุงมีการเพิ่มรายการตรวจสอบขึ้นมาจากเดิมทั้งหมด 8 รายการ และเพิ่มช่วงเวลาการตรวจสอบที่มากขึ้น

ตารางที่ 7.3 การเปรียบเทียบแผนการบำรุงรักษาเครื่องสูบก่อนและหลังการปรับปรุง

เครื่องสูบ	
กิจกรรมก่อนการปรับปรุง	กิจกรรมหลังการปรับปรุง
รอบเวลาการตรวจ 1 สัปดาห์	
ตรวจสอบการคลายตัวของน็อต	ตรวจสอบการคลายตัวของน็อต
ตรวจสอบสภาพสีกันสนิม	ตรวจสอบสภาพสีกันสนิม
ตรวจสอบรอยแตกร้าวทุกชิ้นส่วน	ตรวจสอบรอยแตกร้าวทุกชิ้นส่วน
ตรวจสอบทิศทางการหมุน	ตรวจสอบทิศทางการหมุน
ตรวจสอบความดันของน้ำดับเพลิง	ตรวจสอบความดันของน้ำดับเพลิง
ตรวจสอบระดับน้ำมันหล่อลื่นชุดเกียร์	ตรวจสอบระดับน้ำมันหล่อลื่นชุดเกียร์
ตรวจสอบเสียงผิดปกติ	ตรวจสอบเสียงผิดปกติ
	จาระบีหล่อลื่นไม่เพียงพอบริเวณปะเก็นเชือก
	ตรวจวัดการสั่นสะเทือนของชุดเกียร์
	ตรวจวัดการสั่นสะเทือนของชุดเครื่องสูบ
รอบเวลาการตรวจ 6 เดือน	
	ตรวจสอบคุณภาพน้ำมันหล่อลื่นชุดเกียร์
รอบเวลาการตรวจ 1 ปี	
	ตรวจวัดความหนาผนังเครื่องสูบ

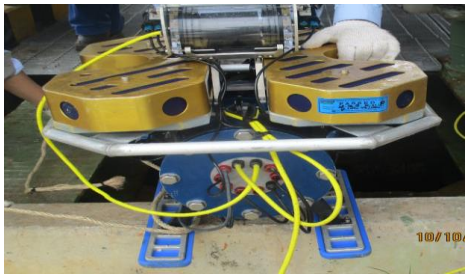
จากตารางที่ 7.3 แสดงการเปรียบเทียบแผนบำรุงรักษาเครื่องสูบก่อนและหลังการปรับปรุง ซึ่งจะเห็นได้ว่าหลังปรับปรุงมีการเพิ่มรายการตรวจสอบขึ้นมาจากเดิมทั้งหมด 5 รายการและเพิ่มช่วงเวลาการตรวจสอบที่มากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

7.1.3 รายการอุปกรณ์ที่จัดหามาเพิ่มสำหรับใช้ในการตรวจสอบระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง

หลังจากที่ได้กิจกรรมและวิธีการตรวจสอบแล้ว ทางทีมซ่อมบำรุงจึงได้จัดหาเครื่องมือเพื่อที่จะนำมาใช้ในการตรวจสอบความผิดปกติตามแผนการบำรุงรักษา โดยรายการเครื่องมือที่จัดหามาเพื่อบำรุงรักษาดังแสดงในตารางที่ 7.4

ตารางที่ 7. 4 เครื่องมือที่จัดหาเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการตรวจสอบระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง

รูปภาพเครื่องมือ	ชื่อเครื่องมือ
	เครื่องมือวัดการสั่นสะเทือน
	เครื่องมือวัดอุณหภูมิ
	เครื่องมือวัดการความเป็นสูญญากาศ
	เครื่องมือวัดความหนาโลหะ
	หุ่นยนต์ดำน้ำติดกล้อง

รูปภาพเครื่องมือ	ชื่อเครื่องมือ
	เครื่องมือวัดความต้านทางของขดลวดไฟฟ้า
	เครื่องมือวัดความการร่วมศูนย์ของเครื่องสูบ
	เครื่องมือวัดความดันของน้ำมันเชื้อเพลิง และน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์

7.1.4 จำนวนครั้งการขัดข้องและความพร้อมใช้งาน (availability)

เมื่อทำการปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาแล้ว จะดำเนินการปฏิบัติงานตามแผน ซึ่งพบว่าหลังจากดำเนินการไปเป็นระยะเวลา 1 ปี สามารถแสดงผลการดำเนินงานก่อนและหลังการปรับปรุงได้ดังตารางที่ 7.4

ตารางที่ 7.5 การเปรียบเทียบผลการดำเนินงานก่อนและหลังปฏิบัติตามแผนบำรุงรักษาเชิงรุก

ปี พ.ศ.	จำนวนครั้งการทดสอบต่อปี	จำนวนครั้งของอาการขัดข้อง				ความพร้อมใช้งานระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง (%)
		มอเตอร์	เครื่องยนต์	เครื่องสูบ	รวม	
2558	52	1	8	11	20	61.5
2559	52	0	13	10	23	55.8
2560	52	2	10	6	18	65.4
ความพร้อมใช้งาน %	รวม =156	98.08%	80.13%	82.69%	รวม=61	เฉลี่ย=60.89
2561	52	0	0	0	0	100

จากตารางที่ 7.4 สามารถสรุปผลการดำเนินงานได้ ดังนี้

1) จำนวนครั้งการขัดข้องของระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงก่อนการปรับปรุงย้อนหลัง 3 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ.2558-2560 พบว่าปี พ.ศ.2558 มีจำนวนครั้งการขัดข้องรวมทั้งหมด 20 ครั้ง ปี พ.ศ. 2559 มีจำนวนครั้งการขัดข้องรวมทั้งหมด 23 ครั้ง ปี พ.ศ.2560 รวมจำนวนครั้งการขัดข้องทั้งหมด 18 ครั้ง หลังการปรับปรุงระหว่างเดือนมกราคม พ.ศ.2561 - ธันวาคม พ.ศ.2561 ไม่พบอาการขัดข้องของระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง ทั้งนี้เป็นผลอันเนื่องมาจากการนำการบำรุงรักษาเชิงรุกมาตรวจพบความผิดปกติ เพื่อให้สามารถวางแผนซ่อมบำรุงได้ทันเวลา

2) ค่าความพร้อมใช้งานของระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง หลังจากนำเอาการบำรุงรักษาเชิงรุกมาใช้งาน พบว่าความพร้อมใช้งานเพิ่มขึ้นจากค่าเฉลี่ยย้อนหลัง 3 ปี ที่ 60.89 เปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้นเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ กล่าวคือ ไม่พบการขัดข้องจากการทดสอบเดินเครื่องสูบน้ำดับเพลิงทั้งหมด 52 ครั้ง แสดงว่าแผนการบำรุงรักษาเชิงรุกสามารถตรวจพบความผิดปกติที่เกิดขึ้นและหาแนวทางการแก้ไขได้ทันเวลา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7.1.4 ชั่วโมงแรงงานในการซ่อมแซมและบำรุงรักษา

ชั่วโมงแรงงานที่ใช้ในการซ่อมแซมและบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำดับเพลิง พบว่ามีจำนวนชั่วโมงรวมลดลง 18 เปอร์เซ็นต์ จาก 1,349.8 ชั่วโมงแรงงานในปี พ.ศ. 2560 เหลือ 1,110.2 ชั่วโมงแรงงานในปี พ.ศ.2561 กล่าวคือ อาการขัดข้องของเครื่องจักรไม่เกิดขึ้นทำให้ไม่ต้องเสียกำลังพลในการเข้าไปซ่อมแซมเครื่องจักรที่ขัดข้องและอาการผิดปกติของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่ตรวจพบยังไม่สร้างความเสียหายต่อเครื่องจักรมาก ส่งผลให้ทีมซ่อมบำรุงสามารถวางแผนการแก้ไขที่ใช้ระยะเวลาและจำนวนคนในการแก้ไขลดลง

สรุปผลการดำเนินงานวิจัยได้ผลที่ดีขึ้น ดังนั้นการนำแผนการบำรุงรักษาเชิงรุกของระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงไปใช้งานจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของงานบำรุงรักษาในด้านต่าง ๆ ให้สูงขึ้นทั้ง

ในด้านกำลังพล ค่าใช้จ่าย ระยะเวลาซ่อมบำรุงและทำให้เครื่องจักรเกิดการขัดข้องลดน้อยลง อีกทั้งยังสามารถลดความเสี่ยงจากอัคคีภัยที่จะส่งผลต่อชีวิตและทรัพย์สิน

7.2 ข้อเสนอแนะ

1. แผนการบำรุงรักษาควรจะต้องมีการทบทวนเป็นรายปีเนื่องจากเครื่องมือ เทคโนโลยีและความรู้ความสามารถของพนักงานถูกพัฒนาอยู่ตลอดเวลา ซึ่งในอนาคตมีโอกาสที่จะตรวจพบความผิดปกติของเครื่องจักรได้รวดเร็วและแม่นยำเพิ่มมากขึ้น รวมถึงอาจจะใช้เวลาในการตรวจสอบที่น้อยลง

2. ความถี่ของการตรวจสอบอาจจะต้องมีการปรับเปลี่ยนตามอาการผิดปกติที่ตรวจพบ ตัวอย่างเช่น หากพบความผิดปกติเกิดขึ้นก่อนที่จะถึงรอบเวลาการตรวจสอบ ควรที่ต้องจะเพิ่มความถี่หรือลดรอบระยะเวลาของการตรวจสอบลง แต่เมื่อเข้าไปตรวจสอบแล้วไม่พบความผิดปกติอาจจะลดความถี่ในการตรวจสอบหรือเพิ่มรอบระยะเวลาของการตรวจสอบให้นานขึ้น ซึ่งจะช่วยลดเวลาในการทำงานและค่าใช้จ่ายของงานบำรุงรักษาได้

3. งานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นศึกษาเฉพาะการลดอาการขัดข้องของเครื่องจักรเท่านั้น ซึ่งควรจะมีการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์อย่างละเอียดเพิ่มเติมด้วย

4. เนื่องจากอาการผิดปกติของเครื่องจักรบางจุดไม่สามารถตรวจสอบได้เช่น อาการผิดปกติจากความหนาของเครื่องสูบดังนั้นจึงควรที่จะต้องวางแผนเปลี่ยนตามรอบระยะเวลาแทน

5. ควรใช้เครื่องวัดการสั่นสะเทือนที่สามารถสร้างเป็นกราฟได้ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ได้ง่ายและรวดเร็ว

6. การนำโปรแกรม System Applications & Products in Data Processing (SAP) มาช่วยในการบำรุงรักษาเครื่องจักรจะช่วยง่ายต่อการที่จะกำหนดแผนการบำรุงรักษา การบริหารจัดการด้านอะไหล่และสามารถใช้ในการวิเคราะห์ความเสียหายในโหมดต่างๆได้

7. เนื่องจากระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงมีการทดสอบเดินเครื่องอาทิตย์ล่ะ 1 ชั่วโมงซึ่งถือว่าน้อยมากเพราะอาจจะยังไม่พบความผิดปกติที่เกิดขึ้น จึงควรที่จะมีการวางแผนทดสอบเดินเครื่องต่อเนื่องเป็นเวลานานเพื่อให้สามารถสังเกตุความผิดปกติได้ง่ายขึ้นและให้เครื่องจักรได้เดินเครื่องนานขึ้นเพื่อยืดอายุการทำงานของชิ้นส่วนเครื่องจักรเนื่องจากชิ้นส่วนบางชิ้นอาจจะมีการเสื่อมสภาพรวดเร็วขึ้นถ้าไม่ได้เดินเครื่องเป็นเวลานาน

8. การตรวจสอบความผิดปกติของเครื่องจักรบางวิธีการสามารถที่จะออกแบบให้สามารถสังเกตได้ง่ายเพื่อโดยใช้สัญลักษณ์หรือออกแบบการแสดงผลให้เป็นแบบตัวเลข

9. ควรจะมีการเพิ่มการทดสอบประสิทธิภาพของระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงและอุปกรณ์ดับเพลิงเช่น หัวจ่ายน้ำ (hydrant) หรือ แท่นปืนฉีดน้ำดับเพลิง (water monitor) เป็นประจำเพราะจะทำให้มั่นใจได้ว่าระบบดับเพลิงมีความพร้อมใช้งานได้ตามประสิทธิภาพตลอดเวลา

7.3 ข้อจำกัดของงานวิจัย

1. งบประมาณที่มีอยู่อย่างจำกัดในการจัดหาเครื่องมือและอุปกรณ์วัดที่ความแม่นยำและประสิทธิภาพสูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บรรณานุกรม

Doran, G. T. (1981). There's a S.M.A.R.T. way to write management's goals and objectives. *Management Review, 70*, 35-36.

Eti M.C., Ogaji S.O.T., & Probert S.D. (2006). Development and implementation of preventive-maintenance praces in Nigerian industries. *Apply energy, 83*(10), 1163-1179.

Jain, A., Bhatti, S. K., & Singh, H. (2015). OEE enhancement in SMEs through mobile maintenance: a TPM concept. *Journal of Quality & Reliability Management, 32*, 503-516.

Md Azree Othuman Mydin. (2017). Significant of Building Maintenance Management on Life-Span of Buildings. *Robotica & Management, 22*, 40-44.

Mike Gerdse., Dieter Scholz., & Diego Galar. (2016). Effects of condition-based maintenance on costs caused by unscheduled maintenance of air craft. *Journal of Quality in maintenance engineering, 22*, 394-417.

Modgil, V., Sharma, S. K., & Singha, H. (2013). Performance modeling and availability analysis of shoe upper manufacturing unit. *Journal of Quality & Reliability Management, 30*, 816-831.

National Fire Protection Association. (2008). NFPA 25 Standard for the Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection Systems. In.

National Fire Protection Association. (2012). NFPA 704 standard systems for the identification of the hazards of material for emergency response. In.

Samir Ismail Mostafa. (2004). Implementation of proactive maintenance in the Egyptian Glass Company. *Journal of Quality in maintenance engineering, 10*, 107-122.

ไพฑูรย์ ตันอุด. (2547). การวิเคราะห์ความสำคัญของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของโครงการก่อสร้างถนนขององค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) โดยการใช้การวิเคราะห์แบบฟอลท์ทรี. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,

คธายส พุ่มมณี. (2558). การพัฒนาแผนงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของลิฟต์รุ่นใหม่. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จิตรา รู้กิจการพานิช. (2561). วิศวกรรมความปลอดภัยสำหรับวิศวกรรมอุตสาหการ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรมหาวิทยาลัย.

ดนัย สาหร่ายทอง. (2547). การวิเคราะห์เหตุขัดข้องของเครื่องจักรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน กรณีศึกษา : โรงงานผลิตชิ้นส่วนเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,

ประดิษฐ์ หมู่เมืองสอง. (2550). การวิเคราห์การสั่นสะเทือน. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ภานุเดช แสนทวีสุข. (2559). การลดการขัดข้องของเครื่องอัดรีดแบบสกรูในการผลิตมาสเตอร์แบตซ์ กรณีศึกษา : โรงงานผลิตมาสเตอร์แบต. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,

รัฐกร อุดมสุข. (2553). การปรับปรุงประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตอิฐทนไฟ. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,

วิชาญ วิมานจันทร์. (2549). เครื่องสูบและพัดลม. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

วิศรุต พลหงษ์. (2559). การพัฒนาระบบการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์สำหรับปั๊มประเภทหอยโข่งและสกรูในอุตสาหกรรมผลิตเยื่อกระดาษ. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ,

สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัยกรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2552). คู่มือการปฏิบัติงาน ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมเรื่อง การป้องกันและระงับอัคคีภัยในโรงงาน.

สุเทพ แก้วนัย. (2554). คู่มือปั๊ม. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ท้อป.

อุมารัตน์ ศิริจรูญวงศ์. (2561). การวิเคราะห์หาสาเหตุของการประสบอันตรายขั้นหยุดงานเกิน 3 วัน ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ต้นไม้แห่งความล้มเหลว: กรณีศึกษา 17 โรงงานอุตสาหกรรมในจังหวัดสมุทรปราการ. วารสารความปลอดภัยและสุขภาพ, *11*(1), 1-14.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ณภัทร บรรจงกิจ
วัน เดือน ปี เกิด	31 ตุลาคม 2534
สถานที่เกิด	จังหวัดระยอง ประเทศไทย
วุฒิการศึกษา	จบการศึกษาปริญญาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ในปี 2557
ที่อยู่ปัจจุบัน	86/21 ถนนตากสินมหาราช ตำบลท่าประดู่ อำเภอเมือง จังหวัดระยอง รหัสไปรษณีย์ 21000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University