การประยุกต์ใช้แนวคิดการบำรุงรักษามุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

นายพงศกร อัมพวันวงศ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

APPLYING RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE CONCEPT TO PETROCHEMICAL INDUSTRY

Mr. Phongsakhon Umpawanwong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้แนวคิดการบำรุงรักษามุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี
โดย	นายพงศกร อัมพวันวงศ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร. ปารเมศ ชุติมา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ศาสตราจารย์ ดร. ปารเมศ ชุติมา)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร. โอฬาร กิตติธีรพรชัย)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย ริจิรวนิช)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พงศกร อัมพวันวงศ์ : การประยุกต์ใช้แนวคิดการบำรุงรักษามุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี (APPLYING RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE CONCEPT TO PETROCHEMICAL INDUSTRY) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ศ. ดร. ปารเมศ ชุติมา, 115 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ เพื่อลดจำนวนงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยนำแนวคิดการบำรุงรักษามุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางมาประยุกต์ใช้ และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยนี้คือ ลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาประจำปี และ เพิ่มเวลาในการทำงานให้กับเจ้าหน้าที่หน่วยงานบำรุงรักษา โดยปัญหาที่พบก่อนการปรับปรุงพบว่าในกลุ่มอุปกรณ์ไฟฟ้า อุปกรณ์ไฟฟ้าลำดับชั้น C มีจำนวนงานบำรุงรักษาที่มากผิดปกติ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มงานอื่นๆ เช่น เครื่องมือวัดคุม เครื่องจักรกล และอุปกรณ์เครื่องกล ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งพิจารณาความเหมาะสมของรายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของกลุ่มอุปกรณ์ไฟฟ้า ลำดับชั้น C เท่านั้น โดยผ่านกระบวนการการบำรุงรักษามุ่งความน่าเชื่อสู่ศูนย์กลาง ระหว่างการทำวิจัยสาเหตุของปัญหาหลายด้านที่นอกเหนือจากความไม่เหมาะสมของงานบำรุงรักษาคือ ปัญหาเรื่องการกำหนดลำดับชั้นของอุปกรณ์ ในบางกลุ่มอุปกรณ์มีความไม่ถูกต้อง จึงเป็นหนึ่งในปัจจัยที่ทำให้ปริมาณงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของอุปกรณ์ไฟฟ้าลำดับชั้น C มีค่าสูงผิดปกติ และงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันบางรายการไม่สามารถดำเนินการได้จริง จึงส่งผลให้สิ้นเปลืองทรัพยากรณ์ต่างๆในการจัดจ้างแรงงาน และเตรียมอุปกรณ์สำรองต่างๆ ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพของงานบำรุงรักษาโดยตรง ซึ่งพบในระหว่างขั้นตอนการทำกระบวนการวิเคราะห์คุณลักษณะของความเสียหายและผลกระทบที่ตามมา

หลังจากการปรับปรุงรายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันโดยผ่านกระบวนการบำรุงรักษามุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง ผลที่ได้รับคือ ปริมาณงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันมีจำนวนลดลง 336 รายการ คิดเป็นลดลง 25.38% จากเดิมก่อนปรับปรุงมีจำนวนงานทั้งหมด 1,324 รายการ ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาลดลง 537,600 บาท/ปี จากค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาปีก่อนจำนวน 2,118,400 บาท/ปี และเพิ่มเวลาของเจ้าหน้าที่หน่วยงานบำรุงรักษาในการปฏิบัติงานฉุกเฉินต่างๆได้ 1,344 ชั่วโมง

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2557

5670936921 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS: RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE / RCM / PETROCHEMICAL INDUSTRY

PHONGSAKHON UMPAWANWONG: APPLYING RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE CONCEPT TO PETROCHEMICAL INDUSTRY. ADVISOR: PROF. DR. PARAMES CHUTIMA, 115 pp.

The objective of this research is to improve preventive maintenance (PM) plans by reliability centered maintenance (RCM) concept and the benefits of this research are decrease yearly maintenance cost and increase available time of maintenance staffs. According to the number of PM plans in electrical equipment class c is difference from the others group of equipment by the number of PM plans is too much. RCM is a well-known method in several industries which is a structure decision process to cost-effective determines and optimum maintenance requirements. Normally the concept of RCM is applied for equipment class A which is criticality to improve the mean time between failures. However, this case study shows that this concept is also applicable to equipment class C which is non criticality as well. Then this research is applying RCM concept to improve the PM plans in electrical equipment class C. During research the researcher found the other problem to affect the number of PM plans while review Failure mode and effects analysis (FMEA) process such as in some group, equipment class C is not correct.

The results after applying RCM concept in electrical equipment class C shown the number of preventive maintenance plans and the number available time of maintenance staff are improved significantly. Such as the number of PM plans was reduce 336 items (25.38%) from 1,324 items the yearly maintenance cost was reduce 537,600 baht/year from 2,118,400 baht/year and the number available time of maintenance staffs increase 1,344 hrs.

Department: Industrial Engineering Student's Signature .....

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

Academic Year: 2014

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ศ.ดร. ปารเมศ ชุติมา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูง ที่ให้ความรู้ แนวคิดต่างๆ เสียสละเวลาที่มีค่าคอยให้คำปรึกษาตลอดจนแนวคิดในการแก้ไขปัญหาต่างๆที่พบในระหว่างการทำงานวิจัย ทำให้ผู้ทำการวิจัยนั้นมีหลักปฏิบัติและหลักคิดอย่างมีระบบจนส่งผลให้งานวิจัยออกมาจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณประธี ชิตตระกูล หัวหน้างานของผู้ทำการวิจัยที่คอยให้การสนับสนุนในด้านเวลา และความรู้ พร้อมทั้งชี้แนวทางในการทำงานที่ดี ตลอดการทำการวิจัย จนทำให้ผู้ทำการวิจัยสามารถทำการวิจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ ร่วมงานของผู้ทำการวิจัย ที่ช่วยให้ความร่วมมือ และให้ความรู้ในการดำเนินการวิจัยเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ผู้ทำการวิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และคุณยายของผู้วิจัย ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา และขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ ประสาทวิชาแก่ผู้วิจัย ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูปภาพ ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 2

1.2.1 การจำแนกอุปกรณ์ตามลำดับชั้น 4

1.2.2 ปริมาณงานบำรุงรักษา 10

1.3 วัตถุประสงค์การวิจัย 18

1.4 ขอบเขตงานวิจัย 18

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 18

1.6 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย 18

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 20

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 21

2.1 Reliability-Centered Maintenance (RCM) (John Moubray 1997) 22

2.1.1 กำหนดแผนงานและเตรียมการ (Prepare for Analysis) 24

2.1.2 ดำเนินการตามขั้นตอนกระบวนการ RCM 25

2.2 Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) (สมภพ ตลับแก้ว 2550) 29

2.3 การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance: PM) (โกศีล ดีศีลธรรม 2547) 30

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

2.4 การคำนวณหาค่าเวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหายของเครื่องจักร (Mean Time between Failure: MTBF) (โกศีล ดีศีลธรรม 2548) 30
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 31
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย 35
3.1 การจัดเตรียมรายการอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย 35
3.1.1 รวบรวมรายการอุปกรณ์ 35
3.1.2 จัดกลุ่มอุปกรณ์ 36
3.1.3 ลำดับชั้นของอุปกรณ์ 41
3.2 กระบวนการการบำรุงรักษามุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง 45
3.2.1 Battery 46
3.2.2 Bus Duct 54
3.2.3 Electric Heater 61
3.2.4 Motor 68
3.2.5 Switchgear 75
3.2.6 Transformer 82
3.2.7 UPS 89
3.2.8 VSD 97
บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย 104
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 110
5.1 สรุปผลการวิจัย 110
5.1.1 จำนวนงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน 110
5.1.2 ค่าความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ 111
5.1.3 ชั่วโมงการทำงานของเจ้าที่หน่วยงานบำรุงรักษา 111

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

5.1.4 ค่าใช้จ่ายประจำปีของหน่วยงานบำรุงรักษา 111
5.2 ข้อเสนอแนะ 112
รายการอ้างอิง 113
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 115

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1. 1 จำนวนอุปกรณ์ในกระบวนการผลิต 3
ตารางที่ 1. 2 จำนวนอุปกรณ์ในกลุ่มอุปกรณ์ไฟฟ้าตามชั้นของอุปกรณ์ 7
ตารางที่ 1. 3 จำนวนอุปกรณ์ในกลุ่มอุปกรณ์เครื่องมือวัดคุมตามชั้นของอุปกรณ์ 8
ตารางที่ 1. 4 จำนวนอุปกรณ์ในกลุ่มเครื่องจักรกลตามชั้นของอุปกรณ์ 8
ตารางที่ 1. 5 จำนวนอุปกรณ์ในกลุ่มอุปกรณ์เครื่องกลตามชั้นของอุปกรณ์ 9
ตารางที่ 1. 6 ปริมาณงานบำรุงรักษาประจำปี 2556 10
ตารางที่ 1. 7 งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันและงานซ่อมกลุ่มงานไฟฟ้าปี 2556 12
ตารางที่ 1. 8 งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันและงานซ่อมกลุ่มงานเครื่องมือวัดคุมปี 2556 13
ตารางที่ 1. 9 งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันและงานซ่อมกลุ่มงานเครื่องจักรกลปี 2556 14
ตารางที่ 1. 10 งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันและงานซ่อมกลุ่มงานเครื่องจักรกลปี 2556 15
ตารางที่ 1. 11 ปริมาณงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันและงานซ่อมทั้งหมดในปี 2556 16
ตารางที่ 1. 12 รายการงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันโดยแบ่งตามชั้นอุปกรณ์ของแต่ละกลุ่มงาน 17
ตารางที่ 1. 13 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยและเทคนิคที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย 19
ตารางที่ 3. 1 กลุ่มอุปกรณ์ของอุปกรณ์ไฟฟ้า ลำดับชั้น C 36
ตารางที่ 3. 2 พิจารณาแบ่งประเภทของผลกระทบของอุปกรณ์ตามกลุ่มอุปกรณ์ 39
ตารางที่ 3. 3 ผลการพิจารณาแบ่งประเภทของผลกระทบของอุปกรณ์ตามกลุ่มอุปกรณ์ 41
ตารางที่ 3. 4 ข้อมูลในระบบบำรุงรักษาของ Battery (ก่อนการปรับปรุง) 47
ตารางที่ 3. 5 ผลการตรวจสอบ Battery ย้อนหลัง 1 ปี (ก่อนการปรับปรุง) 48
ตารางที่ 3. 6 ผลการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Battery 51
ตารางที่ 3. 7 รายการบำรุงรักษาที่เหมาะสมของ Battery 53
ตารางที่ 3. 8 ข้อมูลในระบบบำรุงรักษาของ Bus Duct (ก่อนการปรับปรุง) 55
ตารางที่ 3. 9 ผลการตรวจสอบ Bus Duct ย้อนหลัง 5 ปี (ก่อนการปรับปรุง) 56

ตารางที่ 3. 10 ผลกาวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Bus Duct 58
ตารางที่ 3. 11 รายการบำรุงรักษาที่เหมาะสมของ Bus Duct 60
ตารางที่ 3. 12 ข้อมูลในระบบบำรุงรักษาของ Electric Heater (ก่อนการปรับปรุง) 62
ตารางที่ 3. 13 ผลการตรวจสอบ Electric Heater ย้อนหลัง 5 ปี (ก่อนการปรับปรุง) 63
ตารางที่ 3. 14 ผลการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Electric Heater 65
ตารางที่ 3. 15 รายการบำรุงรักษาที่เหมาะสมของ Electric Heater 67
ตารางที่ 3. 16 ข้อมูลในระบบบำรุงรักษาของ Motor (ก่อนการปรับปรุง) 69
ตารางที่ 3. 17 ผลการตรวจสอบ Motor ย้อนหลัง 2 ปี (ก่อนการปรับปรุง) 70
ตารางที่ 3. 18 ผลการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Motor 72
ตารางที่ 3. 19 รายการบำรุงรักษาที่เหมาะสมของ Motor 74
ตารางที่ 3. 20 ข้อมูลในระบบบำรุงรักษาของ Switchgear (ก่อนการปรับปรุง) 76
ตารางที่ 3. 21 ผลการตรวจสอบ Switchgear ย้อนหลัง 5 ปี (ก่อนการปรับปรุง) 78
ตารางที่ 3. 22 ผลการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Switchgear 79
ตารางที่ 3. 23 รายการบำรุงรักษาที่เหมาะสมของ Switchgear 81
ตารางที่ 3. 24 ข้อมูลในระบบบำรุงรักษาของ Transformer (ก่อนการปรับปรุง) 83
ตารางที่ 3. 25 ผลการตรวจสอบ Transformer ย้อนหลัง 1 ปี (ก่อนการปรับปรุง) 84
ตารางที่ 3. 26 ผลการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Transformer 86
ตารางที่ 3. 27 รายการบำรุงรักษาที่เหมาะสมของ Transformer 88
ตารางที่ 3. 28 ข้อมูลในระบบบำรุงรักษาของ UPS (ก่อนการปรับปรุง) 90
ตารางที่ 3. 29 ผลการตรวจสอบ UPS ย้อนหลัง 1 ปี (ก่อนการปรับปรุง) 91
ตารางที่ 3. 30 ผลการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ UPS 94
ตารางที่ 3. 31 รายการบำรุงรักษาที่เหมาะสมของ UPS 96
ตารางที่ 3. 32 ข้อมูลในระบบบำรุงรักษาของ VSD (ก่อนการปรับปรุง) 98

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3. 33 ผลการตรวจสอบ VSD ย้อนหลัง 3 ปี (ก่อนการปรับปรุง) 99
ตารางที่ 3. 34 ผลการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ VSD 101
ตารางที่ 3. 35 รายการบำรุงรักษาที่เหมาะสมของ VSD 103
ตารางที่ 4. 1 รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันใหม่ในแต่ละกลุ่มอุปกรณ์ 104
ตารางที่ 4. 2 เปรียบเทียบรายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันระหว่างก่อนและหลังดำเนินการวิจัย . 104
ตารางที่ 4. 3 ปริมาณงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันใน 1 ปีของแต่ละกลุ่มอุปกรณ์ก่อนการปรับปรุง 105
ตารางที่ 4. 4 ปริมาณงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันรวมในรอบ 1 ปี (ก่อนปรับปรุง) 106
ตารางที่ 4. 5 ปริมาณงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันใน 1 ปีของแต่ละกลุ่มอุปกรณ์หลังการปรับปรุง 106
ตารางที่ 4. 6 ปริมาณงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันรวมในรอบ 1 ปี (หลังปรับปรุง)..... 107
ตารางที่ 4. 7 ค่า MTBF ของแต่ละกลุ่มอุปกรณ์ในช่วง ก.ย. 2556 จนถึง ก.ย. 2557 108
ตารางที่ 4. 8 ผลประโยชน์ที่ได้รับหลังการปรับปรุง 109
ตารางที่ 5. 1 สรุปผลที่ได้จากการวิจัย..... 112

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1. 1 การเปลี่ยนแปลงของงานบำรุงรักษาจากอดีตจนถึงปัจจุบัน 1
รูปที่ 1. 2 กระบวนการผลิตโดยรวมของโรงงานในกรณีศึกษา 3
รูปที่ 1. 3 สัดส่วนจำนวนอุปกรณ์ในแต่ละชนิดอุปกรณ์ 4
รูปที่ 1. 4 สัดส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าตามชั้นของอุปกรณ์ 7
รูปที่ 1. 5 สัดส่วนอุปกรณ์เครื่องมือวัดคุมตามชั้นของอุปกรณ์ 8
รูปที่ 1. 6 สัดส่วนเครื่องจักรกลตามชั้นของอุปกรณ์ 9
รูปที่ 1. 7 สัดส่วนอุปกรณ์เครื่องกลตามชั้นของอุปกรณ์ 10
รูปที่ 1. 8 จำนวนงานสะสมของงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันและงานซ่อม 11
รูปที่ 1. 9 งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันและงานซ่อมกลุ่มงานไฟฟ้าปี 2556 12
รูปที่ 1. 10 งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันและงานซ่อมกลุ่มงานเครื่องมือวัดคุมปี 2556 13
รูปที่ 1. 11 งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันและงานซ่อมกลุ่มงานเครื่องจักรกลปี 2556 14
รูปที่ 1. 12 งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันและงานซ่อมกลุ่มงานเครื่องจักรกลปี 2556 15
รูปที่ 1. 13 ปริมาณงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันและงานซ่อมทั้งหมดในปี 2556 16
รูปที่ 1. 14 รายการงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันโดยแบ่งตามชั้นอุปกรณ์ของแต่ละกลุ่มงาน 17
รูปที่ 2. 1 กระบวนการการบำรุงรักษามุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง 21
รูปที่ 2. 2 วิวัฒนาการของงานบำรุงรักษา 23
รูปที่ 2. 3 รูปแบบความเสียหายของอุปกรณ์ 23
รูปที่ 2. 4 ภาพรวมของกระบวนการของ RCM (**Shell Global Solution** 2004) 24
รูปที่ 2. 5 มุมมองของการบริหารจัดการโรงงาน 25
รูปที่ 2. 6 รูปแบบของการเกิดความผิดปกติของอุปกรณ์หรือเครื่องจักร 26
รูปที่ 2. 7 P-F interval (**Shell Global Solution** 2004) 27
รูปที่ 2. 8 Cost-Benefit Analysis (**Shell Global Solution** 2004) 28

รูปที่ 2. 9 Maintenance Efficiency Index (Shell Global Solution 2004) 28
รูปที่ 2. 10 เวกเตอร์การวัดประสิทธิภาพของการกระบวนการ RCM 32
รูปที่ 3. 1 ตัวอย่างรายการอุปกรณ์ไฟฟ้า ลำดับชั้น C ที่ได้จากระบบ SAP 36
รูปที่ 3. 2 แผนผังพิจารณาการแบ่งแยกประเภทผลกระทบของอุปกรณ์ 38
รูปที่ 3. 3 ตารางประเมินการกำหนดลำดับชั้นของอุปกรณ์ 44
รูปที่ 3. 4 ขั้นตอนตามกระบวนการการบำรุงรักษามุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง 45
รูปที่ 3. 5 Battery 46
รูปที่ 3. 6 ประวิติงานซ่อมของ Battery ช่วงปี ค.ศ. 2010-2014 47
รูปที่ 3. 7 ตัวอย่างใบงานตรวจสอบ Battery 48
รูปที่ 3. 8 ผลการตรวจสอบแรงดัน Battery ย้อนหลัง 1 ปี 49
รูปที่ 3. 9 ผลการตรวจสอบอุณหภูมิห้อง Battery ย้อนหลัง 1 ปี 50
รูปที่ 3. 10 ผลการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Battery 50
รูปที่ 3. 11 ระยะเวลา P-F ของ Battery 52
รูปที่ 3. 12 ผลการประเมินลำดับชั้นอุปกรณ์ของ Battery 54
รูปที่ 3. 13 Bus Duct 54
รูปที่ 3. 14 ประวิติงานซ่อมของ Bus Duct ช่วงปี ค.ศ. 2010-2014 55
รูปที่ 3. 15 ตัวอย่างแบบฟอร์มตรวจสอบ Bus Duct 56
รูปที่ 3. 16 ผลการตรวจสอบค่าความเป็นฉนวน ย้อนหลัง 5 ปี 57
รูปที่ 3. 17 ผลการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Bus Duct 57
รูปที่ 3. 18 ระยะเวลา P-F ของ Bus Duct 59
รูปที่ 3. 19 ผลการประเมินลำดับชั้นอุปกรณ์ของ Bus Duct 61
รูปที่ 3. 20 Electric Heater 61
รูปที่ 3. 21 ประวัติงานซ่อมของ Electric Heater ช่วงปี ค.ศ. 2010-2014 62

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 3. 22 ตัวอย่างแบบฟอร์มตรวจสอบ Electric Heater 63
รูปที่ 3. 23 ผลการตรวจสอบค่าความต้านทานระหว่างเฟสย้อนหลัง 5 ปี 64
รูปที่ 3. 24 ผลการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Electric Heater 64
รูปที่ 3. 25 ระยะเวลา P-F ของ Electric Heater 66
รูปที่ 3. 26 ผลการประเมินลำดับชั้นอุปกรณ์ของ Electric Heater 67
รูปที่ 3. 27 Motor 68
รูปที่ 3. 28 ประวัติงานซ่อมของ Motor ช่วงปี ค.ศ. 2013-2014 69
รูปที่ 3. 29 ตัวอย่างแบบฟอร์มตรวจสอบ Motor 70
รูปที่ 3. 30 ผลการตรวจสอบค่า PI ของ Motor ทั้งหมด 220 ตัว ย้อนหลัง 2 ปี 71
รูปที่ 3. 31 ผลการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Motor 72
รูปที่ 3. 32 ระยะเวลา P-F ของ Motor 73
รูปที่ 3. 33 ผลการประเมินลำดับชั้นอุปกรณ์ของ Motor 75
รูปที่ 3. 34 Switchgear 75
รูปที่ 3. 35 ประวัติงานซ่อมของ Switchgear ช่วงปี ค.ศ. 2010-2014 76
รูปที่ 3. 36 ตัวอย่างแบบฟอร์มตรวจสอบ Switchgear 77
รูปที่ 3. 37 ผลการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Switchgear 78
รูปที่ 3. 38 ระยะเวลา P-F ของ Switchgear 80
รูปที่ 3. 39 ผลการประเมินลำดับชั้นอุปกรณ์ของ Switchgear 81
รูปที่ 3. 40 Transformer 82
รูปที่ 3. 41 ประวัติงานซ่อมของ Transformer ช่วงปี ค.ศ. 2010-2014 83
รูปที่ 3. 42 ตัวอย่างแบบฟอร์มตรวจสอบ Transformer 84
รูปที่ 3. 43 ผลการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Transformer 85
รูปที่ 3. 44 ระยะเวลา P-F ของ Transformer 87

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 3. 45 ผลการประเมินลำดับชั้นอุปกรณ์ของ Transformer 89
รูปที่ 3. 46 UPS 89
รูปที่ 3. 47 ประวัติงานซ่อมของ UPS ช่วงปี ค.ศ. 2010-2014 90
รูปที่ 3. 48 ตัวอย่างใบงานตรวจสอบ UPS 91
รูปที่ 3. 49 ผลการตรวจสอบแรงดันขาเข้าของ UPS ย้อนหลัง 1 ปี 92
รูปที่ 3. 50 ผลการตรวจสอบแรงดันขาออกของ UPS ย้อนหลัง 1 ปี 93
รูปที่ 3. 51 ผลการตรวจสอบอุณหภูมิห้อง UPS ย้อนหลัง 1 ปี 93
รูปที่ 3. 52 ผลการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ UPS 94
รูปที่ 3. 53 ระยะเวลา P-F ของ UPS 95
รูปที่ 3. 54 ผลการประเมินลำดับชั้นอุปกรณ์ของ UPS 96
รูปที่ 3. 55 VSD 97
รูปที่ 3. 56 ประวัติงานซ่อมของ VSD ช่วงปี ค.ศ. 2010-2014 98
รูปที่ 3. 57 ตัวอย่างใบงานตรวจสอบ VSD 99
รูปที่ 3. 58 ผลการตรวจสอบแรงดันขาเข้าของ VSD ย้อนหลัง 3 ปี 100
รูปที่ 3. 59 ผลการตรวจสอบค่า PI ย้อนหลัง 3 ปี 100
รูปที่ 3. 60 ผลการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ VSD 101
รูปที่ 3. 61 ระยะเวลา P-F ของ VSD 102
รูปที่ 3. 62 ผลการประเมินลำดับชั้นอุปกรณ์ของ VSD 103
รูปที่ 4. 1 เปรียบเทียบปริมาณงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันก่อนและหลังปรับปรุง 107

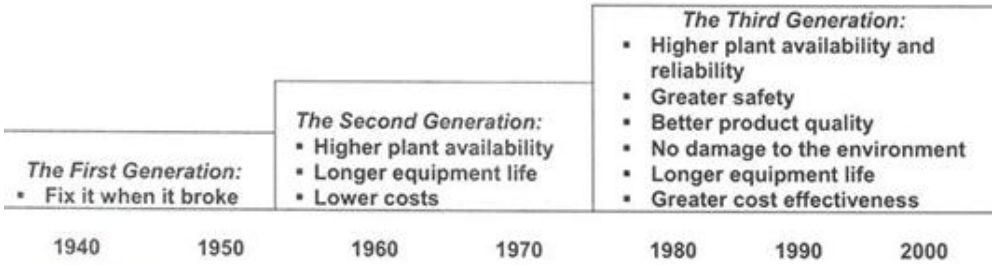
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

ภาวะการแข่งขันที่สูงขึ้นในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี บริษัทที่ดำเนินธุรกิจด้านนี้จึงต้องปรับตัวเพื่อรองรับการแข่งขัน เช่นขยายกำลังการผลิต เพื่อลดต้นทุนการผลิต เพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ เพื่อรองรับความเสี่ยงจากความต้องการของตลาดที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และสร้างความใหม่ของผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นผู้นำและโอกาสในการทำกำไร ส่งผลให้กระบวนการผลิตจึงมีความหลากหลายของอุปกรณ์มากขึ้น จากจำนวนและความหลากหลายของอุปกรณ์ที่มากขึ้นนั้น ส่งผลกระทบโดยตรงต่องานบำรุงรักษาที่ต้องยกระดับคุณภาพของงานบำรุงรักษามากขึ้น เพื่อให้อุปกรณ์พร้อมใช้งานตามหน้าที่การใช้งาน

อดีตจนถึงปัจจุบันงานบำรุงรักษาได้มีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนามาก จากเดิมจะมีการซ่อมอุปกรณ์ก็ต่อเมื่ออุปกรณ์เสียหาย แต่ปัจจุบันมีการคำนึงถึงปัจจัยต่างๆที่จะกระทบต่อการดำเนินธุรกิจคือ ความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ ความปลอดภัย สิ่งแวดล้อม คุณภาพสินค้า และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาที่มีประสิทธิภาพ ส่งผลให้งานบำรุงรักษาปัจจุบันมีการนำหลักการและทฤษฎีต่างๆมาประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีสมัยใหม่ เพื่อบรรลุความคาดหวังของงานบำรุงรักษาที่มากขึ้นจากในอดีต จากที่กล่าวมานั้น แสดงดังรูปที่ 1.1 ซึ่งอธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของงานบำรุงรักษาจากอดีตจนถึงปัจจุบัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 1. 1 การเปลี่ยนแปลงของงานบำรุงรักษาจากอดีตจนถึงปัจจุบัน

Reliability-Centered Maintenance (RCM) คือกระบวนการเพื่อพิจารณาความเหมาะสมของงานบำรุงรักษาตามระดับความสำคัญของอุปกรณ์ ความเหมาะสมของงาน

บำรุงรักษาที่ RCM พิจารณานั้น ได้พิจารณาจากหลายด้านเช่น ความปลอดภัย สิ่งแวดล้อม ความน่าเชื่อถือของกระบวนการผลิตและค่าใช้จ่ายที่มีประสิทธิภาพ เป็นต้น

งานบำรุงรักษาและ RCM แตกต่างกันอย่างไร

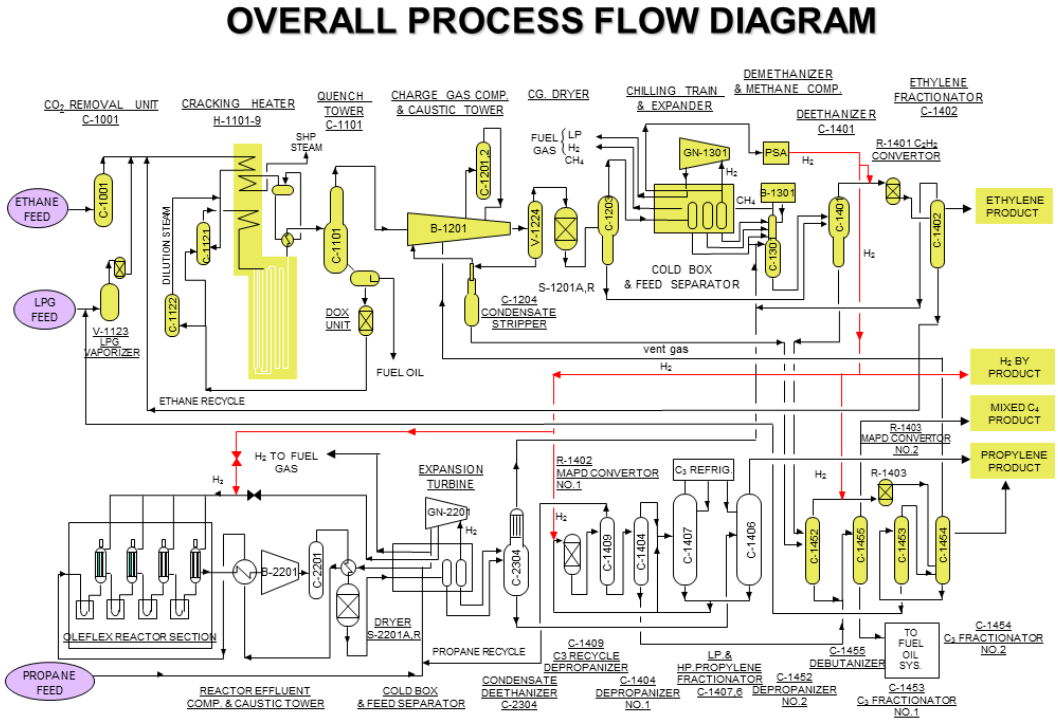
- งานบำรุงรักษาคือ กระบวนการเพื่อให้มั่นใจว่าอุปกรณ์จะสามารถพร้อมใช้งานตามการใช้งานของอุปกรณ์
- RCM คือกระบวนการที่ถูกใช้เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของงานบำรุงรักษาของอุปกรณ์ตามการใช้งานในกระบวนการผลิต

จะเห็นว่าวัตถุประสงค์หลักของงานบำรุงรักษานั้นคือทำอย่างไรก็ได้ เพื่อให้มั่นใจว่าอุปกรณ์มีความพร้อมใช้งาน แต่ RCM จะนำปัจจัยในเรื่องของค่าใช้จ่ายที่มีประสิทธิภาพมาพิจารณาด้วย

1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์โอเลฟินส์ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์สารตั้งต้นในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี โดยมีกระบวนการผลิตโดยรวมตามรูปที่ 1.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



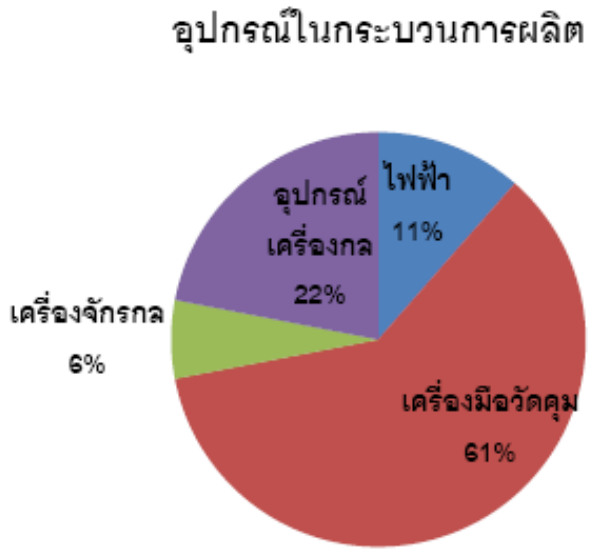
รูปที่ 1. 2 กระบวนการผลิตโดยรวมของโรงงานในกรณีศึกษา

กระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษามีจำนวนอุปกรณ์ทั้งหมด 9,796 รายการ โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มอุปกรณ์คือ กลุ่มอุปกรณ์ไฟฟ้าจำนวน 1,121 รายการ กลุ่มอุปกรณ์เครื่องมือวัดคุมจำนวน 5,929 รายการ กลุ่มอุปกรณ์เครื่องจักรกลจำนวน 598 รายการ และกลุ่มอุปกรณ์เครื่องกลจำนวน 2,148 รายการ ข้อมูลดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1. 1 จำนวนอุปกรณ์ในกระบวนการผลิต

ชนิดอุปกรณ์	จำนวนอุปกรณ์ (รายการ)
ไฟฟ้า	1,121
เครื่องมือวัดคุม	5,929
เครื่องจักรกล	598
อุปกรณ์เครื่องกล	2,148
รวม	9,796

จากข้อมูลในตารางที่ 1.1 สามารถแบ่งเป็นสัดส่วนจำนวนอุปกรณ์ในแต่ละชนิดอุปกรณ์ คือ อุปกรณ์ไฟฟ้า 11% จากจำนวนอุปกรณ์ทั้งหมด อุปกรณ์เครื่องมือวัดคุม 61% จากจำนวนอุปกรณ์ทั้งหมด เครื่องจักรกล 6% จากจำนวนอุปกรณ์ทั้งหมด และอุปกรณ์เครื่องกล 22% จากจำนวนอุปกรณ์ดังหมด ข้อมูลดังรูปที่ 1.3



รูปที่ 1. 3 สัดส่วนจำนวนอุปกรณ์ในแต่ละชนิดอุปกรณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2.1 การจำแนกอุปกรณ์ตามลำดับชั้น

การบริหารจัดการอุปกรณ์ที่อยู่ในกระบวนการผลิตจำเป็นจะต้องมีการกำหนดชั้นของอุปกรณ์ตามลำดับความสำคัญ เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการพิจารณาลำดับความสำคัญของการให้การบำรุงรักษาอุปกรณ์ หรือการพิจารณาลำดับความสำคัญของการบริหารสำรองอะไหล่

อ้างอิงตามข้อกำหนดของโรงงานในกรณีศึกษา การกำหนดชั้นของอุปกรณ์ อะไหล่ วัสดุ สารเคมี และการขอเบิกซื้อ/จ้างเพื่อใช้ตรง หัวข้อการกำหนดชั้นของอุปกรณ์ในกระบวนการผลิต ให้ผู้กำหนดพิจารณาว่าถ้าอุปกรณ์นั้นไม่สามารถทำงานได้ตามหน้าที่ที่กำหนดแล้วมีผลตามหัวข้อดังนี้

- ทางด้านผลิตภัณฑ์ (Product)

อุปกรณ์ชั้น A หมายถึง มีผลโดยตรงทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่ได้ตามค่าที่กำหนด ทันที หรือ ภายใน30 นาที

อุปกรณ์ชั้น B หมายถึง มีผลกระทบต่อค่าที่กำหนดของผลิตภัณฑ์ แต่ต้องเกินระยะเวลา 30 นาที หรืออาจทำให้การควบคุมลำบาก เสี่ยงต่อการทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ไม่ได้ตามค่าที่กำหนด เช่น ทำให้การควบคุมไม่สามารถทำได้โดย Distributed Control System (DCS) จาก Central Control Building (CCB) ได้เป็นต้น

อุปกรณ์ชั้น C หมายถึง ไม่มีผลต่อค่าที่กำหนดของผลิตภัณฑ์โดยตรง

- ทางด้านความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม (Safety & Environment)

อุปกรณ์ชั้น A หมายถึง อุปกรณ์ป้องกันที่ไม่สามารถทำการทดสอบการทำงานในสภาวะเดินเครื่องปกติได้ หรือ อุปกรณ์อื่น ๆ ที่เมื่อไม่สามารถทำงานได้ตามหน้าที่ที่กำหนดแล้วทำให้อุปกรณ์อื่น ๆ เสียหายจนไม่สามารถดำเนินการผลิตต่อไปได้ หรืออาจทำให้เกิดอุบัติภัยรุนแรง (พิจารณาความเป็นไปได้หรือความถี่ด้วย) / อาจเกิดอันตรายถึงชีวิตหรือสูญเสียอวัยวะ หรืออาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือชุมชนขั้นรุนแรง

อุปกรณ์ชั้น B หมายถึง อุปกรณ์ป้องกันที่สามารถทำการทดสอบการทำงานในสภาวะเดินเครื่องปกติได้ (ถึงแม้ว่าเมื่อไม่ทำตามหน้าที่ที่กำหนดจะทำให้ไม่สามารถดำเนินการผลิตต่อไปได้หรืออาจทำให้เกิดอุบัติภัยรุนแรง) หรือ อุปกรณ์อื่น ๆ ที่เมื่อไม่สามารถทำงานได้ตามหน้าที่ที่กำหนดแล้ว ทำให้อุปกรณ์อื่น ๆ เสียหายจนต้องลดกำลังการผลิต / อาจทำให้เกิดบาดเจ็บ หรืออาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือชุมชนขั้นปานกลาง

อุปกรณ์ชั้น C หมายถึง ไม่ทำให้เกิดความเสียหายโดยตรงต่ออุปกรณ์จนมีผลกระทบต่อการผลิตหรือทำให้เกิดการบาดเจ็บ หรือส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือชุมชน ซึ่งก็คืออุปกรณ์ที่ไม่ใช่ชั้น A และ B

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- ทางด้านความสามารถในการผลิตของกระบวนการผลิต (Productivity)

อุปกรณ์ชั้น A หมายถึง ทำให้ต้องหยุดการผลิต

อุปกรณ์ชั้น B หมายถึง ลดกำลังการผลิต / มีผลต่อต้นทุนการผลิต

อุปกรณ์ชั้น C หมายถึง ไม่มีผลต่อกระบวนการผลิต ซึ่งก็คืออุปกรณ์ที่ไม่ใช่ชั้น A และ B

- ทางด้านกฎหมาย (Law/Regulation)

อุปกรณ์ชั้น A หมายถึง ทำให้มีผลกระทบที่ขัดต่อกฎหมายทันที

อุปกรณ์ชั้น B หมายถึง หากปล่อยให้เสียหายไม่ทำตามหน้าที่ที่กำหนดมีความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดผลกระทบที่ขัดต่อกฎหมาย

อุปกรณ์ชั้น C หมายถึง ไม่มีผลกระทบต่อกฎหมาย

เมื่ออุปกรณ์มีหัวข้อใดหัวข้อหนึ่งเป็น A ให้ถือว่าอุปกรณ์ข้อนั้นอยู่ในชั้น A ถ้าอุปกรณ์นั้นไม่มีหัวข้อใดเป็น A และมีหัวข้อหนึ่งหัวข้อใดเป็น B ให้อุปกรณ์นั้นอยู่ในชั้น B ถ้าอุปกรณ์นั้นไม่มีหัวข้อใดเป็นทั้ง A หรือ B ให้ถือว่าอยู่ในชั้น C

ในกรณีอุปกรณ์ที่กำลังพิจารณาอยู่มีชุดสำรอง Redundancy (ทำงานทดแทนกันได้สมบูรณ์อย่างอัตโนมัติ) ติดตั้งใช้งานอยู่ด้วย สามารถลดลำดับชั้นอุปกรณ์จากการพิจารณาลง 1 ระดับ เช่น จากชั้น A ลดลงเป็นชั้น B หรือจากชั้นB ลดลงเป็นชั้น C เป็นต้น

จากข้อกำหนดดังกล่าว จึงได้มาซึ่งข้อมูลการจำแนกอุปกรณ์ของแต่ละกลุ่มอุปกรณ์ตามลำดับชั้นดังนี้

- กลุ่มอุปกรณ์ไฟฟ้า มีจำนวนอุปกรณ์ทั้งหมด 1,121 รายการ แบ่งเป็นอุปกรณ์ชั้น A จำนวน 109 รายการ คิดเป็น 10% ของจำนวนอุปกรณ์ทั้งหมด อุปกรณ์ชั้น B จำนวน 348 รายการ คิดเป็น 31% ของจำนวนอุปกรณ์ทั้งหมด และอุปกรณ์ชั้น C จำนวน 664 รายการ คิดเป็น 59% ของจำนวนอุปกรณ์ทั้งหมด ข้อมูลตามตารางที่ 1.2 และรูปที่ 1.4

ตารางที่ 1. 2 จำนวนอุปกรณ์ในกลุ่มอุปกรณ์ไฟฟ้าตามชั้นของอุปกรณ์

ชั้นของอุปกรณ์	จำนวนอุปกรณ์กลุ่มอุปกรณ์ไฟฟ้า
A	109
B	348
C	664
รวม	1,121

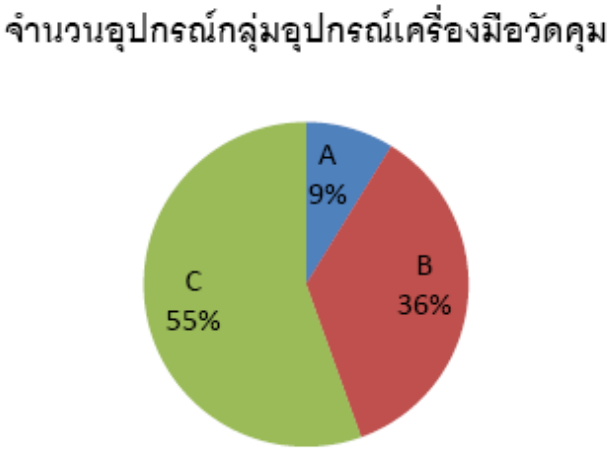
รูปที่ 1. 4 สัดส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าตามชั้นของอุปกรณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- กลุ่มอุปกรณ์เครื่องมือวัดคุมมีจำนวนอุปกรณ์ทั้งหมด 5,929 รายการ แบ่งเป็น อุปกรณ์ชั้น A จำนวน 522 รายการ คิดเป็น 9% ของจำนวนอุปกรณ์ทั้งหมด อุปกรณ์ชั้น B จำนวน 2,117 รายการ คิดเป็น 36% ของจำนวนอุปกรณ์ทั้งหมด และอุปกรณ์ชั้น C จำนวน 3,290 รายการ คิดเป็น 55% ของจำนวนอุปกรณ์ทั้งหมด ข้อมูลตามตารางที่ 1.3 และรูปที่ 1.5

ตารางที่ 1. 3 จำนวนอุปกรณ์ในกลุ่มอุปกรณ์เครื่องมือวัดคุมตามชั้นของอุปกรณ์

ชั้นของอุปกรณ์	จำนวนอุปกรณ์กลุ่มอุปกรณ์เครื่องมือวัดคุม
A	522
B	2117
C	3290
รวม	5,929



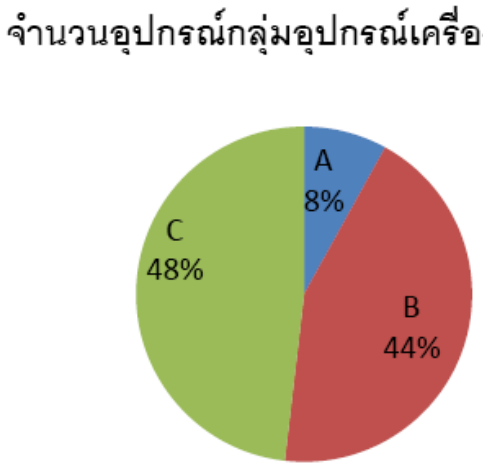
รูปที่ 1. 5 สัดส่วนอุปกรณ์เครื่องมือวัดคุมตามชั้นของอุปกรณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- กลุ่มเครื่องจักรกล มีจำนวนอุปกรณ์ทั้งหมด 598 รายการ แบ่งเป็นอุปกรณ์ชั้น A จำนวน 48 รายการ คิดเป็น 8% ของจำนวนอุปกรณ์ทั้งหมด อุปกรณ์ชั้น B จำนวน 262 รายการ คิดเป็น 44% ของจำนวนอุปกรณ์ทั้งหมด และอุปกรณ์ชั้น C จำนวน 288 รายการ คิดเป็น 48% ของจำนวนอุปกรณ์ทั้งหมด ข้อมูลตามตารางที่ 1.4 และรูปที่ 1.6

ตารางที่ 1. 4 จำนวนอุปกรณ์ในกลุ่มเครื่องจักรกลตามชั้นของอุปกรณ์

ชั้นของอุปกรณ์	จำนวนอุปกรณ์กลุ่มเครื่องจักรกล
A	48
B	262
C	288
รวม	598

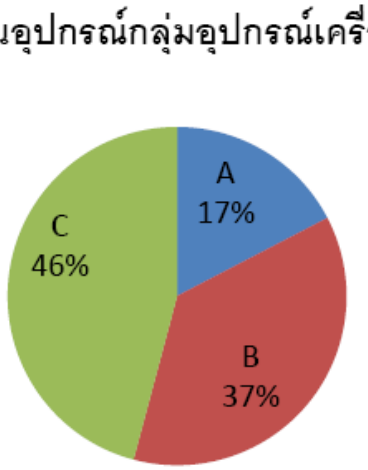


รูปที่ 1. 6 สัดส่วนเครื่องจักรกลตามชั้นของอุปกรณ์

- กลุ่มอุปกรณ์เครื่องกลมีจำนวนอุปกรณ์ทั้งหมด 2,148 รายการ แบ่งเป็นอุปกรณ์ชั้น A จำนวน 373 รายการ คิดเป็น 17% ของจำนวนอุปกรณ์ทั้งหมด อุปกรณ์ชั้น B จำนวน 790 รายการคิดเป็น 37% ของจำนวนอุปกรณ์ทั้งหมด และอุปกรณ์ชั้น C จำนวน 985 รายการ คิดเป็น 46% ของจำนวนอุปกรณ์ทั้งหมด ข้อมูลตามตารางที่ 1.5 และรูปที่ 1.7

ตารางที่ 1. 5 จำนวนอุปกรณ์ในกลุ่มอุปกรณ์เครื่องกลตามชั้นของอุปกรณ์

ชั้นของอุปกรณ์	จำนวนอุปกรณ์กลุ่มอุปกรณ์เครื่องกล
A	373
B	790
C	985
รวม	2148



รูปที่ 1. 7 สัดส่วนอุปกรณ์เครื่องกลตามชั้นของอุปกรณ์

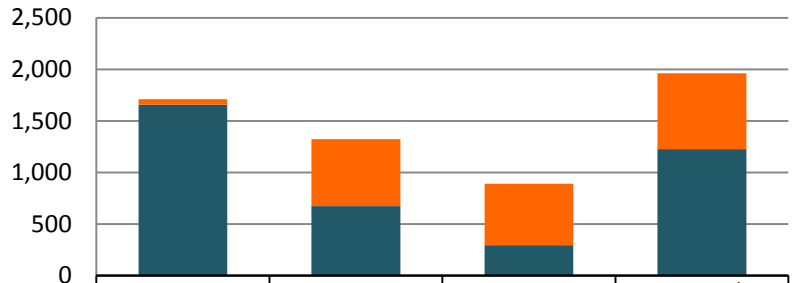
จากข้อมูลดังรูปที่ 1.4-1.7 จะเห็นได้ว่าทุกกลุ่มอุปกรณ์ (ไฟฟ้า เครื่องมือวัดคุม เครื่องจักรกล และอุปกรณ์เครื่องกล) มีลักษณะเหมือนกันคือ มีสัดส่วนของอุปกรณ์ชั้น A น้อยที่สุด และสัดส่วนของอุปกรณ์ชั้น C มากที่สุด

1.2.2 ปริมาณงานบำรุงรักษา

จากข้อมูลรายงานปริมาณงานบำรุงรักษาประจำปี 2556 แบ่งเป็น จำนวนงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และงานซ่อม ข้อมูลดังตารางที่ 1.6 และรูปที่ 1.8

ตารางที่ 1. 6 ปริมาณงานบำรุงรักษาประจำปี 2556

ประเภทของงาน	รายการงานบำรุงรักษา			
	ไฟฟ้า	เครื่องมือวัดคุม	เครื่องจักรกล	อุปกรณ์เครื่องกล
งานซ่อม	55	648	596	737
งานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	1,657	675	296	1,226



	ไฟฟ้า	เครื่องมือวัดคุม	เครื่องจักรกล	อุปกรณ์เครื่องกล
งานซ่อม	55	648	596	737
งานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	1,657	675	296	1,226

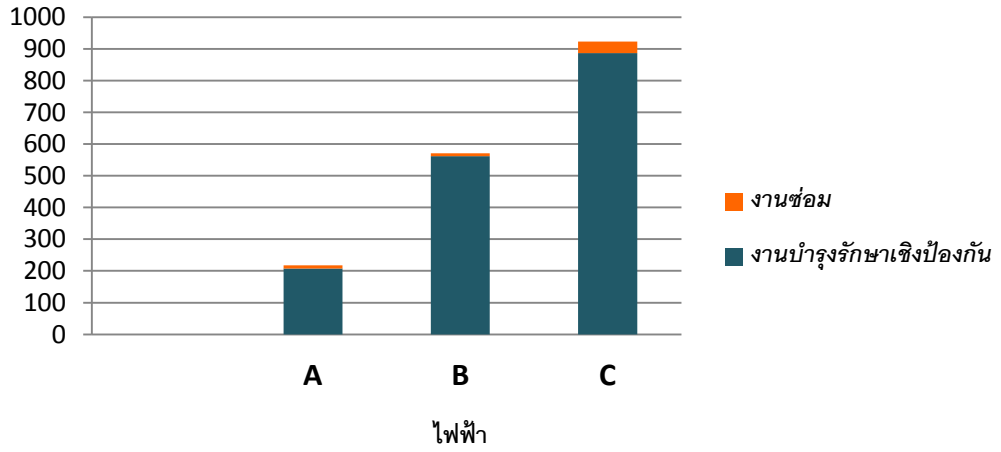
รูปที่ 1. 8 จำนวนงานสะสมของงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันและงานซ่อม

จากรูปที่ 1.8 พบว่าสัดส่วนระหว่างงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันและงานซ่อมของกลุ่มงานไฟฟ้ามีค่าแตกต่างกันมาก เมื่อเทียบกับกลุ่มงานอื่น จึงได้ทำการตรวจสอบข้อมูลเพิ่มเติมโดยการจำแนกแจกแจงรายละเอียดของงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันและงานซ่อมแต่ละกลุ่มงานในปี 2556 โดยแบ่งตามลำดับชั้นของอุปกรณ์ A B และ C ดังนี้

- กลุ่มงานไฟฟ้า ปี 2556 มีจำนวนงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันรวม 1,657 รายการ และงานซ่อมรวม 55 รายการ แบ่งเป็นงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของอุปกรณ์ชั้น A จำนวน 208 รายการ งานซ่อมของอุปกรณ์ชั้น A จำนวน 10 รายการ งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของอุปกรณ์ชั้น B จำนวน 562 รายการ งานซ่อมของอุปกรณ์ชั้น B จำนวน 9 รายการ งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของอุปกรณ์ชั้น C จำนวน 887 รายการ และงานซ่อมของอุปกรณ์ชั้น C จำนวน 36 รายการ ข้อมูลตามตารางที่ 1.7 และรูปที่ 1.9

ตารางที่ 1. 7 งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันและงานซ่อมกลุ่มงานไฟฟ้าปี 2556

กลุ่มอุปกรณ์	ชั้นอุปกรณ์	จำนวนอุปกรณ์	งานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	งานซ่อม
ไฟฟ้า	A	109	208	10
	B	348	562	9
	C	664	887	36
รวม		1,121	1,657	55



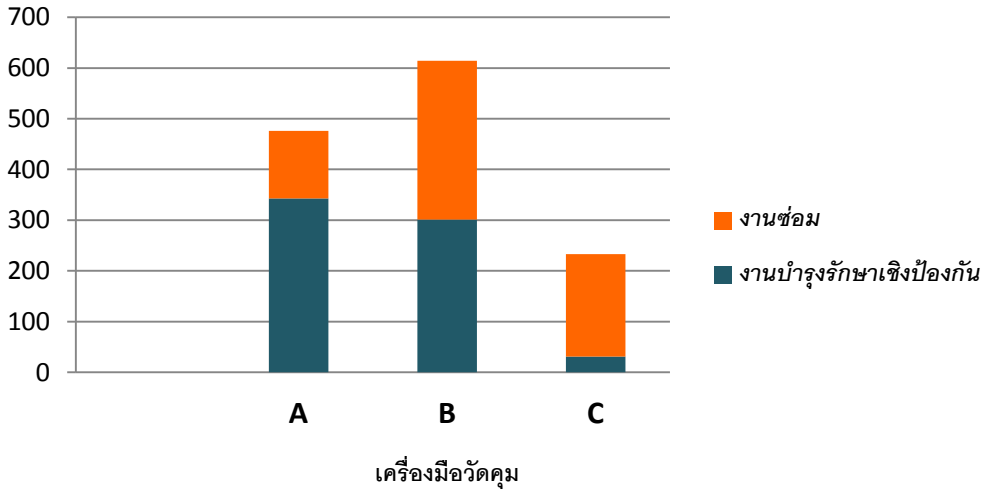
รูปที่ 1. 9 งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันและงานซ่อมกลุ่มงานไฟฟ้าปี 2556

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- กลุ่มงานเครื่องมือวัดคุม ปี 2556 มีจำนวนงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันรวม 675 รายการและงานซ่อมรวม 648 รายการ แบ่งเป็นงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของอุปกรณ์ชั้น A จำนวน 343 รายการ งานซ่อมของอุปกรณ์ชั้น A จำนวน 133 รายการ งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของอุปกรณ์ชั้น B จำนวน 301 รายการ งานซ่อมของอุปกรณ์ชั้น B จำนวน 313 รายการ งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของอุปกรณ์ชั้น C จำนวน 31 รายการ และงานซ่อมของอุปกรณ์ชั้น C จำนวน 202 รายการ ข้อมูลตามตารางที่ 1.8 และรูปที่ 1.10

ตารางที่ 1. 8 งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันและงานซ่อมกลุ่มงานเครื่องมือวัดคุมปี 2556

กลุ่มอุปกรณ์	ชั้นอุปกรณ์	จำนวนอุปกรณ์	งานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	งานซ่อม
เครื่องมือวัดคุม	A	522	343	133
	B	2,117	301	313
	C	3,290	31	202
รวม		5,929	675	648



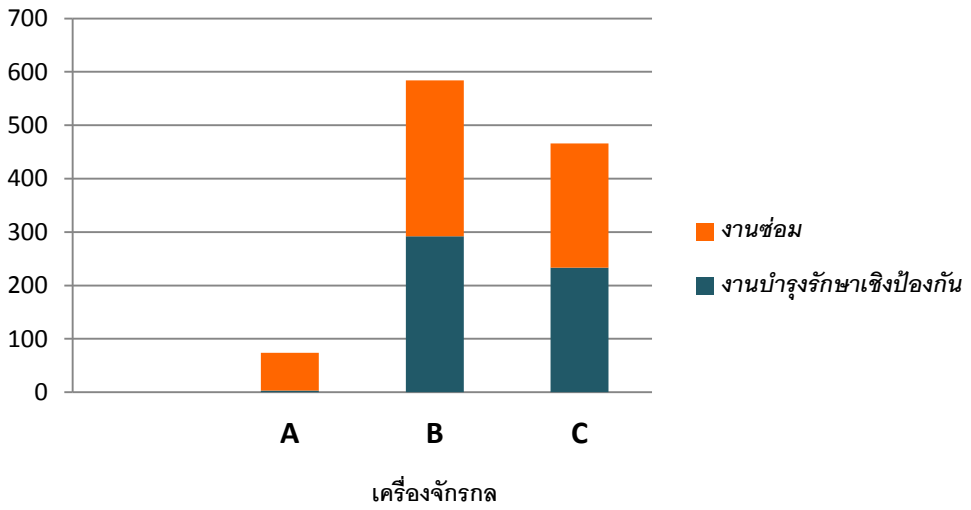
รูปที่ 1. 10 งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันและงานซ่อมกลุ่มงานเครื่องมือวัดคุมปี 2556

Chulalongkorn University

- กลุ่มงานเครื่องจักรกล ปี 2556 มีจำนวนงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันรวม 528 รายการและงานซ่อมรวม 596 รายการ แบ่งเป็นงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของอุปกรณ์ชั้น A จำนวน 3 รายการ งานซ่อมของอุปกรณ์ชั้น A จำนวน 71 รายการ งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของอุปกรณ์ชั้น B จำนวน 292 รายการ งานซ่อมของอุปกรณ์ชั้น B จำนวน 292 รายการ งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของอุปกรณ์ชั้น C จำนวน 233 รายการ และงานซ่อมของอุปกรณ์ชั้น C จำนวน 233 รายการ ข้อมูลตามตารางที่ 1.9 และรูปที่ 1.11

ตารางที่ 1. 9 งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันและงานซ่อมกลุ่มงานเครื่องจักรกลปี 2556

กลุ่มอุปกรณ์	ชั้นอุปกรณ์	จำนวนอุปกรณ์	งานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	งานซ่อม
เครื่องจักรกล	A	48	3	71
	B	262	292	292
	C	288	233	233
รวม		598	528	596



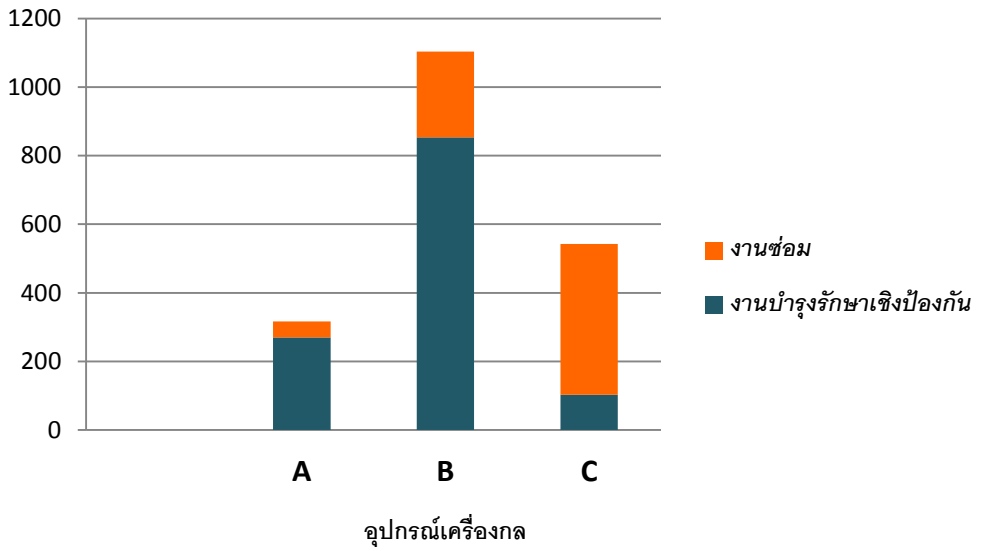
รูปที่ 1. 11 งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันและงานซ่อมกลุ่มงานเครื่องจักรกลปี 2556

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- กลุ่มงานอุปกรณ์เครื่องกล ปี 2556 มีจำนวนงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันรวม 1,226 รายการและงานซ่อมรวม 737 รายการ แบ่งเป็นงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของอุปกรณ์ชั้น A จำนวน 270 รายการ งานซ่อมของอุปกรณ์ชั้น A จำนวน 47 รายการ งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของอุปกรณ์ชั้น B จำนวน 853 รายการ งานซ่อมของอุปกรณ์ชั้น B จำนวน 250 รายการ งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของอุปกรณ์ชั้น C จำนวน 103 รายการ และงานซ่อมของอุปกรณ์ชั้น C จำนวน 440 รายการ ข้อมูลตามตารางที่ 1.10 และรูปที่ 1.12

ตารางที่ 1. 10 งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันและงานซ่อมกลุ่มงานเครื่องจักรกลปี 2556

กลุ่มอุปกรณ์	ชั้นอุปกรณ์	จำนวนอุปกรณ์	งานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	งานซ่อม
อุปกรณ์เครื่องกล	A	373	270	47
	B	790	853	250
	C	985	103	440
รวม		2,148	1,226	737



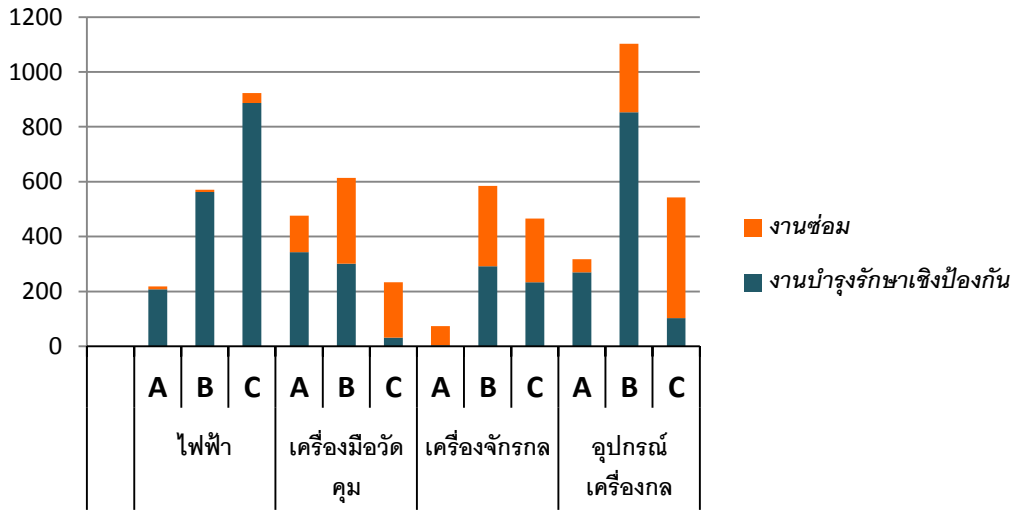
รูปที่ 1. 12 งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันและงานซ่อมกลุ่มงานเครื่องจักรกลปี 2556

จากข้อมูลตามตารางตารางที่ 1.7 – 1.10 ทำให้ทราบปริมาณงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันและงานซ่อมทั้งหมดโดยแบ่งตามชั้นอุปกรณ์ของแต่ละกลุ่มงานในปี 2556 ข้อมูลดังตารางที่ 1.11 และรูปที่ 1.13

ตารางที่ 1. 11 ปริมาณงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันและงานซ่อมทั้งหมดในปี 2556

กลุ่มอุปกรณ์	ชั้นอุปกรณ์	จำนวนอุปกรณ์	งานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	งานซ่อม
ไฟฟ้า	A	109	208	10
	B	348	562	9
	C	664	887	36
เครื่องมือวัดคุม	A	522	343	133
	B	2,117	301	313
	C	3,290	31	202
เครื่องจักรกล	A	48	3	71
	B	262	292	292
	C	288	233	233
อุปกรณ์เครื่องกล	A	373	270	47
	B	790	853	250
	C	985	103	440
รวม		9,796	4,086	2,036

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



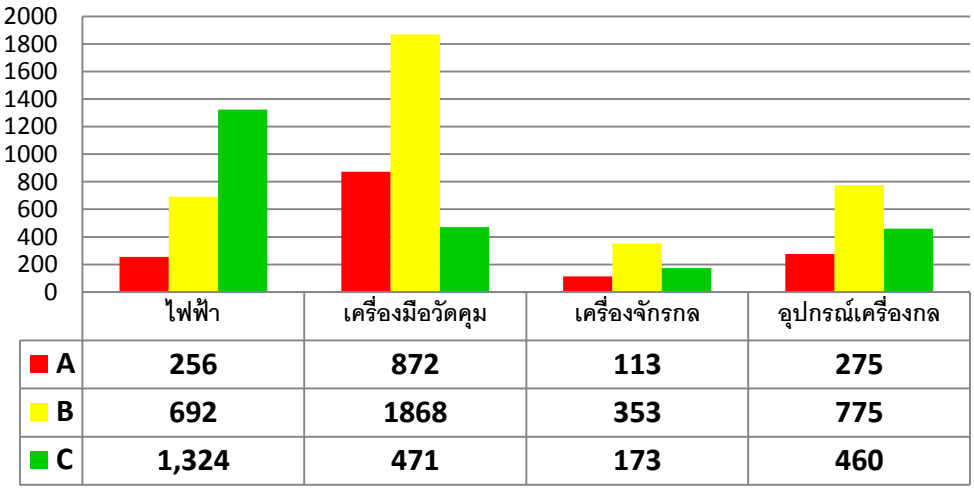
รูปที่ 1. 13 ปริมาณงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันและงานซ่อมทั้งหมดในปี 2556

จากข้อมูลตามตารางที่ 1.11 และรูปที่ 1.13 จะเห็นว่าปริมาณงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของอุปกรณ์ชั้น C ในกลุ่มงานไฟฟ้ามีค่าสูงผิดปกติ เมื่อเทียบกับกลุ่มงานอื่น

จึงได้ตรวจสอบหาสาเหตุว่าทำไมปริมาณงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของอุปกรณ์ชั้น C ในกลุ่มไฟฟ้ามีค่าสูง โดยการตรวจสอบรายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันโดยแบ่งตามชั้นอุปกรณ์ในในแต่ละกลุ่มงานจากระบบ SAP ได้ข้อมูลดังตารางที่ 1.12

ตารางที่ 1. 12 รายการงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันโดยแบ่งตามชั้นอุปกรณ์ของแต่ละกลุ่มงาน

ชั้นอุปกรณ์	ไฟฟ้า	เครื่องมือวัดคุม	เครื่องจักรกล	อุปกรณ์เครื่องกล
A	256	872	113	275
B	692	1868	353	775
C	1,324	471	173	460
รวม	2,272	3,211	639	1,510



รูปที่ 1. 14 รายการงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันโดยแบ่งตามชั้นอุปกรณ์ของแต่ละกลุ่มงาน

จากข้อมูลตามตารางที่ 1.12 ตารางแสดงรายการงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันโดยแบ่งตามชั้นอุปกรณ์ของแต่ละกลุ่มงาน ซึ่งข้อมูลที่ได้สอดคล้องกับข้อมูลตามตารางที่ 1.11 ตารางแสดงปริมาณงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันและงานซ่อมทั้งหมดโดยแบ่งตามชั้นอุปกรณ์ของแต่ละกลุ่มงานในปี 2556 คือการที่ปริมาณงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของอุปกรณ์ชั้น C ในกลุ่มงานไฟฟ้าที่สูงผิดปกตินั้น เกิดจากรายการงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันในระบบ SAP ที่มีปริมาณมากเกิน เมื่อเทียบกับกลุ่มงานอื่น ดังแสดงตามรูปที่ 1.14

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำแนวคิดการบำรุงรักษามุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางมาประยุกต์ใช้เพื่อลดจำนวนงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของอุปกรณ์ชั้น C ในกลุ่มงานไฟฟ้า

1.3 วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อลดจำนวนงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยนำแนวคิดการบำรุงรักษามุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางมาประยุกต์ใช้

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

1. นำหลักการของการบำรุงรักษามุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัย
2. งานวิจัยนี้จะพิจารณาเฉพาะอุปกรณ์ชั้น C ในกลุ่มงานไฟฟ้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

จำนวนงานบำรุงบำรุงรักษาเชิงป้องกันของอุปกรณ์ชั้น C ในกลุ่มงานไฟฟ้าลดลง

1.6 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. รวบรวมรายการอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
3. จำแนกประเภทของอุปกรณ์
4. พิจารณาความเหมาะสมของงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันในแต่ละประเภทอุปกรณ์โดยนำการบำรุงรักษามุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางมาประยุกต์ใช้
5. สรุปผลหลังการปรับปรุง

6. จัดทำรูปเล่มฉบับสมบูรณ์

รายละเอียดของขั้นตอนต่างๆ เทคนิคและเครื่องมือที่ใช้ ผลที่คาดว่าจะได้รับ แสดงดังแสดงตารางที่ 1.13

ตารางที่ 1. 13 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยและเทคนิคที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	เทคนิคและเครื่องมือที่ใช้	ผลที่คาดว่าจะได้รับ
1. ศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	- สืบค้นบทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	- ทราบขั้นตอนการนำการบำรุงรักษามุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางมาประยุกต์
2. รวบรวมรายการอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	- สอบถามจากผู้ที่เกี่ยวข้อง - ระบบ SAP	- รายการอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
3. จำแนกประเภทของอุปกรณ์	- สอบถามจากผู้ที่เกี่ยวข้อง - ระบบ SAP	- รายการอุปกรณ์ในแต่ละประเภทของอุปกรณ์
4. พิจารณาความเหมาะสมของงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันในแต่ละประเภทอุปกรณ์โดยนำการบำรุงรักษามุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางมาประยุกต์ใช้	- การบำรุงรักษามุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง	- รายการงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่เหมาะสม

ตารางที่ 1. 13 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยและเทคนิคที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย (ต่อ)

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	เทคนิคและเครื่องมือที่ใช้	ผลที่คาดว่าจะได้รับ
5. สรุปผลหลังการปรับปรุง	- เปรียบเทียบจำนวนงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง	- จำนวนรายการงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของกลุ่มงานไฟฟ้าลดลง
6. จัดทำรูปเล่มฉบับสมบูรณ์		

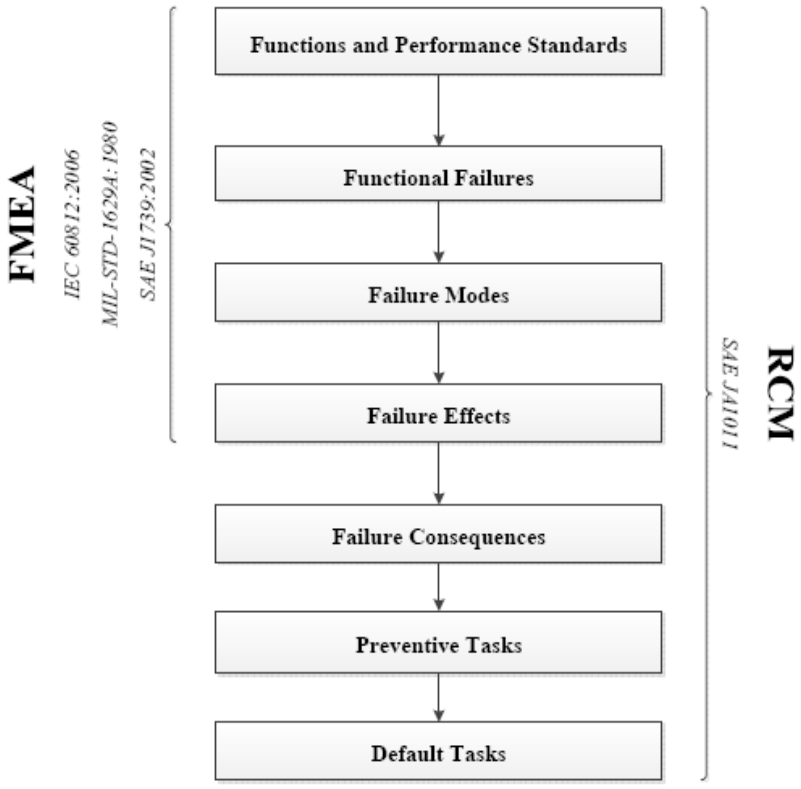
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ค่าใช้จ่ายของงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของกลุ่มงานไฟฟ้าลดลง
2. เพิ่มประสิทธิภาพของงานบำรุงรักษาในกลุ่มงานไฟฟ้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่นำการบำรุงรักษามุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางมาประยุกต์ใช้เพื่อลดจำนวนงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของกลุ่มงานไฟฟ้าในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี โดยทฤษฎีหลักที่นำมาใช้ประกอบการวิจัยนี้คือ การบำรุงรักษามุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง (RCM) และการวิเคราะห์คุณลักษณะของความเสียหายและผลกระทบที่ตามมา (FMEA) ดังรูปที่ 2.1

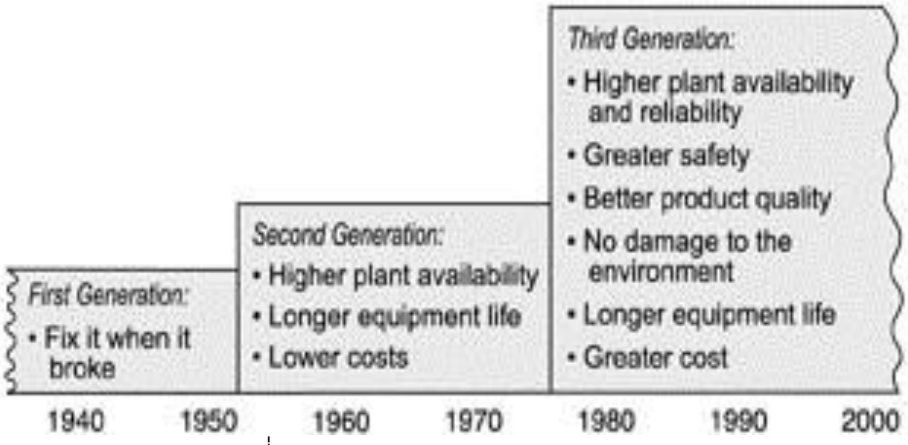


รูปที่ 2. 1 กระบวนการการบำรุงรักษามุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง

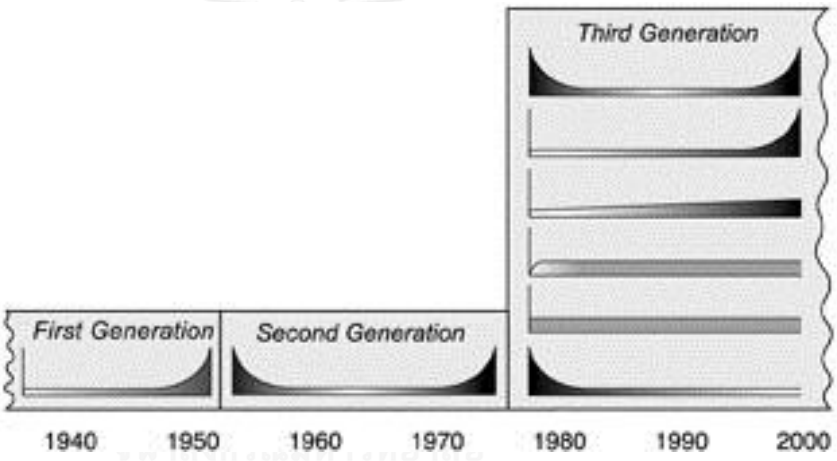
2.1 Reliability-Centered Maintenance (RCM) (John Moubray 1997)

งานบำรุงรักษาเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการแข่งขันในธุรกิจปัจจุบันอย่างมาก การมีความสามารถที่ดำเนินการผลิตผลิตภัณฑ์ได้อย่างต่อเนื่องนั้น ส่งผลต่อต้นทุนในการผลิตของผลิตภัณฑ์โดยตรง ดังนั้นการบริหารจัดการโรงงานปัจจุบัน จึงมีการพิจารณาในเรื่องความสามารถในการผลิตได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญต่อการแข่งขันในธุรกิจ จากอดีตจนถึงปัจจุบัน งานบำรุงรักษาได้มีวิวัฒนาการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด 3 ยุคคือ

- ยุคแรก ก่อนปี 1950 งานบำรุงรักษาในยุคนั้น ยังเป็นยุคที่ความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ต่ำ เนื่องจากกลยุทธ์ของงานบำรุงรักษาในยุคนั้น จะเป็นยุคที่รอให้อุปกรณ์เสียก่อนแล้วจึงซ่อม
- ยุคที่สอง ช่วงปี 1950-1970 เป็นยุคที่มีการเริ่มนำกระบวนการการบำรุงรักษามุ่งความน่าเชื่อถือสู่ศูนย์กลางเข้ามาใช้งาน โดยเริ่มต้นในอุตสาหกรรมอากาศยานก่อน เนื่องอุปกรณ์และเครื่องจักรในอุตสาหกรรมดังกล่าวเป็นอุปกรณ์ที่มีความซับซ้อน ค่าใช้จ่ายของงานบำรุงรักษาที่สูง ตลอดจึงผลกระทบที่ตามมารุนแรง โดยหลังจากนั้นไม่นาน กระบวนการมุ่งความน่าเชื่อถือสู่ศูนย์กลางจึงได้แพร่หลายสู่อุตสาหกรรมอื่นมากขึ้น
- ยุคที่สาม ตั้งแต่กลางปี 1970 เป็นต้นมา เป็นยุคที่งานบำรุงรักษามีการเปลี่ยนแปลงหลายด้าน เช่น ความคาดหวังของงานบำรุงรักษาที่มากขึ้น ข้อมูลตามรูปที่ 2.2, งานวิจัยใหม่ๆที่เกี่ยวกับงานบำรุงรักษา ข้อมูลตามรูปที่ 2.3 อธิบายถึงรูปแบบการความเสียหายของอุปกรณ์ มีการค้นพบมากขึ้น ซึ่งจากเดิมในอดีต งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันส่วนใหญ่จะเป็นการกำหนดระยะเวลาเพื่อทำการบำรุงรักษาก่อนที่อุปกรณ์จะเสียหาย ซึ่งในบางอุปกรณ์ไม่สามารถใช้หลักการแบบนี้ได้ เนื่องจากบางอุปกรณ์มีรูปแบบของความเสียหายเป็นแบบสุ่ม ไม่ขึ้นอยู่กับระยะเวลา จึงต้องมีการตรวจสอบเพื่อเฝ้าติดตามผลการตรวจสอบจนกว่าจะพบสัญญาณของความผิดปกติ



รูปที่ 2. 2 วิวัฒนาการของงานบำรุงรักษา



Chulalongkorn University

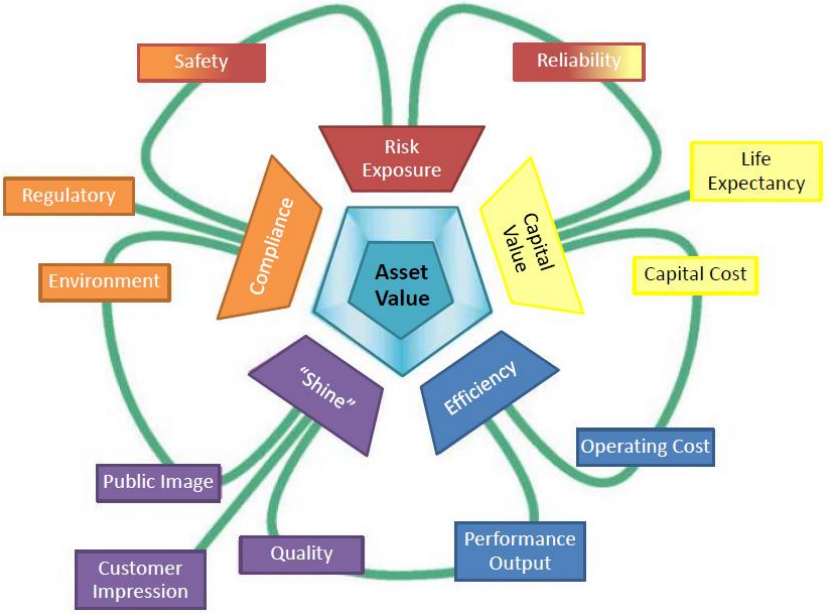
รูปที่ 2. 3 รูปแบบความเสียหายของอุปกรณ์

RCM คือกระบวนการเพื่อช่วยในการพิจารณาความเหมาะสมของงานบำรุงรักษาตามระดับความสำคัญอุปกรณ์ในกระบวนการผลิต โดยจะพิจารณาหลายด้านเช่น ความน่าเชื่อถือของกระบวนการผลิตในกรณีอุปกรณ์ดังกล่าวไม่สามารถใช้งาน ความปลอดภัย สิ่งแวดล้อม คุณภาพของสินค้า และค่าใช้จ่ายที่มีประสิทธิภาพ โดยภาพรวมของกระบวนการ RCM ดังรูปที่ 2.4

รูปที่ 2. 4 ภาพรวมของกระบวนการของ RCM (**Shell Global Solution** 2004)

2.1.1 กำหนดแผนงานและเตรียมการ (Prepare for Analysis)

ขั้นตอนของการกำหนดเป้าหมายของผลลัพธ์ที่คาดหวังจากการประยุกต์ใช้กระบวนการ RCM โดยมุมมองของการบริหารจัดการโรงงานสามารถแบ่งได้หลายได้เช่น ความปลอดภัย ความน่าเชื่อถือของกระบวนการผลิต ต้นทุนในการผลิต คุณภาพของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิต ภาพลักษณ์ของบริษัท สิ่งแวดล้อง และกฎหมายเป็นต้น ซึ่งแสดงโดยรูปที่ 2.5



รูปที่ 2. 5 มุมมองของการบริหารจัดการโรงงาน

2.1.2 ดำเนินการตามขั้นตอนกระบวนการ RCM

เมื่อได้เป้าหมายของผลลัพธ์กระบวนการ RCM แล้ว จึงนำมาพิจารณากลุ่มอุปกรณ์และเครื่องจักรที่เกี่ยวข้อง โดยกรณีศึกษานี้ได้ใช้โปรแกรม Systems Applications and Products in Data Processing (SAP) เพื่อช่วยในการคัดกรองรายการอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

เพื่อจะได้พิจารณาตามกระบวนการ RCM ต่อไป โดยขั้นตอนของกระบวนการ RCM ประกอบไปด้วย 7 ขั้นตอนคือ

1. Function and Performance Standards พิจารณาหน้าที่การทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักร์ เพื่อค้นหาระดับความคาดหวังการทำงานของเครื่องจักรดังกล่าว และกำหนดเป็นระดับความความหวังที่ต้องการ ในกรณีที่อุปกรณ์หรือเครื่องจักรไม่สามารถให้ผลลัพธ์ได้ตามความคาดหวัง ถือว่าไม่พร้อมใช้งาน จะต้องมีมาตรการเข้ามาจัดการและแก้ไขต่อไป

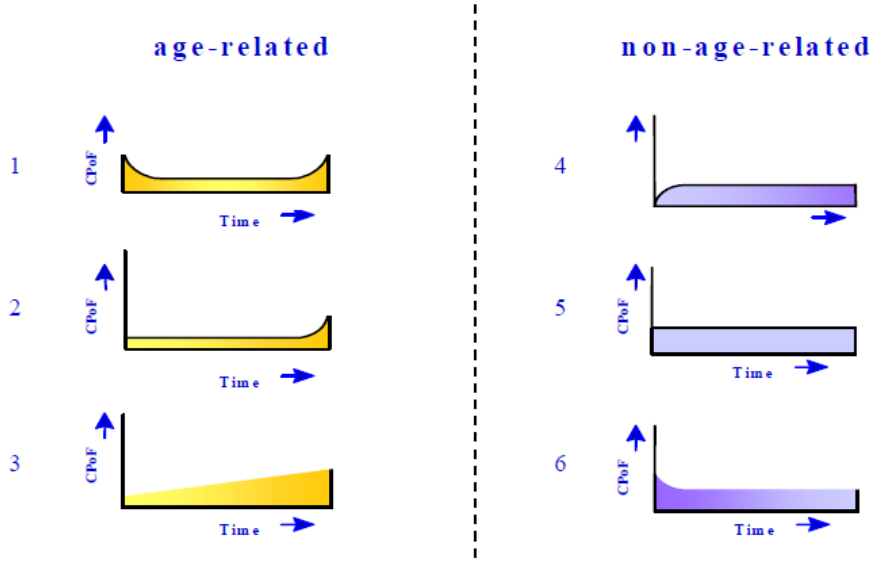
2. Functional Failure พิจารณาเพื่อค้นหาเหตุการณ์ที่จะส่งผลให้อุปกรณ์ที่พิจารณาจะไม่สามารถทำงานได้ตามข้อคาดหวัง

3. Failure Modes พิจารณาปัจจัยต่างๆที่ส่งผลทำให้อุปกรณ์ที่ทำการพิจารณาเกิดความผิดปกติหรืออาจส่งผลให้อุปกรณ์ดังกล่าวได้รับความเสียหาย

4. Failure Effect ประเมินผลกระทบต่ออุปกรณ์หรือเครื่องจักรในกรณีที่เกิดเหตุการผิดปกติขึ้น โดยให้ครอบคลุมกับ Failure Modes ทั้งหมดที่ได้ทำการวิเคราะห์

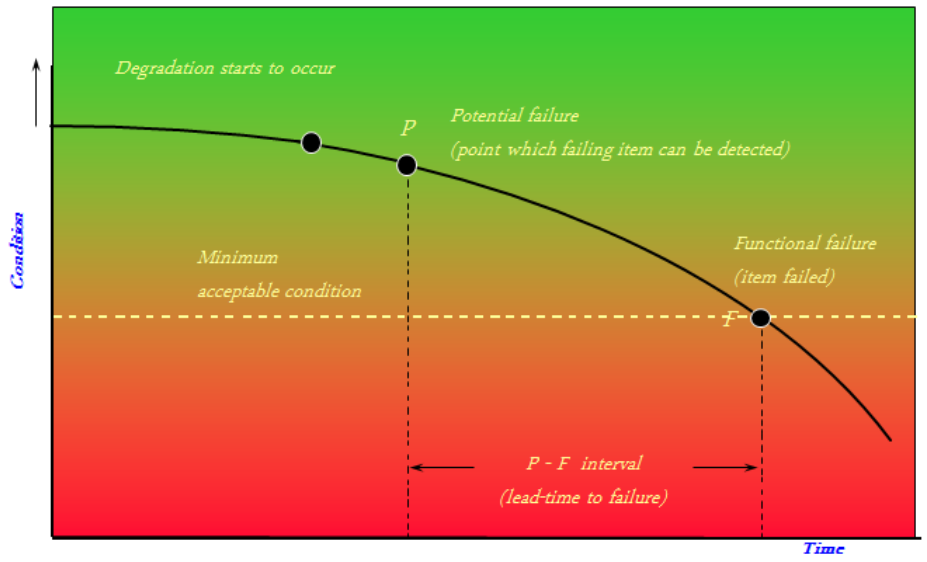
5. Failure Consequences ประเมินผลกระทบต่อโรงงาน ในกรณีที่เกิดเหตุการณ์ผิดปกติต่างๆ ซึ่งส่งผลให้อุปกรณ์หรือเครื่องจักรไม่สามารถทำงานได้ตามหน้าที่การทำงาน

6. Preventive Tasks พิจารณางานบำรุงรักษาที่เหมาะสมแต่ละ Failure Modes ที่ได้ทำการวิเคราะห์ เพื่อป้องกันหรือลดผลกระทบของความปกติ โดยรูปแบบของการบำรุงรักษาในยุคปัจจุบันสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ ลักษณะความผิดปกติที่เกิดขึ้นตามระยะเวลาการใช้งานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักร และลักษณะความผิดปกติที่เกิดขึ้นแบบไม่มีความแน่นอนของอุปกรณ์หรือเครื่องจักร ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2. 6 รูปแบบของการเกิดความผิดปกติของอุปกรณ์หรือเครื่องจักร

เมื่อได้รูปแบบการบำรุงรักษาที่เหมาะสมของแต่ละ Failure Modes แล้ว ต่อมาเป็นการกำหนดรอบระยะเวลาโดยการพิจารณาหาความถี่ที่เหมาะสมของงานบำรุงรักษานั้น มีความจำเป็นที่จะต้องทราบค่า P-F interval คือระยะเวลาที่เหลือก่อนที่อุปกรณ์ดังกล่าวจะเกิดความเสียหาย โดยค่า P หมายถึงเวลาที่เริ่มตรวจพบความผิดปกติของอุปกรณ์ และค่า F หมายถึงระดับความรุนแรงของความผิดปกติจนส่งผลให้อุปกรณ์ดังกล่าวเกิดความเสียหาย ซึ่งระยะเวลาในการบำรุงรักษาที่เหมาะสมจะอยู่ที่ครึ่งหนึ่งของระยะเวลา P-F ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2. 7 P-F interval (**Shell Global Solution** 2004)

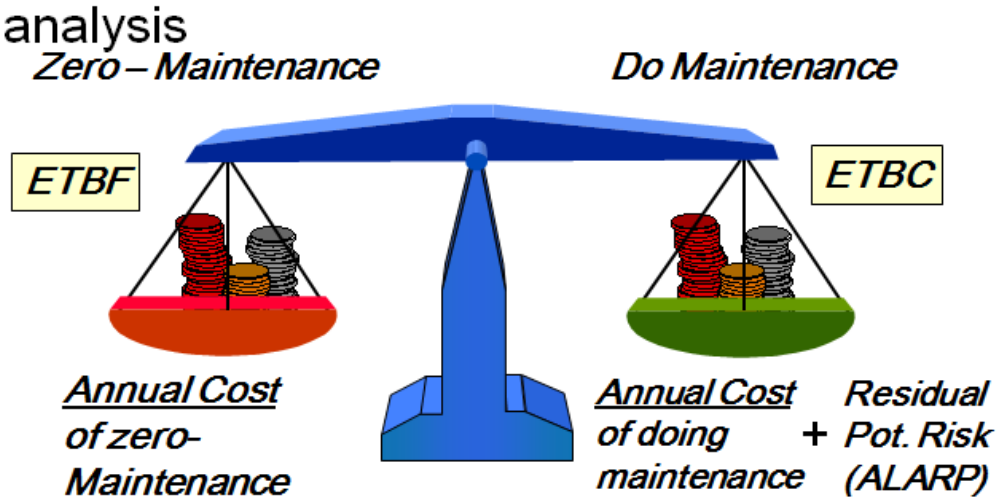
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พิจารณาความเหมาะสมของรายการบำรุงรักษาและรอบของการดำเนินการโดยข้อมูลที่ทางทีมพิจารณาจำเป็นต้องทราบประกอบการพิจารณาประกอบไปด้วย

- Estimate Time Between Failure (ETBF) with Zero Maintenance หมายถึงถ้าไม่มีการดำเนินการดูแลอุปกรณ์หรือเครื่องจักรดังกล่าว จะส่งผลให้เกิดความผิดปกติจนถึงขั้นเสียหายที่ระยะเวลานานเท่าใด และความสูญเสียที่เกิดขึ้นเป็นจำนวนเงินเท่าใด โดยคิดเฉลี่ยออกเป็นความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นต่อปี

○ Estimate Time Between Consequence (ETBC) หมายถึง เมื่อมีการดูแลบำรุงรักษาอุปกรณ์ดังกล่าวแล้ว คาดการว่าอุปกรณ์ดังกล่าวจะยืดอายุการใช้งานจากที่ได้ประมาณ ETBF ไปเท่าใด และผลกระทบที่เกิดขึ้นนั้นเป็นจำนวนเงินเท่าใด โดยคิดเฉลี่ยออกเป็นค่าความเสี่ยงที่เหลืออยู่ต่อปี ภายหลังที่ได้มีการบำรุงรักษา

○ Maintenance Efficiency Index (MEI) เป็นค่าประเมินประสิทธิภาพของรายการบำรุงรักษา โดยจะสะท้อนถึงความคุ้มทุนที่จะดำเนินการบำรุงรักษาโดย ค่า MEI เป็นการเปรียบเทียบระหว่าง ผลต่างระหว่าง ETBF และ ETBC แล้วนำค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อปีในการบำรุงรักษาของ ETBC มาหาร กรณีที่ตัวเลขที่ได้ออกมามีความมากกว่า 1 (MEI >1) แสดงว่ามีความคุ้มที่จะดำเนินการตามรายการบำรุงรักษาดังกล่าว ดังรูปที่ 2.8 และรูปที่ 2.9



รูปที่ 2. 8 Cost-Benefit Analysis (**Shell Global Solution** 2004)

$$MEI = \frac{(\text{Base Risk}) - (\text{Residual Risk})}{(\text{cost of the maintenance plan})}$$

รูปที่ 2. 9 Maintenance Efficiency Index **(Shell Global Solution 2004)**

7. Default Tasks ดำเนินการนำรายการบำรุงรักษาที่ได้ผ่านการกระบวนการบำรุงรักษามุ่งความน่าเชื่อถือสู่ศูนย์กลางเข้าในระบบ Computerized Maintenance Management System (CMMS)

2.2 Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) (สมภพ ตลับแก้ว 2550)

FMEA แปลความหมายว่า “การวิเคราะห์คุณลักษณะของความเสียหายและผลกระทบที่ตามมา” โดยมุ่งเน้นที่การชี้บ่งคุณลักษณะของความเสียหายหรือสาเหตุที่จะนำไปสู่ความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้น (Failure Modes) อันเนื่องมากจากการออกแบบ การผลิต หรือการบริการ จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ผลกระทบของความเสียหายที่คาดว่าจะเกิดขึ้น (Failre Effects) และนำไปสู่ขั้นตอนสุดท้ายคือการหาวิธีป้องกันการเสียหายที่คาดว่าจะเกิดขึ้น (Preventive Tasks) โดยมีคำจำกัดความที่สำคัญดังนี้

- คุณลักษณะของความเสียหาย (Failure Modes) หมายถึง สภาวการณ์หรืออาการที่อาจจะก่อให้เกิดความเสียหายที่ตามมา (Failure) ซึ่งอาการผิดปกติส่วนใหญ่แล้วจะเป็นคุณลักษณะทางกายภาพ (Physical Characteristics) ได้แก่ การแตก ความร้อน กลิ่นไหม้ การบิดเบี้ยว การรั่ว รอยร้าว เป็นต้น และสามารถสังเกตได้โดยการใช้ประสาทสัมผัส เช่น สายตา (รั่ว สีเพี้ยน รอยร้าว) หู (การสั่น) การสัมผัส (ความร้อน) และการได้กลิ่นผิดปกติ ถ้าหากว่าอาการเหล่านี้ (Symptoms) ไม่ได้รับการแก้ไข จะส่งผลกระทยต่อชิ้นส่วน หรือระบบอื่นๆ ทำให้เกิดการขัดข้อง หรือเสียหายได้ในที่สุด ยกตัวอย่างเช่น ผู้ใช้รถยนต์ได้กลิ่นไหม้ (Failure Mode) ออกมาจากห้องเครื่องยนต์ที่ฝากระโปรงหน้า แต่ไม่ใส่ใจที่จะนำรถยนต์ไปตรวจสอบ และยังคงใช้งานต่อไป จากปัญหาที่อาจจะเป็นเพียงเล็กน้อยและสามารถแก้ไขได้ ก็จะกลายเป็นปัญหาที่รุนแรงและแก้ไขไม่ได้ (Failure)

- ผลกระทบจากความเสียหาย (Failure Effects) หมายถึง ผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากความเสียหาย และส่งผลโดยตรงต่อ ผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต และการบริการในที่สุด โดยทั่วไปแล้วมักจะยึดจาก *“ผลกระทบที่เกิดกับลูกค้าเป็นหลัก”* ซึ่งอาจจะหมายถึงหน่วยงานที่รับผิดชอบถัดไปเช่น ฝ่ายผลิต ฝ่ายประกอบ หรือฝ่ายบริการ

- การวิเคราะห์ (Analysis) หมายถึง การวิเคราะห์อย่างเป็นระบบเพื่อหาทางป้องกันการเกิดความเสียหายขึ้นในอนาคต

2.3 การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance: PM) (**โกศล ดีศีลธรรม** 2547)

การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน คือการวางแผนการบำรุงรักษาโดยอาศัยหลักการพื้นฐานตามมาตรฐานหลักการดำเนินการตรวจสอบ การเติมน้ำมันหล่อลื่น หารถอดเปลี่ยนการซ่อมแซมอุปกรณ์หรือเครื่องจักร การจดบันทึกผล การกระทำดังกล่าวเป็นข้อมูลการบำรุงรักษา การวิเคราะห์ข้อมูลที่บันทึกไว้ เพื่อค้นหาสาเหตุที่เป็นปัญหาเพื่อสร้างมาตรการแก้ไข ในแต่ละโรงงานจะมีปัจจัยที่แตกต่างกันออกไป เนื่องจากมีความต่างในเรื่องของ ประเภทของธุรกิจ ขนาดโรงงาน อายุการใช้งานของเครื่องจักร เป้นต้น ข้อมูลการบำรุงรักษา และการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้บันทึกไว้เพื่อค้นหาสาเหตุที่เป็นปัญหา และสร้างมาตรการบำรุงรักษามารองรับ

2.4 การคำนวณหาค่าเวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหายของเครื่องจักร (Mean Time between Failure: MTBF) (**โกศล ดีศีลธรรม** 2548)

โดยปกติชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆนั้น จะมีระยะตามกำหนดสำหรับการใช้งาน การที่จะเกิดความมั่นใจว่า ชิ้นส่วนอุปกรณ์ดังกล่าวสามารถทำงานได้ตามกำหนดเวลานั้นจะต้องทำการบำรุงรักษา เพื่อให้เครื่องจักรอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน หากบำรุงรักษาในขั้นพื้นฐานจะมีหลักปฏิบัติที่สำคัญได้แก่ การตรวจสอบ (Inspection) การทำความสะอาด (Clean) การหล่อลื่น (Lubrication) การปรับแต่ง (Adjustment) ชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆของเครื่องจักร สำหรับการบำรุงรักษาให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานนั้น จำเป็นจะต้องทราบอายุการใช้งานของชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องจักร เพื่อที่จพสามารถวางแผนงานในการดูแลในแต่ละชิ้นส่วนได้อย่างเหมาะสม (โกศล, 2547)

$$MTBF = T/R \quad (2\text{-}1)$$

กำหนดให้ MTBF = ระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหายของเครื่องจักร

T = ระยะเวลาการปฏิบัติงานของเครื่องทั้งหมด

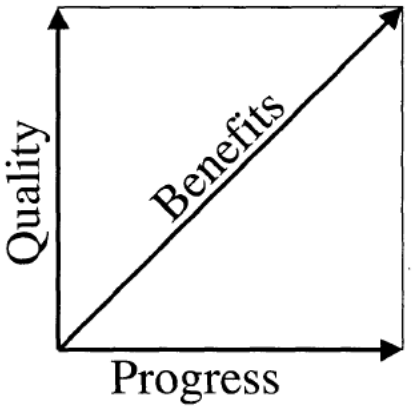
R = จำนวนครั้งที่เกิดเหตุขัดข้อง

หรือระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหายของอุปกรณ์หรือเครื่องจักร
= (เวลาในการทำงานของเครื่องจักร / จำนวนครั้งที่เกิดเหตุการขัดข้อง)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันได้มีการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับการนำ RCM เพื่อประยุกต์ใช้งานกับอุตสาหกรรมต่างๆ รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวกับการปรับปรุงกระบวนการหรือขั้นตอนการดำเนินการ RCM

- Measuring RCM Implementation (**Donald C. Johnston** 2002) จากที่ทราบกันโดยแพร่หลายว่า RCM เป็นกระบวนการที่ช่วยวิเคราะห์หาความเหมาะสมของงานบำรุงรักษา ซึ่งกระบวนการ RCM จะประกอบไปด้วยตัวแทนจากหน่วยงานฝ่ายผลิต, ฝ่ายบำรุงรักษา และฝ่ายวิศวกรรม เพื่อเข้ามาร่วมกันอภิปรายข้อมูลในเชิงกระบวนการผลิตและข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์ พบว่าการทำ RCM เป็นกระบวนการที่ใช้ระยะเวลานานส่งผลต่อชั่วโมงการทำงานของพนักงานในงานปกติ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจวัดประสิทธิภาพของกระบวนการทำ RCM ซึ่งประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือด้านคุณภาพ (Quality) และผลการดำเนินงาน (Progress) เมื่อนำผลจาก 2 ด้านนี้มารวมกับแบบเวกเตอร์จะสมารถวัดผลตอบแทนจากกระบวนการ RCM ได้ โดยรูปที่ 2.10 แสดงเวกเตอร์การวัดประสิทธิภาพของการกระบวนการ RCM



รูปที่ 2. 10 เวกเตอร์การวัดประสิทธิภาพของการกระบวนการ RCM

- Estimating Motor Life Using Motor Circuit Analysis Predictive Measurements **(Howard W. Penrose 2003)** กล่าวถึงการประมาณอายุการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าจากการวัดทางไฟฟ้า ในอดีตที่ผ่านมาพบว่าความเสี่ยงที่อาจกิดความสูญเสียของมอเตอร์ไฟฟ้านั้นเกิดจากปัจจัยดังนี้

  - ความร้อน (Thermal) ได้แก่ อายุการใช้งานของมอเตอร์ และใช้งานมอเตอร์เกินกำลัง
  - ทางเครื่องกล (Mechanical) ได้แก่ การหมุนของมอเตอร์
  - ทางไฟฟ้า (Electrical) ได้แก่ Dielectric Stress, Corona และ Transient
  - ทางสิ่งแวดล้อม (Environment) ได้แก่ ความชื้น และความสกปรกของมอเตอร์

ซึ่งจากที่ได้กล่าวมาทั้ง 4 ข้อ สามารถทำการ Condition-Based Monitoring (CBM) โดยการวัดทางไฟฟ้า ซึ่งจะพบแนวโน้มความเปลี่ยนแปลงของสภาพการใช้งาน ณ ปัจจุบัน เพื่อจะได้เตรียมการวางแผนงานบำรุงรักษาก่อนที่มอเตอร์ไฟฟ้าจะเกิดการความเสียหาย

- RCM-Based Motor Management **(Howard W. Penrose 2005)** กล่าวถึงการบริหารจัดการงานบำรุงรักษามอเตอร์ไฟฟ้า โดยนำ RCM มาประยุกต์ใช้งาน จากงานวิจัยนี้ทำให้ทราบว่าลักษณะของการเกิดปัญหากับมอเตอร์ไฟฟ้านั้น จะเป็นในลักษณะไม่แน่นอน (Random Failre) ดังนั้นการบริหารจัดการงานบำรุงรักษาเกี่ยวกับอุปกรณ์ชนิดนี้จึงต้องใช้วิธีการเฝ้าติดตาม (Condition Monitoring) ทางค่าคุณลักษณะทางไฟฟ้าและเครื่องกล และในการทำ RCM นั้น จำเป็นที่จะต้องใช้ผู้ที่มีประสบการณ์เกี่ยวกับอุปกรณ์ดังกล่าว เพื่อให้ผลจากการทำ RCM มีประสิทธิภาพสูงสุด

- On evaluation of RCM for maintenance management of electric power systems **(Lina Bertling 2005)** กล่าวถึงการประเมินผลจากการนำ RCM มาประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการงานบำรุงรักษาระบบไฟฟ้า โดยผลลัพธ์ที่ต้องการจากการนำ RCM มาประยุกต์ใช้คือระบบไฟฟ้ามีความน่าเชื่อถือของระบบไฟฟ้าที่สูงขึ้น และค่าใช้จ่ายในการดูแลบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าลดลง

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการจัดลำดับความสำคัญของอุปกรณ์ เพื่อดำเนินการนำอุปกรณ์ที่มีความสำคัญต่อระบบสูงมาดำเนินการ เนื่องจากมีผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือของกระบวนการผลิตไฟฟ้าสูง

ผลจากการวิจัยทำให้ทราบถึงแผนงานบำรุงรักษาของระบบไฟฟ้าทั้งในระยะสั้นและระยะยาว รวมถึงสามารถนำผลที่ได้มาประยุกต์ใช้กับงานโครงการสร้างโรงไฟฟ้าในอนาคต เพื่อแก้ไขปัญหาไม่ให้เกิดขั้นซ้ำ

- Application & Development of Reliability-Centered Maintenance (RCM) in China's Nuclear Energy Field **(Yu Chen and Tao Zhang 2012)** มีการนำ RCM มาประยุกต์ใช้กับโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่ประเทศจีนครั้งแรกในปี ค.ศ. 1998 ที่ Daya Bay Nuclear Power และในปี ค.ศ. 2010 Daya Bay Nuclear Power Plant and Ling Ao Nuclear Power Plant ประสบความสำเร็จในการนำ RCM มาประยุกต์ใช้กับระบบที่สำคัญในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จำนวน 153 ระบบ โดยในช่วงที่ดำเนินการนำ RCM มาประยุกต์ใช้พบว่าโรงไฟฟ้า มีการปรับปรุงความน่าเชื่อถือและค่าใช้จ่ายในการดูแลบำรุงรักษาอุปกรณ์ หลังจากนั้นทาง CNNC Jiangsu Nuclear Power Corporation, Qin Shan Nuclear Power Company และ CNNC Nuclear Power Qinshan Joint Venture Company ได้ดำเนินการนำ RCM มาประยุกต์ใช้เช่นกัน

จากบทความจะเห็นว่า Daya Bay Nuclear Power ใช้เวลาในการ Implement RCM เป็นเวลา 12 ปี ซึ่งเป็นระยะเวลานาน และใช้ Man Hour ในการทำสูง ในการจะดำเนินการนำ RCM มาประยุกต์ใช้ให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดควรจะเลือกดำเนินการเฉพาะอุปกรณ์ที่สำคัญๆก่อน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
การดำเนินการวิจัย

เริ่มดำเนินการวิจัย โดยนำหลักการของการบำรุงรักษามุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางประยุกต์ใช้ จะต้องทำการคัดเลือกอุปกรณ์กลุ่มเป้าหมายสำหรับงานวิจัย ซึ่งเป็นกลุ่มอุปกรณ์ไฟฟ้า ลำดับชั้น C ของโรงงานกรณีศึกษา

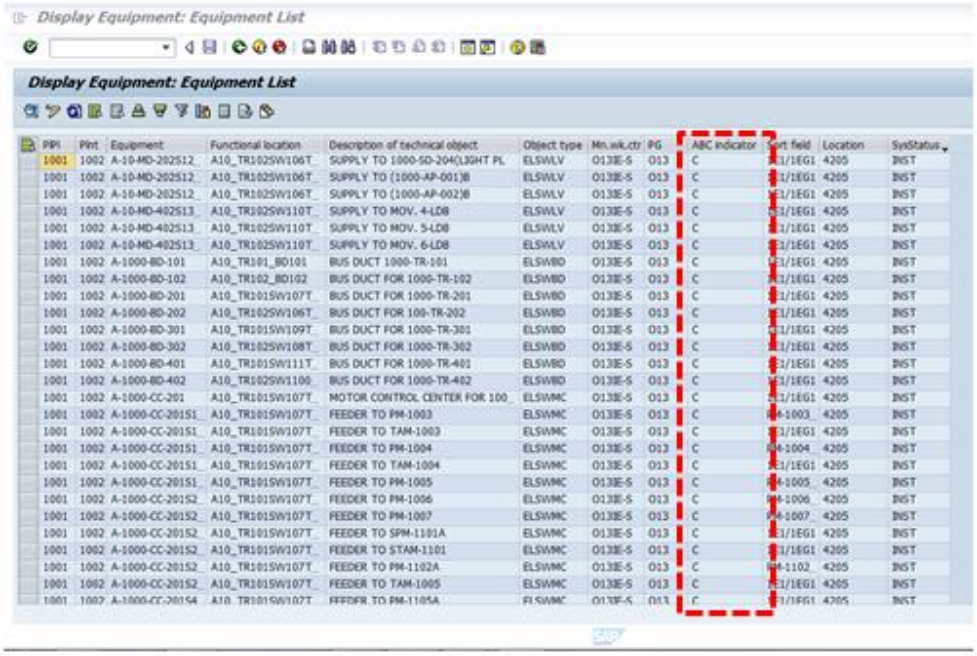
3.1 การจัดเตรียมรายการอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

กลุ่มอุปกรณ์ที่จะนำมาพิจารณาตามกระบวนการการบำรุงรักษามุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางนั้นจะพิจารณาในส่วนของอุปกรณ์ไฟฟ้า ลำดับชั้น C ซึ่งมีขั้นตอนและวิธีการในการจัดทำรายการอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องดังนี้

3.1.1 รวบรวมรายการอุปกรณ์

รวบรวมรายการอุปกรณ์ไฟฟ้า ลำดับชั้น C ทั้งหมด จำนวน 664 รายการ จากระบบ SAP ดังรูปที่ 3.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 3. 1 ตัวอย่างรายการอุปกรณ์ไฟฟ้า ลำดับชั้น C ที่ได้จากระบบ SAP

3.1.2 จัดกลุ่มอุปกรณ์

นำรายการอุปกรณ์ที่ได้จากหัวข้อ 3.1.1 พิจารณาจัดกลุ่มอุปกรณ์แบ่งออกเป็น 16 กลุ่ม เพื่อให้สะดวกต่อการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3. 1 กลุ่มอุปกรณ์ของอุปกรณ์ไฟฟ้า ลำดับชั้น C

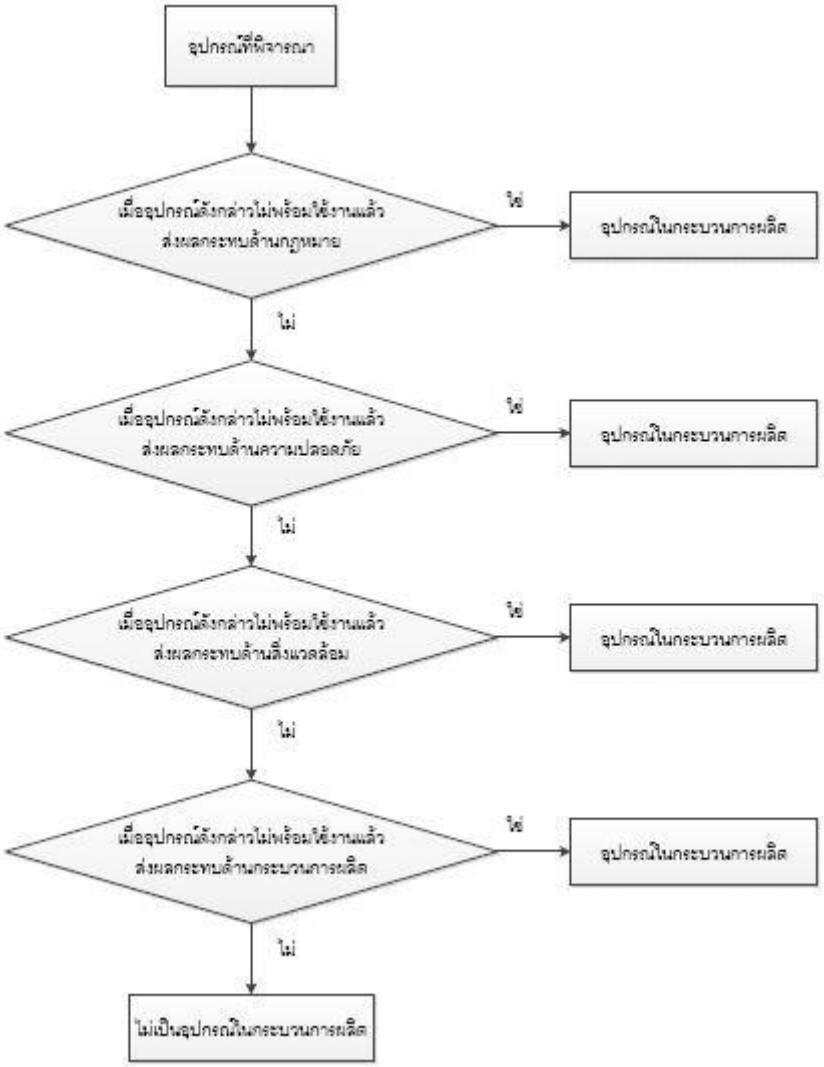
ลำดับที่	ประเภทของอุปกรณ์	ลำดับชั้น	จำนวนอุปกรณ์
1.	Air Condition System	C	1
2.	Battery	C	1
3.	Bus Duct	C	12
4.	Cathodic Protection	C	2
5.	Electric Heater	C	3
6.	Elevator & Crane	C	4
7.	Grounding	C	5
8.	Lighting System	C	19
9.	Lightning Protection	C	1

ตารางที่ 3.1 กลุ่มอุปกรณ์ของอุปกรณ์ไฟฟ้า ลำดับชั้น C (ต่อ)

ลำดับที่	ประเภทของอุปกรณ์	ลำดับชั้น	จำนวนอุปกรณ์
10.	Local Failure Monitoring Panel	C	10
11.	Motor	C	220
12.	Switchgear	C	364
13.	Receptacle & Plug	C	6
14.	Transformer	C	12
15.	UPS	C	1
16.	Vary Speed Drive	C	3
รวม			664

อุปกรณ์ที่อยู่ในกระบวนการผลิตนั้น จะผลกระทบเมื่ออุปกรณ์ดังกล่าวไม่พร้อมใช้งานทั้งหมด 4 ด้านคือ กฎหมาย ความปลอดภัย สิ่งแวดล้อม และกระบวนการผลิต ซึ่งในงานวิจัยนี้จะพิจารณาเฉพาะอุปกรณ์ที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตเท่านั้น ดังนั้นจึงได้จัดทำขั้นตอนการพิจารณาจัดกลุ่มของผลกระทบตามกลุ่มอุปกรณ์ตามข้อมูลตารางที่ 3.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 3. 2 แผนผังพิจารณาการแบ่งแยกประเภทผลกระทบของอุปกรณ์

ผลการพิจารณาแบ่งประเภทของผลกระทบของอุปกรณ์ตามกลุ่มอุปกรณ์ดังตารางที่ 3.1 โดยผ่านกระบวนการพิจารณาแบ่งแยกประเภทของอุปกรณ์ดังรูปที่ 3.2 ได้ผลการพิจารณาดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3. 2 พิจารณาแบ่งประเภทของผลกระทบของอุปกรณ์ตามกลุ่มอุปกรณ์

ลำดับที่	ประเภทของอุปกรณ์	อุปกรณ์ในกระบวนการผลิตหรือไม่	ผลกระทบของอุปกรณ์
1.	Air Condition System	**ใช่** เพราะเป็นระบบที่ควบคุมอุณหภูมิของห้องควบคุมกระบวนการผลิต	ความปลอดภัย
2.	Battery	**ใช่** เพราะเป็นอุปกรณ์จ่ายกระแสไฟฟ้าฉุกเฉินในกรณีที่ระบบไฟฟ้าเกิดขัดข้อง	กระบวนการผลิต
3.	Bus Duct	**ใช่** เพราะเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ส่งกระแสไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้า	กระบวนการผลิต
4.	Cathodic Protection	**ใช่** เพราะเป็นระบบป้องกันการผุกร่อนภายนอกของท่อใต้ดิน	ความปลอดภัย
5.	Electric Heater	**ใช่** เพราะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมอุณหภูมิของกระบวนการผลิต	กระบวนการผลิต
6.	Elevator & Crane	**ใช่** เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ยกหรือขนส่งสิ่งของในกระบวนการผลิต	ความปลอดภัย
7.	Grounding	**ใช่** เป็นระบบป้องกันอันตรายกรณีที่เกิดความผิดปกติในระบบไฟฟ้า	ความปลอดภัย
8.	Lighting System	**ใช่** เป็นระบบส่องสว่างที่อยู่ในกระบวนการผลิต	ความปลอดภัย
9.	Lightning Protection	**ใช่** เป็นระบบป้องกันฟ้าผ่าที่ติดตั้งอยู่ในกระบวนการผลิต	ความปลอดภัย

ตารางที่ 3. 2 พิจารณาแบ่งประเภทของผลกระทบของอุปกรณ์ตามกลุ่มอุปกรณ์ (ต่อ)

ลำดับที่	ประเภทของอุปกรณ์	อุปกรณ์ในกระบวนการผลิตหรือไม่	ผลกระทบของอุปกรณ์
10.	Local Failure Monitoring Panel	**ใช่** เป็นอุปกรณ์ที่ใช้แจ้งเตือนผู้ปฏิบัติงานถึงความผิดปกติของอุปกรณ์	ความปลอดภัย
11.	Motor	**ใช่** เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งถ่ายผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิต	กระบวนการผลิต
12.	Switchgear	**ใช่** เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ในกระบวนการผลิต	กระบวนการผลิต
13.	Receptacle & Plug	**ไม่ใช่** ปลั๊กไฟฟ้าเพื่อใช้งานทั่วไปติดตั้งอยู่ในกระบวนการผลิต	ไม่มีผลกระทบ
14.	Transformer	**ใช่** เป็นอุปกรณ์แปลงแรงดันไฟฟ้าเพื่อให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ในกระบวนการผลิต	กระบวนการผลิต
15.	UPS	**ใช่** เพราะเป็นอุปกรณ์จ่ายกระแสไฟฟ้าฉุกเฉินในกรณีที่ระบบไฟฟ้าเกิดขัดข้อง	กระบวนการผลิต
16.	VSD	**ใช่** เป็นอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้าในกระบวนการผลิต	กระบวนการผลิต

ดังนั้นในการพิจารณากระบวนการบำรุงรักษามุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางจะพิจารณากลุ่มอุปกรณ์ทั้งหมด 8 กลุ่มจากทั้งหมด 16 กลุ่ม เนื่องจากเป็นกลุ่มที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตเมื่ออุปกรณ์ดังกล่าวไม่พร้อมใช้งาน ข้อมูลดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3. 3 ผลการพิจารณาแบ่งประเภทของผลกระทบของอุปกรณ์ตามกลุ่มอุปกรณ์

ลำดับที่	ประเภทของอุปกรณ์	เป็นอุปกรณ์ในกระบวนการผลิต	ผลกระทบของอุปกรณ์
1.	Battery	ใช่	กระบวนการผลิต
2.	Bus Duct	ใช่	กระบวนการผลิต
3.	Electric Heater	ใช่	กระบวนการผลิต
4.	Motor	ใช่	กระบวนการผลิต
5.	Switchgear	ใช่	กระบวนการผลิต
6.	Transformer	ใช่	กระบวนการผลิต
7.	UPS	ใช่	กระบวนการผลิต
8.	VSD	ใช่	กระบวนการผลิต

3.1.3 ลำดับชั้นของอุปกรณ์

ข้อกำหนดเรื่องการกำหนดชั้นของอุปกรณ์ในกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ การกำหนดชั้นของอุปกรณ์ อะไหล่ วัสดุ สารเคมี และการขอเบิกซื้อ/จ้างเพื่อใช้ตรง หัวข้อการกำหนดชั้นของอุปกรณ์ในกระบวนการผลิต ให้ผู้กำหนดพิจารณาว่าถ้าอุปกรณ์นั้นไม่สามารถทำงานได้ตามหน้าที่ที่กำหนดแล้วมีผลตามหัวข้อดังนี้

Chulalongkorn University

- ทางด้านผลิตภัณฑ์ (Product)

- อุปกรณ์ชั้น A หมายถึง มีผลโดยตรงทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่ได้ตามค่าที่กำหนด ทันที หรือ ภายใน 30 นาที
- อุปกรณ์ชั้น B หมายถึง มีผลกระทบต่อค่าที่กำหนดของผลิตภัณฑ์ แต่ต้องเกินระยะเวลา 30 นาที หรืออาจทำให้การควบคุมลำบาก เสี่ยงต่อการทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ไม่ได้ตามค่าที่กำหนด เช่น ทำให้การควบคุมไม่สามารถทำได้โดย Distributed Control System (DCS) จาก Central Control Building (CCB) ได้เป็นต้น
- อุปกรณ์ชั้น C หมายถึง ไม่มีผลต่อค่าที่กำหนดของผลิตภัณฑ์โดยตรง

- ทางด้านความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม (Safety & Environment)

- อุปกรณ์ชั้น A หมายถึง อุปกรณ์ป้องกันที่ไม่สามารถทำการทดสอบการทำงานในสภาวะเดินเครื่องปกติได้ หรือ อุปกรณ์อื่น ๆ ที่เมื่อไม่สามารถทำงานได้ตามหน้าที่ที่กำหนดแล้วทำให้อุปกรณ์อื่น ๆ เสียหายจนไม่สามารถดำเนินการผลิตต่อไปได้ หรืออาจทำให้เกิดอุบัติภัยรุนแรง (พิจารณาความเป็นไปได้หรือความถี่ด้วย) / อาจเกิดอันตรายถึงชีวิตหรือสูญเสียอวัยวะ หรืออาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือชุมชนขั้นรุนแรง
- อุปกรณ์ชั้น B หมายถึง อุปกรณ์ป้องกันที่สามารถทำการทดสอบการทำงานในสภาวะเดินเครื่องปกติได้ (ถึงแม้ว่าเมื่อไม่ทำตามหน้าที่ที่กำหนดจะทำให้ไม่สามารถดำเนินการผลิตต่อไปได้หรืออาจทำให้เกิดอุบัติภัยรุนแรง) หรือ อุปกรณ์อื่น ๆ ที่เมื่อไม่สามารถทำงานได้ตามหน้าที่ที่กำหนดแล้ว ทำให้อุปกรณ์อื่น ๆ เสียหายจนต้องลดกำลังการผลิต / อาจทำให้เกิดบาดเจ็บ หรืออาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือชุมชนขั้นปานกลาง
- อุปกรณ์ชั้น C หมายถึง ไม่ทำให้เกิดความเสียหายโดยตรงต่ออุปกรณ์ จนมีผลกระทบต่อการผลิตหรือทำให้เกิดการบาดเจ็บ หรือส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือชุมชน ซึ่งก็คืออุปกรณ์ที่ไม่ใช่ชั้น A และ B

- ทางด้านความสามารถในการผลิตของกระบวนการผลิต (Productivity)

- อุปกรณ์ชั้น A หมายถึง ทำให้ต้องหยุดการผลิต
- อุปกรณ์ชั้น B หมายถึง ลดกำลังการผลิต / มีผลต่อต้นทุนการผลิต
- อุปกรณ์ชั้น C หมายถึง ไม่มีผลต่อกระบวนการผลิต ซึ่งก็คืออุปกรณ์ที่ไม่ใช่ชั้น A และ B

- ทางด้านกฎหมาย (Law/Regulation)

- อุปกรณ์ชั้น A หมายถึง ทำให้มีผลกระทบที่ขัดต่อกฎหมายทันที
- อุปกรณ์ชั้น B หมายถึง หากปล่อยให้เสียหายไม่ทำตามหน้าที่ที่กำหนด มีความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดผลกระทบที่ขัดต่อกฎหมาย
- อุปกรณ์ชั้น C หมายถึง ไม่มีผลกระทบต่อกฎหมาย

เมื่ออุปกรณ์มีหัวข้อใดหัวข้อหนึ่งเป็น A ให้ถือว่าอุปกรณ์ข้อนั้นอยู่ในชั้น A ถ้าอุปกรณ์นั้นไม่มีหัวข้อใดเป็น A และมีหัวข้อหนึ่งหัวข้อใดเป็น B ให้อุปกรณ์นั้นอยู่ในชั้น B ถ้าอุปกรณ์นั้นไม่มีหัวข้อใดเป็นทั้ง A หรือ B ให้ถือว่าอยู่ในชั้น C

ในกรณีอุปกรณ์ที่กำลังพิจารณาอยู่มีชุดสำรอง Redundancy (ทำงานทดแทนกันได้สมบูรณ์อย่างอัตโนมัติ) ติดตั้งใช้งานอยู่ด้วย สามารถลดลำดับชั้นอุปกรณ์ลง 1 ระดับ เช่น จากชั้น A ลดลงเป็นชั้น B หรือจากชั้น B ลดลงเป็นชั้น C เป็นต้น

จากข้อกำหนดดังกล่าวพบว่าเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณานั้น มีความเฉพาะเจาะจงไม่เพียงพอ ซึ่งก่อให้เกิดโอกาสที่กำหนดลำดับชั้นอุปกรณ์ไม่สอดคล้องความเป็นจริงได้ จึงได้มีการปรับปรุงกระบวนการ โดยการนำข้อกำหนดดังกล่าวมาจัดทำตารางประเมินการกำหนดลำดับชั้นของอุปกรณ์ใหม่ เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน ดังรูปที่ 3.3

โอกาสเกิด	ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์		ลำดับชั้นของอุปกรณ์				
	เกิดเหตุการณ์บ่อย (5)	เคยเกิดเหตุการณ์มากกว่า 1 ครั้ง/ปี ในโรงงานแห่งนี้	B	B	A	A	A
	มีโอกาสเกิดสูง (4)	เคยเกิดเหตุการณ์ในโรงงานแห่งนี้ หรือมากกว่า 1 ครั้ง/ปี บริษัทในเครือ	B	B	A	A	A
	มีโอกาสเกิด (3)	มีโอกาสเกิดมากกว่า 1 ครั้ง ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	B	B	B	A	A
	มีโอกาสเกิดน้อย (2)	มีโอกาสเกิดในอุตสาหกรรม ปิโตรเคมีน้อย	C	B	B	B	B
	ไม่มีโอกาสเกิด (1)	ไม่มีโอกาสเกิดใน อุตสาหกรรมปิโตรเคมี	C	C	B	B	B
ผลกระทบ	ระดับความรุนแรง		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	ความปลอดภัย (บุคคล)		ไม่ส่งผลกระทบ	ถึงขั้นปฐมพยาบาล	ถึงขั้นหยุดงาน	ถึงขั้นทุพพลภาพ	ถึงขั้นเสียชีวิต
	สิ่งแวดล้อม		ไม่ส่งผลกระทบ	เล็กน้อย	ปานกลาง	รุนแรง	รุนแรงในวงกว้าง
	กระบวนการผลิต		< 0.3 ล้านบาท	0.3 - < 3 ล้านบาท	3 - < 30 ล้านบาท	30 - < 300 ล้านบาท	≥ 300 ล้านบาท
	กฎหมาย		ไม่ขัดต่อกฎหมาย	ขัดกฎหมายบางส่วน	ขัดกฎหมาย	ฝ่าฝืนกฎหมาย	ส่งผลต่อบริษัท

รูปที่ 3. 3 ตารางประเมินการกำหนดลำดับชั้นของอุปกรณ์

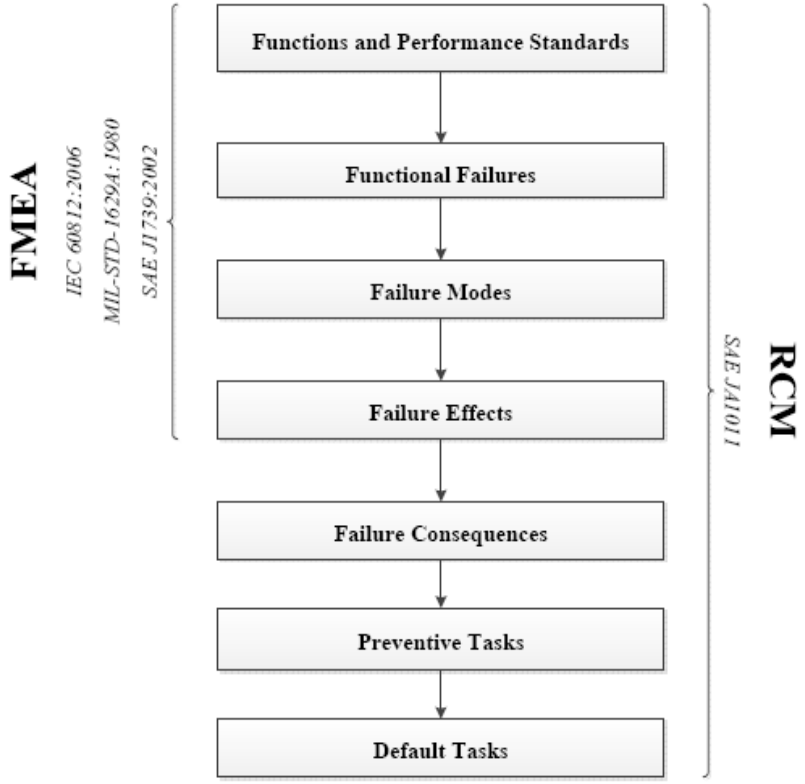
จากตารางประเมินการกำหนดลำดับชั้นของอุปกรณ์ที่ได้จัดทำขึ้นมานั้น จะพิจารณาทั้งหมด 4 ด้านคือ ความปลอดภัย สิ่งแวดล้อม กระบวนการผลิต และกฎหมาย

ซึ่งนอกเหนือจากการพิจารณาถึงความรุนแรงของผลกระทบแล้ว ยังต้องพิจารณาถึงโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ดังกล่าวด้วย จึงทำให้การประเมินลำดับชั้นของอุปกรณ์มีความแม่นยำและถูกต้องมากยิ่งขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2 กระบวนการการบำรุงรักษามุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง

การดำเนินการวิจัยได้นำหลักและวิธีการของการบำรุงรักษามุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางมาประยุกต์ใช้ โดยแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอน ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3. 4 ขั้นตอนตามกระบวนการการบำรุงรักษามุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง

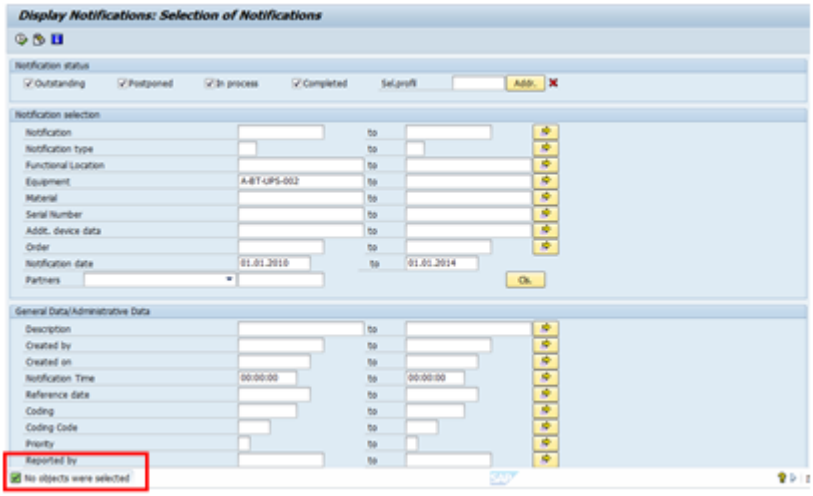
โดยอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ในงานวิจัยในครั้งนี้ จะพิจารณาจากกลุ่มอุปกรณ์ตามตารางที่ 3.3 ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 8 กลุ่มอุปกรณ์ ได้แก่ Battery Bus Duct Electric Heater Motor Switchgear Transformer UPS และ VSD

3.2.1 Battery

Battery เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ใช้ในกรณีฉุกเฉิน ที่ระบบไฟฟ้าเกิดการขัดข้อง เพื่อให้สามารถควบคุมกระบวนการผลิตได้อย่างต่อเนื่อง ดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3. 5 Battery

เนื่องจากระบบ SAP ได้ถูกนำมาใช้งานตั้งแต่ปี ค.ศ. 2010 จึงสามารถตรวจสอบประวัติงานซ่อมย้อนหลังได้ 4 ปี จากการตรวจสอบประวัติงานซ่อมของ Battery ในช่วงปี ค.ศ. 2010 ถึง 2014 พบว่า ไม่มีประวิติการแจ้งซ่อมของ Battery ดังรูปที่ 3.6



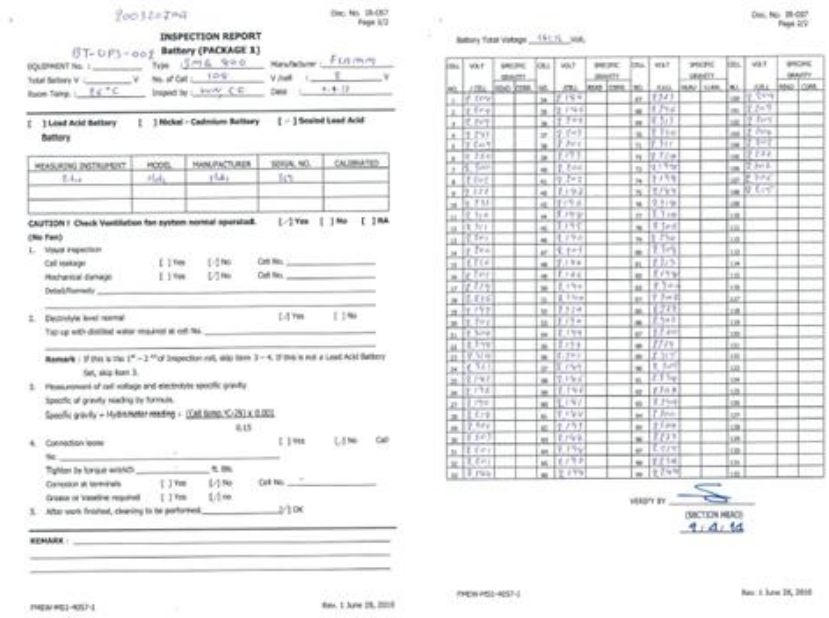
รูปที่ 3. 6 ประวิติงานซ่อมของ Battery ช่วงปี ค.ศ. 2010-2014

จากข้อมูลในระบบการบำรุงรักษาของโรงงานกรณีศึกษา 1 ปีย้อนหลัง ช่วงเดือนมิถุนายน 2556 ถึง พฤษภาคม 2557 มีข้อมูลทางสถิติที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ดังกล่าวดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3. 4 ข้อมูลในระบบบำรุงรักษาของ Battery (ก่อนการปรับปรุง)

อุปกรณ์	รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	ข้อมูลบำรุงรักษาจาก SAP (1 ปีย้อนหลัง)		
		ความถี่การเสียหาย (ครั้ง)	เวลาเสียหายรวม (ชม.)	MTBF (ชม.) (240)
Battery	1M Inspection	0	0	∞

จากตารางที่ 3.4 พบว่าอุปกรณ์ไม่เคยมีประวัติการสูญเสีย จึงส่งผลให้ค่า MTBF มีค่า ∞ เมื่อพิจารณารายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของ Battery ก่อนการปรับปรุงคือ 1M Inspection จำนวน Battery ทั้งหมดมีจำนวน 108 ลูก โดยค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญในการตรวจสอบคือค่าแรงดันของกระแสไฟฟ้าของ Battery แต่ละลูกต้องมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 2.1-2.3 โวลต์ รูปที่ 3.7 เป็นตัวอย่างของใบงานการตรวจสอบ Battery ประจำเดือนของหน่วยงานบำรุงรักษา และผลการตรวจสอบย้อนหลัง 1 ปี ตามตารางที่ 3.5 และรูปที่ 3.8 และ 3.9



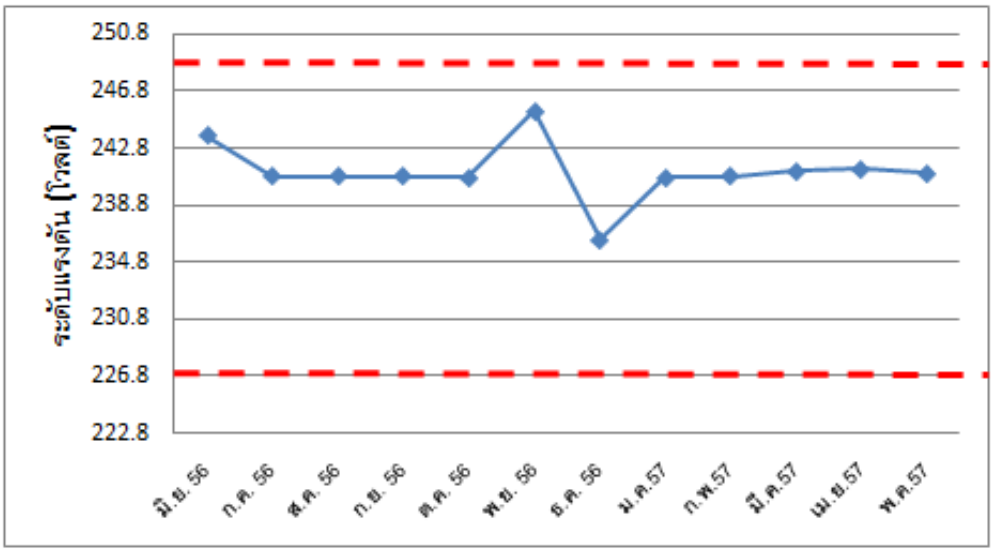
รูปที่ 3. 7 ตัวอย่างใบงานตรวจสอบ Battery

ตารางที่ 3. 5 ผลการตรวจสอบ Battery ย้อนหลัง 1 ปี (ก่อนการปรับปรุง)

เดือน/ปี	ผลการตรวจสอบ Battery (108 ลูก) (2.1-2.3 โวลต์)	ระดับแรงดันรวม (226.8-248.4 โวลต์)	อุณหภูมิ (25°C±2°C)
มิ.ย.-56	100%	246.67	26°C
ก.ค.-56	100%	230.84	26°C
ส.ค.-56	100%	240.84	26°C
ก.ย.-56	100%	240.83	26°C
ต.ค.-56	100%	240.75	26°C
พ.ย.-56	100%	245.4	26°C
ธ.ค.-56	100%	236.37	26°C
ม.ค.-57	100%	240.74	26°C
ก.พ.-57	100%	240.84	26°C

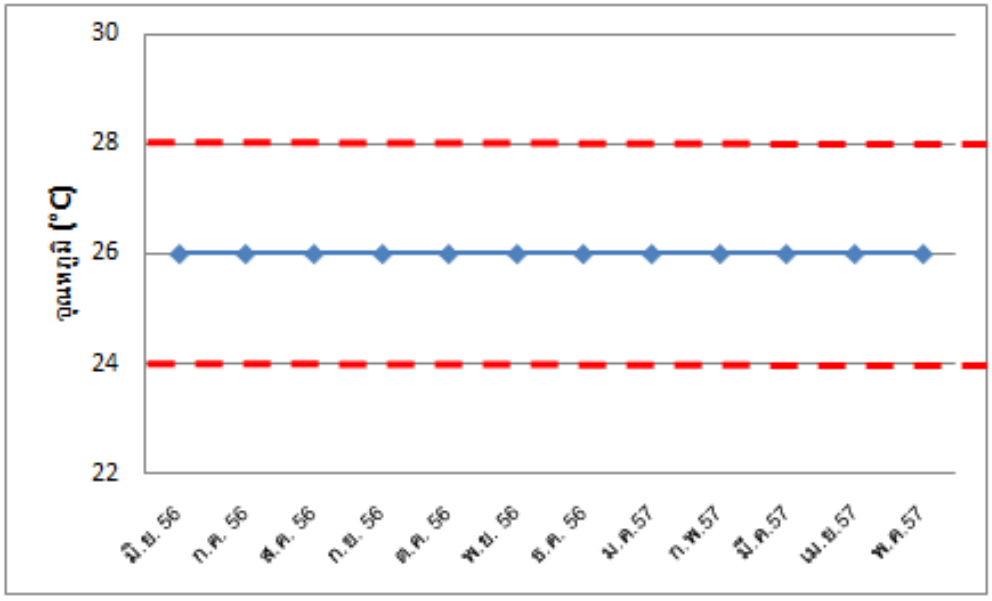
ตารางที่ 3. 5 ผลการตรวจสอบ Battery ย้อนหลัง 1 ปี (ก่อนการปรับปรุง) (ต่อ)

เดือน/ปี	ผลการตรวจสอบ Battery (108 ลูก) (2.1-2.3 โวลต์)	ระดับแรงดันรวม (226.8-248.4 โวลต์)	อุณหภูมิ (25°C±2°C)
มี.ค.-57	100%	241.16	26°C
เม.ย.-57	100%	241.3	26°C
พ.ค.-57	100%	241.06	26°C



รูปที่ 3. 8 ผลการตรวจสอบแรงดัน Battery ย้อนหลัง 1 ปี

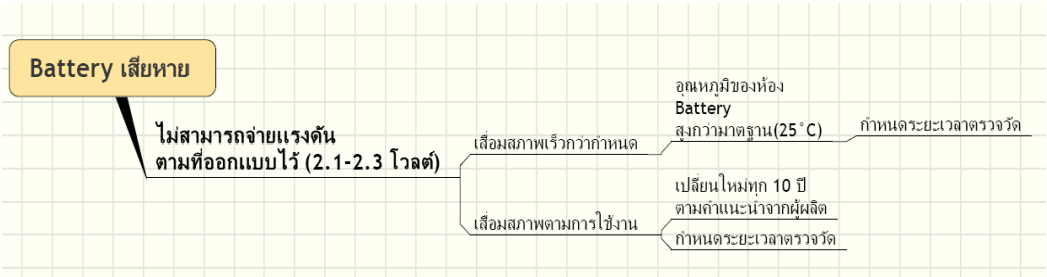
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 3. 9 ผลการตรวจสอบอุณหภูมิห้อง Battery ย้อนหลัง 1 ปี

จากข้อมูลผลการตรวจสอบ Battery ย้อนหลัง 1 ปี ดังตารางที่ 3.5 พบว่าในช่วงระยะเวลา 1 ปี Battery สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่มีสัญญาณของความผิดปกติ ซึ่งสอดคล้องกับค่า Estimate Time Between Failure (ETBF) ที่ทางผู้ผลิตได้แจ้งมาอยู่ที่ประมาณ 2 ปี

การประชุมเพื่อวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Battery ได้ข้อมูลดังรูปที่ 3.10 และตารางที่ 3.6 ซึ่งเมื่อพิจารณางานบำรุงรักษาเชิงป้องกันเดิมตามตารางที่ 3.4 พบว่ารายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันคือ การกำหนดระยะเวลาเพื่อเข้าไปตรวจสอบอุปกรณ์นั้นมีความถูกต้องเหมาะสมกับอุปกรณ์แล้ว



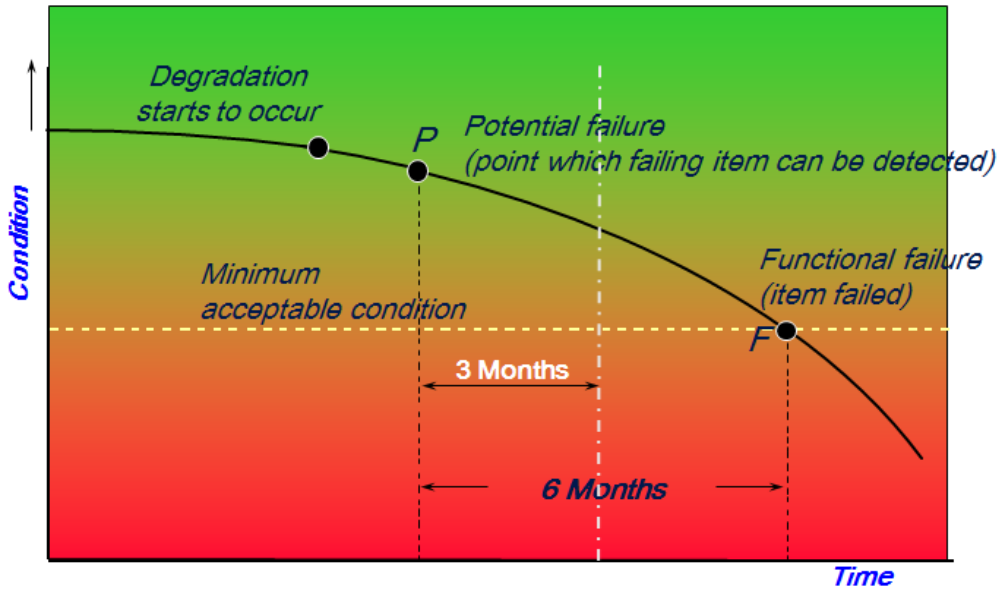
รูปที่ 3. 10 ผลการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Battery

ตารางที่ 3. 6 ผลการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Battery

Functional Failure	Failure Mode	Failure Effect	PM
Battery เสียหาย	เสื่อมสภาพเร็วกว่ากำหนดเนื่องจากอุณหภูมิของห้อง battery มีค่าสูงเกินกว่าที่กำหนด	Battery เสื่อมสภาพเร็วกว่าที่กำหนดอายุการใช้งาน	ตรวจสอบวัดอุณหภูมิห้อง
	เสื่อมสภาพตามอายุการใช้งาน	ไม่สามารถจ่ายแรงดันได้ตามที่ออกแบบไว้	ตรวจสอบค่าแรงดัน

การพิจารณาหาความถี่ที่เหมาะสมของงานบำรุงรักษานั้น มีความจำเป็นที่จะต้องทราบค่า P-F interval คือระยะเวลาที่เหลือก่อนที่อุปกรณ์ดังกล่าวจะเกิดความเสียหาย โดยค่า P หมายถึงเวลาที่เริ่มตรวจพบความผิดปกติของอุปกรณ์ และค่า F หมายถึงระดับความรุนแรงของความผิดปกติจนส่งผลให้อุปกรณ์ดังกล่าวเกิดความเสียหาย ซึ่งระยะเวลาในการบำรุงรักษาที่เหมาะสมจะอยู่ที่ครึ่งหนึ่งของระยะเวลา P-F

จากการประชุมร่วมกับผู้ที่เกี่ยวข้องเช่นหน่วยงานบำรุงรักษา หน่วยงานวิศวกรรม และหน่วยงานปฏิบัติการผลิต พบว่า อุปกรณ์ Battery มีระยะเวลา P-F จะอยู่ที่ 6 เดือน ดังนั้นความถี่ที่เหมาะสมในการทดสอบอุปกรณ์คือทุกๆ 3 เดือน ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3. 11 ระยะเวลา P-F ของ Battery

พิจารณาค่า Maintenance Efficiency Index ของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (เดิม) ของ Battery

- ETBF (2ปี) ค่าใช้จ่าย 40,000 บาท = 20,000 บาท/ปี

รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันปัจจุบัน

- 1M Inspection ((200*2)*4*12) = 19,200 บาท/ปี
- 10Y Replace New Battery = 4,000 บาท/ปี (40,000/10)

รวม = 23,200 บาท/ปี

ถ้าดำเนินการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องแล้ว

- ETBC (10ปี) ค่าใช้จ่าย 40,000 บาท = 4,000 บาท/ปี

รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด = 27,200 บาท/ปี

พิจารณา Maintenance Efficiency Index (MEI)

- MEI [(20,000-4,000)/27,200] = 0.59

พิจารณาค่า Maintenance Efficiency Index ของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (ใหม่) ของ Battery

- ETBF (2ปี) ค่าใช้จ่าย 40,000 บาท = 20,000 บาท/ปี

รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันปัจจุบัน

- 3M Inspection ((200*2)*4*4) = 6,400 บาท/ปี
- 10Y Replace New Battery = 4,000 บาท/ปี (40,000/10)

รวม = 10,400 บาท/ปี

ถ้าดำเนินการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องแล้ว

- ETBC (10ปี) ค่าใช้จ่าย 40,000 บาท = 4,000 บาท/ปี

รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด = 14,400 บาท/ปี

พิจารณา Maintenance Efficiency Index (MEI)

- MEI [(20,000-4,000)/14,400] = 1.11

จากผลการพิจารณาค่า MEI ใหม่ ภายหลังการเปลี่ยนรอบการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันจากทุก 1 เดือน เป็นทุก 3 เดือนแทน พบว่าค่า MEI งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันใหม่มีค่า >1 (แสดงว่ารายการบำรุงรักษาดังกล่าวมีความคุ้มค่าที่จะดำเนินการ) ดังนั้นรายการบำรุงรักษาใหม่ของ Battery จึงเปลี่ยนเป็น 3M Inspection ดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3. 7 รายการบำรุงรักษาที่เหมาะสมของ Battery

กลุ่มอุปกรณ์	รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันใหม่
Battery	3M Inspection

จากข้อมูลที่ได้จากการพิจารณาวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Battery พบว่าโอกาสในการเกิดเหตุการความผิดปกติดังกล่าวมีน้อย และผลกระทบต่อกระบวนการผลิตมีค่าน้อยกว่า 0.3 ล้านบาท ดังนั้นจึงระบุเป็นอุปกรณ์ลำดับชั้น C ดังรูปที่ 3.12

	ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์		ลำดับชั้นของอุปกรณ์				
โอกาสเกิด	เกิดเหตุการณ์บ่อย (5)	เคยเกิดเหตุการณ์มากกว่า 1 ครั้ง ปี ในโรงงานแห่งนี้	B	B	A	A	A
	มีโอกาสเกิดสูง (4)	เคยเกิดเหตุการณ์ในโรงงานแห่งนี้ หรือมากกว่า 1 ครั้ง ปี บริษัทในเครือ	B	B	A	A	A
	มีโอกาสเกิด (3)	มีโอกาสเกิดมากกว่า 1 ครั้ง ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	B	B	B	A	A
	มีโอกาสเกิดน้อย (2)	มีโอกาสเกิดในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีน้อย	C	B	B	B	B
	ไม่มีโอกาสเกิด (1)	ไม่มีโอกาสเกิดในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	C	C	B	B	B
ผลกระทบ	ระดับความรุนแรง		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	เศรษฐศาสตร์		< 0.3 ล้านบาท	0.3 - < 3 ล้านบาท	3 - < 30 ล้านบาท	30 - < 300 ล้านบาท	≥ 300 ล้านบาท

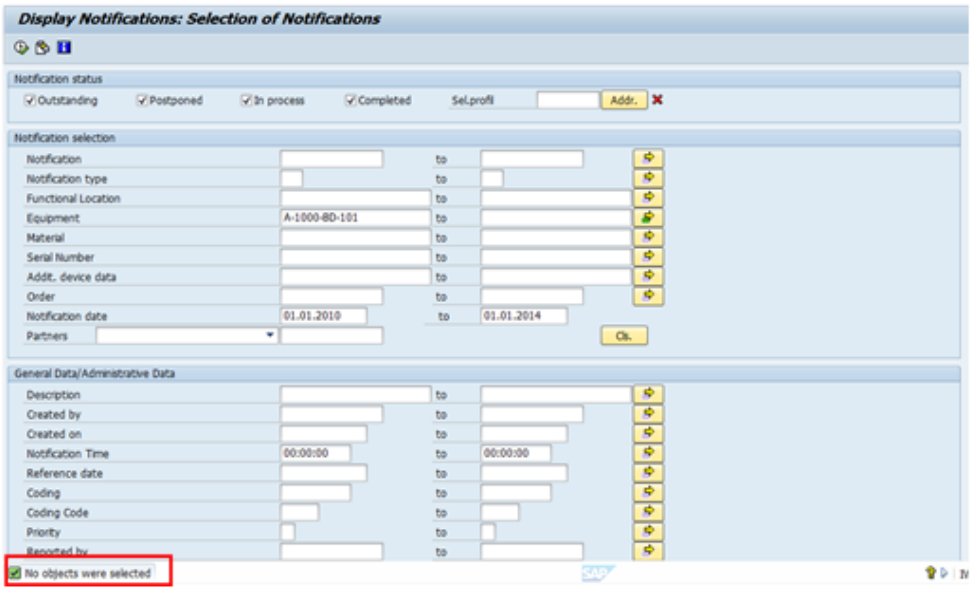
รูปที่ 3. 12 ผลการประเมินลำดับชั้นอุปกรณ์ของ Battery

3.2.2 Bus Duct

Bus Duct เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ส่งกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้า เหมาะกับการใช้งานที่มีกระแสไฟฟ้าสูง ดังรูปที่ 3.13

รูปที่ 3. 13 Bus Duct

เนื่องจากระบบ SAP ได้ถูกนำมาใช้งานตั้งแต่ปี ค.ศ. 2010 จึงสามารถตรวจสอบประวัติงานซ่อมย้อนหลังได้ 4 ปี จากการตรวจสอบประวัติงานซ่อมของ Bus Duct ในช่วงปี ค.ศ. 2010 ถึง 2014 พบว่า ไม่มีประวิติการแจ้งซ่อมของ Bus Duct ดังรูปที่ 3.14



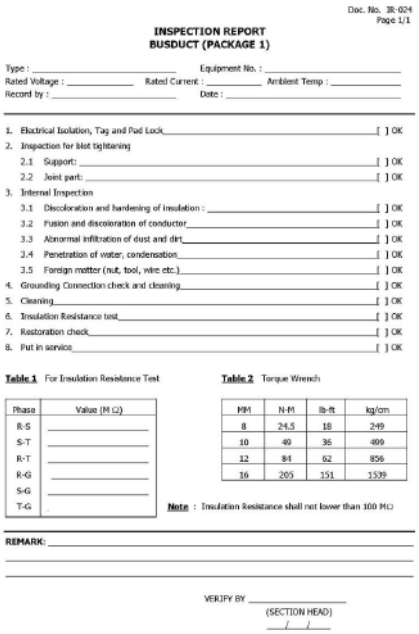
รูปที่ 3. 14 ประวิติงานซ่อมของ Bus Duct ช่วงปี ค.ศ. 2010-2014

จากข้อมูลในระบบการบำรุงรักษาของโรงงานกรณีศึกษา 1 ปีย้อนหลัง ช่วงเดือนมิถุนายน 2556 ถึง พฤษภาคม 2557 มีข้อมูลทางสถิติที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ดังกล่าวดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3. 8 ข้อมูลในระบบบำรุงรักษาของ Bus Duct (ก่อนการปรับปรุง)

อุปกรณ์	รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	ข้อมูลบำรุงรักษาจาก SAP (1 ปีย้อนหลัง)		
		ความถี่การเสียหาย (ครั้ง)	เวลาเสียหายรวม (ชม.)	MTBF (ชม.) (240)
Bus Duct	1Y Inspection	0	0	∞

จากตารางที่ 3.8 พบว่าอุปกรณ์ไม่เคยมีประวัติการสูญเสีย จึงส่งผลให้ค่า MTBF มีค่า ∞ เมื่อพิจารณารายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของ Bus Duct ก่อนการปรับปรุงคือ 1Y Inspection โดยค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญในการตรวจสอบคือค่าความเป็นฉนวนระหว่างเฟสต้องมีค่ามากกว่า 100 MΩ รูปที่ 3.15 เป็นตัวอย่างแบบฟอร์มการตรวจสอบ Bus Duct ประจำปีของหน่วยงานบำรุงรักษา และผลการตรวจสอบย้อนหลัง 5 ปี ตามตารางที่ 3.9 และรูปที่ 3.16



Doc. No. IR-024
Page 1/1

INSPECTION REPORT
BUSDUCT (PACKAGE 1)

Type : _____ Equipment No. : _____
Rated Voltage : _____ Rated Current : _____ Ambient Temp : _____
Record by : _____ Date : _____

1. Electrical Isolation, Tag and Pad Lock _____ [ ] OK
2. Inspection for blot tightening
   - 2.1 Support: _____ [ ] OK
   - 2.2 Joint part: _____ [ ] OK
3. Internal Inspection
   - 3.1 Discoloration and hardening of insulation : _____ [ ] OK
   - 3.2 Fusion and discoloration of conductor _____ [ ] OK
   - 3.3 Abnormal infiltration of dust and dirt _____ [ ] OK
   - 3.4 Penetration of water, condensation _____ [ ] OK
   - 3.5 Foreign matter (nut, tool, wire etc.) _____ [ ] OK
4. Grounding Connection check and cleaning _____ [ ] OK
5. Cleaning _____ [ ] OK
6. Insulation Resistance test _____ [ ] OK
7. Restoration check _____ [ ] OK
8. Put in service _____ [ ] OK

Table 1 For Insulation Resistance Test

Phase	Value (M Ω)
R-S	
S-T	
R-T	
R-G	
S-G	
T-G	

Table 2 Torque Wrench

MM	N-M	lb-ft	kg/cm
8	24.5	18	249
10	40	36	409
12	84	62	856
16	205	151	1539

Note : Insulation Resistance shall not lower than 100 MΩ

REMARK: _____

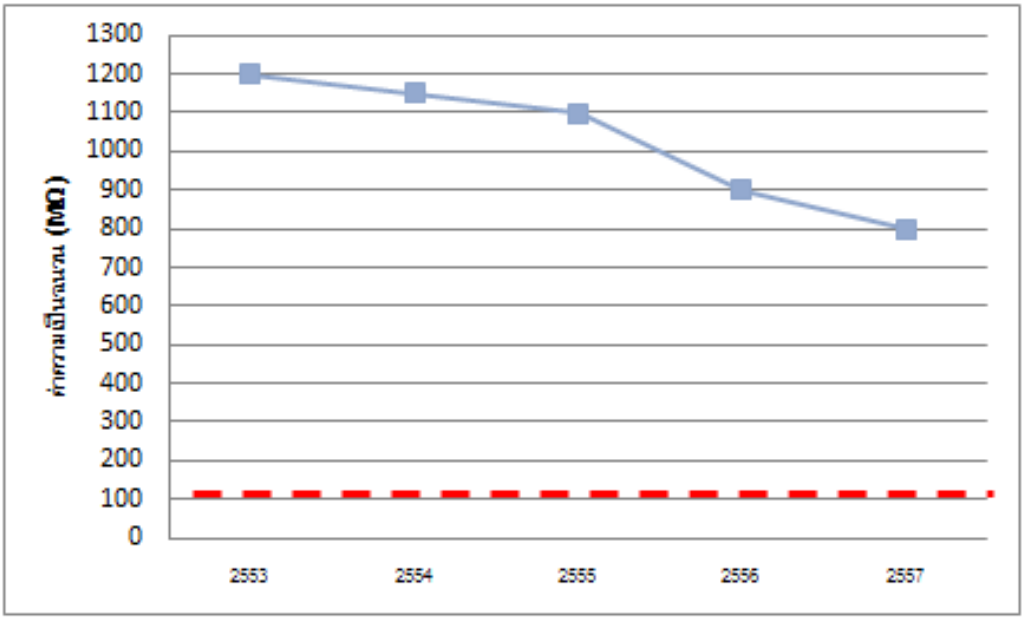
VERIFY BY _____
(SECTION HEAD)
_____

รูปที่ 3. 15 ตัวอย่างแบบฟอร์มตรวจสอบ Bus Duct

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3. 9 ผลการตรวจสอบ Bus Duct ย้อนหลัง 5 ปี (ก่อนการปรับปรุง)

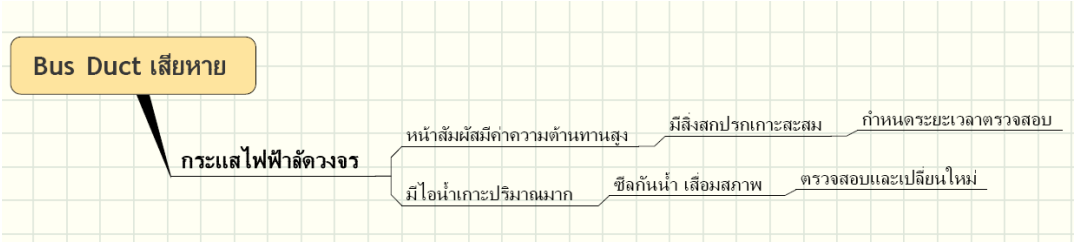
ปี (พ.ศ.)	ผลการตรวจสอบ Bus Duct (12 เส้น) (> 100MΩ)	ค่าความเป็นฉนวนระหว่างเฟส (MΩ) (> 100MΩ)
2553	100%	1200
2554	100%	1000
2555	100%	900
2556	100%	700
2557	100%	500



รูปที่ 3. 16 ผลการตรวจสอบค่าความเป็นฉนวน ย้อนหลัง 5 ปี

จากข้อมูลผลการตรวจสอบ Bus Duct ย้อนหลัง 5 ปี ดังตารางที่ 3.9 พบว่าในช่วงระยะเวลา 5 ปี Bus Duct สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่มีสัญญาณของความผิดปกติ ค่า Estimate Time Between Failure (ETBF) อยู่ที่ประมาณ 8 ปี จากประวัติงานบำรุงรักษาในอดีตที่ผ่านมา

การประชุมเพื่อวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Bus Duct ได้ข้อมูลดังรูปที่ 3.17 และตารางที่ 3.10 ซึ่งเมื่อพิจารณางานบำรุงรักษาเชิงป้องกันเดิมตามตารางที่ 3.8 พบว่ารายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันคือ การกำหนดระยะเวลาเพื่อเข้าไปตรวจสอบอุปกรณ์นั้นมีความถูกต้องเหมาะสมกับอุปกรณ์แล้ว



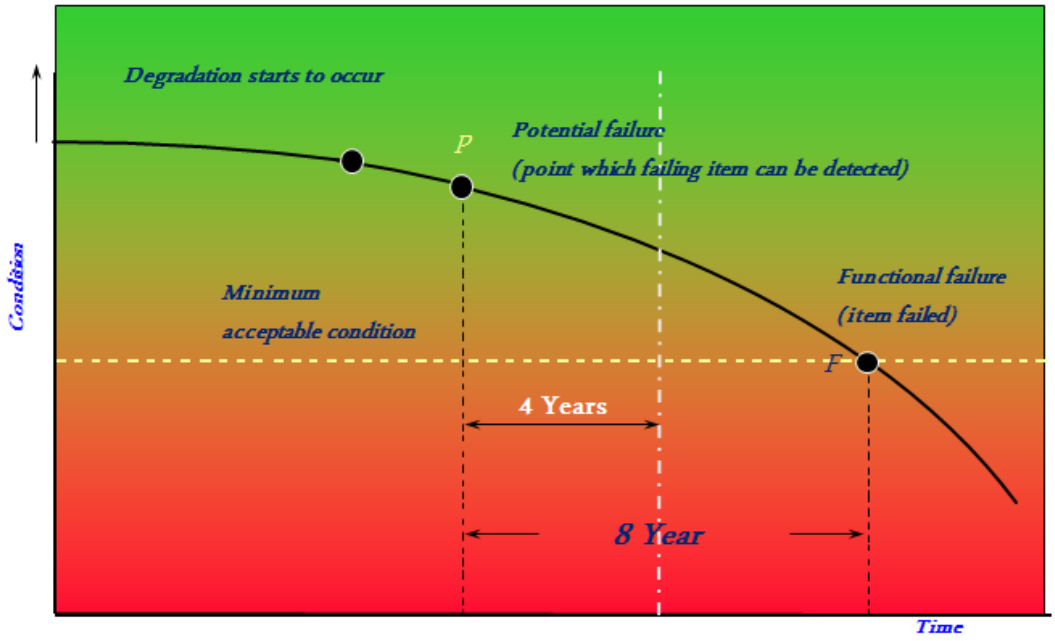
รูปที่ 3. 17 ผลการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Bus Duct

ตารางที่ 3. 10 ผลกาวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Bus Duct

Functional Failure	Failure Mode	Failure Effect	PM
Bus Duct เสียหาย	กระแสไฟฟ้าลัดวงจรเนื่องจากหน้าสัมผัสมีค่าความต้านทานสูงเนื่องจากมีสิ่งสกปรกเกาะสะสมปริมาณมาก	ไม่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ได้	ทำความสะอาดตามระยะเวลาที่กำหนด
	กระแสไฟฟ้าลัดวงจรเนื่องจากมีไอน้ำเกาะที่ Bus Duct เนื่องจากซีลป้องกันเสื่อมสภาพ		ตรวจสอบสภาพและเปลี่ยนใหม่

การพิจารณาหาความถี่ที่เหมาะสมของงานบำรุงรักษานั้น มีความจำเป็นที่จะต้องทราบค่า P-F interval คือระยะเวลาที่เหลือก่อนที่อุปกรณ์ดังกล่าวจะเกิดความเสียหาย โดยค่า P หมายถึงเวลาที่เริ่มตรวจพบความผิดปกติของอุปกรณ์ และค่า F หมายถึงระดับความรุนแรงของความผิดปกติจนส่งผลให้อุปกรณ์ดังกล่าวเกิดความเสียหาย ซึ่งระยะเวลาในการบำรุงรักษาที่เหมาะสมจะอยู่ที่ครึ่งหนึ่งของระยะเวลา P-F

จากการประชุมร่วมกับผู้ที่เกี่ยวข้องเช่นหน่วยงานบำรุงรักษา หน่วยงานวิศวกรรม และหน่วยงานปฏิบัติการผลิต พบว่า อุปกรณ์ Bus Duct มีระยะเวลา P-F จะอยู่ที่ 8 ปี ดังนั้นความถี่ที่เหมาะสมในการทดสอบอุปกรณ์คือทุกๆ 4 ปี (เนื่องจากสภาพเงื่อนไขของโรงงานกรณีศึกษาจะมีการซ่อมบำรุงใหญ่ทุก 4 ปี) ดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3. 18 ระยะเวลา P-F ของ Bus Duct

พิจารณาค่า Maintenance Efficiency Index ของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (เดิม) ของ Bus Duct

- ETBF (10ปี) ค่าใช้จ่าย 1,000,000 บาท = 100,000 บาท/ปี

รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันปัจจุบัน

- 1Y Inspection ((200*2)*8*1) = 3,200 บาท/ปี
- 30Y Replace New = 33,333 บาท/ปี

(1,000,000/30)

รวม = 36,533 บาท/ปี

ถ้าดำเนินการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องแล้ว

- ETBC (30ปี) ค่าใช้จ่าย 1,000,000 บาท = 33,333 บาท/ปี

รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด = 33,333 บาท/ปี

พิจารณา Maintenance Efficiency Index (MEI)

- MEI [(100,000-33,333)/36,533] = 1.82

พิจารณาค่า Maintenance Efficiency Index ของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน **(ใหม่)** ของ Bus Duct

- ETBF (10ปี) ค่าใช้จ่าย 1,000,000 บาท = 100,000 บาท/ปี

รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันปัจจุบัน

- 4Y Inspection ((200*2)*8*1) = 800 บาท/ปี
- 30Y Replace New = 33,333 บาท/ปี
  (1,000,000/30)

รวม = 34,133 บาท/ปี

ถ้าดำเนินการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องแล้ว

- ETBC (30ปี) ค่าใช้จ่าย 1,000,000 บาท = 33,333 บาท/ปี

รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด = 33,333 บาท/ปี

พิจารณา Maintenance Efficiency Index (MEI)

- MEI [(100,000-33,333)/34,133] = 1.95

จากกรณีที่รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเดิมนั้นเป็นการตรวจสอบทุก 1 ปี ได้ค่า MEI เท่ากับ 1.82 (มีค่า > 1) ซึ่งถือว่าเป็นการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่มีประสิทธิภาพแล้ว แต่เนื่องจากปัจจุบันติดปัญหาสภาพของโรงงานกรณีศึกษาที่ไม่สามารถหยุดระบบเพื่อให้ทำงานบำรุงรักษารายปีได้ สามารถดำเนินการได้ในช่วงที่โรงงานมีซ่อมบำรุงใหญ่ทุก 4 ปี ดังนั้นจึงได้เปลี่ยนแผนงานบำรุงรักษาจากทุก 1 ปี เป็นทุก 4 ปีแทน ดังตารางที่ 3.11 พบว่าค่า MEI งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันใหม่มีค่ามากกว่าของเดิมเล็กน้อย จาก 1.82 เป็น 1.95

ตารางที่ 3. 11 รายการบำรุงรักษาที่เหมาะสมของ Bus Duct

กลุ่มอุปกรณ์	รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันใหม่
Bus Duct	4Y Inspection

จากข้อมูลที่ได้จากการพิจารณาวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Bus Duct พบว่าโอกาสในการเกิดเหตุการความผิดปกติดังกล่าวมีน้อย และผลกระทบต่อกระบวนการผลิตมีค่าน้อยกว่า 0.3 ล้านบาท ดังนั้นจึงระบุเป็นอุปกรณ์ลำดับชั้น C ดังรูปที่ 3.19

โอกาสเกิด	ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์		ลำดับชั้นของอุปกรณ์				
	เกิดเหตุการณ์บ่อย (5)	เคยเกิดเหตุการณ์มากกว่า 1 ครั้ง/ปี ในโรงงานแห่งนี้	B	B	A	A	A
	มีโอกาสเกิดสูง (4)	เคยเกิดเหตุการณ์ในโรงงานแห่งนี้ หรือมากกว่า 1 ครั้ง/ปี บริษัทในเครือ	B	B	A	A	A
	มีโอกาสเกิด (3)	มีโอกาสเกิดมากกว่า 1 ครั้ง ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	B	B	B	A	A
	มีโอกาสเกิดน้อย (2)	มีโอกาสเกิดในอุตสาหกรรม ปิโตรเคมีน้อย	C	B	B	B	B
	ไม่มีโอกาสเกิด (1)	ไม่มีโอกาสเกิดใน อุตสาหกรรมปิโตรเคมี	C	C	B	B	B
ผลกระทบ	ระดับความรุนแรง		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	เศรษฐศาสตร์		< 0.3 ล้านบาท	0.3 - < 3 ล้านบาท	3 - < 30 ล้านบาท	30 - < 300 ล้านบาท	≥ 300 ล้านบาท

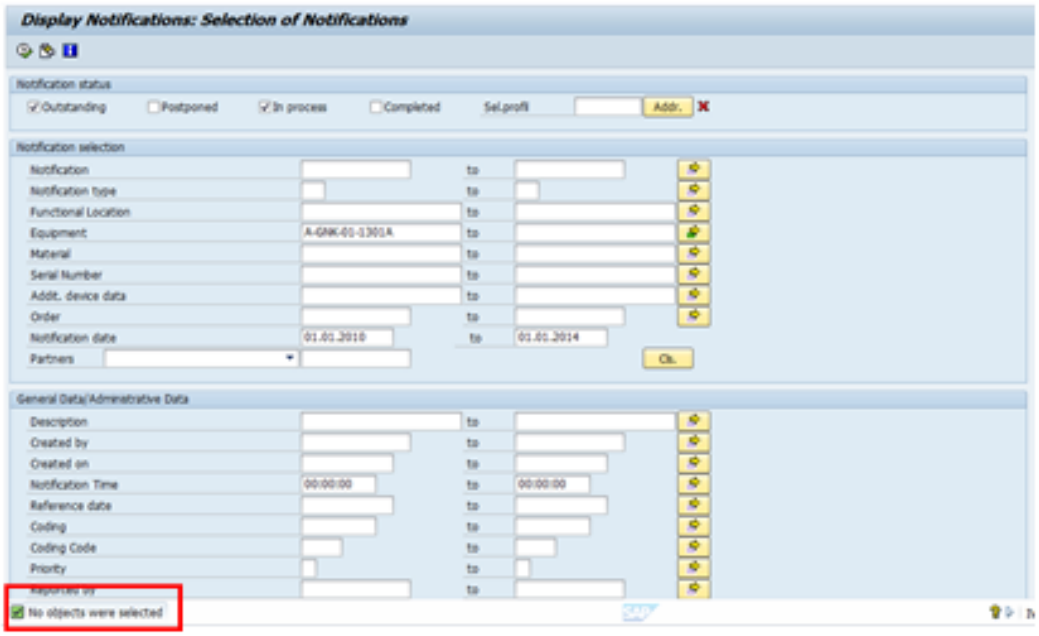
รูปที่ 3. 19 ผลการประเมินลำดับชั้นอุปกรณ์ของ Bus Duct

3.2.3 Electric Heater

Electric Heater เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อน เพื่อควบคุมอุณหภูมิของกระบวนการผลิต ดังรูปที่ 3.20

รูปที่ 3. 20 Electric Heater

เนื่องจากระบบ SAP ได้ถูกนำมาใช้งานตั้งแต่ปี ค.ศ. 2010 จึงสามารถตรวจสอบประวัติงานซ่อมย้อนหลังได้ 4 ปี จากการตรวจสอบประวัติงานซ่อมของ Electric Heater ในช่วงปี ค.ศ. 2010 ถึง 2014 พบว่า ไม่มีประวัติการแจ้งซ่อมของ Electric Heater ดังรูปที่ 3.21



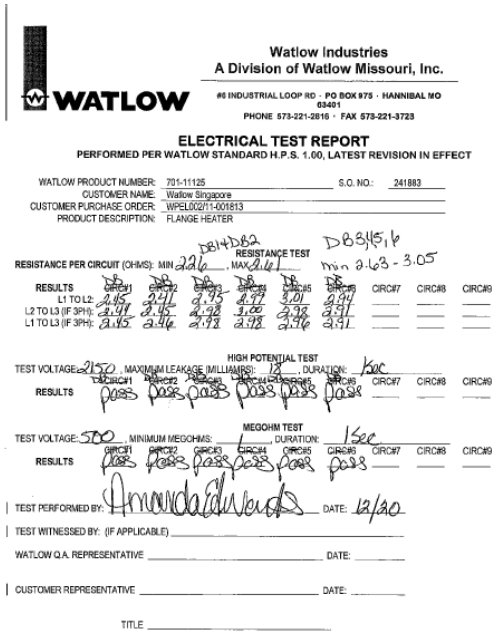
รูปที่ 3. 21 ประวัติงานซ่อมของ Electric Heater ช่วงปี ค.ศ. 2010-2014

จากข้อมูลในระบบการบำรุงรักษาของโรงงานกรณีศึกษา 1 ปีย้อนหลัง ช่วงเดือนมิถุนายน 2556 ถึง พฤษภาคม 2557 มีข้อมูลทางสถิติที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ดังกล่าวดังตารางที่ 3.12

ตารางที่ 3. 12 ข้อมูลในระบบบำรุงรักษาของ Electric Heater (ก่อนการปรับปรุง)

อุปกรณ์	รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	ข้อมูลบำรุงรักษาจาก SAP (1 ปีย้อนหลัง)		
		ความถี่การเสียหาย (ครั้ง)	เวลาเสียหายรวม (ชม.)	MTBF (ชม.) (240)
Electric Heater	1Y Inspection	0	0	∞

จากตารางที่ 3.12 พบว่าอุปกรณ์ไม่เคยมีประวัติการสูญเสีย จึงส่งผลให้ค่า MTBF มีค่า ∞ เมื่อพิจารณารายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของ Electric Heater ก่อนการปรับปรุงคือ 1Y Inspection โดยค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญในการตรวจสอบคือค่าความต้านทานระหว่างเฟสต้องมีค่ามากกว่า 2 MΩ รูปที่ 3.22 เป็นตัวอย่างรายงานการตรวจสอบ Electric Heater ประจำปีของหน่วยงานบำรุงรักษา และผลการตรวจสอบย้อนหลัง 5 ปี ตามตารางที่ 3.13 และรูปที่ 3.23



Watlow Industries
A Division of Watlow Missouri, Inc.

WATLOW

#6 INDUSTRIAL LOOP RD · PO BOX 975 · HANNIBAL MO 63401
PHONE 573-221-2816 · FAX 573-221-3723

ELECTRICAL TEST REPORT
PERFORMED PER WATLOW STANDARD H.P.S. 1.00, LATEST REVISION IN EFFECT

WATLOW PRODUCT NUMBER: 701-11125 S.O. NO.: 241883
CUSTOMER NAME: Watlow Singapore
CUSTOMER PURCHASE ORDER: WPEL002/11-001813
PRODUCT DESCRIPTION: FLANGE HEATER

RESISTANCE TEST
RESISTANCE PER CIRCUIT (OHMS): MIN 2.26 , MAX 2.41

RESULTS	CIRC#1	CIRC#2	CIRC#3	CIRC#4	CIRC#5	CIRC#6	CIRC#7	CIRC#8	CIRC#9
L1 TO L2:	2.45	2.41	2.45	2.42	2.41	2.41	—	—	—
L2 TO L3 (IF 3PH):	2.41	2.45	2.42	2.40	2.42	2.41	—	—	—
L1 TO L3 (IF 3PH):	2.45	2.46	2.42	2.42	2.46	2.41	—	—	—

HIGH POTENTIAL TEST
TEST VOLTAGE: 2150 , MAXIMUM LEAKAGE (MILLIAMPS): 12 , DURATION: 1sec

RESULTS	CIRC#1	CIRC#2	CIRC#3	CIRC#4	CIRC#5	CIRC#6	CIRC#7	CIRC#8	CIRC#9
	pass	pass	pass	pass	pass	pass	—	—	—

MEGOHM TEST
TEST VOLTAGE: 500 , MINIMUM MEGOHMS: 1 , DURATION: 1sec

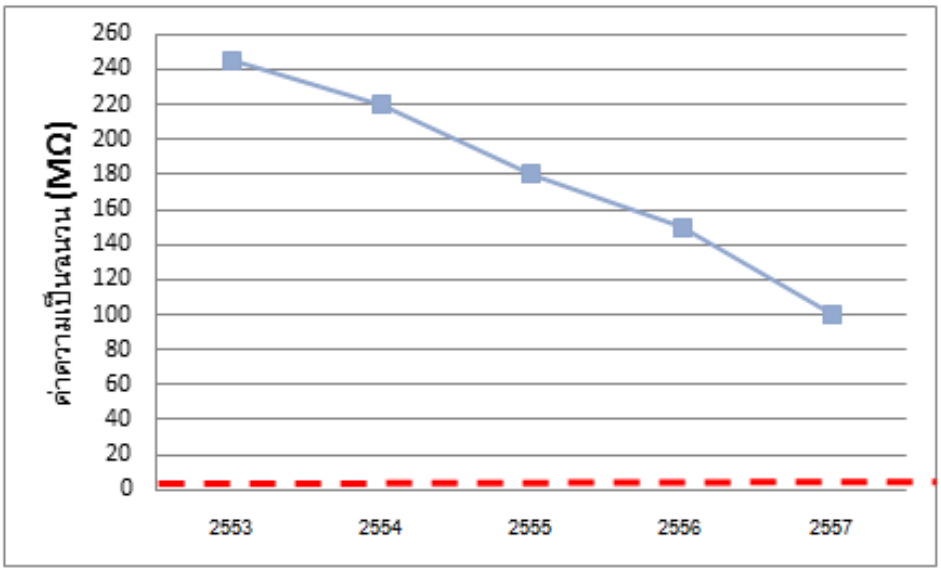
RESULTS	CIRC#1	CIRC#2	CIRC#3	CIRC#4	CIRC#5	CIRC#6	CIRC#7	CIRC#8	CIRC#9
	pass	pass	pass	pass	pass	pass	—	—	—

TEST PERFORMED BY: Amanda Edwards DATE: 12/30
TEST WITNESSED BY: (IF APPLICABLE) _____
WATLOW Q.A. REPRESENTATIVE _____ DATE: _____
CUSTOMER REPRESENTATIVE _____ DATE: _____
TITLE _____

รูปที่ 3. 22 ตัวอย่างแบบฟอร์มตรวจสอบ Electric Heater

ตารางที่ 3. 13 ผลการตรวจสอบ Electric Heater ย้อนหลัง 5 ปี (ก่อนการปรับปรุง)

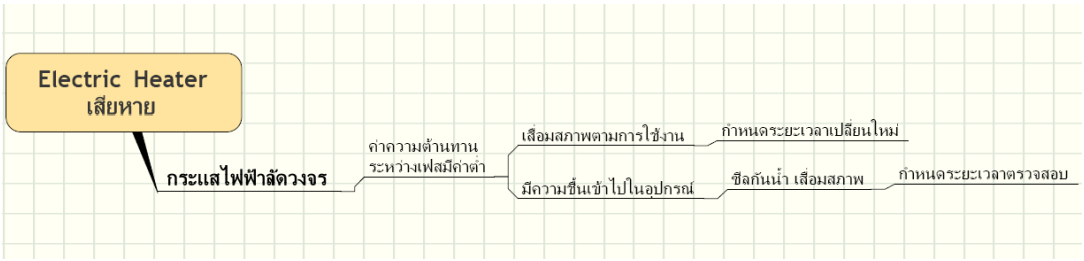
ปี (พ.ศ.)	(3 Unit) (> 2MΩ)	ค่าความต้านทานระหว่างเฟส (MΩ) (> 2MΩ)
2553	100%	245
2554	100%	220
2555	100%	180
2556	100%	150
2557	100%	100



รูปที่ 3. 23 ผลการตรวจสอบค่าความต้านทานระหว่างเฟสย้อนหลัง 5 ปี

จากข้อมูลผลการตรวจสอบ Electric Heater ย้อนหลัง 1 ปี ดังตารางที่ 3.13 พบว่าในช่วงระยะเวลา 5 ปี Electric Heater สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่มีสัญญาณของความผิดปกติ ซึ่งสอดคล้องกับค่า Estimate Time Between Failure (ETBF) ที่ทางผู้ผลิตได้แจ้งมาอยู่ที่ประมาณ 10 ปี

การประชุมเพื่อวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Electric Heater ได้ข้อมูลดังรูปที่ 3.24 และตารางที่ 3.14 ซึ่งเมื่อพิจารณางานบำรุงรักษาเชิงป้องกันเดิมตามตารางที่ 3.12 พบว่ารายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันคือ การกำหนดระยะเวลาเพื่อเข้าไปตรวจสอบอุปกรณ์นั้นมีความถูกต้องเหมาะสมกับอุปกรณ์แล้ว



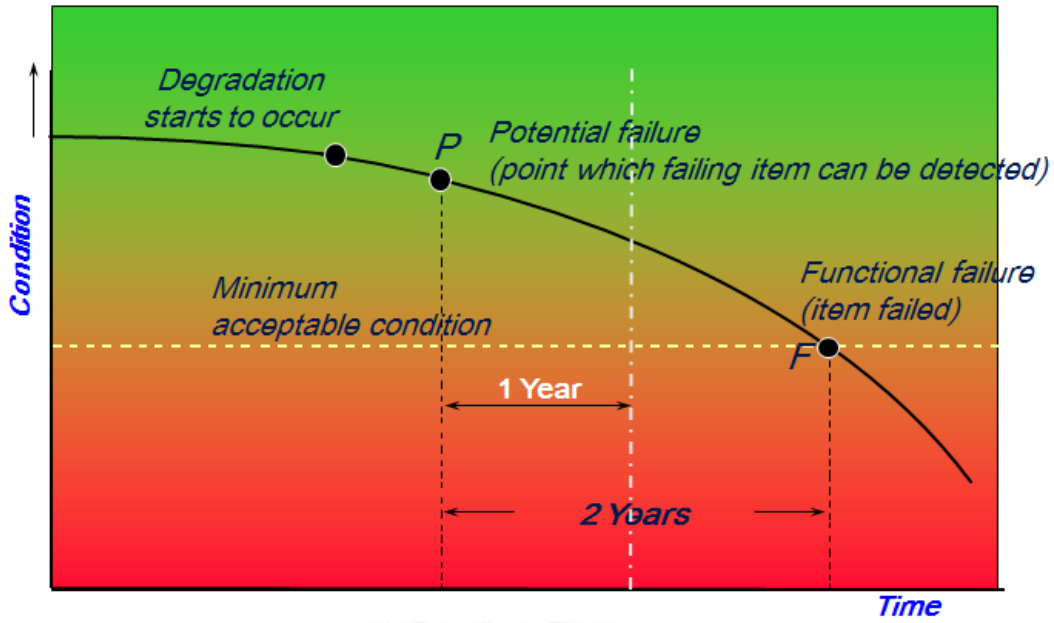
รูปที่ 3. 24 ผลการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Electric Heater

ตารางที่ 3. 14 ผลการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Electric Heater

Functional Failure	Failure Mode	Failure Effect	PM
Electric Heater เสียหาย	กระแสไฟฟ้าลัดวงจรเนื่องจากค่าความต้านทานระหว่างเฟสต่ำ เสื่อมสภาพตามการใช้งาน	ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในกระบวนการผลิตได้	กำหนดระยะเวลาเปลี่ยนใหม่
	กระแสไฟฟ้าลัดวงจรเนื่องจากค่าความต้านทานระหว่างเฟสต่ำ มีความชื้นเข้าภายในอุปกรณ์เนื่องจากซีล กันน้ำเกิดการเสื่อมสภาพ		กำหนดระยะเวลาตรวจสอบ

การพิจารณาหาความถี่ที่เหมาะสมของงานบำรุงรักษานั้น มีความจำเป็นที่จะต้องทราบค่า P-F interval คือระยะเวลาที่เหลือก่อนที่อุปกรณ์ดังกล่าวจะเกิดความเสียหาย โดยค่า P หมายถึงเวลาที่เริ่มตรวจพบความผิดปกติของอุปกรณ์ และค่า F หมายถึงระดับความรุนแรงของความผิดปกติจนส่งผลให้อุปกรณ์ดังกล่าวเกิดความเสียหาย ซึ่งระยะเวลาในการบำรุงรักษาที่เหมาะสมจะอยู่ที่ครึ่งหนึ่งของระยะเวลา P-F

จากการประชุมร่วมกับผู้ที่เกี่ยวข้องเช่นหน่วยงานบำรุงรักษา หน่วยงานวิศวกรรม และหน่วยงานปฏิบัติการผลิต พบว่า อุปกรณ์ Electric Heater มีระยะเวลา P-F จะอยู่ที่ 2 ปี ดังนั้นความถี่ที่เหมาะสมในการทดสอบอุปกรณ์คือทุกๆ 1 ปี ดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3. 25 ระยะเวลา P-F ของ Electric Heater

พิจารณาค่า Maintenance Efficiency Index ของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (เดิม) ของ Electric Heater

- ETBF (5ปี) ค่าใช้จ่าย 1,500,000 บาท = 300,000 บาท/ปี

รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันปัจจุบัน

- 1Y Inspection ((200*2)*4*1) = 1,600 บาท/ปี
- 10Y Replace New = 150,000 บาท/ปี
  (1,500,000/10)

รวม = 151,600 บาท/ปี

ถ้าดำเนินการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องแล้ว

- ETBC (20ปี) ค่าใช้จ่าย 1,500,000 บาท = 75,000 บาท/ปี

รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด = 75,000 บาท/ปี

พิจารณา Maintenance Efficiency Index (MEI)

- MEI [(300,000-75,000)/151,600] = 1.48

จากกรณีที่รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเดิมนั้นเป็นการตรวจสอบทุก 1 ปี ได้ค่า MEI เท่ากับ 1.48 (มีค่า > 1) ซึ่งถือว่าเป็นการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่มีประสิทธิภาพแล้ว ดังนั้นในกลุ่มอุปกรณ์ Electric Heater จึงยังคงใช้แผนงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันเดิมคือตรวจสอบทุก 1 ปี ดังตารางที่ 3.15

ตารางที่ 3. 15 รายการบำรุงรักษาที่เหมาะสมของ Electric Heater

กลุ่มอุปกรณ์	รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันใหม่
Electric Heater	1Y Inspection

จากข้อมูลที่ได้จากการพิจารณาวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Electric Heater พบว่าโอกาสในการเกิดเหตุการความผิดปกติดังกล่าวมีน้อย และผลกระทบต่อกระบวนการผลิตมีค่าน้อยกว่า 0.3 ล้านบาท ดังนั้นจึงระบุเป็นอุปกรณ์ลำดับชั้น C ดังรูปที่ 3.26

	ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์		ลำดับชั้นของอุปกรณ์				
โอกาสเกิด	เกิดเหตุการณ์บ่อย (5)	เคยเกิดเหตุการณ์มากกว่า 1 ครั้งปี ในโรงงานแห่งนี้	B	B	A	A	A
	มีโอกาสเกิดสูง (4)	เคยเกิดเหตุการณ์ในโรงงานแห่งนี้ หรือมากกว่า 1 ครั้งปี บริษัทในเครือ	B	B	A	A	A
	มีโอกาสเกิด (3)	มีโอกาสเกิดมากกว่า 1 ครั้ง ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	B	B	B	A	A
	มีโอกาสเกิดน้อย (2)	มีโอกาสเกิดในอุตสาหกรรม ปิโตรเคมีน้อย	C	B	B	B	B
	ไม่มีโอกาสเกิด (1)	ไม่มีโอกาสเกิดใน อุตสาหกรรมปิโตรเคมี	C	C	B	B	B
ผลกระทบ	ระดับความรุนแรง		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	เศรษฐศาสตร์		< 0.3 ล้านบาท	0.3 - < 3 ล้านบาท	3 - < 30 ล้านบาท	30 - < 300 ล้านบาท	≥ 300 ล้านบาท

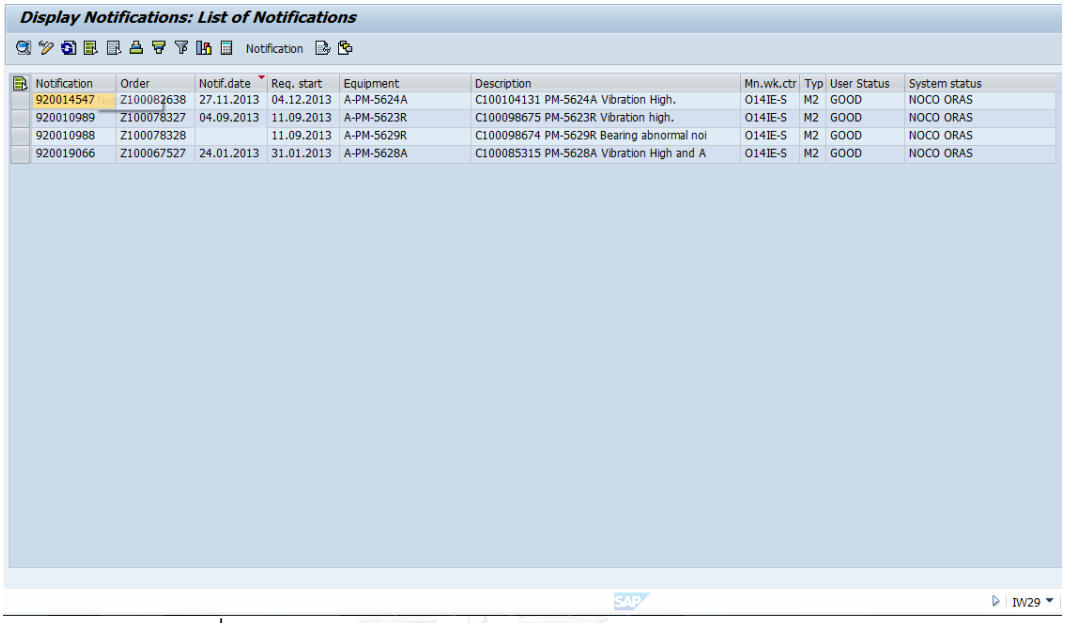
รูปที่ 3. 26 ผลการประเมินลำดับชั้นอุปกรณ์ของ Electric Heater

3.2.4 Motor

Motor เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลเป็นอุปกรณ์ต้นกำลังให้กับปั๊ม เพื่อส่งถ่ายผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในกระบวนการผลิต ดังรูปที่ 3.27

รูปที่ 3. 27 Motor

จากข้อมูลในระบบการบำรุงรักษาของโรงงานกรณีศึกษา 1 ปีย้อนหลัง ช่วงเดือนมิถุนายน 2556 ถึง พฤษภาคม 2557 มีข้อมูลทางสถิติที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ดังกล่าวดังรูปที่ 3.28 และตารางที่ 3.16

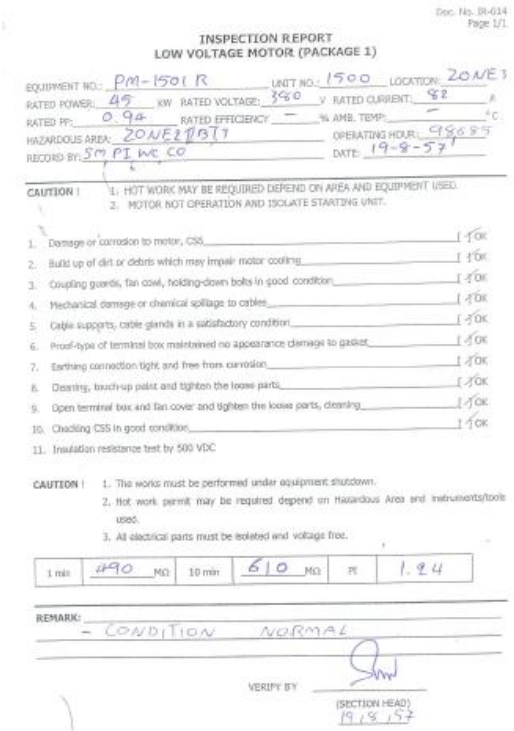


รูปที่ 3. 28 ประวัติงานซ่อมของ Motor ช่วงปี ค.ศ. 2013-2014

ตารางที่ 3. 16 ข้อมูลในระบบบำรุงรักษาของ Motor (ก่อนการปรับปรุง)

อุปกรณ์	รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	ข้อมูลบำรุงรักษาจาก SAP (1 ปีย้อนหลัง)		
		ความถี่การเสียหาย (ครั้ง)	เวลาเสียหายรวม (ชม.)	MTBF (ชม.) (240)
Motor	6M Inspection	4	0	660

จากตารางที่ 3.16 Motor จำนวนทั้งหมด 220 ตัว ในระยะเวลา 1 ปี (มิถุนายน 2556 ถึง พฤษภาคม 2557) เกิดเหตุการที่ Motor เสียหายไม่พร้อมใช้งานจำนวน 4 ครั้ง ส่งผลให้ค่า MTBF มีค่าเท่ากับ 660 (>240) เมื่อพิจารณารายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของ Motor ก่อนการปรับปรุงคือ 6M Inspection โดยค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญในการตรวจสอบคือค่าความเป็นฉนวนของ Motor โดยแสดงด้วยค่า PI >1 และค่า Vibration ของ Motor รูปที่ 3.29 เป็นตัวอย่างรายงานการตรวจสอบ Motor ประจำ 6 เดือนของหน่วยงานบำรุงรักษา และผลการตรวจสอบย้อนหลัง 2 ปี ตามตารางที่ 3.17 และรูปที่ 3.30



Doc. No. IR-014
Page 1/1

INSPECTION REPORT
LOW VOLTAGE MOTOR (PACKAGE 1)

EQUIPMENT NO.: PM-1501R UNIT NO.: 1500 LOCATION: ZONE 3
RATED POWER: 45 kW RATED VOLTAGE: 380 V RATED CURRENT: 82 A
RATED PF: 0.94 RATED EFFICIENCY: — % AMB. TEMP: — °C
HAZARDOUS AREA: ZONE2IIBT3 OPERATING HOUR: 95685
RECORD BY: SMPIWECO DATE: 19-8-57

CAUTION ! 1. HOT WORK MAY BE REQUIRED DEPEND ON AREA AND EQUIPMENT USED.
2. MOTOR NOT OPERATION AND ISOLATE STARTING UNIT.

1. Damage or corrosion to motor, CSS ✓ OK
2. Build up of dirt or debris which may impair motor cooling ✓ OK
3. Coupling guards, fan cowl, holding-down bolts in good condition ✓ OK
4. Mechanical damage or chemical spillage to cables ✓ OK
5. Cable supports, cable glands in a satisfactory condition ✓ OK
6. Proof-type of terminal box maintained no appearance damage to gasket ✓ OK
7. Earthing connection tight and free from corrosion ✓ OK
8. Cleaning, touch-up paint and tighten the loose parts ✓ OK
9. Open terminal box and fan cover and tighten the loose parts, cleaning ✓ OK
10. Checking CSS in good condition ✓ OK
11. Insulation resistance test by 500 VDC

CAUTION ! 1. The works must be performed under equipment shutdown.
2. Hot work permit may be required depend on Hazardous Area and instruments/tools used.
3. All electrical parts must be isolated and voltage free.

1 min	490 MΩ	10 min	610 MΩ	PI	1.24

REMARK:
- CONDITION NORMAL

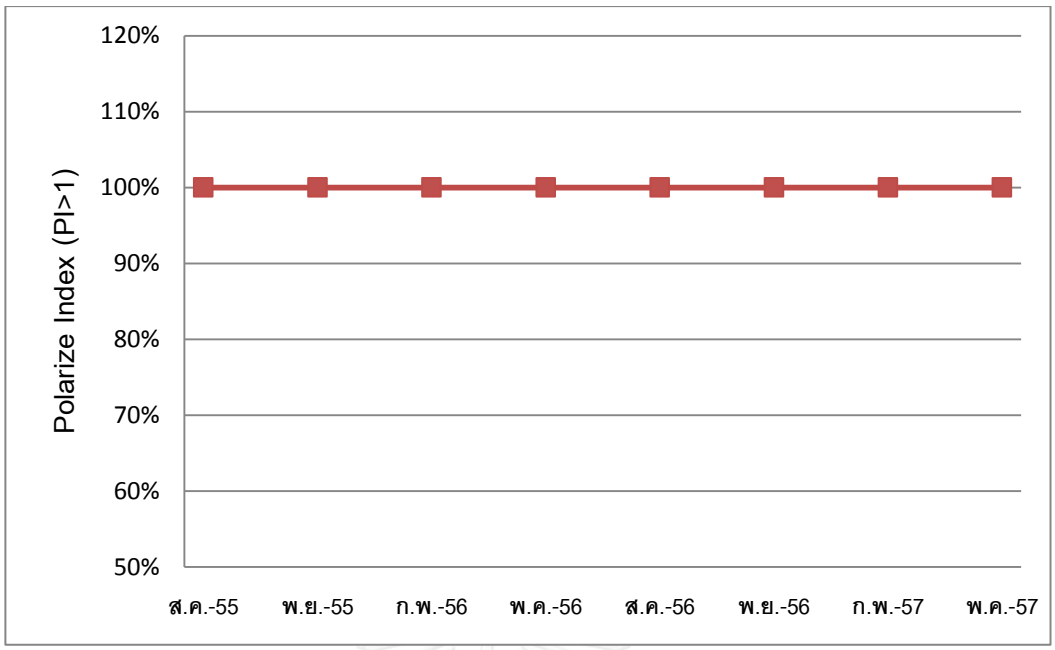
VERIFY BY
(SECTION HEAD)
19/8/57

รูปที่ 3. 29 ตัวอย่างแบบฟอร์มตรวจสอบ Motor

ตารางที่ 3. 17 ผลการตรวจสอบ Motor ย้อนหลัง 2 ปี (ก่อนการปรับปรุง)

ปี (พ.ศ.)	ค่า Vibration ผ่านตามมาตฐาน (Motor 220 ตัว)	ค่า Polarize Index (PI) (PI>1)
ส.ค. 55	100%	100%
พ.ย. 55	99.54%(1)	100%
ก.พ. 56	100%	100%
พ.ค. 56	100%	100%
ส.ค. 56	99.1%(2)	100%
พ.ย. 56	99.1%(2)	100%
ก.พ. 57	100%	100%
พ.ค. 57	100%	100%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

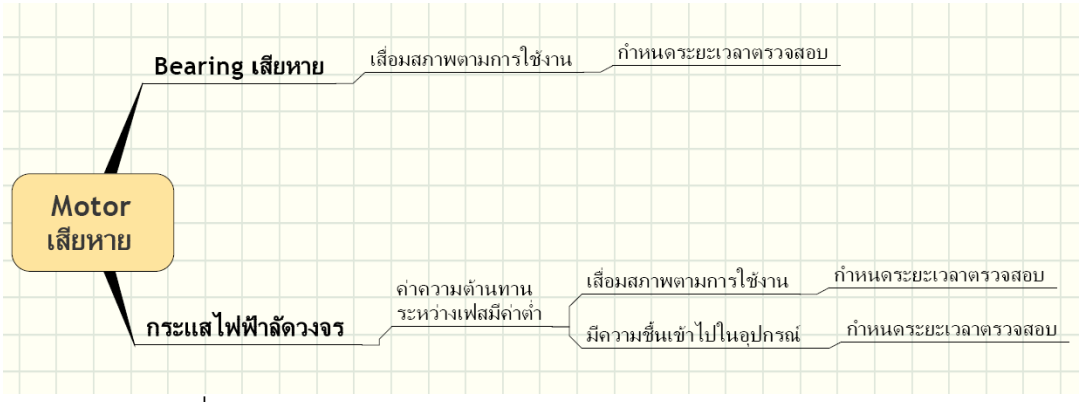


รูปที่ 3. 30 ผลการตรวจสอบค่า PI ของ Motor ทั้งหมด 220 ตัว ย้อนหลัง 2 ปี

จากข้อมูลผลการตรวจสอบ Motor ย้อนหลัง 1 ปี ดังตารางที่ 3.17 พบว่าในช่วงระยะเวลา 2 ปี Motor เกิดเหตุการที่ไม่พร้อมใช้งานจำนวน 4 ครั้ง โดยสามารถเกิดจากปัญหาจาก Bearing ซึ่งไม่สามารถกำหนดระยะเวลาที่แน่นอนในการเปลี่ยนใหม่ได้ ต้องทำการกำหนดระยะเวลาเพื่อตรวจสอบค่า Vibration ในส่วนของปัญหาค่าความเป็นฉนวนของ Motor นั้นสามารถตรวจสอบได้จากค่า PI ซึ่งจากประวัติการตรวจสอบย้อนหลังไม่พบความเสียหายของ Motor ในลักษณะนี้เลย

การประชุมเพื่อวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Motor ได้ข้อมูลดังรูปที่ 3.31 และตารางที่ 3.18 ซึ่งเมื่อพิจารณางานบำรุงรักษาเชิงป้องกันเดิมตามตารางที่ 3.16 พบว่ารายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันคือ การกำหนดระยะเวลาเพื่อเข้าไปตรวจสอบอุปกรณ์นั้นมีความถูกต้องเหมาะสมกับอุปกรณ์แล้ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



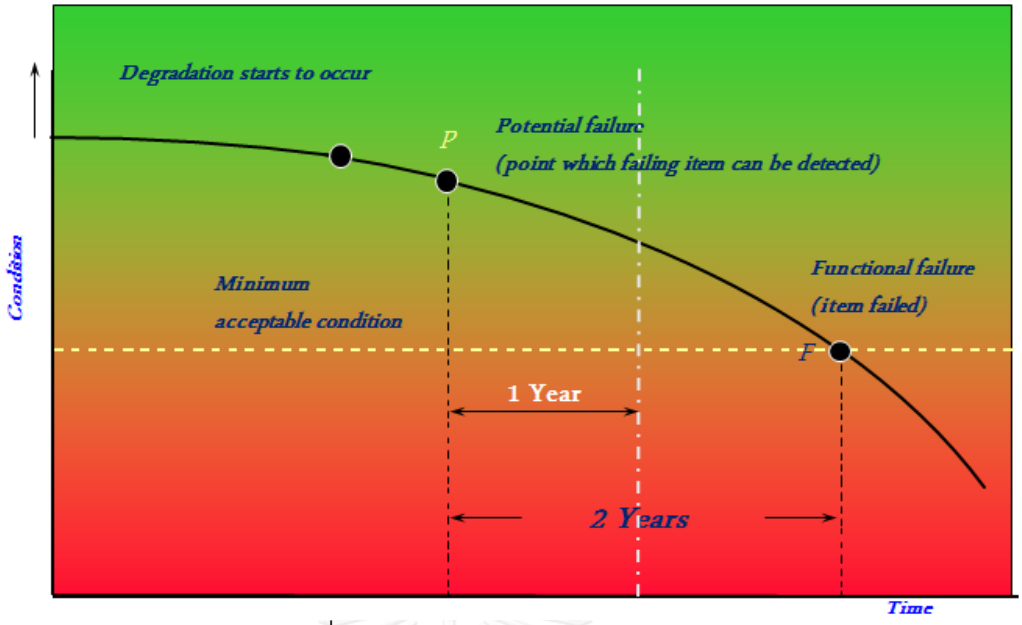
รูปที่ 3. 31 ผลการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Motor

ตารางที่ 3. 18 ผลการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Motor

Functional Failure	Failure Mode	Failure Effect	PM
Motor เสียหาย	Bearing เสียหาย ตามสภาพการใช้งาน	ไม่สามารถส่งถ่ายผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิต	กำหนดระยะเวลาตรวจสอบ
	กระแสไฟฟ้าลัดวงจรเนื่องจากค่าความต้านทานระหว่างเฟสของ Motor มีค่าต่ำ		

การพิจารณาหาความถี่ที่เหมาะสมของงานบำรุงรักษานั้น มีความจำเป็นที่จะต้องทราบค่า P-F interval คือระยะเวลาที่เหลือก่อนที่อุปกรณ์ดังกล่าวจะเกิดความเสียหาย โดยค่า P หมายถึงเวลาที่เริ่มตรวจพบความผิดปกติของอุปกรณ์ และค่า F หมายถึงระดับความรุนแรงของความผิดปกติจนส่งผลให้อุปกรณ์ดังกล่าวเกิดความเสียหาย ซึ่งระยะเวลาในการบำรุงรักษาที่เหมาะสมจะอยู่ที่ครึ่งหนึ่งของระยะเวลา P-F

จากการประชุมร่วมกับผู้ที่เกี่ยวข้องเช่นหน่วยงานบำรุงรักษา หน่วยงานวิศวกรรม และหน่วยงานปฏิบัติการผลิต พบว่า อุปกรณ์ Motor มีระยะเวลา P-F จะอยู่ที่ 2 ปี เนื่องจากการออกแบบระบบ Motor โรงงานกรณีศึกษานั้น จะออกแบบให้ Motor ทุกตัวมีตัวสำรอง สามารถใช้สลับกันทำงานได้ ดังนั้นความถี่ที่เหมาะสมในการทดสอบอุปกรณ์คือทุกๆ 1 ปี ดังรูปที่ 3.32



รูปที่ 3. 32 ระยะเวลา P-F ของ Motor

พิจารณาค่า Maintenance Efficiency Index ของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (เดิม) ของ Motor

- ETBF (2ปี) ค่าใช้จ่าย 10,000 บาท = 5,000 บาท/ปี

รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันปัจจุบัน

- 6M Inspection ((200*2)*4*2) = 3,200 บาท/ปี

รวม = 3,200 บาท/ปี

ถ้าดำเนินการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องแล้ว

- ETBC (4ปี) ค่าใช้จ่าย 10,000 บาท = 2,500 บาท/ปี

รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด = 2,500 บาท/ปี

พิจารณา Maintenance Efficiency Index (MEI)

- MEI [(5,000-2,500)/ 3,200] = 0.78

พิจารณาค่า Maintenance Efficiency Index ของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (ใหม่) ของ Motor

- ETBF (2ปี) ค่าใช้จ่าย 10,000 บาท = 5,000 บาท/ปี

รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันปัจจุบัน

- 1Y Inspection ((200*2)*4*1) = 1,600 บาท/ปี

รวม = 1,600 บาท/ปี

ถ้าดำเนินการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องแล้ว

- ETBC (4ปี) ค่าใช้จ่าย 10,000 บาท = 2,500 บาท/ปี

รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด = 2,500 บาท/ปี

พิจารณา Maintenance Efficiency Index (MEI)

- MEI [(10,000-5,000)/3,200] = 1.56

จากผลการพิจารณาพบว่าค่า MEI ของงานบำรุงรักษาเดิม(ก่อนปรับปรุง) มีค่าเท่ากับ 0.78 (<1) ซึ่งบ่งบอกว่าทำบำรุงรักษาเชิงป้องกันตามรายการดังกล่าวแล้วไม่คุ้มค่า ดังนั้นทางที่ประชุมเลยพิจารณารายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันใหม่ โดยขยายระยะเวลาในการตรวจสอบ Motor จากเดิมทุก 6 เดือนเป็นทุก 1 ปีแทน เนื่องจากร่วมกันพิจารณาแล้วว่าจะไม่ส่งผลกระทบต่อค่า MTBF ของอุปกรณ์ โดยค่า MEI ใหม่ มีค่าเท่ากับ 1.56 (>1) ซึ่งถือว่าเป็นการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่มีประสิทธิภาพแล้ว ดังนั้นรายการบำรุงรักษาใหม่ของ Motor จึงเปลี่ยนเป็น 1Y Inspection ดังตารางที่ 3.19

ตารางที่ 3. 19 รายการบำรุงรักษาที่เหมาะสมของ Motor

กลุ่มอุปกรณ์	รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันใหม่
Motor	1Y Inspection

จากข้อมูลที่ได้จากการพิจารณาวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Motor พบว่าโอกาสในการเกิดเหตุการความผิดปกติดังกล่าวมีน้อย และผลกระทบต่อกระบวนการผลิตมีค่าน้อยกว่า 0.3 ล้านบาท ดังนั้นจึงระบุเป็นอุปกรณ์ลำดับชั้น C ดังรูปที่ 3.33

โอกาสเกิด	ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์		ลำดับชั้นของอุปกรณ์				
	เกิดเหตุการณ์บ่อย (5)	เคยเกิดเหตุการณ์มากกว่า 1 ครั้ง/ปี ในโรงงานแห่งนี้	B	B	A	A	A
	มีโอกาสเกิดสูง (4)	เคยเกิดเหตุการณ์ในโรงงานแห่งนี้ หรือมากกว่า 1 ครั้ง/ปี บริษัทในเครือ	B	B	A	A	A
	มีโอกาสเกิด (3)	มีโอกาสเกิดมากกว่า 1 ครั้ง ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	B	B	B	A	A
	มีโอกาสเกิดน้อย (2)	มีโอกาสเกิดในอุตสาหกรรม ปิโตรเคมีน้อย	C	B	B	B	B
	ไม่มีโอกาสเกิด (1)	ไม่มีโอกาสเกิดใน อุตสาหกรรมปิโตรเคมี	C	C	B	B	B
ผลกระทบ	ระดับความรุนแรง		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	เศรษฐศาสตร์		< 0.3 ล้านบาท	0.3 - < 3 ล้านบาท	3 - < 30 ล้านบาท	30 - < 300 ล้านบาท	≥ 300 ล้านบาท

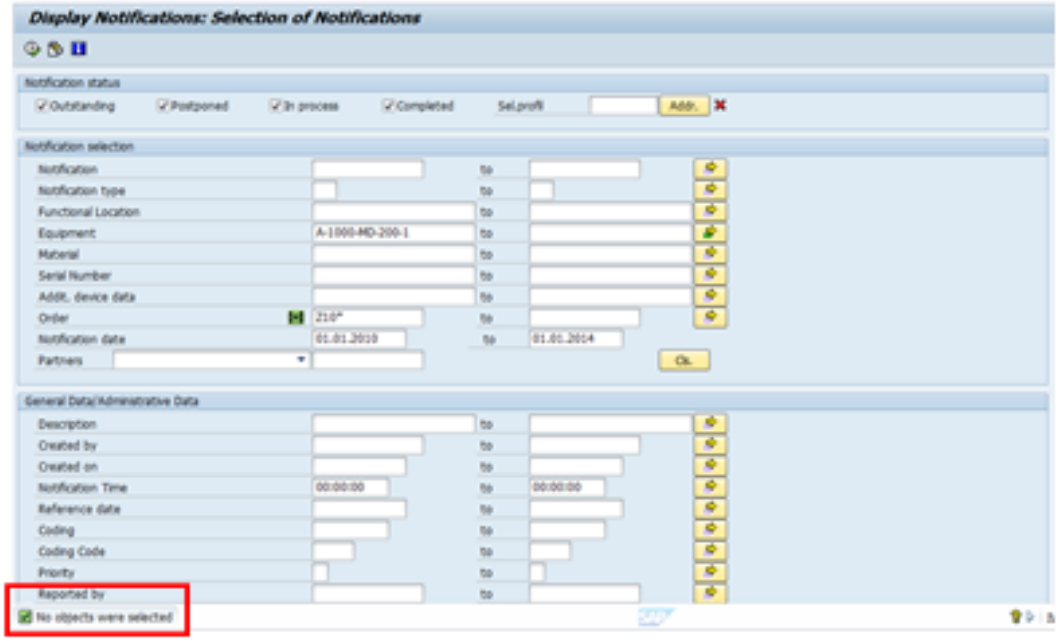
รูปที่ 3. 33 ผลการประเมินลำดับชั้นอุปกรณ์ของ Motor

3.2.5 Switchgear

Switchgear ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ในพื้นที่กระบวนการผลิต ดังรูปที่ 3.34

รูปที่ 3. 34 Switchgear

เนื่องจากระบบ SAP ได้ถูกนำมาใช้งานตั้งแต่ปี ค.ศ. 2010 จึงสามารถตรวจสอบประวัติงานซ่อมย้อนหลังได้ 4 ปี จากการตรวจสอบประวัติงานซ่อมของ Switchgear ในช่วงปี ค.ศ. 2010 ถึง 2014 พบว่า ไม่มีประวัติการแจ้งซ่อมของ Switchgear ดังรูปที่ 3.35



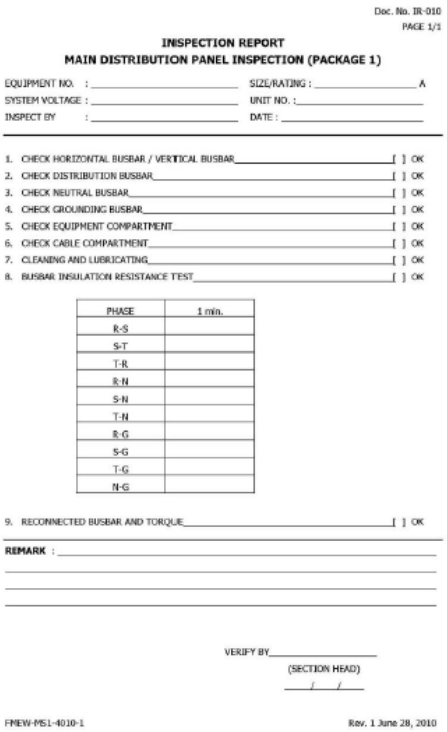
รูปที่ 3. 35 ประวัติงานซ่อมของ Switchgear ช่วงปี ค.ศ. 2010-2014

จากข้อมูลในระบบการบำรุงรักษาของโรงงานกรณีศึกษา 1 ปีย้อนหลัง ช่วงเดือนมิถุนายน 2556 ถึง พฤษภาคม 2557 มีข้อมูลทางสถิติที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ดังกล่าวดังตารางที่ 3.20

ตารางที่ 3. 20 ข้อมูลในระบบบำรุงรักษาของ Switchgear (ก่อนการปรับปรุง)

อุปกรณ์	รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	ข้อมูลบำรุงรักษาจาก SAP (1 ปีย้อนหลัง)		
		ความถี่การเสียหาย (ครั้ง)	เวลาเสียหายรวม (ชม.)	MTBF (ชม.) (240)
Switchgear	1Y Inspection	0	0	∞

จากตารางที่ 3.20 พบว่าอุปกรณ์ไม่เคยมีประวัติการสูญเสีย จึงส่งผลให้ค่า MTBF มีค่า ∞ เมื่อพิจารณารายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของ Switchgear ก่อนการปรับปรุงคือ 1Y Inspection โดยค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญในการตรวจสอบคือค่าความต้านทานระหว่างเฟสต้องมีค่ามากกว่า 10MΩ และการทำงานตามหน้าที่ต่างๆ รูปที่ 3.36 เป็นตัวอย่างรายงานการตรวจสอบ Switchgear ประจำปีของหน่วยงานบำรุงรักษา และผลการตรวจสอบย้อนหลัง 5 ปี ตามตารางที่ 3.21



Doc. No. IR-010
PAGE 1/1

INSPECTION REPORT
MAIN DISTRIBUTION PANEL INSPECTION (PACKAGE 1)

EQUIPMENT NO. : _____ SIZE/RATING : _____ A
SYSTEM VOLTAGE : _____ UNIT NO. : _____
INSPECT BY : _____ DATE : _____

1. CHECK HORIZONTAL BUSBAR / VERTICAL BUSBAR _____ [ ] OK
2. CHECK DISTRIBUTION BUSBAR _____ [ ] OK
3. CHECK NEUTRAL BUSBAR _____ [ ] OK
4. CHECK GROUNDING BUSBAR _____ [ ] OK
5. CHECK EQUIPMENT COMPARTMENT _____ [ ] OK
6. CHECK CABLE COMPARTMENT _____ [ ] OK
7. CLEANING AND LUBRICATING _____ [ ] OK
8. BUSBAR INSULATION RESISTANCE TEST _____ [ ] OK

PHASE	1 min.
R-S	
S-T	
T-R	
R-N	
S-N	
T-N	
R-G	
S-G	
T-G	
N-G	

9. RECONNECTED BUSBAR AND TORQUE _____ [ ] OK

REMARK : _____

VERIFY BY _____
(SECTION HEAD)
___/___/___

FNEW-MS1-4010-1 Rev. 1 June 28, 2010

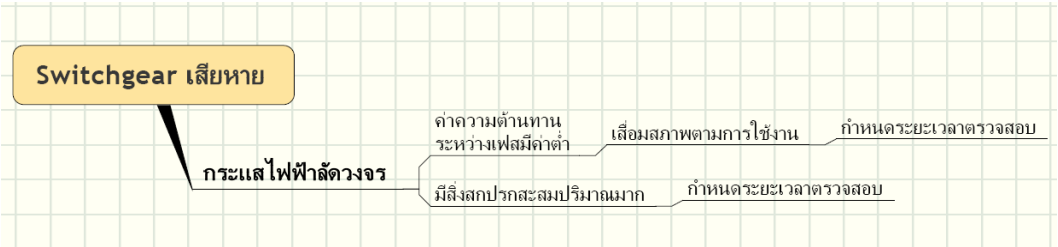
รูปที่ 3. 36 ตัวอย่างแบบฟอร์มตรวจสอบ Switchgear

ตารางที่ 3. 21 ผลการตรวจสอบ Switchgear ย้อนหลัง 5 ปี (ก่อนการปรับปรุง)

ปี (พ.ศ.)	ค่าความต้านทานระหว่างเฟส (MΩ) (> 10MΩ) Switchgear จำนวนทั้งหมด 364 ตู้
2553	100%
2554	100%
2555	100%
2556	100%
2557	100%

จากข้อมูลผลการตรวจสอบ Switchgear ย้อนหลัง 5 ปี ดังตารางที่ 3.21 พบว่าในช่วงระยะเวลา 5 ปี Switchgear สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่มีสัญญาณของความผิดปกติ

การประชุมเพื่อวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Switchgear ได้ข้อมูลดังรูปที่ 3.37 และตารางที่ 3.22 ซึ่งเมื่อพิจารณางานบำรุงรักษาเชิงป้องกันเดิมตามตารางที่ 3.20 พบว่ารายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันคือ การกำหนดระยะเวลาเพื่อเข้าไปตรวจสอบอุปกรณ์นั้นมีความถูกต้องเหมาะสมกับอุปกรณ์แล้ว



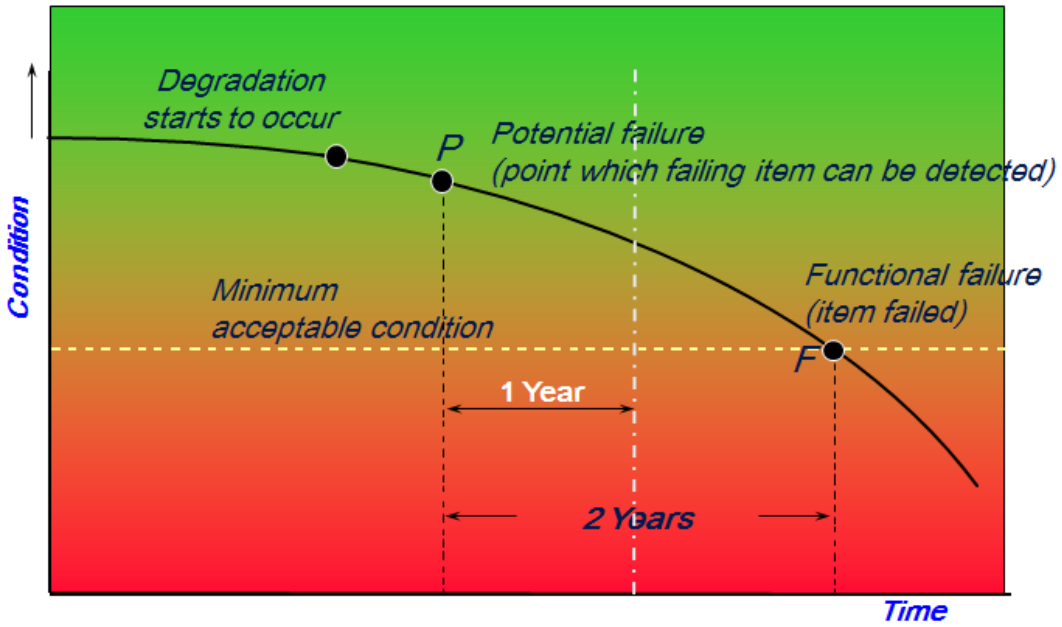
รูปที่ 3. 37 ผลการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Switchgear

ตารางที่ 3. 22 ผลการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Switchgear

Functional Failure	Failure Mode	Failure Effect	PM
Switchgear เสียหาย	กระแสไฟฟ้าลัดวงจรเนื่องจากค่าความต้านทานระหว่างเฟสต่ำเสื่อมสภาพตามการใช้งาน	อุปกรณ์ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตไม่สามารถใช้งานได้	กำหนดระยะเวลาตรวจสอบ
	กระแสไฟฟ้าลัดวงจรเนื่องจากเกิดการสะสมของสิ่งสกปรกเป็นปริมาณมาก		

การพิจารณาหาความถี่ที่เหมาะสมของงานบำรุงรักษานั้น มีความจำเป็นที่จะต้องทราบค่า P-F interval คือระยะเวลาที่เหลือก่อนที่อุปกรณ์ดังกล่าวจะเกิดความเสียหาย โดยค่า P หมายถึงเวลาที่เริ่มตรวจพบความผิดปกติของอุปกรณ์ และค่า F หมายถึงระดับความรุนแรงของความผิดปกติจนส่งผลให้อุปกรณ์ดังกล่าวเกิดความเสียหาย ซึ่งระยะเวลาในการบำรุงรักษาที่เหมาะสมจะอยู่ที่ครึ่งหนึ่งของระยะเวลา P-F

จากการประชุมร่วมกับผู้ที่เกี่ยวข้องเช่นหน่วยงานบำรุงรักษา หน่วยงานวิศวกรรม และหน่วยงานปฏิบัติการผลิต พบว่า อุปกรณ์ Switchgear มีระยะเวลา P-F จะอยู่ที่ 2 ปี ดังนั้นความถี่ที่เหมาะสมในการทดสอบอุปกรณ์คือทุกๆ 1 ปี ดังรูปที่ 3.38



รูปที่ 3. 38 ระยะเวลา P-F ของ Switchgear

พิจารณาค่า Maintenance Efficiency Index ของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (เดิม) ของ Switchgear

- ETBF (4ปี) ค่าใช้จ่าย 100,000 บาท = 25,000 บาท/ปี

รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันปัจจุบัน

- 1Y Inspection ((200*2)*4*1) = 1,600 บาท/ปี

รวม = 1,600 บาท/ปี

ถ้าดำเนินการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องแล้ว

- ETBC (8ปี) ค่าใช้จ่าย 100,000 บาท = 12,500 บาท/ปี

รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด = 8,333 บาท/ปี

พิจารณา Maintenance Efficiency Index (MEI)

- MEI [(25,000-12,500)/1,600] = 7.81

จากกรณีที่รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเดิมนั้นเป็นการตรวจสอบทุก 1 ปี ได้ค่า MEI เท่ากับ 7.81 (มีค่า > 1) ซึ่งถือว่าเป็นการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่มีประสิทธิภาพแล้ว ดังนั้นในกลุ่มอุปกรณ์ Switchgear จึงยังคงใช้แผนงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันเดิมคือตรวจสอบทุก 1 ปี ดังตารางที่ 3.23

ตารางที่ 3. 23 รายการบำรุงรักษาที่เหมาะสมของ Switchgear

กลุ่มอุปกรณ์	รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันใหม่
Switchgear	1Y Inspection

จากข้อมูลที่ได้จากการพิจารณาวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Switchgear พบว่าโอกาสในการเกิดเหตุการความผิดปกติดังกล่าวมีน้อย และผลกระทบต่อกระบวนการผลิตมีค่าน้อยกว่า 0.3 ล้านบาท ดังนั้นจึงระบุเป็นอุปกรณ์ลำดับชั้น C ดังรูปที่ 3.39

	ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์		ลำดับชั้นของอุปกรณ์				
โอกาสเกิด	เกิดเหตุการณ์บ่อย (5)	เคยเกิดเหตุการณ์มากกว่า 1 ครั้ง ปี ในโรงงานแห่งนี้	B	B	A	A	A
	มีโอกาสเกิดสูง (4)	เคยเกิดเหตุการณ์ในโรงงานแห่งนี้ หรือมากกว่า 1 ครั้ง ปี บริษัทในเครือ	B	B	A	A	A
	มีโอกาสเกิด (3)	มีโอกาสเกิดมากกว่า 1 ครั้ง ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	B	B	B	A	A
	มีโอกาสเกิดน้อย (2)	มีโอกาสเกิดในอุตสาหกรรม ปิโตรเคมีน้อย	C	B	B	B	B
	ไม่มีโอกาสเกิด (1)	ไม่มีโอกาสเกิดใน อุตสาหกรรมปิโตรเคมี	C	C	B	B	B
ผลกระทบ	ระดับความรุนแรง		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	เศรษฐศาสตร์		< 0.3 ล้านบาท	0.3 - < 3 ล้านบาท	3 - < 30 ล้านบาท	30 - < 300 ล้านบาท	≥ 300 ล้านบาท

รูปที่ 3. 39 ผลการประเมินลำดับชั้นอุปกรณ์ของ Switchgear

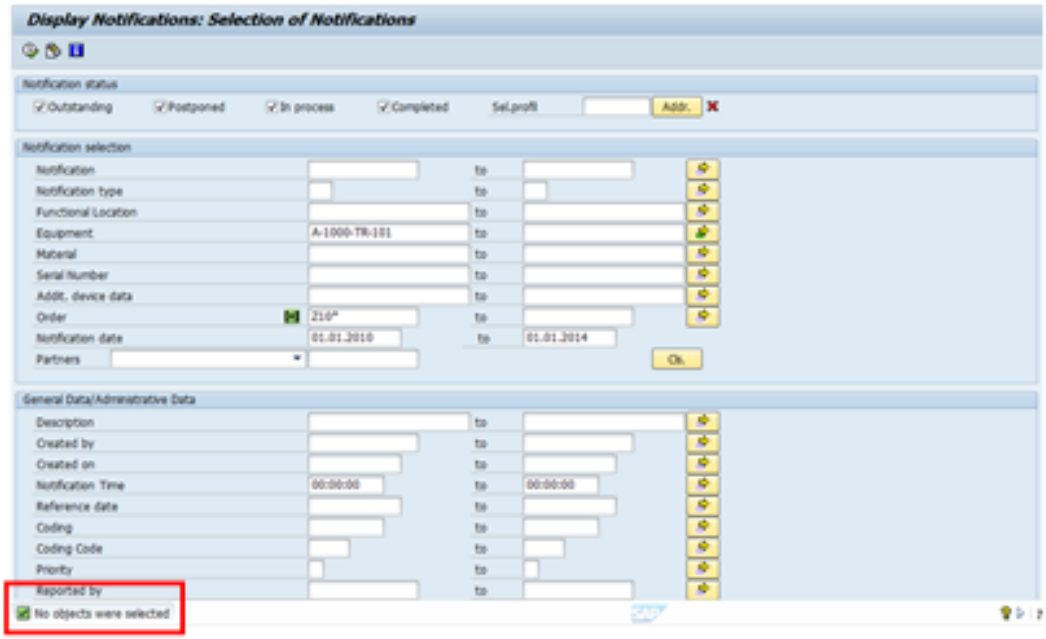
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.6 Transformer

Transformer ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้าเพื่อให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ในกระบวนการผลิต ดังรูปที่ 3.40

รูปที่ 3. 40 Transformer

เนื่องจากระบบ SAP ได้ถูกนำมาใช้งานตั้งแต่ปี ค.ศ. 2010 จึงสามารถตรวจสอบประวัติงานซ่อมย้อนหลังได้ 4 ปี จากการตรวจสอบประวัติงานซ่อมของ Transformer ในช่วงปี ค.ศ. 2010 ถึง 2014 พบว่า ไม่มีประวัติการแจ้งซ่อมของ Transformer ดังรูปที่ 3.41



รูปที่ 3. 41 ประวัติงานซ่อมของ Transformer ช่วงปี ค.ศ. 2010-2014

จากข้อมูลในระบบการบำรุงรักษาของโรงงานกรณีศึกษา 1 ปีย้อนหลัง ช่วงเดือนมิถุนายน 2556 ถึง พฤษภาคม 2557 มีข้อมูลทางสถิติที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ดังกล่าวดังตารางที่ 3.24

ตารางที่ 3. 24 ข้อมูลในระบบบำรุงรักษาของ Transformer (ก่อนการปรับปรุง)

อุปกรณ์	รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	ข้อมูลบำรุงรักษาจาก SAP (1 ปีย้อนหลัง)		
		ความถี่การเสียหาย (ครั้ง)	เวลาเสียหายรวม (ชม.)	MTBF (ชม.) (240)
Transformer	1M Inspection	0	0	∞

จากตารางที่ 3.24 พบว่าอุปกรณ์ไม่เคยมีประวัติการสูญเสีย จึงส่งผลให้ค่า MTBF มีค่า ∞ เมื่อพิจารณารายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของ Transformer ก่อนการปรับปรุง คือ 1M Inspection โดยพารามิเตอร์ที่สำคัญในการตรวจสอบคือปริมาณฉนวนน้ำมันของหม้อแปลง ระดับแรงดันขาเข้าและขาออกของหม้อแปลง รูปที่ 3.42 เป็นตัวอย่างรายงานการตรวจสอบ Transformer ประจำเดือนของหน่วยงานบำรุงรักษา และผลการตรวจสอบย้อนหลัง 1 ปี ตามตารางที่ 3.25

รูปที่ 3. 42 ตัวอย่างแบบฟอร์มตรวจสอบ Transformer

GHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3. 25 ผลการตรวจสอบ Transformer ย้อนหลัง 1 ปี (ก่อนการปรับปรุง)

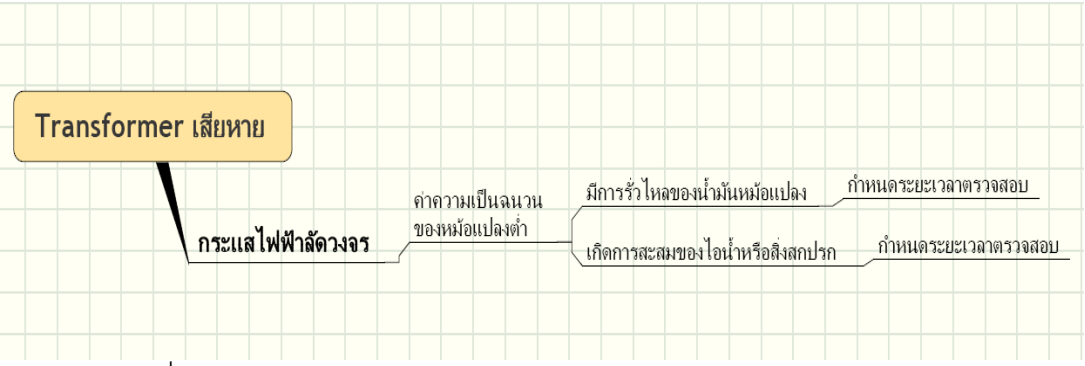
ปี (พ.ศ.)	ปริมาณน้ำมันหม้อแปลง	ค่าพารามิเตอร์ต่างๆทางไฟฟ้า
มิ.ย. 55	OK	OK
ก.ค. 55	OK	OK
ส.ค. 56	OK	OK
ก.ย. 56	OK	OK
ต.ค. 56	OK	OK

ตารางที่ 3. 25 ผลการตรวจสอบ Transformer ย้อนหลัง 1 ปี (ก่อนการปรับปรุง) (ต่อ)

ปี (พ.ศ.)	ปริมาณน้ำมันหม้อแปลง	ค่าพารามิเตอร์ต่างๆทางไฟฟ้า
พ.ย. 56	OK	OK
ธ.ค. 56	OK	OK
ม.ค. 57	OK	OK
ก.พ. 57	OK	OK
มี.ค. 57	OK	OK
เม.ย. 57	OK	OK
พ.ค. 57	OK	OK

จากข้อมูลผลการตรวจสอบ Transformer ย้อนหลัง 1 ปี ดังตารางที่ 3.25 พบว่าในช่วงระยะเวลา 1 ปี Transformer สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่มีสัญญาณของความผิดปกติ

การประชุมเพื่อวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Transformer ได้ข้อมูลดังรูปที่ 3.43 และตารางที่ 3.26 ซึ่งเมื่อพิจารณางานบำรุงรักษาเชิงป้องกันเดิมตามตารางที่ 3.24 พบว่ารายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันคือ การกำหนดระยะเวลาเพื่อเข้าไปตรวจสอบอุปกรณ์นั้นมีความถูกต้องเหมาะสมกับอุปกรณ์แล้ว



รูปที่ 3. 43 ผลการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Transformer

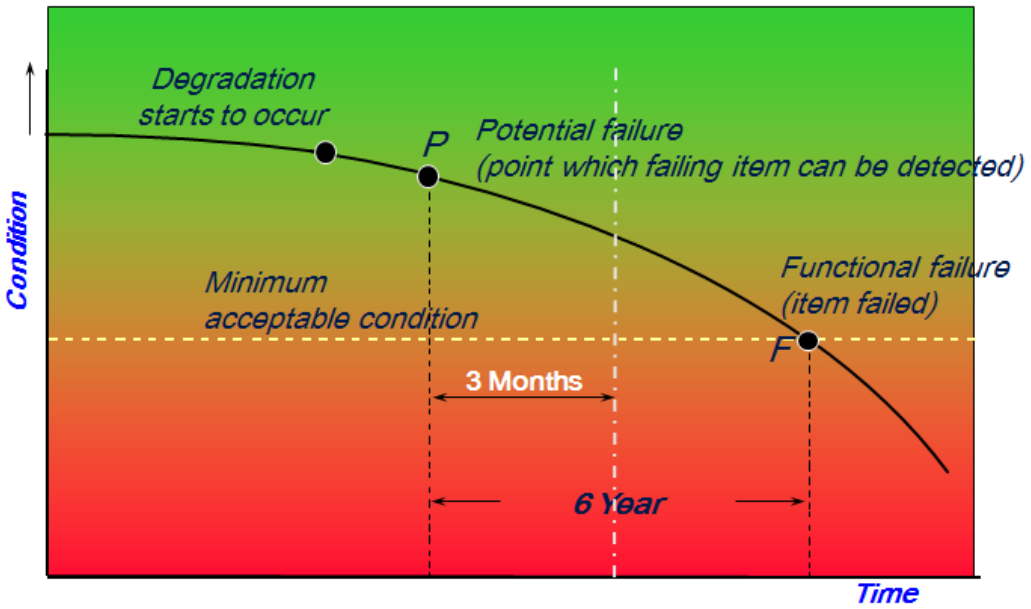
ตารางที่ 3. 26 ผลการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Transformer

Functional Failure	Failure Mode	Failure Effect	PM
Transformerเสียหาย	กระแสไฟฟ้าลัดวงจรเนื่องจากค่าความเป็นฉนวนของหม้อแปลงต่ำ เนื่องจากน้ำมันหม้อแปลงรั่วไหลออกมา	ไม่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังตู้จ่ายไฟฟ้าได้	กำหนดระยะเวลาตรวจสอบ
	กระแสไฟฟ้าลัดวงจรเนื่องจากเกิดการสะสมของไอน้ำและสิ่งสกปรก		

การพิจารณาหาความถี่ที่เหมาะสมของงานบำรุงรักษานั้น มีความจำเป็นที่จะต้องทราบค่า P-F interval คือระยะเวลาที่เหลือก่อนที่อุปกรณ์ดังกล่าวจะเกิดความเสียหาย โดยค่า P หมายถึงเวลาที่เริ่มตรวจพบความผิดปกติของอุปกรณ์ และค่า F หมายถึงระดับความรุนแรงของความผิดปกติจนส่งผลให้อุปกรณ์ดังกล่าวเกิดความเสียหาย ซึ่งระยะเวลาในการบำรุงรักษาที่เหมาะสมจะอยู่ที่ครึ่งหนึ่งของระยะเวลา P-F

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการประชุมร่วมกับผู้ที่เกี่ยวข้องเช่นหน่วยงานบำรุงรักษา หน่วยงานวิศวกรรม และหน่วยงานปฏิบัติการผลิต พบว่า อุปกรณ์ Transformer มีระยะเวลา P-F จะอยู่ที่ 6 เดือน ดังนั้นความถี่ที่เหมาะสมในการทดสอบอุปกรณ์คือทุกๆ 3 เดือน ดังรูปที่ 3.44



รูปที่ 3. 44 ระยะเวลา P-F ของ Transformer

พิจารณาค่า Maintenance Efficiency Index ของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (เดิม) ของ Transformer

- ETBF (10ปี) ค่าใช้จ่าย 300,000 บาท = 30,000 บาท/ปี

รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันปัจจุบัน

- 1M Inspection ((200*2)*4*12) = 19,200 บาท/ปี

รวม = 19,200 บาท/ปี

ถ้าดำเนินการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องแล้ว

- ETBC (20ปี) ค่าใช้จ่าย 300,000 บาท = 15,000 บาท/ปี

รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด = 15,000 บาท/ปี

พิจารณา Maintenance Efficiency Index (MEI)

- MEI [(30,000-15,000)/19,200] = 0.78

พิจารณาค่า Maintenance Efficiency Index ของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (ใหม่) ของ Transformer

- ETBF (10ปี) ค่าใช้จ่าย 300,000 บาท = 30,000 บาท/ปี

รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันปัจจุบัน

- 3M Inspection ((200*2)*4*4) = 6,400 บาท/ปี

รวม = 6,400 บาท/ปี

ถ้าดำเนินการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องแล้ว

- ETBC (20ปี) ค่าใช้จ่าย 300,000 บาท = 15,000 บาท/ปี

รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด = 15,000 บาท/ปี

พิจารณา Maintenance Efficiency Index (MEI)

- MEI [(30,000-15,000)/6,400] = 2.34

จากผลการพิจารณาพบว่าค่า MEI ของงานบำรุงรักษาเดิม(ก่อนปรับปรุง) มีค่าเท่ากับ 0.78 (<1) ซึ่งบ่งบอกว่าทำบำรุงรักษาเชิงป้องกันตามรายการดังกล่าวแล้วไม่คุ้มค่า ดังนั้นทางที่ประชุมเลยพิจารณารายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันใหม่ โดยขยายระยะเวลาในการตรวจสอบ Transformer จากเดิมทุก 1 เดือนเป็นทุก 3 เดือนแทน เนื่องจากร่วมกันพิจารณาแล้วว่าจะไม่ส่งผลกระทบต่อค่า MTBF ของอุปกรณ์ โดยค่า MEI ใหม่ มีค่าเท่ากับ 2.34 (>1) ซึ่งถือว่าเป็นการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่มีประสิทธิภาพแล้ว ดังนั้นรายการบำรุงรักษาใหม่ของ Transformer จึงเปลี่ยนเป็น 3M Inspection ดังตารางที่ 3.27

ตารางที่ 3. 27 รายการบำรุงรักษาที่เหมาะสมของ Transformer

กลุ่มอุปกรณ์	รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันใหม่
Transformer	3M Inspection

จากข้อมูลที่ได้จากการพิจารณาวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ Transformer พบว่าโอกาสในการเกิดเหตุการความผิดปกติดังกล่าวมีน้อย และผลกระทบต่อกระบวนการผลิตมีค่าน้อยกว่า 0.3 ล้านบาท ดังนั้นจึงระบุเป็นอุปกรณ์ลำดับชั้น C ดังรูปที่ 3.45

โอกาสเกิด	ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์		ลำดับชั้นของอุปกรณ์				
	เกิดเหตุการณ์บ่อย (5)	เคยเกิดเหตุการณ์มากกว่า 1 ครั้งปี ในโรงงานแห่งนี้	B	B	A	A	A
	มีโอกาสเกิดสูง (4)	เคยเกิดเหตุการณ์ในโรงงานแห่งนี้ หรือมากกว่า 1 ครั้งปี บริษัทในเครือ	B	B	A	A	A
	มีโอกาสเกิด (3)	มีโอกาสเกิดมากกว่า 1 ครั้ง ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	B	B	B	A	A
	มีโอกาสเกิดน้อย (2)	มีโอกาสเกิดในอุตสาหกรรม ปิโตรเคมีน้อย	C	B	B	B	B
	ไม่มีโอกาสเกิด (1)	ไม่มีโอกาสเกิดใน อุตสาหกรรมปิโตรเคมี	C	C	B	B	B
ผลกระทบ	ระดับความรุนแรง		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	เศรษฐศาสตร์		< 0.3 ล้านบาท	0.3 - < 3 ล้านบาท	3 - < 30 ล้านบาท	30 - < 300 ล้านบาท	≥ 300 ล้านบาท

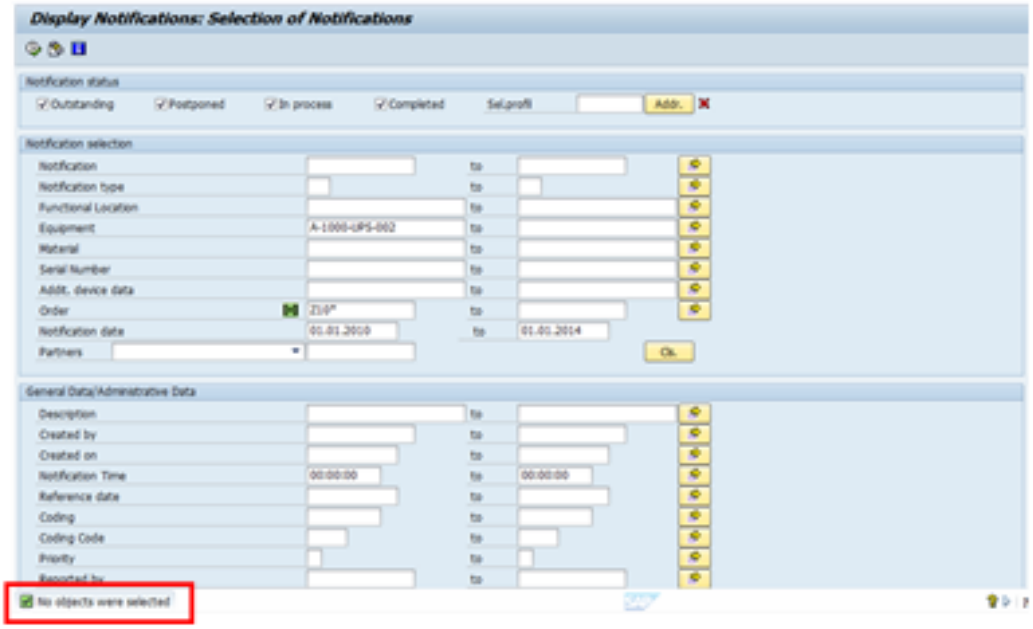
รูปที่ 3. 45 ผลการประเมินลำดับชั้นอุปกรณ์ของ Transformer

3.2.7 UPS

UPS เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จ่ายไฟฟ้าสำรองที่เก็บไว้ใน Battery ให้กับระบบควบคุมในกระบวนการผลิต ในกรณีที่ระบบไฟฟ้าขัดข้อง ดังรูปที่ 3.46

รูปที่ 3. 46 UPS

เนื่องจากระบบ SAP ได้ถูกนำมาใช้งานตั้งแต่ปี ค.ศ. 2010 จึงสามารถตรวจสอบประวัติงานซ่อมย้อนหลังได้ 4 ปี จากการตรวจสอบประวัติงานซ่อมของ UPS ในช่วงปี ค.ศ. 2010 ถึง 2014 พบว่า ไม่มีประวัติการแจ้งซ่อมของ UPS ดังรูปที่ 3.47



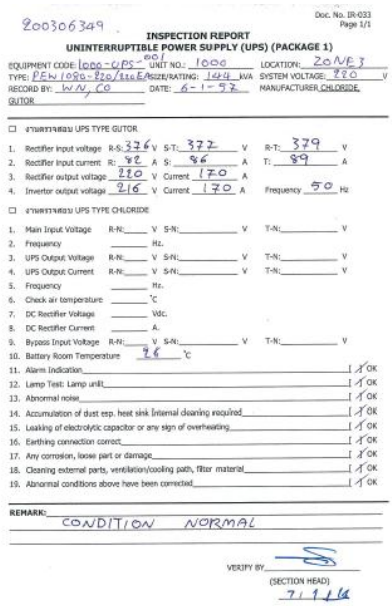
รูปที่ 3. 47 ประวัติงานซ่อมของ UPS ช่วงปี ค.ศ. 2010-2014

จากข้อมูลในระบบการบำรุงรักษาของโรงงานกรณีศึกษา 1 ปีย้อนหลัง ช่วงเดือนมิถุนายน 2556 ถึง พฤษภาคม 2557 มีข้อมูลทางสถิติที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ดังกล่าวดังตารางที่ 3.28

ตารางที่ 3. 28 ข้อมูลในระบบบำรุงรักษาของ UPS (ก่อนการปรับปรุง)

อุปกรณ์	รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	ข้อมูลบำรุงรักษาจาก SAP (1 ปีย้อนหลัง)		
		ความถี่การเสียหาย (ครั้ง)	เวลาเสียหายรวม (ชม.)	MTBF (ชม.) (240)
UPS	1M Inspection	0	0	∞

จากตารางที่ 3.28 พบว่าอุปกรณ์ไม่เคยมีประวัติการสูญเสีย จึงส่งผลให้ค่า MTBF มีค่า ∞ เมื่อพิจารณารายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของ UPS ก่อนการปรับปรุงคือ 1M Inspection โดยค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญในการตรวจสอบคือค่าแรงดันของกระแสไฟฟ้าของ UPS ต้องมีค่าแรงดันขาเข้าประมาณ 380 โวลต์ ขาออกประมาณ 220 โวล์ และอุณหภูมิของห้อง UPS รูปที่ 3.48 เป็นตัวอย่างของใบงานการตรวจสอบ UPS ประจำเดือนของหน่วยงานบำรุงรักษา และผลการตรวจสอบย้อนหลัง 1 ปี ตามตารางที่ 3.29 และรูปที่ 3.49 3.50 และ 3.51



200306349 Doc. No. IR-033 Page 1/1

INSPECTION REPORT
UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY (UPS) (PACKAGE 1)

EQUIPMENT CODE: 1000-UPS-001 UNIT NO.: 1000 LOCATION: ZONE 3
TYPE: PEW 1080-820/330E SIZE/RATING: 144 kVA SYSTEM VOLTAGE: 380 V
RECORD BY: WNY, CO DATE: 6-1-97 MANUFACTURER CHLORIDE
GUTOR

☐ ยาพพราวสลอบ UPS TYPE GUTOR

1.	Rectifier input voltage	R-S: 376 V	S-T: 377 V	R-T: 379 V
2.	Rectifier input current	R: 92 A	S: 86 A	T: 89 A
3.	Rectifier output voltage	220 V	Current 170 A	
4.	Inverter output voltage	216 V	Current 170 A	Frequency 50 Hz

☐ ยาพพราวสลอบ UPS TYPE CHLORIDE

1.	Main Input Voltage	R-N:____ V	S-N:____ V	T-N:____ V
2.	Frequency	____ Hz.		
3.	UPS Output Voltage	R-N:____ V	S-N:____ V	T-N:____ V
4.	UPS Output Current	R-N:____ V	S-N:____ V	T-N:____ V
5.	Frequency	____ Hz.		
6.	Check air temperature	____ °C		
7.	DC Rectifier Voltage	____ Vdc.		
8.	DC Rectifier Current	____ A.		
9.	Bypass Input Voltage	R-N:____ V	S-N:____ V	T-N:____ V
10.	Battery Room Temperature	26 °C		
11.	Alarm Indication			/ OK
12.	Lamp Test: Lamp unit			/ OK
13.	Abnormal noise			/ OK
14.	Accumulation of dust esp. heat sink (Internal cleaning required			/ OK
15.	Leaking of electrolytic capacitor or any sign of overheating			/ OK
16.	Earthing connection correct			/ OK
17.	Any corrosion, loose part or damage			/ OK
18.	Cleaning external parts, ventilation/cooling path, filter material			/ OK
19.	Abnormal conditions above have been corrected			/ OK

REMARK: CONDITION NORMAL

VERIFY BY: _____
(SECTION HEAD)
7/1/96

รูปที่ 3. 48 ตัวอย่างใบงานตรวจสอบ UPS

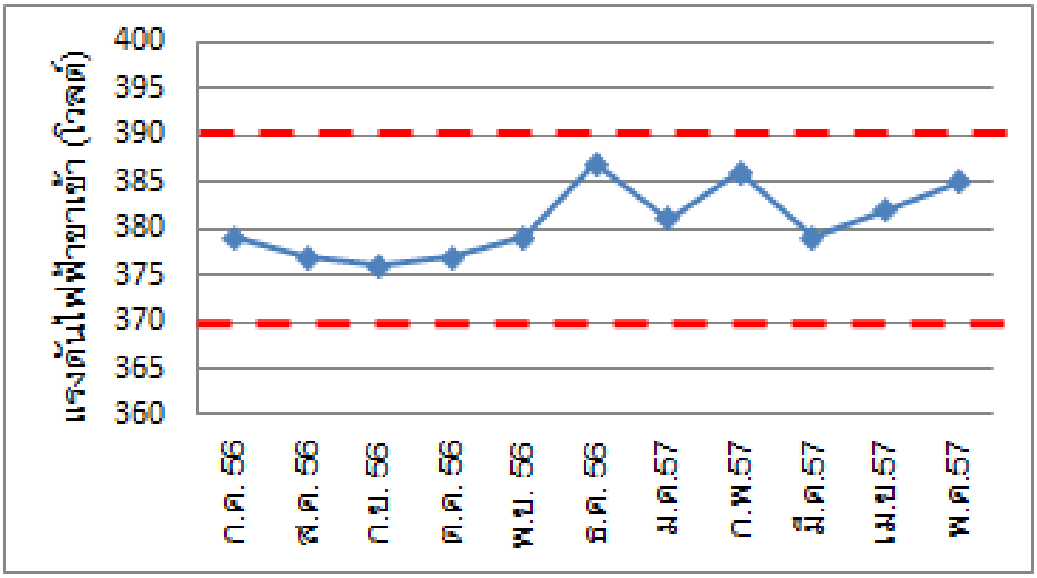
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3. 29 ผลการตรวจสอบ UPS ย้อนหลัง 1 ปี (ก่อนการปรับปรุง)

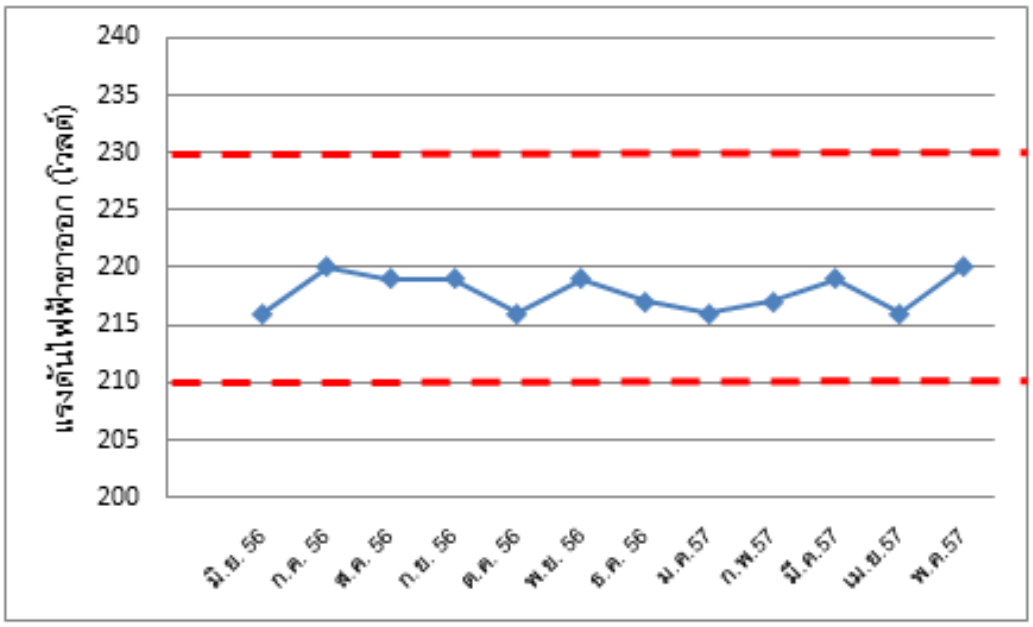
เดือน/ปี	แรงดันไฟฟ้าขาเข้า (380±10 โวลต์)	แรงดันไฟฟ้าขาออก 220±10 โวลต์)	อุณหภูมิ (25°C±2°C)
มิ.ย.-56	377	216	26°C
ก.ค.-56	379	220	26°C
ส.ค.-56	377	219	26°C
ก.ย.-56	376	219	26°C

ตารางที่ 3. 29 ผลการตรวจสอบ UPS ย้อนหลัง 1 ปี (ก่อนการปรับปรุง) (ต่อ)

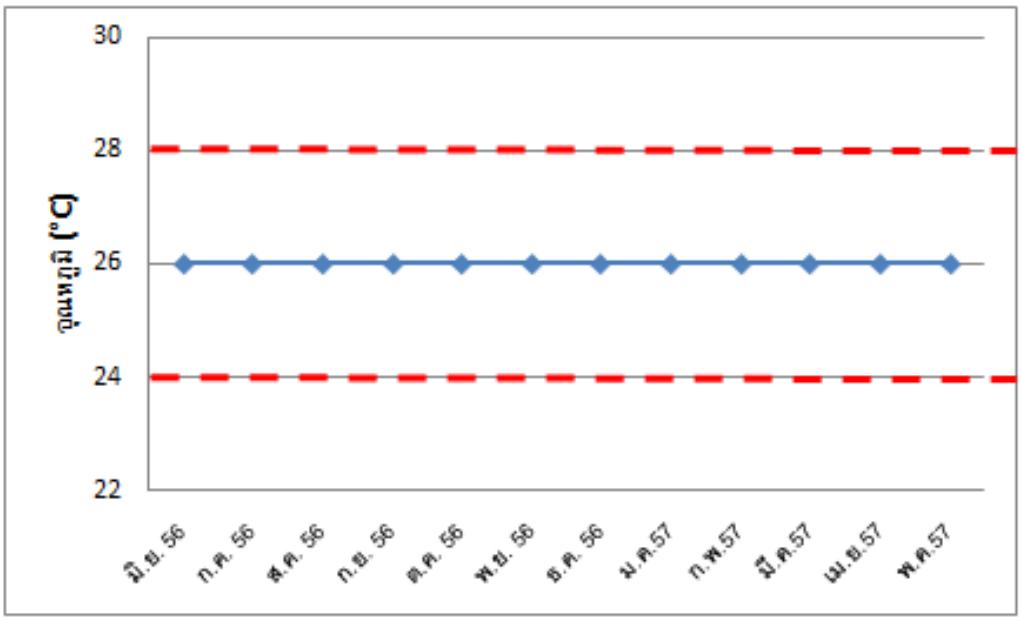
เดือน/ปี	แรงดันไฟฟ้าขาเข้า (380±10 โวลต์)	แรงดันไฟฟ้าขาออก 220±10 โวลต์)	อุณหภูมิ (25°C±2°C)
ต.ค.-56	377	216	26°C
พ.ย.-56	379	219	26°C
ธ.ค.-56	387	217	26°C
ม.ค.-57	381	216	26°C
ก.พ.-57	386	217	26°C
มี.ค.-57	379	219	26°C
เม.ย.-57	382	216	26°C
พ.ค.-57	385	220	26°C



รูปที่ 3. 49 ผลการตรวจสอบแรงดันขาเข้าของ UPS ย้อนหลัง 1 ปี



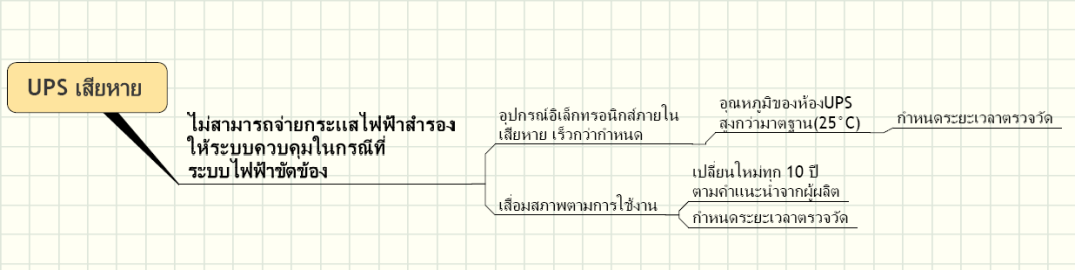
รูปที่ 3. 50 ผลการตรวจสอบแรงดันขาออกของ UPS ย้อนหลัง 1 ปี



รูปที่ 3. 51 ผลการตรวจสอบอุณหภูมิห้อง UPS ย้อนหลัง 1 ปี

จากข้อมูลผลการตรวจสอบ UPS ย้อนหลัง 1 ปี ดังตารางที่ 3.29 พบว่าในช่วงระยะเวลา 1 ปี UPS สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่มีสัญญาณของความผิดปกติ

การประชุมเพื่อวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ UPS ได้ข้อมูลดังรูปที่ 3.52 และตารางที่ 3.30 ซึ่งเมื่อพิจารณางานบำรุงรักษาเชิงป้องกันเดิมตามตารางที่ 3.28 พบว่ารายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันคือ การกำหนดระยะเวลาเพื่อเข้าไปตรวจสอบอุปกรณ์นั้นมีความถูกต้องเหมาะสมแล้ว



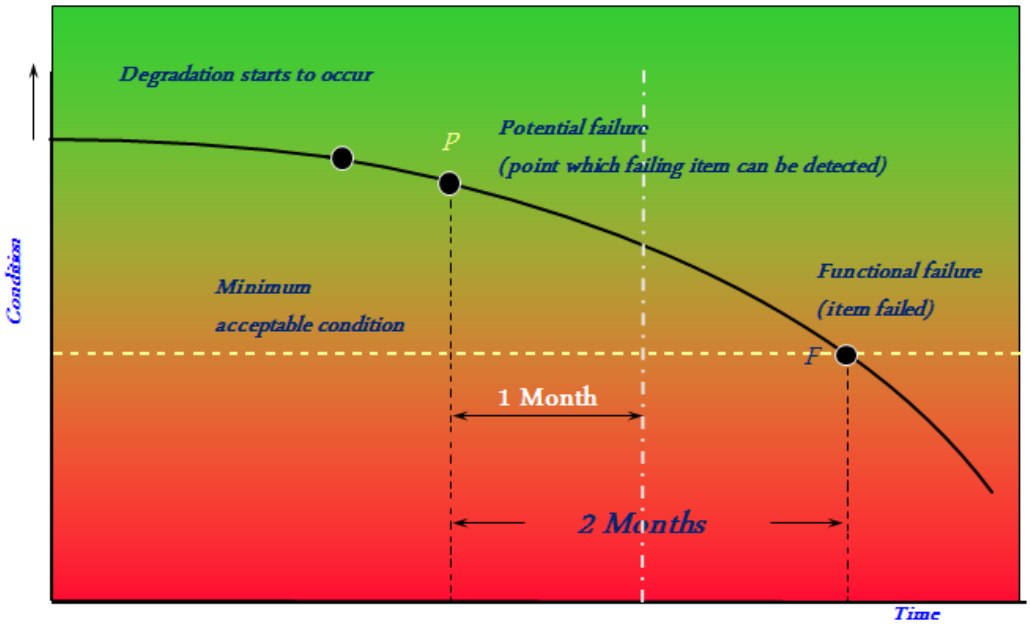
รูปที่ 3. 52 ผลการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ UPS

ตารางที่ 3. 30 ผลการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ UPS

Functional Failure	Failure Mode	Failure Effect	PM
UPS เสียหาย	อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ภายในเสียก่อนกำหนดเนื่องจากอุณหภูมิห้อง UPS มีค่าสูงกว่ามาตรฐาน	ไม่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าสำรองในกรณีที่ระบบไฟฟ้าขัดข้อง	กำหนดระยะเวลาตรวจสอบ
	เสื่อมสภาพตามอายุการใช้งาน		

การพิจารณาหาความถี่ที่เหมาะสมของงานบำรุงรักษานั้น มีความจำเป็นที่จะต้องทราบค่า P-F interval คือระยะเวลาที่เหลือก่อนที่อุปกรณ์ดังกล่าวจะเกิดความเสียหาย โดยค่า P หมายถึงเวลาที่เริ่มตรวจพบความผิดปกติของอุปกรณ์ และค่า F หมายถึงระดับความรุนแรงของความผิดปกติจนส่งผลให้อุปกรณ์ดังกล่าวเกิดความเสียหาย ซึ่งระยะเวลาในการบำรุงรักษาที่เหมาะสมจะอยู่ที่ครึ่งหนึ่งของระยะเวลา P-F

จากการประชุมร่วมกับผู้ที่เกี่ยวข้องเช่นหน่วยงานบำรุงรักษา หน่วยงานวิศวกรรม และหน่วยงานปฏิบัติการผลิต พบว่า อุปกรณ์ UPS มีระยะเวลา P-F จะอยู่ที่ 2 เดือน ดังนั้น ความถี่ที่เหมาะสมในการทดสอบอุปกรณ์คือทุกๆ 1 เดือน ดังรูปที่ 3.53



รูปที่ 3. 53 ระยะเวลา P-F ของ UPS

พิจารณาค่า Maintenance Efficiency Index ของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (เดิม) ของ UPS

- ETBF (2ปี) ค่าใช้จ่าย 500,000 บาท = 250,000 บาท/ปี

รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันปัจจุบัน

- 1M Inspection ((200*2)*4*12) = 19,200 บาท/ปี
- 8Y Replace Electronics Parts (500,000) = 62,500 บาท/ปี

รวม = 81,700 บาท/ปี

ถ้าดำเนินการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องแล้ว

- ETBC (6ปี) ค่าใช้จ่าย 500,000 บาท = 83,333 บาท/ปี

รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด = 83,333 บาท/ปี

พิจารณา Maintenance Efficiency Index (MEI)

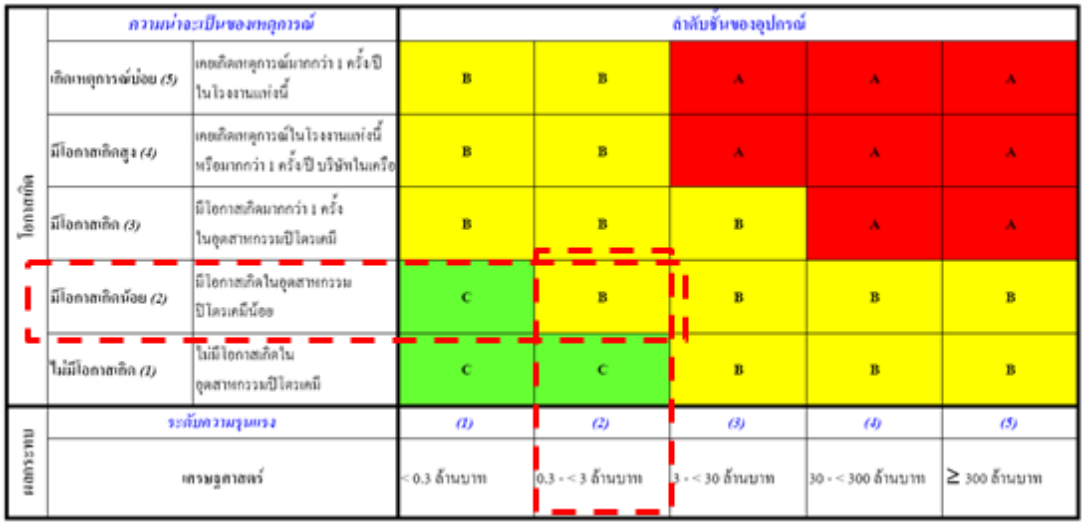
- MEI [(250,000-83,333)/81,700] = 2.04

จากกรณีที่รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเดิมนั้นเป็นการตรวจสอบทุก 1 เดือน ได้ค่า MEI เท่ากับ 2.04 (มีค่า > 1) ซึ่งถือว่าเป็นการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่มีประสิทธิภาพแล้ว ดังนั้นในกลุ่มอุปกรณ์ UPS จึงยังคงใช้แผนงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันเดิมคือตรวจสอบทุก 1 เดือน ดังตารางที่ 3.31

ตารางที่ 3. 31 รายการบำรุงรักษาที่เหมาะสมของ UPS

กลุ่มอุปกรณ์	รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันใหม่
UPS	1M Inspection

จากข้อมูลที่ได้จากการพิจารณาวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ UPS พบว่าโอกาสในการเกิดเหตุการความผิดปกติดังกล่าวมีน้อย แต่ผลกระทบต่อกระบวนการผลิตมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.3-3 ล้านบาท ดังนั้น UPS จึงควรเป็นอุปกรณ์ที่อยู่ในลำดับชั้น B ดังรูปที่ 3.54



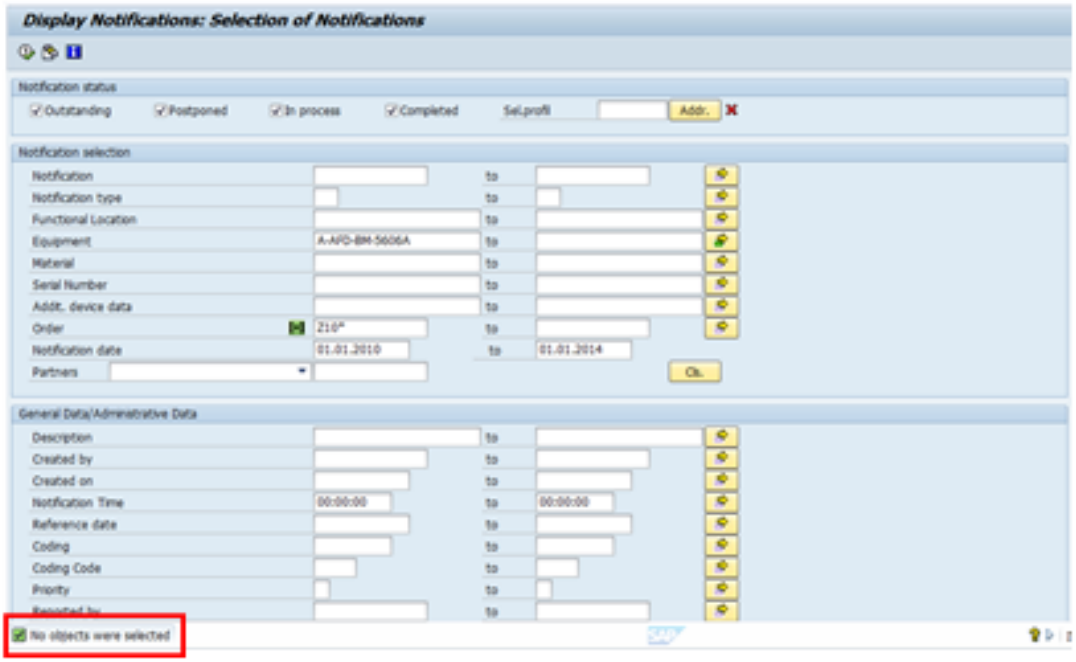
รูปที่ 3. 54 ผลการประเมินลำดับชั้นอุปกรณ์ของ UPS

3.2.8 VSD

VSD เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้า เพื่อให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิต ดังรูปที่ 3.55

รูปที่ 3. 55 VSD

เนื่องจากระบบ SAP ได้ถูกนำมาใช้งานตั้งแต่ปี ค.ศ. 2010 จึงสามารถตรวจสอบประวัติงานซ่อมย้อนหลังได้ 4 ปี จากการตรวจสอบประวัติงานซ่อมของ VSD ในช่วงปี ค.ศ. 2010 ถึง 2014 พบว่า ไม่มีประวัติการแจ้งซ่อมของ VSD ดังรูปที่ 3.56



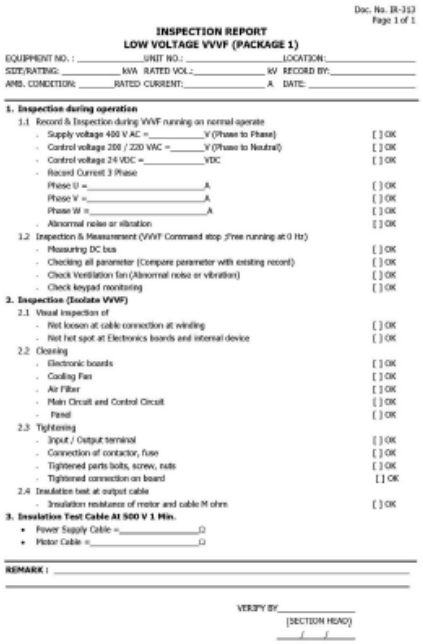
รูปที่ 3. 56 ประวัติงานซ่อมของ VSD ช่วงปี ค.ศ. 2010-2014

จากข้อมูลในระบบการบำรุงรักษาของโรงงานกรณีศึกษา 1 ปีย้อนหลัง ช่วงเดือน มิถุนายน 2556 ถึง พฤษภาคม 2557 มีข้อมูลทางสถิติที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ดังกล่าวดังตารางที่ 3.32

ตารางที่ 3. 32 ข้อมูลในระบบบำรุงรักษาของ VSD (ก่อนการปรับปรุง)

อุปกรณ์	รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	ข้อมูลบำรุงรักษาจาก SAP (1 ปีย้อนหลัง)		
		ความถี่การเสียหาย (ครั้ง)	เวลาเสียหายรวม (ชม.)	MTBF (ชม.) (240)
VSD	1Y Inspection	0	0	∞

จากตารางที่ 3.32 พบว่าอุปกรณ์ไม่เคยมีประวัติการสูญเสีย จึงส่งผลให้ค่า MTBF มีค่า ∞ เมื่อพิจารณารายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของ VSD ก่อนการปรับปรุงคือ 1Y รูปที่ 3.57 เป็นตัวอย่างของใบงานการตรวจสอบ VSD ประจำปีของหน่วยงานบำรุงรักษา และผลการตรวจสอบย้อนหลัง 5 ปี ตามตารางที่ 3.33 และรูปที่ 3.58 และ 3.59



Doc. No. IR-313
Page 1 of 1

INSPECTION REPORT
LOW VOLTAGE VVVF (PACKAGE 1)

EQUIPMENT NO. : _____ UNIT NO. : _____ LOCATION: _____
SIZE/RATING: _____ kVA RATED VOL.: _____ kV RECORD BY: _____
AMB. CONDITION: _____ RATED CURRENT: _____ A DATE: _____

1. Inspection during operation

1.1 Record & Inspection during VVVF running on normal operate
- Supply voltage 400 V AC = _____ V (Phase to Phase) [ ] OK
- Control voltage 200 / 220 VAC = _____ V (Phase to Neutral) [ ] OK
- Control voltage 24 VDC = _____ VDC [ ] OK
- Record Current 3 Phase
  - Phase U = _____ A [ ] OK
  - Phase V = _____ A [ ] OK
  - Phase W = _____ A [ ] OK
- Abnormal noise or vibration [ ] OK

1.2 Inspection & Measurement (VVVF Command stop ;Free running at 0 Hz)
- Measuring DC bus [ ] OK
- Checking all parameter (Compare parameter with existing record) [ ] OK
- Check Ventilation fan (Abnormal noise or vibration) [ ] OK
- Check keypad monitoring [ ] OK

2. Inspection (Isolate VVVF)

2.1 Visual inspection of
- Not loosen at cable connection at winding [ ] OK
- Not hot spot at Electronics boards and internal device [ ] OK

2.2 Cleaning
- Electronic boards [ ] OK
- Cooling Fan [ ] OK
- Air Filter [ ] OK
- Main Circuit and Control Circuit [ ] OK
- Panel [ ] OK

2.3 Tightening
- Input / Output terminal [ ] OK
- Connection of contactor, fuse [ ] OK
- Tightened parts bolts, screw, nuts [ ] OK
- Tightened connection on board [ ] OK

2.4 Insulation test at output cable
- Insulation resistance of motor and cable M ohm [ ] OK

3. Insulation Test Cable At 500 V 1 Min.
- Power Supply Cable = _____ Ω
- Motor Cable = _____ Ω

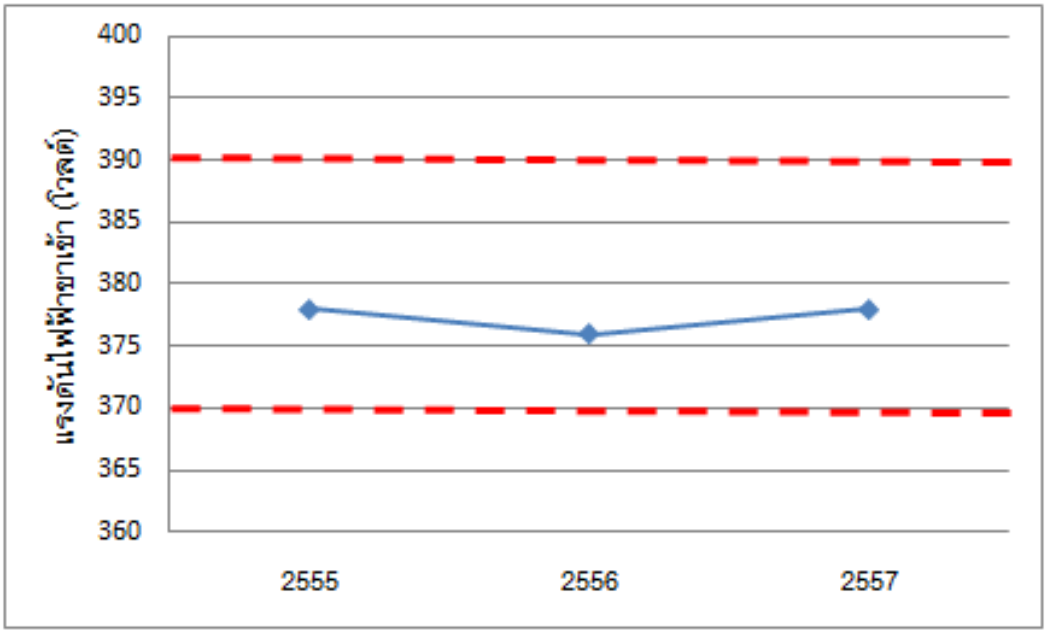
REMARK : _____

VERIFY BY: _____
(SECTION HEAD)
_____ / _____ / _____

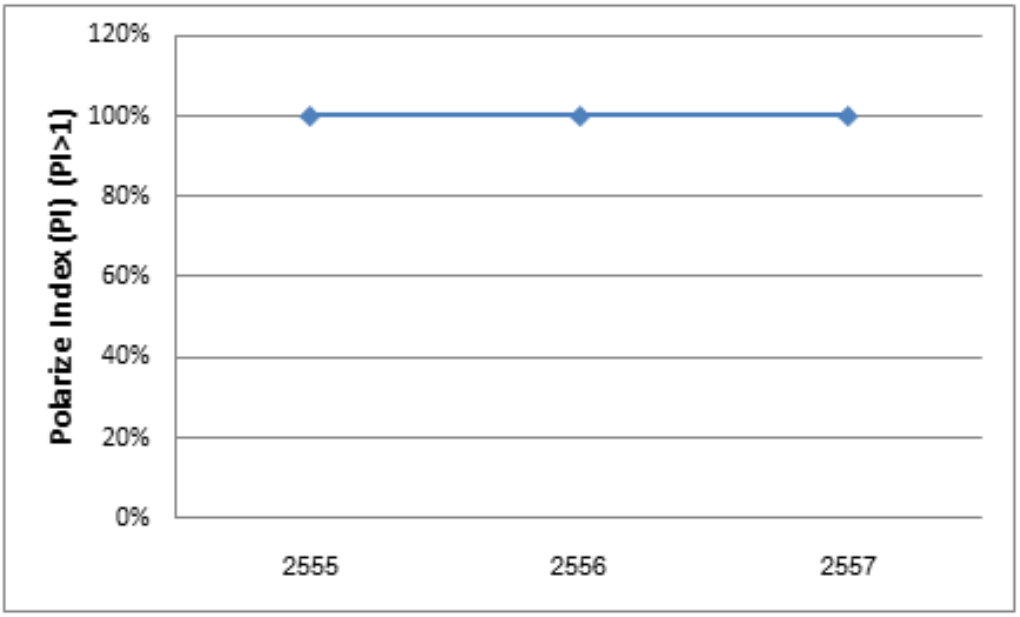
รูปที่ 3. 57 ตัวอย่างใบงานตรวจสอบ VSD

ตารางที่ 3. 33 ผลการตรวจสอบ VSD ย้อนหลัง 3 ปี (ก่อนการปรับปรุง)

เดือน/ปี	แรงดันไฟฟ้าขาเข้า (380±10 โวลต์)	ค่า Polarize Index ของ Motor (PI) (PI>1)	อุณหภูมิ (25°C±2°C)
2555	378	100%	26°C
2556	376	100%	26°C
2557	378	100%	26°C



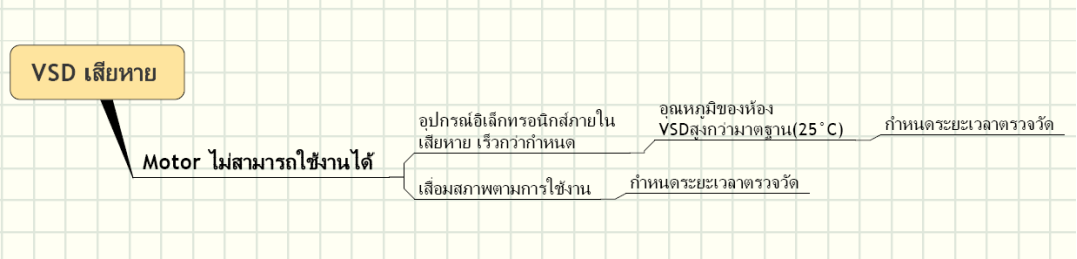
รูปที่ 3. 58 ผลการตรวจสอบแรงดันขาเข้าของ VSD ย้อนหลัง 3 ปี



รูปที่ 3. 59 ผลการตรวจสอบค่า PI ย้อนหลัง 3 ปี

จากข้อมูลผลการตรวจสอบ VSD ย้อนหลัง 3 ปี ดังตารางที่ 3.33 พบว่าในช่วงระยะเวลา 3 ปี VSD สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่มีสัญญาณของความผิดปกติ

การประชุมเพื่อวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ VSD ได้ข้อมูลดังรูปที่ 3.60 และตารางที่ 3.34 ซึ่งเมื่อพิจารณางานบำรุงรักษาเชิงป้องกันเดิมตามตารางที่ 3.32 พบว่ารายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันคือ การกำหนดระยะเวลาเพื่อเข้าไปตรวจสอบอุปกรณ์นั้นมีความถูกต้องเหมาะสมแล้ว



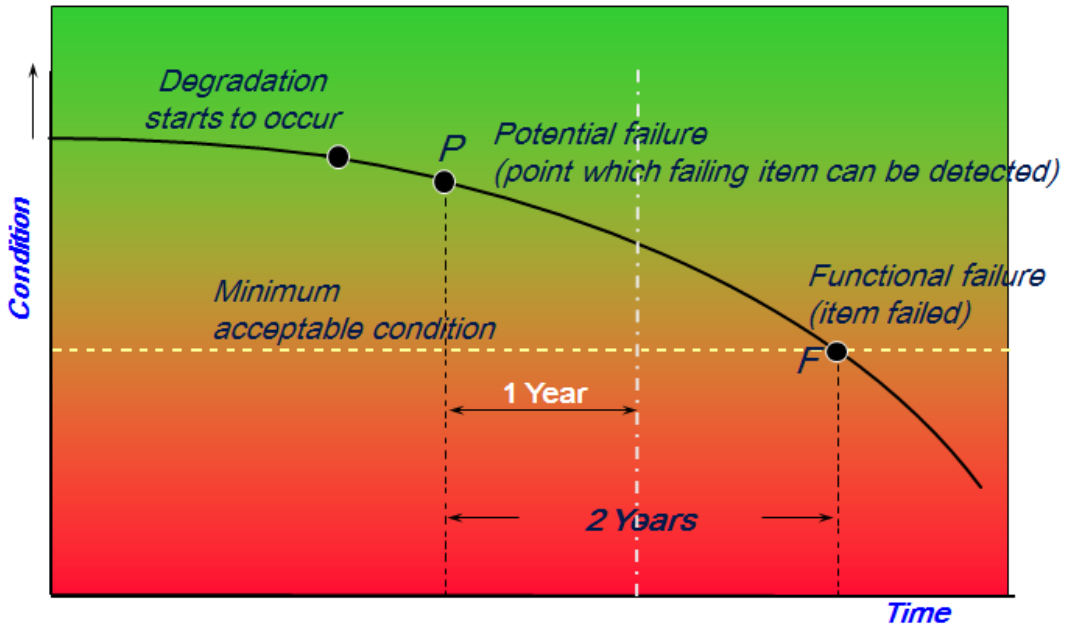
รูปที่ 3. 60 ผลการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ VSD

ตารางที่ 3. 34 ผลการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ VSD

Functional Failure	Failure Mode	Failure Effect	PM
VSD เสียหาย	อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ภายในเสียก่อนกำหนด เนื่องจากอุณหภูมิห้อง VSD มีค่าสูงกว่ามาตรฐาน	Motor ที่ควบคุมความเร็วรอบไม่สามารถใช้งานได้	กำหนดระยะเวลาตรวจสอบ
	เสื่อมสภาพตามอายุการใช้งาน		

การพิจารณาหาความถี่ที่เหมาะสมของงานบำรุงรักษานั้น มีความจำเป็นที่จะต้องทราบค่า P-F interval คือระยะเวลาที่เหลือก่อนที่อุปกรณ์ดังกล่าวจะเกิดความเสียหาย โดยค่า P หมายถึงเวลาที่เริ่มตรวจพบความผิดปกติของอุปกรณ์ และค่า F หมายถึงระดับความรุนแรงของความผิดปกติจนส่งผลให้อุปกรณ์ดังกล่าวเกิดความเสียหาย ซึ่งระยะเวลาในการบำรุงรักษาที่เหมาะสมจะอยู่ที่ครึ่งหนึ่งของระยะเวลา P-F

จากการประชุมร่วมกับผู้ที่เกี่ยวข้องเช่นหน่วยงานบำรุงรักษา หน่วยงานวิศวกรรม และหน่วยงานปฏิบัติการผลิต พบว่า อุปกรณ์ VSD มีระยะเวลา P-F จะอยู่ที่ 2 ปี ดังนั้นความถี่ที่เหมาะสมในการทดสอบอุปกรณ์คือทุกๆ 1 ปี ดังรูปที่ 3.61



รูปที่ 3. 61 ระยะเวลา P-F ของ VSD

พิจารณาค่า Maintenance Efficiency Index ของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (เดิม) ของ VSD

- ETBF (2ปี) ค่าใช้จ่าย 100,000 บาท = 50,000 บาท/ปี

รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันปัจจุบัน

- 1Y Inspection ((200*2)*4*1) = 1,600 บาท/ปี

รวม = 1,600 บาท/ปี

ถ้าดำเนินการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องแล้ว

- ETBC (4ปี) ค่าใช้จ่าย 100,000 บาท = 25,000 บาท/ปี

รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด = 25,000 บาท/ปี

พิจารณา Maintenance Efficiency Index (MEI)

- MEI [(50,000-25,000)/1,600] = 15.62

จากกรณีที่รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเดิมนั้นเป็นการตรวจสอบทุก 1 ปี ได้ค่า MEI เท่ากับ 15.62 (มีค่า > 1) ซึ่งถือว่าเป็นการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่มีประสิทธิภาพแล้ว ดังนั้นในกลุ่มอุปกรณ์ VSD จึงยังคงใช้แผนงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันเดิมคือตรวจสอบทุก 1 ปี ดังตารางที่ 3.35

ตารางที่ 3. 35 รายการบำรุงรักษาที่เหมาะสมของ VSD

กลุ่มอุปกรณ์	รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันใหม่
VSD	1Y Inspection

จากข้อมูลที่ได้จากการพิจารณาวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบของ VSD พบว่าโอกาสในการเกิดเหตุการความผิดปกติดังกล่าวมีน้อย และผลกระทบต่อกระบวนการผลิตมีค่าน้อยกว่า 0.3 ล้านบาท ดังนั้นจึงระบุเป็นอุปกรณ์ลำดับชั้น C ดังรูปที่ 3.62

โอกาสเกิด	ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์		ลำดับชั้นของอุปกรณ์				
	เกิดเหตุการณ์บ่อย (5)	เคยเกิดเหตุการณ์มากกว่า 1 ครั้งปีในโรงงานแห่งนี้	B	B	A	A	A
	มีโอกาสเกิดสูง (4)	เคยเกิดเหตุการณ์ในโรงงานแห่งนี้หรือมากกว่า 1 ครั้งปี บริษัทในเครือ	B	B	A	A	A
	มีโอกาสเกิด (3)	มีโอกาสเกิดมากกว่า 1 ครั้งในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	B	B	B	A	A
	มีโอกาสเกิดน้อย (2)	มีโอกาสเกิดในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีน้อย	C	B	B	B	B
	ไม่มีโอกาสเกิด (1)	ไม่มีโอกาสเกิดในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	C	C	B	B	B
ผลกระทบ	ระดับความรุนแรง		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	เศรษฐศาสตร์		< 0.3 ล้านบาท	0.3 - < 3 ล้านบาท	3 - < 30 ล้านบาท	30 - < 300 ล้านบาท	≥ 300 ล้านบาท

รูปที่ 3. 62 ผลการประเมินลำดับชั้นอุปกรณ์ของ VSD

บทที่ 4
ผลการดำเนินการวิจัย

จากการทำการวิจัยในบทที่ 3 ได้ผลดำเนินการเป็นรายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันโดยผ่านกระบวนการการบำรุงรักษามุ่งความน่าเชื่อถือสู่ศูนย์กลางของแต่ละกลุ่มอุปกรณ์ ข้อมูลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4. 1 รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันใหม่ในแต่ละกลุ่มอุปกรณ์

ลำดับที่	ประเภทของอุปกรณ์	รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันใหม่
1.	Battery	3M Inspection
2.	Bus Duct	4Y Inspection
3.	Electric Heater	1Y Inspection
4.	Motor	1Y Inspection
5.	Switchgear	1Y Inspection
6.	Transformer	3M Inspection
7.	UPS	1M Inspection
8.	Vary Speed Drive	1Y Inspection

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เปรียบเทียบรายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันระหว่างก่อนทำการวิจัยและหลังทำการวิจัยได้ผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4. 2 เปรียบเทียบรายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันระหว่างก่อนและหลังดำเนินการวิจัย

ลำดับที่	ประเภทของอุปกรณ์	จำนวนอุปกรณ์	รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเดิม	รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันใหม่
1.	Battery	1	1M Inspection	3M Inspection
2.	Bus Duct	12	1Y Inspection	4Y Inspection
3.	Electric Heater	3	1Y Inspection	1Y Inspection

ตารางที่ 4. 2 เปรียบเทียบรายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันระหว่างก่อนและหลังดำเนินการวิจัย (ต่อ)

ลำดับที่	ประเภทของอุปกรณ์	จำนวนอุปกรณ์	รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเดิม	รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันใหม่
4.	Motor	220	6M Inspection	1Y Inspection
5.	Switchgear	364	1Y Inspection	1Y Inspection
6.	Transformer	12	1M Inspection	3M Inspection
7.	UPS	1	1M Inspection	1M Inspection
8.	Vary Speed Drive	3	1Y Inspection	1Y Inspection

จากข้อมูลตามตารางที่ 4.2 คำนวนหาปริมาณงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันทั้งหมดใน 1 ปี ของแต่ละกลุ่มอุปกรณ์ ก่อนการปรับปรุง ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4. 3 ปริมาณงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันใน 1 ปีของแต่ละกลุ่มอุปกรณ์ก่อนการปรับปรุง

ลำดับที่	ประเภทของอุปกรณ์	จำนวนอุปกรณ์	รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเดิม	จำนวนงานรวมในรอบ 1 ปี
1.	Battery	1	1M Inspection	12
2.	Bus Duct	12	1Y Inspection	12
3.	Electric Heater	3	1Y Inspection	3
4.	Motor	220	6M Inspection	440
5.	Switchgear	364	1Y Inspection	364
6.	Transformer	12	1M Inspection	144
7.	UPS	1	1M Inspection	12
8.	Vary Speed Drive	3	1Y Inspection	3
รวม				990

ดังนั้นปริมาณงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันรวมในรอบ 1 ปีของ 8 กลุ่มอุปกรณ์ก่อนการปรับปรุงจะมีจำนวน 990 งาน ข้อมูลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4. 4 ปริมาณงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันรวมในรอบ 1 ปี (ก่อนปรับปรุง)

	จำนวนงานรวมในรอบ 1 ปี (8 กลุ่มอุปกรณ์)
ก่อนการปรับปรุง	990

จากข้อมูลตามตารางที่ 4.2 คำนวนหาปริมาณงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันทั้งหมดใน 1 ปีของแต่ละกลุ่มอุปกรณ์ หลังการปรับปรุง ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4. 5 ปริมาณงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันใน 1 ปีของแต่ละกลุ่มอุปกรณ์หลังการปรับปรุง

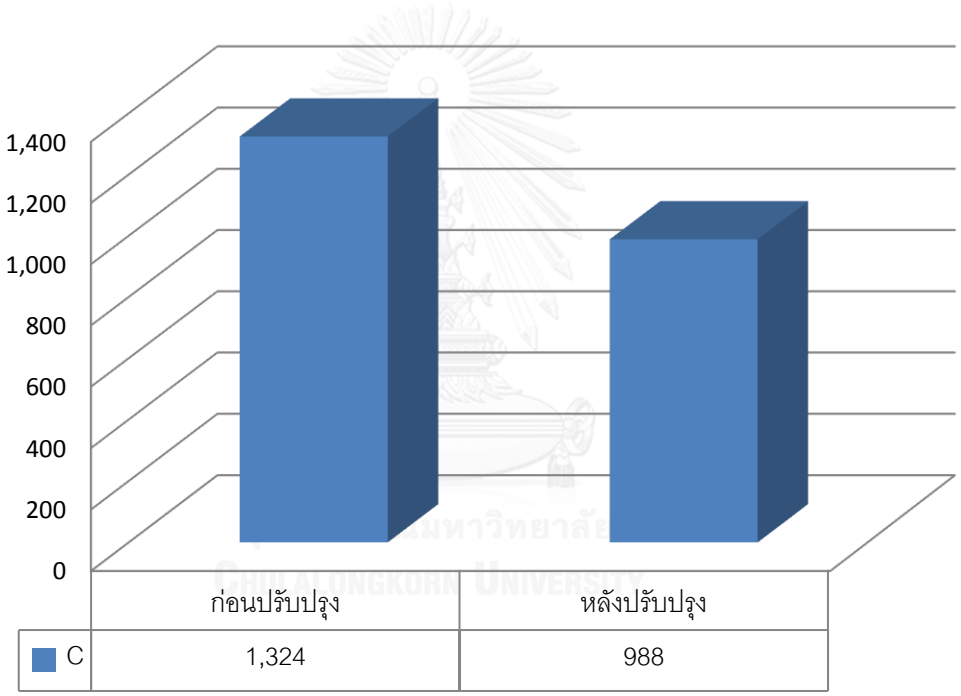
ลำดับที่	ประเภทของอุปกรณ์	จำนวนอุปกรณ์	รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเดิม	จำนวนงานรวมในรอบ 1 ปี
1.	Battery	1	3M Inspection	4
2.	Bus Duct	12	4Y Inspection	0
3.	Electric Heater	3	1Y Inspection	3
4.	Motor	220	1Y Inspection	220
5.	Switchgear	364	1Y Inspection	364
6.	Transformer	12	3M Inspection	48
7.	UPS	1	1M Inspection	12
8.	Vary Speed Drive	3	1Y Inspection	3
รวม				654

ดังนั้นปริมาณงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันรวมในรอบ 1 ปีของ 8 กลุ่มอุปกรณ์หลังการปรับปรุงจะมีจำนวน 874 งาน ข้อมูลดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4. 6 ปริมาณงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันรวมในรอบ 1 ปี (หลังปรับปรุง)

	จำนวนงานรวมในรอบ 1 ปี (8 กลุ่มอุปกรณ์)
หลังการปรับปรุง	654

จากข้อมูลดังตารางที่ 4.4 และ 4.6 เปรียบเทียบปริมาณงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันก่อนและหลังปรับปรุงพบว่าหลังการปรับปรุงสามารถลดปริมาณงานบำรุงรักษาเชิงป้องได้จำนวน 344 รายการ ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4. 1 เปรียบเทียบปริมาณงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันก่อนและหลังปรับปรุง

หลังจากได้รายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันชุดใหม่ ได้นำมาใช้งานในช่วงเดือนมิถุนายน 2557 และได้ทำการเก็บค่า MTBF เป็นลักษณะรอบปีโดยข้อมูลตั้งแต่เดือน กันยายน 2556 จนถึง กันยายน 2557 พบว่าค่า MTBF ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากเดิม ดังสมการที่ 4-1 โดยหลักการคำนวน MTBF นั้นคิดมาจาก

$$MTBF = T/R \quad (4\text{-}1)$$

กำหนดให้ MTBF = ระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหายของเครื่องจักร

T = ระยะเวลาการปฏิบัติงานของเครื่องทั้งหมด

R = จำนวนครั้งที่เกิดเหตุขัดข้อง

หรือระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหายของอุปกรณ์หรือเครื่องจักร
= (เวลาในการทำงานของเครื่องจักร / จำนวนครั้งที่เกิดเหตุการขัดข้อง)

ตารางที่ 4. 7 ค่า MTBF ของแต่ละกลุ่มอุปกรณ์ในช่วง ก.ย. 2556 จนถึง ก.ย. 2557

Equipment Type	MTBF (ก่อนปรับปรุง) (Year to Date)	MTBF (หลังปรับปรุง) (Year to Date)	MTBF Target (Year to Date)
Battery	∞	∞	240
Bus Duct	∞	∞	240
Electric Heater	∞	∞	240
Motor	660	660	240
Switchgear	∞	∞	240
Transformer	∞	∞	240
UPS	∞	∞	240
Vary Speed Drive	∞	∞	240

จากข้อมูลตามตารางที่ 4.7 พบว่ารายการบำรุงรักษาเชิงป้องกันใหม่นั้น ไม่ส่งผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ เนื่องจากค่า MTBF ของอุปกรณ์หลังการปรับปรุงมีค่าไม่น้อยกว่าค่า MTBF ก่อนการปรับปรุง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลการดำเนินการวิจัยนี้ส่งผลให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา 537,600 บาท (ค่าแรงโดยเฉลี่ยของเจ้าหน้าที่หน่วยงานซ่อมบำรุงชั่วโมงละ 200 บาท/คน) และเพิ่มเวลาของเจ้าหน้าที่หน่วยงานบำรุงรักษาในการปฏิบัติงานฉุกเฉินต่างๆได้ 1,344 ชั่วโมง ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4. 8 ผลประโยชน์ที่ได้รับหลังการปรับปรุง

งานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	Man Hour/Year (ชั่วโมง)	Maintenance Cost/Year (บาท)
ก่อนการปรับปรุง	5,296	2,118,400
หลังปรับปรุง	3,952	1,580,800
ผลการปรับปรุง	1,344	537,600

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

กระบวนการบำรุงรักษามุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางนั้น ส่วนใหญ่จะนำมาใช้ปรับปรุงค่า MTBF ของอุปกรณ์ ในกลุ่มของอุปกรณ์ที่มีความสำคัญและมีความซับซ้อนมาก เพื่อค้นหารายการความเสี่ยงต่างๆที่จะส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์ และหามาตรการในการป้องกัน แต่งานวิจัยนี้จะนำเสนออีกมุมมองนึงของกระบวนการบำรุงรักษามุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลางว่าสามารถพิจารณาในด้านค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาที่มีประสิทธิภาพ เพื่อเพิ่มเวลาในการปฏิบัติงานของจ้าหน้าที่บำรุงรักษาได้ โดยจะพิจารณาเฉพาะอุปกรณ์ที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตเท่านั้น จะไม่พิจารณาอุปกรณ์ที่ส่งผลกระทบต่อ กฎหมาย สิ่งแวดล้อม และความปลอดภัย และได้รับประโยชน์ในทางอ้อมอีกด้านหนึ่งคือ ทำให้ผู้เข้าร่วมได้เข้าใจการทำงานของอุปกรณ์ กระบวนการผลิต มากยิ่งขึ้น

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เกิดจากปัญหาข้อสงสัยเกี่ยวกับจำนวนงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของอุปกรณ์ไฟฟ้า ลำดับชั้น C ที่มีจำนวนมากกว่ากลุ่มอุปกรณ์อื่น จึงได้นำกระบวนการการบำรุงรักษามุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง เข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยแบ่งขั้นตอนในการดำเนินการออกเป็น รวบรวมรายการอุปกรณ์ จัดกลุ่มอุปกรณ์พิจารณาตามกระบวนการการบำรุงรักษามุ่งความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง นำผลที่ได้มาปรับปรุงและวัดผลการปรับปรุง โดยข้อสรุปที่ได้จากงานวิจัยในครั้งนี้ภายหลังจากการปรับปรุงมีดังนี้

5.1.1 จำนวนงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

สามารถลดจำนวนงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันในกลุ่มอุปกรณ์ไฟฟ้า ลำดับชั้น C ได้ทั้งหมด 336 รายการ โดยก่อนปรับปรุงมีจำนวนทั้งหมด 990 รายการ และหลังการปรับปรุงมีจำนวนทั้งหมด 654 รายการ

5.1.2 ค่าความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์

จากข้อมูลหลังการปรับปรุงพบว่า ไม่ส่งผลกระทบต่อค่า MTBF ของอุปกรณ์ โดยยังคงมีจำนวนเท่าเดิมเมื่อเทียบกับช่วงก่อนปรับปรุง

5.1.3 ชั่วโมงการทำงานของเจ้าที่หน่วยงานบำรุงรักษา

สามารถลดจำนวนชั่วโมงการทำงานของเจ้าหน้าที่หน่วยงานบำรุงรักษาได้ 1,344 ชั่วโมง โดยก่อนปรับปรุงมีจำนวนทั้งหมด 5,296 ชั่วโมง และหลังการปรับปรุงมีจำนวนทั้งหมด 3,952 ชั่วโมง

5.1.4 ค่าใช้จ่ายประจำปีของหน่วยงานบำรุงรักษา

สามารถลดค่าใช้จ่ายในงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันลงได้ประมาณ 537,600 บาทต่อปี โดยก่อนปรับปรุงมีจำนวนค่าใช้จ่ายทั้งหมดประมาณ 2,118,400 บาท และหลังการปรับปรุงมีจำนวนค่าใช้จ่ายทั้งหมดประมาณ 1,580,800 บาท

จากข้อมูลสรุปผลการวิจัยดังหัวข้อที่ 5.1.1-5.1.4 สามารถสรุปผลการปรับปรุงทั้งหมด ดังตารางที่ 5.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 5. 1 สรุปผลที่ได้จากการวิจัย

งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของกลุ่มอุปกรณ์ไฟฟ้า	จำนวนงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ชั้น C	ค่าเฉลี่ยของ MTBF ของอุปกรณ์ที่ทำการวิจัย	Man Hour/Year (ชั่วโมง)	Maintenance Cost/Year (บาท)
ก่อนการปรับปรุง	1,324	∞	5,296	2,118,400
หลังปรับปรุง	988	∞	3,952	1,580,800
ผลการปรับปรุง	336	-	1,344	537,600

5.2 **ข้อเสนอแนะ**

1. ผู้เข้าร่วมประชุม จะต้องเป็นผู้ที่มีประสบการณ์สูง เพื่อให้ข้อมูลที่ได้รับนั้นมีความถูกต้อง จึงจะส่งผลให้ผลการวิเคราะห์มีประสิทธิภาพสูงสุด

2. ในการดำเนินการวิจัย จะต้องได้รับความร่วมมือจากสมาชิกที่เข้าร่วมเป็นอย่างดี เนื่องจากต้องอาศัยข้อมูลหลายด้าน เช่นในด้านกระบวนการผลิต ด้านงานบำรุงรักษา ด้านวิศวกรรม รวมถึงด้านความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม

3. หน้าที่รับผิดชอบของผู้ดำเนินการวิจัย เป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วง เนื่องจากสามารถดำเนินการนำผลลัพธ์ที่ได้มาทำการปรับปรุงในระบบ โดยไม่ติดปัญหาใด

Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

โกศีล ดีศีลธรรม (2547). "การจัดการบำรุงรักษาสำหรับงานอุตสาหกรรม." เทคโนโลยีอุตสาหกรรม **18**: 94-98.

โกศีล ดีศีลธรรม (2548). "บทบาทปัจจัยความน่าเชื่อถือในงานบำรุงรักษา." ไฟฟ้าและอุตสาหกรรม **15**: 94-98.

สมภพ ตลับแก้ว (2550). "การบำรุงรักษาเครื่องจักรกลบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ." วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ: 72-74.

Donald C. Johnston (2002). "Measuring RCM Implementation."

Howard W. Penrose (2003). "Estimating Motor Life Using Motor Circuit Analysis Predictive Measurements."

Howard W. Penrose (2005). "RCM-Based Motor Management."

John Moubray (1997). RCM II Reliability-centered Maintenance.

Lina Bertling (2005). "On evaluation of RCM for maintenance management of electric power system."

Shell Global Solution (2004). Risk & Reliability Management (RRM).

Yu Chen and Tao Zhang (2012). "Application & Development of Reliability-Centered Maintenance (RCM) in China's Nuclear Energy Field."

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายพงศกร อัมพวันวงศ์ เกิดวันที่ 20 พฤษภาคม พ.ศ. 2528 สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนสตรีนครสวรรค์ เมื่อปี พ.ศ. 2547 หลังจากนั้นได้สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อปี พ.ศ. 2551และได้เข้าศึกษาในระดับปริญญาโท ที่ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University