

การบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ
กรณีศึกษา เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง

มารุช ทองอิน

TNI

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย สาขาการจัดการอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีไทย - ญี่ปุ่น
ปีการศึกษา 2556

RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)
A CASE STUDY OF RESERVED GENERATOR

Maruch Thong-Un

TNI

A Term Paper Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Business Administration Program in Industrial Management

Graduate School

Thai - Nichi Institute of Technology

Academic Year 2013

หัวข้อสารนิพนธ์

การบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ

กรณีศึกษา เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง

โดย

มารุช ทองอิน

สาขาวิชา

การจัดการอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ดร. ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้แนบสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คณะกรรมการสอบสารนิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิภาวดี วงษ์สุวรรณ)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐพล ลิ้มจิระจรัส)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

(ดร. ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน)

มารุช ทองอิน : การบำรุงรักษาน้ำมันพื้นฐานความน่าเชื่อถือ กรณีศึกษา เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง. อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร. ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน, 103 หน้า.

การศึกษานี้ ดำเนินการประยุกต์การบำรุงรักษาน้ำมันพื้นฐานความน่าเชื่อถือ สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองของอาคารแบบศูนย์ข้อมูล โดยประยุกต์ตามแนวทางและทฤษฎีการบำรุงรักษาน้ำมันพื้นฐานความน่าเชื่อถือกับชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองเพื่อทำการค้นหา ตัดสินใจ ต่อชิ้นส่วนที่ต้องทำการติดตามเฝ้าระวัง เพื่อกำหนดแนวทางรวมถึงดำเนินการบำรุงรักษาที่เหมาะสมก่อนที่ชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ จะเกิดการล้มเหลวแล้วจึงทำการแก้ไข ทุกชิ้นส่วนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ผ่านกระบวนการวิเคราะห์ เปรียบเทียบกับเกณฑ์การตัดสินใจ ตามขั้นตอนการวิเคราะห์การบำรุงรักษาน้ำมันพื้นฐานความน่าเชื่อถือ และการวิเคราะห์รูปแบบความล้มเหลวและผลกระทบ โดยแต่ละชิ้นส่วนจะถูกจำแนกออกเป็นประเภท ช้อนเร้น ความปลอดภัย กระบวนการทำงาน หรือไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของระบบ เพื่อให้เข้าใจถึงความล้มเหลวของแต่ละชิ้นส่วนแต่ละประเภท จึงดำเนินการวิเคราะห์ตัวเลขประเมินลำดับก่อนหลังของความเสี่ยงของชิ้นส่วนจำนวน 40 รายการ เพื่อบ่งชี้ชิ้นส่วนอุปกรณ์ใดที่มีค่าระดับความเสี่ยงสูง

ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ พิจารณา ถูกกำหนดแนวทางการบำรุงรักษาที่เหมาะสมสอดคล้องกับสภาพปัจจุบัน โดยพิจารณาค่าตัวเลขประเมินลำดับก่อนหลังของความเสี่ยงสูงเป็นลำดับแรก เพื่อลดระดับความเสี่ยงให้ต่ำมากที่สุด การศึกษานี้ ส่งผลให้ผู้ปฏิบัติงานมีความรู้ ความเข้าใจในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่รับผิดชอบมากขึ้น ผลลัพธ์ของการดำเนินการตามหลักการวิเคราะห์ส่งผลให้เห็นอย่างชัดเจนว่า เวลาเฉลี่ยระหว่างการล้มเหลวเพิ่มขึ้น จาก 2,651.42 ชั่วโมง เป็น 5,160 ชั่วโมง หรือเพิ่มขึ้นเกือบหนึ่งเท่าตัว เวลาเฉลี่ยการซ่อมแซมลดลงจากเดิม 20 ชั่วโมง จนมีค่าเป็นศูนย์ และค่าความน่าเชื่อถือสูงขึ้นจากเดิม 99.99% เป็น 100%

บัณฑิตวิทยาลัย

สาขาวิชา การจัดการอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา 2556

ลายมือชื่อนักศึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

MARUCH THONG-UN : RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE
(RCM) A CASE STUDY OF RESERVED GENERATOR. ADVISOR :
DR. DAMRONGKIAT RATTANA-AMORNPIN, 103 PP.

This paper is to apply the Reliability Centered Maintenance (RCM) methodology to the parts of the reserved generators of Data Center Building. The research focuses to study on all the monitored parts of the reserved generator for preparing the appropriate maintenance plan before the system failure. All 40 sample parts are analyzed and compared to the criteria of the RCM and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) methodology.

After that, to understand the failure of each part, the sample parts are classified to 4 categories : hidden failure ; safety and environment ; effected to operational system and not effected to operational system. Then rating the risk level of all 40 sample parts by Risk Priority Number (RPN).

Finally, we select the highest score from RPN to minimize the risk level for preparing the appropriate maintenance plan. The result from this research shows that the Mean Time Between Failure (MTBF) has increased from 2,651.42 hours to 5,160 hours or it means almost double. Moreover, the Mean Time To Repair (MTTR) has decreased from 20 hours to zero and the Reliability has increased from 99.99% to 100%

TNI

Graduate School
Field of Study Industrial Management
Academic Year 2013

Student's Signature
Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความอนุเคราะห์ ช่วยเหลือของบุคคลหลายท่าน ผู้ศึกษาใคร่ขอกราบขอบพระคุณ ดร. ดำรงเกรียติ รัตนอมรพิน อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้ความรู้ คำแนะนำต่าง ๆ ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์อย่างมากแก่ข้าพเจ้า รวมถึงการแก้ไขข้อบกพร่อง ต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ ละเอียตรอบคอบทุกขั้นตอน

กราบขอบพระคุณประธานกรรมการสอบสารนิพนธ์ กรรมการสอบสารนิพนธ์ ที่ทุกท่านกรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าในการให้คำชี้แนะ ตลอดจนให้คำแนะนำและปรับปรุงเพื่อให้ สารนิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ตลอดจนคณาจารย์บัณฑิตวิทยาลัย ที่ท่าน ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้อันมีค่ามากมายมหาศาลแก่ตัวข้าพเจ้า รวมถึงเพื่อนร่วมชั้นเรียน บัณฑิตวิทยาลัย ที่ให้การช่วยเหลือระหว่างการศึกษา และระหว่างการทำสารนิพนธ์ จนทำให้ สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

กราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้ให้กำเนิดและอบรมเลี้ยงดูมาอย่างดี รวมถึง คุณปรีชา ทองอัน ผู้เป็นภรรยา ดช. รนนท์ ทองอัน และน้องชาย ผู้เป็นบุตรชายทั้งสองคน รวมถึงพี่สาว น้องสาว ผู้เป็นกำลังใจและอยู่เคียงข้างตลอดมาจนสารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วง

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอโน้มรำลึกถึงพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา ความรู้ อบรมจิตใจให้รู้ความผิดชอบชั่วดี คุณความดีทั้งปวงที่เกิดจากสารนิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อาจารย์ทุกท่าน ผู้อ่านและผู้ที่น่าสารนิพนธ์ ฉบับนี้ ไปศึกษาต่อองค์ความรู้ให้เพิ่มพูนงอกเงยยิ่งขึ้นไป

มารุช ทองอัน

TNI

THAI - NICHU INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป.....	ฉ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
สภาวะความเป็นมา แนวทางเหตุผลและปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
ความมุ่งหมายของการศึกษา.....	2
ขอบเขตของการศึกษา.....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา.....	3
นิยามศัพท์.....	3
แผนงานและเวลาการดำเนินงาน.....	4
2 หลักการพื้นฐาน เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
การบำรุงรักษา.....	5
การเปรียบเทียบวิธีการบำรุงรักษา (Maintenance Method Comparison).....	13
รูปแบบความล้มเหลว (Pattern of Failure).....	14
การวิเคราะห์ความล้มเหลว (Failure Analysis).....	18
หลักการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ.....	19
การวิเคราะห์ RCM ด้วย FMEA.....	24
การวัดผลความน่าเชื่อถือของการบำรุงรักษา (Measurement of Reliability Performance).....	26
การจำแนกประเภทของชิ้นส่วนของเครื่องจักร (Component Classification).....	27

สารบัญ (ต่อ)

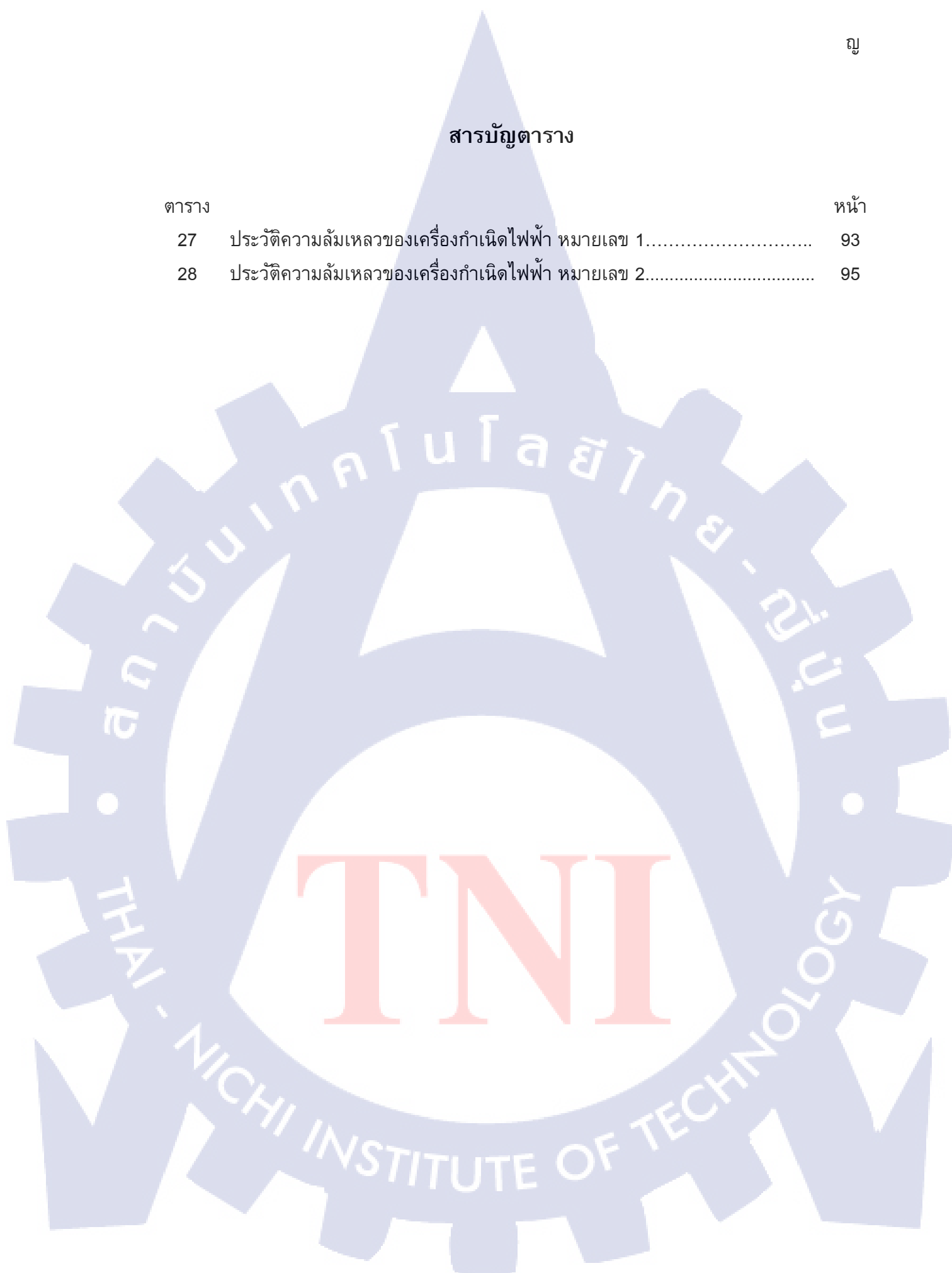
บทที่		หน้า
2	ขั้นตอนการเลือกวิธีการบำรุงรักษา (Maintenance Task Selection Method).....	28
	หลักการพื้นฐานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง.....	30
	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	31
	สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	38
	กรอบแนวคิดการศึกษา.....	40
3	วิธีการดำเนินงานศึกษา.....	42
	หลักการพื้นฐานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง.....	42
	การดำเนินงาน.....	44
	การวิเคราะห์สภาพปัญหาที่พบ.....	53
4	ผลการดำเนินงาน.....	54
	ผลการศึกษาวิเคราะห์ RCM, FMEA.....	54
	สรุปผลการศึกษาวิเคราะห์ RCM, FMEA.....	69
	ข้อเสนอแนะ.....	72
	บรรณานุกรม.....	74
	ภาคผนวก.....	78
	ภาคผนวก ก. ผลการวิเคราะห์รายการอุปกรณ์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สำรองตามหลักการวิเคราะห์ RCM, FMEA จำนวน 40 รายการ.....	79
	ภาคผนวก ข. ตาราง เกณฑ์การประเมิน การวิเคราะห์รูปแบบความ ล้มเหลวและผลกระทบ (Failure Mode Effect Analysis : FMEA).....	85
	ภาคผนวก ค. รายละเอียดความล้มเหลวของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	92
	ภาคผนวก ง. การคำนวณค่าความน่าเชื่อถือ การคำนวณค่าความพร้อม ของเครื่องจักร การคำนวณอัตราการเสียของเครื่องจักร.....	96
	ประวัติผู้เขียนสารนิพนธ์.....	103

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	แผนงานและเวลาการดำเนินงาน.....	4
2	การเปรียบเทียบ ข้อดี ข้อเสีย ของวิธีการบำรุงรักษาแต่ละวิธี.....	14
3	รายละเอียดการวิเคราะห์รูปแบบความล้มเหลวและผลกระทบ (FMEA).....	21
4	แผนงานการบำรุงรักษา.....	29
5	สรุปรายละเอียดต่างๆ ของงานวิจัยศึกษาและเกี่ยวข้อง.....	38
6	ขอบเขตของเกณฑ์การพิจารณา.....	44
7	รายละเอียดขึ้นส่วนตามตารางการวิเคราะห์ RCM, FMEA.....	44
8	รายละเอียดความล้มเหลวของขึ้นส่วนตามตารางการวิเคราะห์ RCM, FMEA.....	44
9	รายละเอียดผลกระทบเมื่อขึ้นส่วนล้มเหลวตามตารางการวิเคราะห์ RCM, FMEA.....	45
10	รายละเอียด MTBF, MTTR ตามตารางการวิเคราะห์ RCM, FMEA.....	45
11	รายละเอียดการจำแนกขึ้นส่วนตามตารางการวิเคราะห์ RCM, FMEA.....	46
12	รายละเอียดระดับค่าความเสี่ยง (RPN) ตามตารางการวิเคราะห์ RCM, FMEA.....	47
13	ตัวอย่างการวิเคราะห์ RCM, FMEA.....	48
14	ตัวอย่างการวิเคราะห์ RCM, FMEA ขึ้นส่วนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	51
15	รายละเอียดแผนงานการบำรุงรักษาจากตารางการวิเคราะห์ RCM, FMEA.....	52
16	ตัวอย่างรายละเอียดแผนงานการบำรุงรักษาจากตารางการวิเคราะห์ RCM, FMEA.....	52
17	จำนวนขึ้นส่วนแต่ละประเภทหลังจำแนกด้วย RCM, FMEA.....	54
18	รายละเอียดการวิเคราะห์แต่ละขึ้นส่วนด้วย RCM, FMEA.....	59
19	เปรียบเทียบแผนงานการบำรุงรักษาจาก RCM แผนงานการบำรุงรักษาแบบเดิม และแผนงานการบำรุงรักษาที่ผู้ผลิตแนะนำ.....	66
20	เปรียบเทียบค่า MTBF & MTTR ก่อนและหลังนำ RCM, FMEA ประยุกต์ใช้งาน.....	68
21	เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการแก้ไขและบำรุงรักษาก่อนและหลังนำ RCM, FMEA ประยุกต์ใช้งาน.....	68
22	เปรียบเทียบการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของการบำรุงรักษา.....	71
23	รายละเอียดการวิเคราะห์แต่ละขึ้นส่วนด้วย RCM, FMEA.....	80
24	เกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบ (S).....	86
25	เกณฑ์การประเมินผลโอกาสการเกิดขึ้นของข้อบกพร่อง (O).....	88
26	เกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับของข้อบกพร่อง (D).....	89

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
27	ประวัติความล้มเหลวของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หมายเลข 1.....	93
28	ประวัติความล้มเหลวของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หมายเลข 2.....	95



สารบัญรูป

รูป		หน้า
1	วิวัฒนาการของงานบำรุงรักษาเครื่องจักร.....	5
2	วิวัฒนาการเทคนิคของการบำรุงรักษาเครื่องจักร.....	6
3	วงจรชีวิตของเครื่องจักรและอุปกรณ์.....	7
4	ความสัมพันธ์ด้านค่าใช้จ่ายประเภทต่างๆ ในการบำรุงรักษา.....	9
5	ประเภทของการบำรุงรักษา.....	10
6	การเปรียบเทียบการบำรุงรักษาตามกำหนดเวลาและการบำรุงรักษาตามเงื่อนไข..	12
7	การเปรียบเทียบการบำรุงรักษาตามกำหนดเวลาและเมื่อเกิดความล้มเหลว.....	13
8	ความล้มเหลวแบบค่อยเป็นค่อยไป (Gradual Failure).....	15
9	รูปแบบความล้มเหลวแบบตามอายุ (Wearout Failure).....	16
10	รูปแบบของความล้มเหลวแบบต่างๆ (6 Failure Patterns).....	17
11	เปอร์เซ็นต์การเกิดความล้มเหลวแบบต่างๆ (6 Failure Patterns).....	17
12	แนวทางการเลือกประเภทของการบำรุงรักษา.....	28
13	แผนผังการจ่ายแรงดันไฟฟ้าของศูนย์ข้อมูลคอมพิวเตอร์.....	31
14	กรอบแนวคิดการศึกษา.....	41
15	ชุดควบคุมการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	42
16	ชุดเครื่องยนต์ต้นกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	43
17	ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	43
18	ขั้นตอนการวิเคราะห์ RCM, FMEA ชั้นส่วนต่างๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	50
19	รายละเอียดชั้นส่วนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง.....	55
20	รายละเอียดชั้นส่วนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง.....	56
21	รายละเอียดชั้นส่วนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง.....	57
22	รายละเอียดชั้นส่วนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง.....	57
23	รายละเอียดชั้นส่วนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง.....	58

บทที่ 1

บทนำ

สภาวะความเป็นมา แนวทางเหตุผลและปัญหา

จากการที่เศรษฐกิจของโลกและของประเทศไทยมีการเจริญเติบโตมากในช่วงหลายสิบปีที่ผ่านมา จนทำให้บริษัทต่างๆ ทั้งในและต่างประเทศมีการขยายงาน รวมถึงสำนักงานของบริษัทเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้มีการก่อสร้างอาคารสูงเป็นจำนวนมากทั้งในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล รวมถึงเมืองเศรษฐกิจของแต่ละภาคของประเทศไทย เพื่อรองรับกับการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจและสำนักงานของบริษัทต่างๆ ที่มีมากขึ้น จึงทำให้เกิดธุรกิจด้านการบริหารจัดการอาคาร กล่าวคือ เป็นบริษัทที่รับดำเนินการด้านการอำนวยความสะดวก เครื่องจักร และการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักรที่ติดตั้งและใช้งานภายในอาคาร เพื่อตอบสนองต่อการใช้งาน การชำรุดเสียหายของเครื่องจักร อุปกรณ์ต่างๆ ภายในอาคารรวมถึงการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเพื่อให้เครื่องจักรให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้อย่างเต็มสมรรถภาพ

ปัจจุบันประเทศต่างๆ ทั่วโลกทั้งในอเมริกาและในยุโรปต่างประสบปัญหาด้านเศรษฐกิจจึงส่งผลให้เกิดผลกระทบยังประเทศต่างๆ ทั่วโลกรวมถึงประเทศไทยด้วย ทำให้หลายๆ บริษัทต่างกำหนดแนวทางในการลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานลงเป็นจำนวนมากเท่าที่จะสามารถดำเนินการได้ ซึ่งอาจรวมถึงค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันกับเครื่องจักรและอุปกรณ์ ทั้งทางตรง และทางอ้อม ไม่ว่าจะเป็นค่าแรงการว่าจ้างการดำเนินการและค่าอะไหล่วัสดุต่างๆ เพื่อใช้เปลี่ยนทดแทนกรณีเกิดการชำรุดเสียหาย

การบำรุงรักษาเชิงป้องกันกับเครื่องจักร และอุปกรณ์ต่างๆ ภายในอาคาร ถือเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากต่อระบบประกอบการอาคาร ซึ่งแนวทางหรือกลยุทธ์ในการดำเนินการอาจมีความแตกต่างกันไปในแต่ละอาคารโดยขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่อาคาร ลักษณะการใช้งาน ลักษณะการติดตั้ง รวมถึงงบประมาณในการดำเนินงาน ดังนั้นการเลือกและการกำหนดกลยุทธ์ในการดำเนินงานด้านการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ ภายในอาคารให้สอดคล้องกับปัจจัยต่างๆ ของอาคารตามข้างต้น รวมถึงข้อจำกัดต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นงบประมาณ จึงเป็นสิ่งที่สำคัญมาก อันจะส่งผลให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในด้านต่างๆ ได้ เช่น อัตรากำลังคน ค่าใช้จ่ายด้านอะไหล่ ผู้ศึกษาจึงสนใจที่จะทำการศึกษาถึงแนวทางการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ ซึ่งเป็นการนำปัจจัยข้อจำกัดต่างๆ และผลกระทบต่อเนื่องที่อาจจะเกิดขึ้นที่มีผลต่อการบริการ เครื่องจักรและอุปกรณ์ของอาคารเพื่อให้การบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ประสิทธิผล และมีค่าใช้จ่ายที่คุ้มค่า โดยการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษา พิจารณาวิเคราะห์การบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 500 เควีเอ (400 กิโลวัตต์) ภายในอาคารที่ดำเนินธุรกิจแบบศูนย์ข้อมูล (Data Center)

แห่งหนึ่งในเขต กรุงเทพมหานคร เนื่องจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองจะต้องทำงานทันทีใน
โหมดอัตโนมัติเมื่อแรงดันไฟฟ้าจากการไฟฟ้าหรือภายในอาคารเกิดผิดปกติเพื่อให้ศูนย์ข้อมูล
บริการลูกค้าและทำงานได้อย่างต่อเนื่อง

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาและนำเสนอแผนงานการบำรุงรักษาโดยการวิเคราะห์ตามทฤษฎีการ
บำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ (Reliability Centered Maintenance : RCM) และนำมา
ประยุกต์ใช้งานภายในอาคารที่ดำเนินธุรกิจแบบศูนย์ข้อมูล (Data Center) แห่งหนึ่ง ในเขต
กรุงเทพมหานคร โดยมีรายละเอียดของวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อลดเวลาที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเกิดการชำรุด (Breakdown Time) ลง 10% เมื่อ
เทียบกับช่วงเวลาก่อนดำเนินการ ตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม 2555 ถึง 31 มกราคม 2556 และ
หลังดำเนินการ ตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม 2556 ถึง 31 มกราคม 2557
2. เพื่อเพิ่มเวลาเฉลี่ยที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าใช้งานจนถึงก่อนที่เกิดความล้มเหลว
(Mean Time Between to Failure : MTBF) ขึ้น 10% เมื่อเทียบกับช่วงเวลาเดียวกัน ดังกล่าว
ข้างต้น
3. เพื่อลดเวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละครั้ง (Mean Time to
Repair : MTTR) ลง 10% เมื่อเทียบกับช่วงเวลาเดียวกัน ดังกล่าวข้างต้น
4. เพื่อเพิ่มค่าความน่าเชื่อถือ (Reliability) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขึ้น 10% เมื่อ
เทียบกับช่วงเวลาเดียวกัน ดังกล่าวข้างต้น

ความมุ่งหมายของการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ตั้งความมุ่งหมายไว้เพื่อศึกษาถึงการประยุกต์ใช้ทฤษฎี
การบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ (Reliability Centered Maintenance : RCM) ซึ่ง
คำนึงถึงปัจจัยที่สำคัญๆ ข้อจำกัดต่างๆ และผลกระทบต่อเนื่อง รวมถึงค่าใช้จ่ายในการ
บำรุงรักษา เพื่อลดอัตราการหยุดของเครื่องจักร ลดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นในการบำรุงรักษา และ
ที่สำคัญ คือ การกำหนดโปรแกรมการบำรุงรักษาให้สอดคล้องกับปัจจัยต่างๆ

ขอบเขตของการศึกษา

ศึกษาถึงการนำทฤษฎีการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ (Reliability
Centered Maintenance) มาประยุกต์ใช้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองขนาด 500 เควีเอ (400
กิโลวัตต์) ของอาคารที่ดำเนินธุรกิจแบบศูนย์ข้อมูล (Data Center) แห่งหนึ่ง ในเขต
กรุงเทพมหานคร

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา

1. สามารถนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการวางแผนและกำหนดแผนงานการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองให้ถูกต้องและเหมาะสม
2. สามารถลดเวลาที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองเกิดการชำรุด (Breakdown Time) ลงได้ ซึ่งส่งผลให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง
3. สามารถเพิ่มเวลาเฉลี่ยที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองใช้งานจนถึงก่อนที่เกิดความล้มเหลว (Mean Time Between to Failure : MTBF) ซึ่งจะส่งผลให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงานได้อย่างต่อเนื่อง
4. สามารถลดเวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองแต่ละครั้ง (Mean Time to Repair : MTTR) ซึ่งส่งผลให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองกลับมาใช้งานได้อย่างรวดเร็วขึ้น
5. สามารถเพิ่มค่าความน่าเชื่อถือ (Reliability) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองได้
6. เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงวิธีการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง ให้สอดคล้องกับทฤษฎี และดำเนินการตามหลักการถูกต้องเหมาะสม
7. เพื่อเป็นคู่มือการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง อันส่งผลให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติงานเป็นไปในแนวทาง หรือวิธีการเดียวกัน

นิยามศัพท์

1. การบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ (**Reliability Centered Maintenance : RCM**) หมายถึง ประเภทการบำรุงรักษาโดยใช้กระบวนการทางตรรกะวิทยาช่วยในการวิเคราะห์รูปแบบความล้มเหลว แล้วจึงกำหนดแผนงานการบำรุงรักษาตามระดับความล้มเหลว
2. การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (**Preventive Maintenance : PM**) หมายถึง การบำรุงรักษาที่วางแผนไว้ล่วงหน้า โดยเป็นการตรวจสอบสภาพเครื่องจักรเพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องจักรชำรุดมากยิ่งขึ้น
3. การวิเคราะห์รูปแบบความล้มเหลวและผลกระทบ (**Failure Mode Effect Analysis : FMEA**) หมายถึง การวิเคราะห์ความล้มเหลวที่คาดว่าจะเกิดขึ้น โดยการจัดระดับความรุนแรงของผลกระทบ ซึ่งมุ่งเน้นแสดงรูปแบบความล้มเหลวที่จะนำมาซึ่งความเสียหาย พร้อมทั้งวิเคราะห์และหาวิธีป้องกันการเกิดความล้มเหลว
4. ความล้มเหลว (**Failure**) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต หรือการบริการที่ไม่สามารถทำงานได้ตามหน้าที่ที่ได้กำหนดไว้
5. รูปแบบความล้มเหลว (**Failure Mode**) หมายถึง สภาวะการณ์ หรืออาการที่อาจจะก่อให้เกิดความล้มเหลวที่ตามมา (**Failure**) ซึ่งอาการผิดปกติส่วนใหญ่จะเป็นคุณลักษณะ

บทที่ 2

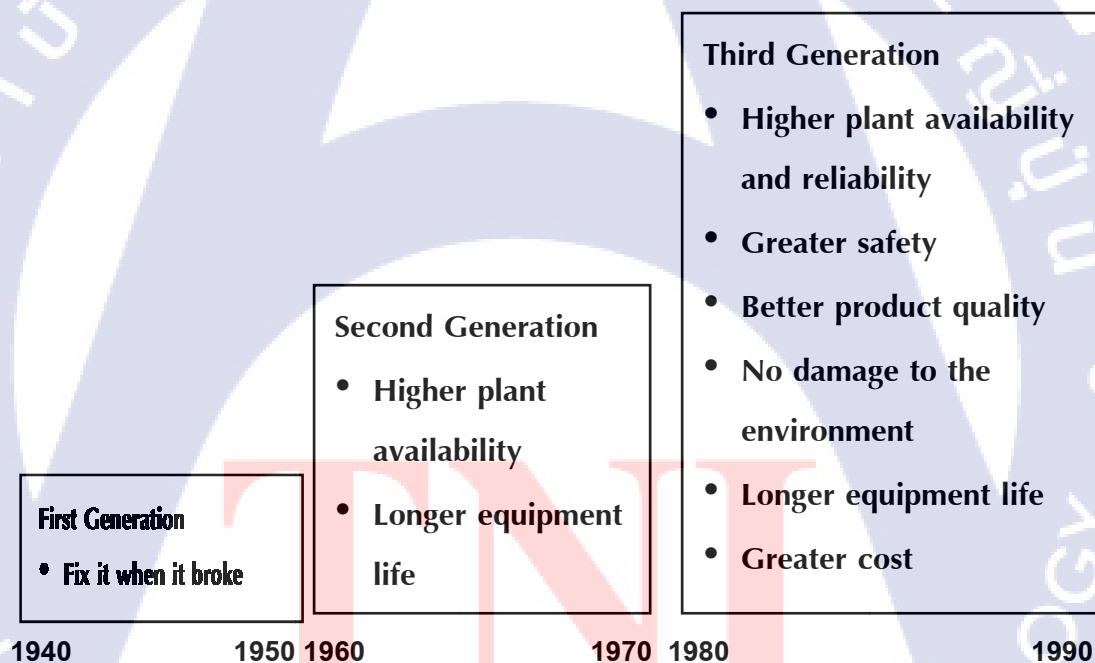
หลักการพื้นฐาน เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาของผู้ศึกษา ได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ หลักการบำรุงรักษาประเภทต่างๆ รวมถึงการวัดผลการบำรุงรักษาและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ (RCM) ซึ่งผู้ศึกษาได้ทำการสรุปไว้ในบทนี้

การบำรุงรักษา

การบำรุงรักษาเครื่องจักรได้ถือกำเนิดขึ้นและมีวิวัฒนาการมาอย่างยาวนานและต่อเนื่อง ซึ่งในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดการบำรุงรักษาโดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. วิวัฒนาการของงานการบำรุงรักษา

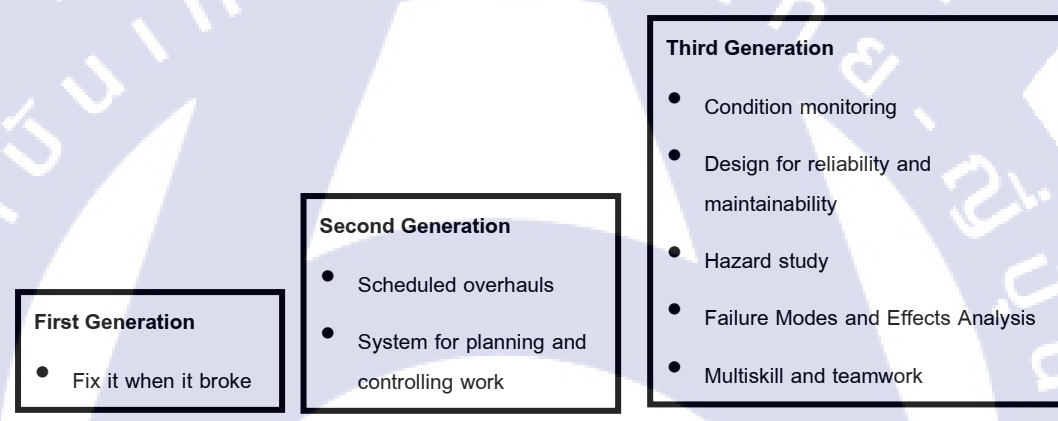


รูปที่ 1 วิวัฒนาการของงานบำรุงรักษาเครื่องจักร

ที่มา : John, Moubray. (1997). **Reliability Centered Maintenance.** p. 3.

จากรูปที่ 1 เป็นการแสดงวิวัฒนาการของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ซึ่งจะเห็นว่าในช่วงแรกหรือช่วงที่ 1 จะใช้งานเครื่องจักรจนกว่าจะเกิดการเสียหายเสียก่อนจึงจะทำการแก้ไขซ่อมแซมเครื่องจักรให้กลับมาใช้งานได้ดังเดิม ต่อมาในช่วงของการก้าวเข้าสู่ยุคของการปฏิวัติอุตสาหกรรม จึงได้มีการศึกษาและวางระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันใหม่โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักรออกไปและป้องกันไม่ให้เกิดการชำรุดเสียหายอย่างกะทันหัน ต่อมาระบบคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทในการวางแผนงานการบำรุงรักษาเชิงป้องกันจึงทำให้วัตถุประสงค์ของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเป็นการวางแผนงานการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงก่อนที่จะเกิดชำรุดเสียหายหรือไม่สามารถใช้งานได้

2. วิวัฒนาการของเทคนิคการบำรุงรักษา

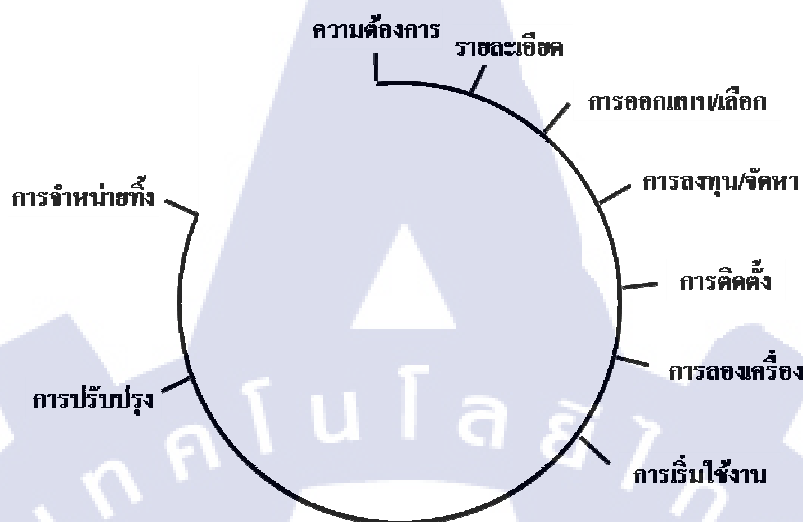


รูปที่ 2 วิวัฒนาการเทคนิคของการบำรุงรักษาเครื่องจักร

ที่มา : John, Moubray. (1997). **Reliability Centered Maintenance**. p. 5.

จากรูปที่ 2 เป็นการแสดงวิวัฒนาการเทคนิคการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ซึ่งจะเห็นว่าในช่วงแรกจะใช้งานเครื่องจักรจนกว่าจะเกิดการเสียหายเสียก่อนจึงจะทำการแก้ไขซ่อมแซมเครื่องจักรให้กลับมาใช้งานได้ดังเดิม ยุคต่อมาได้วางแผนและวางระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันรวมถึงกำหนดการควบคุมงานให้ดีขึ้นตั้งแต่แรก หลังจากนั้นยุคปัจจุบัน จำเป็นถึงความน่าเชื่อถือ การตรวจจับสัญญาณความบกพร่องก่อนที่จะเกิดชำรุด รวมถึงการวิเคราะห์ผลกระทบต่อเนื่อง กรณีเกิดเครื่องจักรขัดข้อง (John, Moubray. 1997)

3. วงจรชีวิตของเครื่องจักรและอุปกรณ์



รูปที่ 3 วงจรชีวิตของเครื่องจักรและอุปกรณ์

ที่มา : วัฒนา เชียงกุล ; เกรียงไกร ดำรงรัตน์ ; และ ดลดิษฐ์ เมืองแมน. (2553). การจัดการงาน บำรุงรักษาด้วย **Reliability**. หน้า 14.

จากรูปที่ 3 แสดงวงจรชีวิตของเครื่องจักรและอุปกรณ์ ซึ่งถือว่ามีความสำคัญเป็นอย่างมาก โดยสามารถแสดงรายละเอียดแต่ละหัวข้อได้ ดังนี้

ความต้องการ

ความต้องการ คือ ความประสงค์ขององค์กร ของลูกค้า ที่ต้องการผลิตภัณฑ์หรือบริการ ซึ่งความต้องการดังกล่าวนำไปสู่การออกแบบกระบวนการผลิต การแสวงหาเครื่องจักรที่เหมาะสมมาใช้ในกระบวนการผลิต ด้วยเหตุนี้ความต้องการของกระบวนการผลิตจึงเป็นขั้นตอนแรกที่จะนำไปสู่การจัดหาเครื่องจักรมา เพื่อดำเนินการผลิตผลิตภัณฑ์หรือตอบสนองบริการนั้นๆ

การกำหนดรายละเอียด

รายละเอียดหมายถึงการกำหนดสิ่งที่มีความจำเพาะ (Specification) ของความต้องการผลิตภัณฑ์ หรือการบริการ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์และถูกต้องที่จะนำไปใช้ในขั้นตอนการออกแบบต่อไป

การออกแบบ การคัดเลือก

การออกแบบ การคัดเลือกจะดำเนินการหลังจากที่ได้มีการกำหนดรายละเอียดจำเพาะ รายละเอียดจะถูกนำไปใช้ในการออกแบบเพื่อประกอบเครื่องจักร ถ้าหากเครื่องจักรนั้นเป็นเครื่องจักรต้นแบบ ในกรณีที่เครื่องจักรนั้นเป็นเครื่องจักรอุตสาหกรรมทั่วไปก็จะเป็นการเลือกหารุ่น หรือแบบที่ตรงกับความต้องการมากที่สุด

การลงทุน จัดหา จัดซื้อ หรือผลิต

หลังจากที่ได้มีการออกแบบ หรือคัดเลือก เครื่องจักรเรียบร้อยแล้ว โดยสรุปแล้วว่าจะเลือกใช้เครื่องจักรอะไร หรือได้ออกแบบเครื่องจักรที่ต้องการเรียบร้อยแล้ว สิ่งที่ต้องดำเนินการต่อไปคือการลงทุน โดยต้องจัดหา จัดซื้อ เครื่องจักร หรือจัดจ้างให้มีการสร้างเครื่องจักรตามที่ได้ออกแบบไว้

การติดตั้งเครื่องจักร

เครื่องจักรต่างๆ ในอุตสาหกรรม ทั้งทางด้านการผลิตและบริการ ส่วนใหญ่เป็นเครื่องจักรที่วางอยู่กับที่ด้วยเหตุผลของกระบวนการผลิตหรือขนาดและน้ำหนัก การเลือกตำแหน่งที่ตั้งและการติดตั้งเครื่องจักรดังกล่าว ถือว่ามีความสำคัญต่อกระบวนการผลิต การบริการ ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการผลิต การบริการ

การทดลองใช้งานเครื่องจักร

เมื่อเครื่องจักรได้ถูกติดตั้งเสร็จเรียบร้อยแล้ว ก่อนที่จะเริ่มทำการผลิตหรือใช้งานจริง เพื่อทำการผลิตผลิตภัณฑ์หรือตอบสนองการบริการ มีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องทดลองเดินเครื่องจักรเพื่อที่จะตรวจสอบสภาพเครื่อง ตรวจสอบการติดตั้งต่างๆ ต้องตรงตามที่ได้ออกแบบ รวมถึงทำการปรับแต่งเครื่องจักรเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพและสมรรถนะตามที่ได้ออกแบบ

การเริ่มใช้งาน

เมื่อได้ทำการทดลองใช้งานเครื่องจักรและเป็นไปตามที่ออกแบบให้มีสมรรถนะรวมถึงได้ผลเป็นที่พึงพอใจและได้รับการยอมรับแล้ว จะเริ่มถูกใช้งานในการผลิตผลิตภัณฑ์หรือตอบสนองด้านการบริการ นั่นก็คือการเริ่มใช้งานเครื่องจักรที่ซื้อตามวัตถุประสงค์ความต้องการ

การปรับปรุงเครื่องจักร

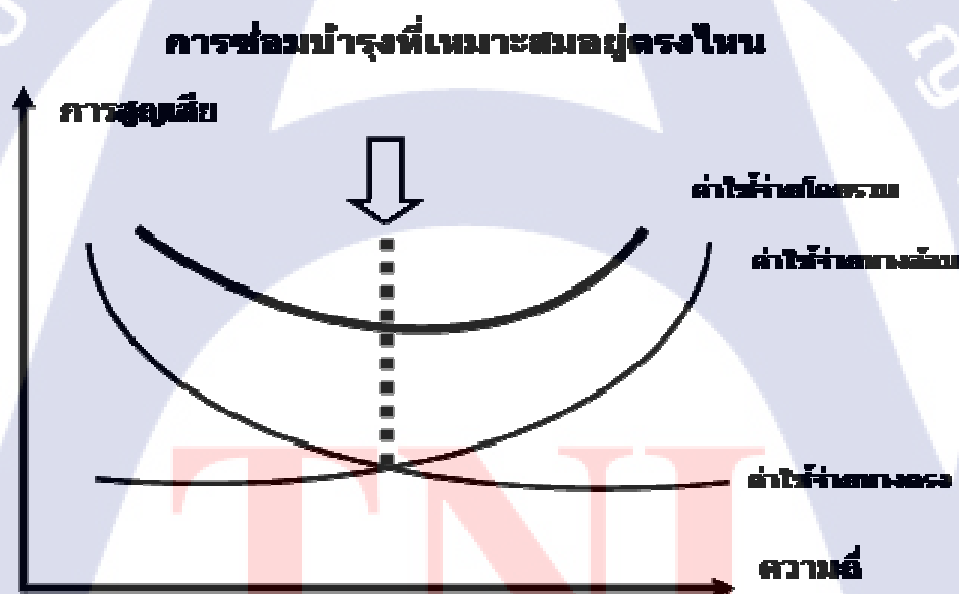
หลังจากที่ใช้งานเครื่องจักรในการผลิตหรือบริการมาช่วงเวลาหนึ่ง ชิ้นส่วน และอะไหล่ต่างๆ จะเสื่อมสภาพไปตามเวลา ดังนั้นจึงต้องมีการปรับแต่ง เปลี่ยนทดแทนหรือซ่อมแซม ชิ้นส่วน อะไหล่ดังกล่าว เพื่อยืดอายุการใช้งานเครื่องจักรรวมถึงเพื่อให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้เหมือนเดิม

การยกเลิกการใช้งาน

หลังจากที่ได้ใช้งานเครื่องจักรเป็นช่วงเวลาอันสมควรแล้ว จะพบว่า การเปลี่ยนทดแทนหรือซ่อมแซมชิ้นส่วน อะไหล่ เครื่องจักร เริ่มเป็นการกระทำที่ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน เพราะจำนวนชิ้นส่วน อะไหล่ที่เสียหายเพิ่มขึ้น การเสื่อมสภาพเกิดขึ้นเร็วขึ้น รวมทั้งเครื่องจักรจะล้าสมัยอันส่งผลให้ไม่คุ้มค่าในการผลิตหรือบริการอีกต่อไป ดังนั้น เครื่องจักรดังกล่าวต้องถูกยกเลิกการใช้งาน ถูกจำหน่ายทิ้งไป และมีการจัดซื้อเครื่องจักรใหม่มาทดแทนต่อไป

จากวงจรชีวิตของเครื่องจักรที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่าความสำคัญจะอยู่ที่การให้อายุของเครื่องจักรนั้น ยืดยาวออกไปอย่างมีประสิทธิภาพ ประสิทธิภาพมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งช่วงยืดอายุเครื่องจักรดังกล่าว จะทำได้มากที่สุดในช่วงระหว่างการเริ่มใช้งานไปจนถึงการจำหน่ายทิ้ง และวิธีการที่ใช้เพื่อยืดอายุเครื่องจักรในระหว่างช่วงดังกล่าว คือ “การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน” (วัฒนา เชียงกุล ; เกรียงไกร ดำรงรัตน์ ; และ ดลดิษฐ์ เมืองแมน. 2553)

4. ค่าใช้จ่าย ต้นทุนของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักร



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ด้านค่าใช้จ่ายประเภทต่างๆ ในการบำรุงรักษา

ที่มา : วัฒนา เชียงกุล ; เกรียงไกร ดำรงรัตน์ ; และ สุพัฒน์ เขียวศิริวัฒนา. (2549).

สัมฤทธิ์ผลของงานบำรุงรักษา. หน้า 32.

จากรูปที่ 4 เป็นการแสดงค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ซึ่งจะเห็นว่าค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน โดยมีรายละเอียดดังนี้

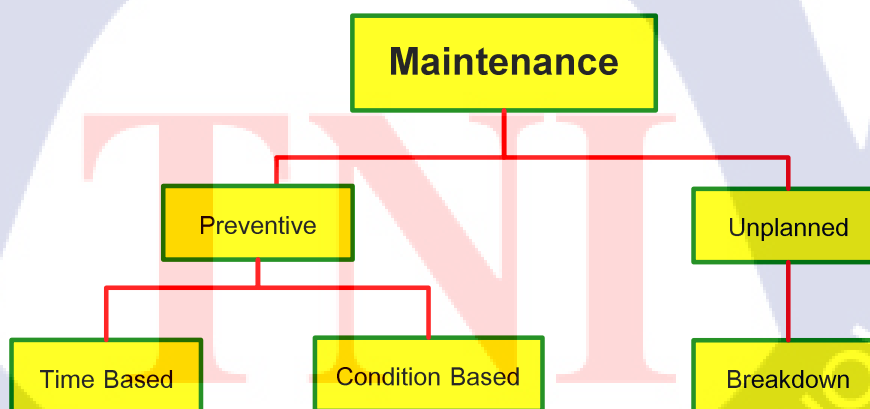
1. ค่าใช้จ่ายทางตรงในงานบำรุงรักษา ได้แก่ เงินเดือน ค่าเครื่องมือ ค่าใช้จ่ายในการอบรม

2. ค่าใช้จ่ายทางอ้อมในงานบำรุงรักษา ได้แก่ ค่าซ่อมแซม ปรับปรุง รวมถึงค่าสัญญาบำรุงรักษา

3. ค่าใช้จ่ายรวม คือ ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในงานบำรุงรักษาที่ใช้ไปในการบำรุงรักษาโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรักษาสภาพ ซ่อมแซม ปรับปรุง เพื่อยืดอายุการใช้งานรวมถึงให้เครื่องจักรมีความพร้อมใช้งานอยู่เสมอ

ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเครื่องจักรจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับนโยบายและการกำหนดเป้าหมายของการบำรุงรักษา แต่อย่างไรก็ตาม จากรูปที่ 4 ความสัมพันธ์ของค่าใช้จ่ายทั้ง 3 ส่วน จะเห็นว่าค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงที่เหมาะสมจะอยู่ที่จุดตัดระหว่างค่าใช้จ่ายทางตรงและทางอ้อมซึ่งเป็นจุดที่ค่าใช้จ่ายโดยรวมมีค่าต่ำที่สุด ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่า จุดที่ต้นทุนต่ำในการบำรุงรักษาและต้นทุนการสูญเสียในการผลิตต่ำสุดนั้น ถือว่า เป็นเป้าหมายของการบำรุงรักษาที่เหมาะสม และเมื่อเลยจุดนี้ไป (เส้นประ) เมื่อมีการเพิ่มต้นทุนการบำรุงรักษาสูงขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนการสูญเสียในการการผลิตสูงขึ้นตามไปด้วย (วัฒนา เชียงกุล ; เกรียงไกร ดำรงรัตน์ ; และ ดลดิษฐ์ เมืองแมน. 2553)

5. ประเภทของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักร



รูปที่ 5 ประเภทของการบำรุงรักษา

ที่มา : Johan, Ribrant. (2006). **Reliability Performance and Maintenance -**

A Survey of Failures in Wind Power System. p. 15.

จากแผนผังประเภทของการบำรุงรักษาที่รูปที่ 5 จะเห็นว่าสามารถแบ่งประเภทของการบำรุงรักษาเครื่องจักร เป็น 2 ประเภท คือ การบำรุงรักษาที่มีการวางแผนไว้ล่วงหน้า กับ การบำรุงรักษาที่ไม่มีการวางแผนล่วงหน้า ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

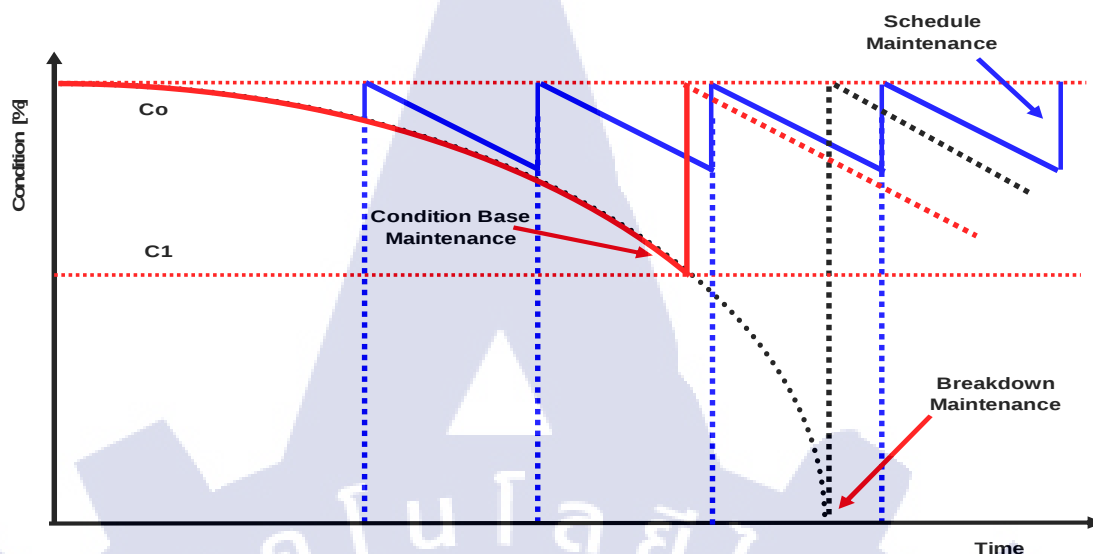
1. การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) เป็นการบำรุงรักษาที่วางแผนงานไว้ล่วงหน้า โดยจะทำการตรวจสอบสภาพของเครื่องจักร ที่ใช้งานในปัจจุบัน เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดการชำรุดเสียหายมากยิ่งขึ้น ซึ่งโดยทั่วไปการบำรุงรักษาแบบนี้จะต้องมีการตรวจติดตามเพื่อศึกษาถึงแนวโน้มความเสียหาย ทั้งนี้งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันยังสามารถแบ่งออกได้ 2 ลักษณะ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 การบำรุงรักษาตามเวลาที่กำหนด (Times Based Maintenance) หรือเรียกการบำรุงรักษาลักษณะนี้ว่า การบำรุงตามเวลาคงที่ (Fixed Time Maintenance) คือ การบำรุงรักษาที่มีการระบุในคู่มือการบำรุงรักษาของผู้ผลิต จากประสบการณ์ในอดีต รวมถึงการจัดเก็บข้อมูลและมีการวิเคราะห์ทางด้านสถิติ เพื่อจัดทำเป็นระบบงานบำรุงรักษาตามเวลาในแต่ละส่วนของเครื่องจักร โดยงานบำรุงรักษาลักษณะนี้ จะสามารถดำเนินการได้ใน 2 ลักษณะ คือ ดำเนินการตามเวลาจากปฏิทิน เช่น ทุก 1 เดือน ทุก 3 เดือน จนถึงทุกปีหรือทุกๆ 5 ปี และ ดำเนินการตามเวลาหรือชั่วโมงในการใช้งานของเครื่องจักร เช่น ทุก 5,000 ชั่วโมง ทุก 10,000 ชั่วโมง เป็นต้น

1.2 การบำรุงรักษาตามสภาพ (Condition Based Maintenance) คือ การตรวจติดตามสภาพของเครื่องจักรและเมื่อพบความผิดปกติจะทำการแก้ไข การตรวจติดตามสภาพเครื่องจักร หรือการตรวจสอบสภาพเครื่องจักร ว่าปัจจุบันมีสภาพเป็นอย่างไรโดยการตรวจสอบสภาพจะตรวจผ่านทางเครื่องมือวัด ณ ขณะนั้น เช่น การถ่ายภาพความร้อน การวัดติดตามการสั่นสะเทือน (Vibration Monitoring) รวมถึงการใช้สายตา จมูก หูฟัง และการใช้ฝ่ามือสัมผัส และเมื่อพบความผิดปกติจะทำการแก้ไขให้ใช้งานได้ปกติต่อไป

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY



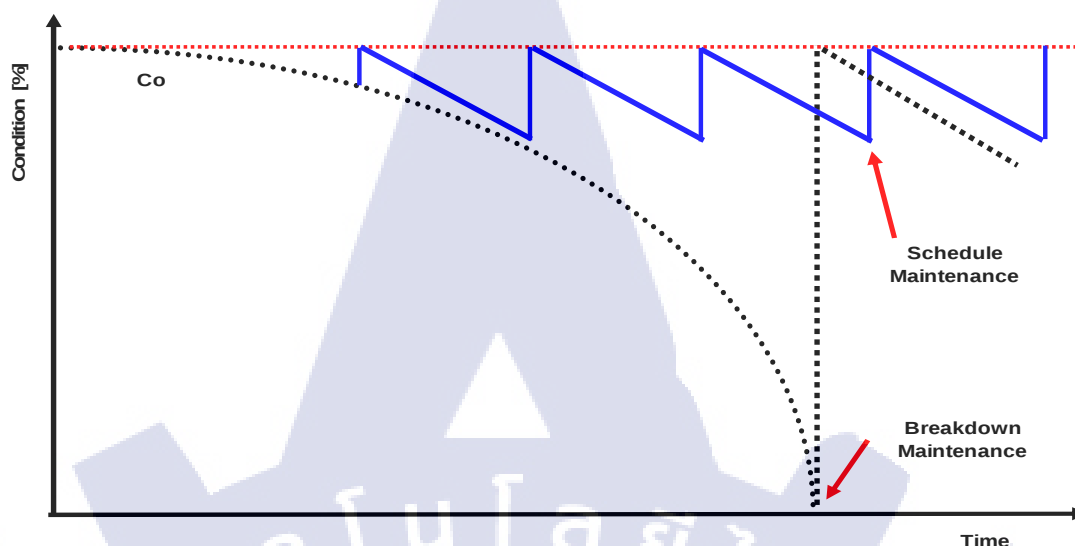
รูปที่ 6 การเปรียบเทียบการบำรุงรักษาตามกำหนดเวลาและการบำรุงรักษาตามเงื่อนไข

ที่มา : Johan, Ribrant. (2006). **Reliability Performance and Maintenance -**

A Survey of Failures in Wind Power System. p. 20.

จากรูปที่ 6 แสดงสภาพการใช้งานของเครื่องจักร อุปกรณ์ เมื่อถึงเส้น C_1 จะทำการบำรุงรักษาโดยที่ช่วงเวลาหรือความถี่ในการบำรุงรักษาแต่ละครั้งไม่จำเป็นต้องเท่ากันเสมอไป

การบำรุงรักษาที่ไม่มีการวางแผนไว้ล่วงหน้า หรืองานบำรุงรักษาฉุกเฉิน คือ การบำรุงรักษาเมื่อเครื่องจักร อุปกรณ์ เกิดการชำรุดเสียหายหรือไม่สามารถใช้งานได้อย่างกะทันหัน การบำรุงรักษาฉุกเฉินนี้มีโอกาสสูงที่จะเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา แม้ว่าจะมีการบำรุงรักษาดีเพียงใดก็ตาม งานบำรุงรักษาฉุกเฉินนั้น สามารถแบ่งแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้เป็น 2 แนวทาง คือ ซ่อมแซมอะไหล่ ชิ้นส่วนที่เกิดเหตุขัดข้องให้กลับมาใช้งานได้ปกติ และการเปลี่ยนชิ้นส่วน อะไหล่ที่ขัดข้องเมื่อพิจารณาแล้วเห็นว่าการซ่อมแซมไม่คุ้มค่า



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบการบำรุงรักษาตามกำหนดเวลาและเมื่อเกิดความล้มเหลว

ที่มา : Johan, Ribrant. (2006). **Reliability Performance and Maintenance - A Survey of Failures in Wind Power System**. p. 18.

จากรูปที่ 7 แสดงสภาพเครื่องจักรจากการเริ่มใช้งานที่เส้น C_0 และจะลดลงเรื่อยๆ ตามเวลา จนกระทั่งเกิดการชำรุดเสียหายหรือล้มเหลวในที่สุด กล่าวคือ เครื่องจักรมีสภาพ 0% เมื่อถึงจุดนี้จึงจะมีการบำรุงรักษาเพื่อให้สภาพเครื่องจักรสามารถกลับมาใช้งานได้ปกติต่อไป (Johan, Ribrant. 2006)

การเปรียบเทียบวิธีการบำรุงรักษา (Maintenance Method Comparison)

จากตารางที่ 2 เป็นการแสดงการเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสีย ของวิธีการบำรุงรักษาแต่ละวิธี ซึ่งจากการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่า การบำรุงรักษาตามกำหนดเวลาเป็นการดำเนินการที่น้อยกว่าการบำรุงรักษาตามสภาพ รวมถึงแสดงให้เห็นว่าอายุการใช้งานของชิ้นส่วนต่างๆ ใช้งานได้ไม่ครบตามกำหนดเวลาหรือใช้งานไม่เต็มที่เมื่อเทียบกับการบำรุงรักษาตามเงื่อนไขและเมื่อเกิดความล้มเหลว (Johan, Ribrant. 2006)

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบ ข้อดี ข้อเสีย ของวิธีการบำรุงรักษาแต่ละวิธี

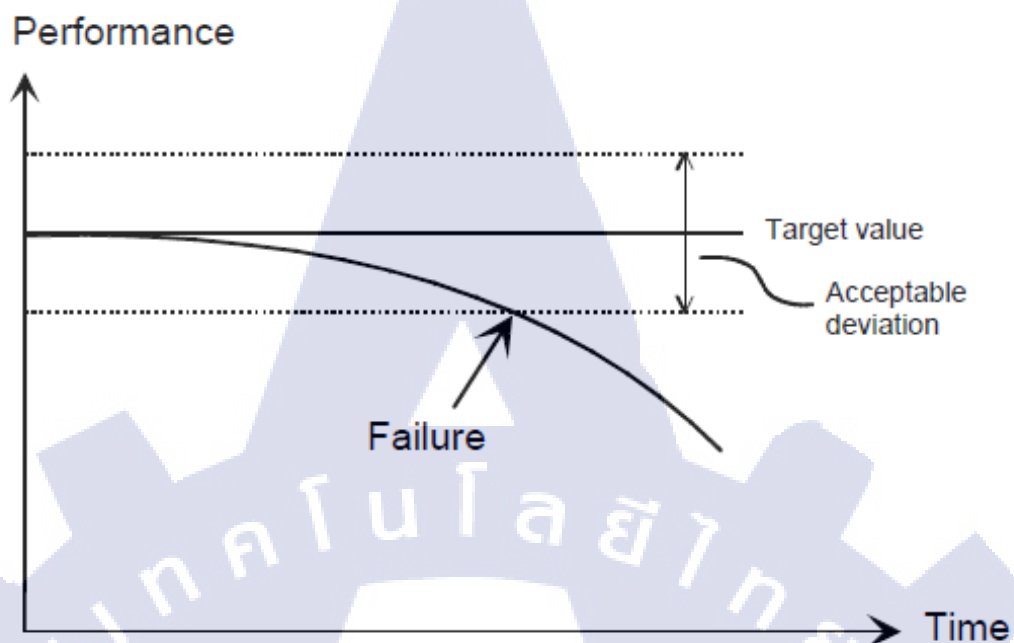
วิธีการ	ข้อดี	ข้อเสีย
การบำรุงรักษาตามกำหนดเวลา	- วางแผนการบำรุงรักษาได้ง่าย - สามารถจัดเตรียมอะไหล่ได้ง่ายและล่วงหน้า - เวลาที่เครื่องจักรไม่ทำงานน้อย	- ค่าซ่อมบำรุงรักษาสูงกว่าการบำรุงรักษาเมื่อเกิดความล้มเหลว - ชิ้นส่วนเครื่องจักรไม่ได้ใช้งาน จนครบเวลาที่กำหนด
การบำรุงรักษาตามเงื่อนไข	- วางแผนการบำรุงรักษาได้ง่าย - สามารถจัดเตรียมอะไหล่ได้ง่าย เพราะระบุความล้มเหลวได้รวดเร็ว - เวลาที่เครื่องจักรไม่ทำงานน้อย - ชิ้นส่วนเครื่องจักรสามารถใช้งานได้จนครบตามเวลาที่กำหนด	- ลงทุนสูงในการติดตั้งอุปกรณ์ที่ทันสมัยในการกำหนดเงื่อนไขของชิ้นส่วน - ข้อมูลที่นำมากำหนดเงื่อนไข อายุการใช้งานชิ้นส่วนต้องเชื่อถือได้ - การกำหนดหรือระบุจุดที่ดีที่สุดในการเปลี่ยนชิ้นส่วนเป็นเรื่องที่ยาก - อุปกรณ์ที่นำมาแสดงผลให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดต้องทันสมัยและแม่นยำ
การบำรุงรักษาเมื่อเกิดความล้มเหลว	- สามารถใช้งานชิ้นส่วนได้จนครบเวลาที่กำหนด - ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำ	- วางแผนการบำรุงยากหรือไม่สามารถวางแผนได้ - การบริหารจัดการอะไหล่ที่ใช้ในการซ่อมบำรุงยาก - มีความเสี่ยงสูงที่เครื่องจักรจะเกิดความล้มเหลวนานเนื่องจากอะไหล่ชิ้นส่วนชำรุดยาก - ชิ้นส่วนหรืออะไหล่ของเครื่องจักรอาจมีเวลาการจัดส่งนาน

รูปแบบความล้มเหลว (Pattern of Failure)

ความล้มเหลวของเครื่องจักรมีหลายประเภทและหลายรูปแบบสามารถแบ่งได้ ดังนี้ เอ็ม รอลแซน ; และ เจ วาเทิน (M. Rausand ; and J. Vatn. 1998 : 9) ได้แบ่งประเภทของความล้มเหลวออกเป็น 3 ประเภท ดังรายละเอียด ดังนี้

1. ล้มเหลวแบบทันที (Sudden Failure) เป็นความล้มเหลวแบบที่ไม่สามารถทำการคาดการณ์ได้ล่วงหน้าโดยวิธีการตรวจสอบและทดสอบ

2. ค่อยๆ ล้มเหลว (Gradual Failure) เป็นความล้มเหลวแบบค่อยเป็นค่อยไปโดยสามารถทำการคาดการณ์ล่วงหน้าได้โดยการตรวจสอบและทดสอบซึ่งแสดงดังรูปที่ 8

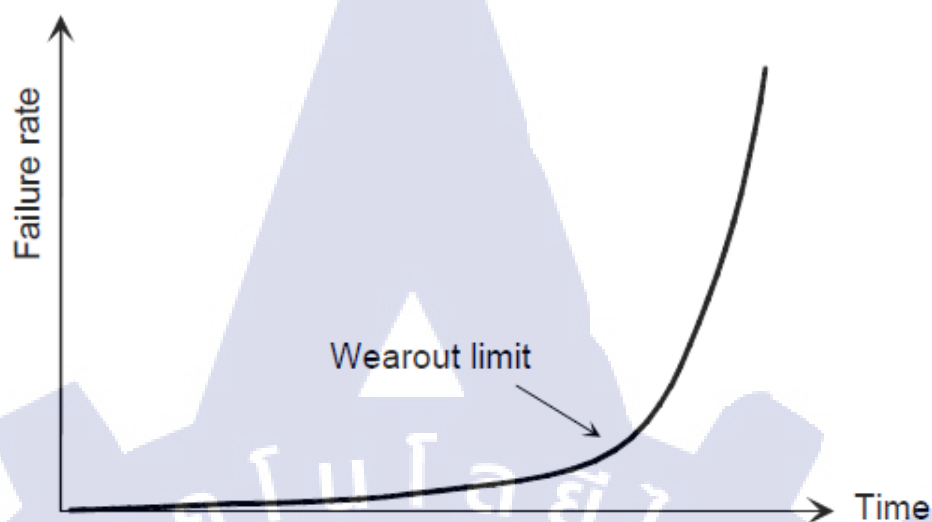


รูปที่ 8 ความล้มเหลวแบบค่อยเป็นค่อยไป (Gradual Failure)

ที่มา : M. Rausand ; and J. Vatn. (1998). **Reliability Centered Maintenance**.
p. 9.

3. การล้มเหลวตามอายุ (Ageing Failure) หรือบางที่เรียกว่า ล้มเหลวจากการหมดสภาพ (Wear Out Failure) โดยประสิทธิภาพลดลงเรื่อยๆ จนเกิดการล้มเหลวในที่สุด ดังรูปที่ 9

TNI



รูปที่ 9 รูปแบบความล้มเหลวแบบตามอายุ (Wearout Failure)

ที่มา : M. Rausand ; and J. Vatn. (1998). **Reliability Centered Maintenance.**

p. 9.

รูปแบบของความล้มเหลวในการบำรุงรักษานั้นมีด้วยกัน 6 รูปแบบ (6 Failure Patterns) ดังรูปที่ 10 และสามารถอธิบายรายละเอียดได้ ดังนี้

A. แบบเส้นโค้งอ่างน้ำ เป็นรูปแบบความล้มเหลวที่เกิดขึ้นในช่วงแรกจนเข้าสู่สภาวะคงที่จนถึงช่วงของการสึกหรอ การกำหนดอายุการใช้งานทำให้สามารถใช้งานได้จนถึงช่วงแรกเริ่มจนถึงช่วงสึกหรอ

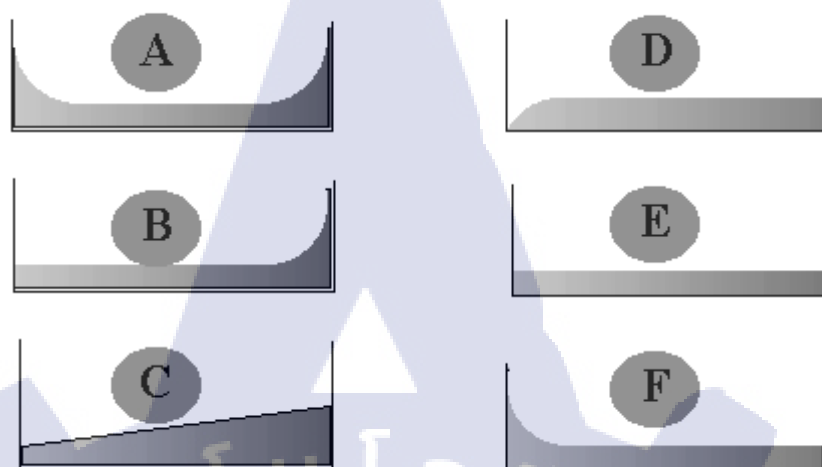
B. แบบคงที่และเพิ่มขึ้นในช่วงการสึกหรอ เป็นรูปแบบความล้มเหลวคงที่ในช่วงต้นจนถึงเข้าสู่ช่วงสึกหรอโดยสามารถใช้การกำหนดอายุการใช้งานได้

C. แบบเพิ่มขึ้นต่อเนื่อง เป็นรูปแบบความล้มเหลวที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามเวลาแต่ไม่สามารถกำหนดเวลาการใช้งานได้แน่นอนจึงส่งผลให้ไม่สามารถรู้ช่วงของการสึกหรอได้

D. แบบต่ำในช่วงแรก เป็นรูปแบบความล้มเหลวที่ต่ำในช่วงแรกเนื่องจากชิ้นส่วนต่างๆ ยังใหม่ แต่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนกระทั่งเข้าสู่สภาวะคงที่

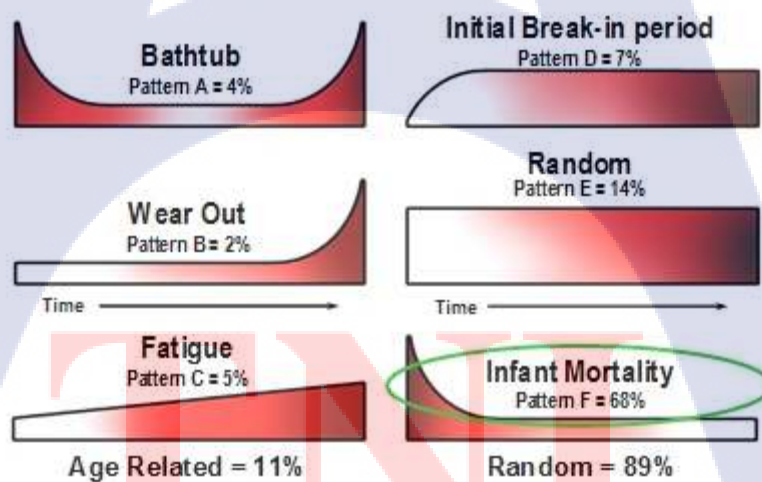
E. แบบคงที่ตลอดอายุการใช้งาน เป็นรูปแบบความล้มเหลวคงที่ตลอดอายุการใช้งาน

F. แบบล้มเหลวในช่วงแรก เป็นรูปแบบความล้มเหลวสูงมากในช่วงแรกหลังจากนั้นจะเข้าสู่สภาวะคงที่หรือมีการเพิ่มขึ้นในอัตราที่ต่ำ



รูปที่ 10 รูปแบบของความล้มเหลวแบบต่างๆ (6 Failure Patterns)

ที่มา : Sandy, Dunn. (n.d). **The Fourth Generation of Maintenance.** p. 8.



รูปที่ 11 เปอร์เซนต์การเกิดความล้มเหลวแบบต่างๆ (6 Failure Patterns)

ที่มา : Ricky, Smith. (n.d). **Asset Integrity : What to Do After an Economic Crisis.** Online.

จากรูปที่ 11 และการศึกษาทั้งของ United Airline, Bromberg และ USA Naval จะเห็นว่าความล้มเหลวที่เกี่ยวข้องกับอายุการใช้งานมีโอกาสเกิดขึ้นเพียง 11% เท่านั้น แต่ในขณะที่ความล้มเหลวแบบสุ่มมีโอกาสเกิดขึ้นมากถึง 89% ดังนั้นจึงสามารถประมาณการได้ว่าในภาคอุตสาหกรรมนั้นอาจมีความใกล้เคียงกัน

อย่างไรก็ตาม จากรูปที่ 11 จะเห็นว่าการเปลี่ยนชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องจักรอุปกรณ์ อาจเป็นการสูญเสียเงินโดยใช่เหตุ เนื่องจากไม่สามารถทราบได้ว่าจะเปลี่ยนชิ้นส่วนต่างๆ ที่เวลาใดให้เกิดความเหมาะสมหรือสามารถป้องกันการเกิดความล้มเหลวได้

เป็นเรื่องที่น่าแปลกใจเป็นอย่างมากที่การเปลี่ยนชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องจักรอุปกรณ์ อาจทำให้เกิดความล้มเหลวได้โดยไม่คาดคิดซึ่งจากการศึกษาของ (Lee, Kirby. 2012 : 2) พบว่า การเปลี่ยนชิ้นส่วนใหญ่หรือการยกเครื่อง (Overhauls) ส่งผลให้มีความเสี่ยงสูงต่อความล้มเหลวโดยมาจาก 2 สาเหตุ คือ

- ความผิดพลาดของมนุษย์ (Human Error) กล่าวคือ ความล้มเหลวอันเกิดจากผู้ที่ทำการเปลี่ยนอะไหล่ ซึ่งอาจไม่มีความชำนาญเพียงพอ

- การเปลี่ยนชิ้นส่วน หรืออะไหล่ใหม่ ทำให้มีความเสี่ยงที่จะเกิดความล้มเหลวในช่วงแรกของชิ้นส่วนได้ตามรูปแบบ F ดังรูปที่ 10

อินกริด เอ บัคเลย์ ; และ เอดูอาร์โด บี เฟร์นันเดซ (Ingrid, A. Buckley ; and Eduardo, B. Fernandez. 2012 : 2) ได้แสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะของรูปแบบความล้มเหลวหลักมีลักษณะ ดังนี้

- แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าความล้มเหลวนั้นเกิดขึ้นมาได้อย่างไร
- ช่วยในการค้นหามาตรการป้องกันอันตรายเพื่อหลีกเลี่ยงหรือบรรเทาความล้มเหลว
- การก่อร่างของความล้มเหลวจะกระทบต่อส่วนที่จำเพาะ
- กำหนดแนวทางของการนำซอฟต์แวร์มาพัฒนาและใช้งานเพื่อช่วยในการลดความล้มเหลว

การวิเคราะห์ความล้มเหลว (Failure Analysis)

อาร์ อี เลฟ (R. E. Love. 1991 : 9-10) ได้กล่าวไว้ว่า อุปกรณ์ส่วนใหญ่จะลดประสิทธิภาพลงและคาดว่าจะเกิดความล้มเหลวในที่สุด เมื่อชิ้นส่วนเฉพาะไม่สามารถทำงานได้ตรงตามหน้าที่นั้นๆ นั่นคือ ความล้มเหลวนั่นเอง การบำรุงรักษาเชิงป้องกันแบบเดิมจะพัฒนาแผนและรายละเอียดการบำรุงรักษาโดยยึดถือข้อจำกัดด้านอายุการใช้งานของแต่ละรายการ อย่างไรก็ตาม RCM จะเน้นไปยังการค้นหาสาเหตุของความล้มเหลว ผลกระทบของความล้มเหลวและประโยชน์ของการดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกันมากกว่าการค้นหาความล้มเหลวที่อาจจะเกิดขึ้นซึ่งสามารถแบ่งประเภทของความล้มเหลวออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. รุนแรง หรือหายนะ (Catastrophic) ความล้มเหลวที่เกิดขึ้นอาจจะทำให้เกิดการเสียชีวิตหรือสูญเสียระบบได้

2. วิกฤต (Critical) ความล้มเหลวที่เกิดขึ้นอาจจะทำให้ได้รับบาดเจ็บ ทรัพย์สินหลักๆ เสียหาย ระบบหลักเสียหายซึ่งอาจจะทำให้สูญเสียหน้าที่ได้

3. บางส่วน (Marginal) ความล้มเหลวที่เมื่อเกิดขึ้นแล้วอาจจะทำให้ได้รับบาดเจ็บเล็กน้อย ทรัพย์สินเสียหายเล็กน้อย ระบบย่อยชำรุดเสียหาย ซึ่งส่งผลให้เกิดการชำล่งสูญเสียความพร้อมของระบบหรืออาจส่งผลให้ประสิทธิภาพของหน้าที่ลดลง

4. เล็กน้อย (Minor) ความล้มเหลวที่เกิดขึ้นส่งผลให้เกิดความเสียหายเล็กน้อย มากซึ่งไม่เพียงพอที่จะทำให้ได้รับบาดเจ็บ ทรัพย์สินเสียหาย และระบบเสียหายได้ แต่อาจจะทำให้ต้องทำการบำรุงรักษาแก้ไข

เมื่อเกิดความล้มเหลวขึ้นจะต้องสามารถค้นหาหรือสามารถชี้บ่งถึงสาเหตุความล้มเหลวที่อาจจะเกิดขึ้นได้และควรทำการวิเคราะห์ในเชิงคุณภาพเพื่อหาผลกระทบของความล้มเหลวจนทำให้เกิดความเสียหายในที่สุด

เนล บี บลูม (Neil, B. Bloom. 2005 : 32-33) ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์และได้ทำการสรุปว่า การวิเคราะห์ความล้มเหลวจำเป็นจะต้องมีความเข้าใจในข้อจำกัดและประเภทของความล้มเหลวก่อน ซึ่งได้ทำการสรุปประเภทของความล้มเหลวไว้ ดังนี้

1. การวิเคราะห์ความล้มเหลวแบบชั้นเดียว (Single Failure Analysis) หมายถึง การวิเคราะห์ความล้มเหลวที่เกิดขึ้น และมีหลักฐานแสดงให้เห็นสาเหตุของความล้มเหลว นั้น และหากไม่พบหลักฐานจะต้องพิจารณาประเภทความล้มเหลวอื่นๆ ต่อไป

2. การวิเคราะห์ความล้มเหลวแบบซ่อนเร้น (Hidden Failure Analysis) หมายถึง การวิเคราะห์ความล้มเหลวที่เกิดขึ้นแต่ไม่มีหลักฐานแสดงต่อผู้ปฏิบัติงาน

3. การวิเคราะห์ความล้มเหลวแบบหลายชั้น (Multiple Failure Analysis) หมายถึง การวิเคราะห์ความล้มเหลวที่เกิดขึ้น และความล้มเหลว นั้น ส่งผลกระทบให้เกิดความล้มเหลวอื่นๆ ตามมา

หลักการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ

หลักการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ (Reliability Centered Maintenance : RCM) นั้น ได้ถูกพัฒนาขึ้นครั้งแรกโดยอุตสาหกรรมการบิน (Aviation Industry) โดย บริษัท Maintenance Steering Groups (MSG) เพื่อพัฒนากระบวนการบำรุงรักษาเครื่องบินพาณิชย์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาการหยุดของเครื่องบินเพื่อทำการบำรุงรักษาซึ่งส่งผลให้มีรายได้หรือรายรับจากจำนวนเที่ยวบินเข้ามามากขึ้น

เอ็ม รอลแซน ; และ เจ วาเทิน (M. Rausand ; and J. Vatn. 1998) สรุปแนวความคิดของการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ ซึ่งสามารถสรุปได้ 3 แนวทาง ดังนี้

- A. พิจารณาโปรแกรมการบำรุงรักษาของหลายๆ อุปกรณ์ในขณะเดียวกัน
- B. พิจารณาผลกระทบของความผิดพลาดซึ่งไม่สามารถวัดเป็นต้นทุนได้ทางตรง
- C. พิจารณาผลกระทบของความผิดพลาดอย่างชัดเจนโดยแบ่งเป็น 4 ด้าน

- ความปลอดภัยของบุคคล (Safety of Personel)
- ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environment Impact)
- ความพร้อมในการผลิต (Production Availability)
- การสูญเสียต้นทุนของวัสดุดิบ (Material Losses (Cost))

รวมถึงได้ทำการสรุปวัตถุประสงค์หลัก และขั้นตอนหลักๆ ของการวิเคราะห์ RCM ไว้จำนวน 12 ข้อ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. เตรียมการศึกษา (Study Preparation) เป็นการกำหนด วิเคราะห์ขอบข่าย และความชัดเจนในวัตถุประสงค์ของ RCM

2. เลือกระบบและกำหนดขอบเขต (System Selection and Definition) ก่อนที่จะดำเนินการวิเคราะห์ RCM ควรพิจารณา

- 2.1 วิเคราะห์ว่าระบบใดจะให้ประโยชน์เมื่อเปรียบเทียบกับ การบำรุงรักษาด้วยวิธีการแบบเดิม

- 2.2 วิเคราะห์ว่าจะนำ RCM ไปใช้ในระดับใด เช่น ครอบคลุมทั้งระบบ หรือเฉพาะรายอุปกรณ์

3. วิเคราะห์ความล้มเหลวของหน้าที่การทำงาน (Functional Failure Analysis) ซึ่งวัตถุประสงค์ของขั้นตอนนี้ เป็นการอธิบายและชี้บ่งหน้าที่การทำงานของระบบรวมถึงค้นหาสิ่งที่จะทำให้เกิดหน้าที่การทำงานเกิดการขัดข้อง

4. การคัดเลือกรายการวิกฤต (Critical Item Selection) วัตถุประสงค์ของขั้นตอนนี้ เป็นการชี้บ่งการวิเคราะห์วิกฤตที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในระบบและทำให้เกิดการผิดพลาด การวิเคราะห์จะแสดงรายการหน้าที่ที่มีความสำคัญ (Functional Significant Item : FSI) ในการทำงานโดยจะพิจารณา 2 ลักษณะ คือ

- 4.1 การสูญเสียการทำงานทั้งหมด (Total Loss of Function)

- 4.2 การสูญเสียการทำงานบางส่วน (Partial Loss of Function)

นอกจากนี้จะต้องพิจารณาถึงอัตราการเกิดข้อผิดพลาด ค่าใช้จ่ายการซ่อมที่มีราคาสูง รวมถึงค่าใช้จ่ายในการว่าจ้างผู้เชี่ยวชาญในการบำรุงรักษาซึ่งสิ่งเหล่านี้ จะแสดงให้เห็นถึงรายการค่าใช้จ่ายสำคัญด้านการบำรุงรักษา (Maintenance Cost Significant Items : MCSI) และเมื่อนำรายการหน้าที่สำคัญกับรายการค่าใช้จ่ายสำคัญในการบำรุงรักษามารวมกันจะแสดงถึง “รายการสำคัญด้านการบำรุงรักษา” (Maintenance Significant Items : MSI)

5. การรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล (Data Collection and Analysis) ข้อมูลมีความสำคัญอย่างมากต่อการวิเคราะห์การบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้ (H. Sandtorv ; and M. Rausand. 1991)

5.1 ข้อมูลด้านการออกแบบ (Design Data) เช่น รายละเอียดและขอบเขตของระบบหลัก ระบบย่อย รวมถึงอุปกรณ์เพื่อเป็นการเติมเต็มให้สามารถทำงานได้ตรงตามหน้าที่หลักที่ออกแบบไว้

5.2 ข้อมูลด้านการปฏิบัติงาน (Operation Data) จะเป็นข้อมูลโดยรวมของการทำงาน เช่น รายละเอียดการทำงานต่อเนื่อง หรือเป็นช่วงๆ ระบบควบคุมเป็นแบบ Remote/Local Automatic/Manual ข้อมูลด้านการบำรุงรักษา ข้อมูลการเกิดข้อบกพร่อง

5.3 ความน่าเชื่อถือของข้อมูล (Reliability Data) ข้อมูลต่างๆ อาจจะได้รับมาจากข้อมูลด้านการปฏิบัติงาน ในหัวข้อที่ 5.2 ก็ได้ โดยข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือจะนำมาใช้ในการตัดสินใจสิ่งที่เป็นวิกฤติ โดยข้อมูลด้านนี้ ได้แก่ เวลาเฉลี่ยในการเกิดการความล้มเหลวของเครื่องจักร อุปกรณ์ (Mean Time Between to Failure : MTBF) เวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซมเครื่องจักรให้กลับมาใช้ได้ปกติ (Mean Time to Repair : MTTR) รวมถึงอัตราการเกิดความล้มเหลว (Failure Rate)

6. การวิเคราะห์รูปแบบความล้มเหลวและผลกระทบ (Failure Modes and Effect Analysis : FMEA) วัตถุประสงค์ของขั้นตอนนี้ จะเป็นการระบุรูปแบบความล้มเหลวที่สำคัญของรายการสำคัญด้านการบำรุงรักษา (Maintenance Significant Items : MSI) จากขั้นตอนที่ 4 มาใส่ในตาราง FMEA ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 รายละเอียดการวิเคราะห์รูปแบบความล้มเหลวและผลกระทบ (FMEA)

MSI	รูปแบบการทำงาน	หน้าที่	รูปแบบล้มเหลว	รูปแบบผลกระทบ				ความเป็นไปได้ในการเกิดเหตุการณ์ซ้ำซ้อน	เวลาเฉลี่ยที่ชิ้นส่วนเกิดความล้มเหลว	ความวิกฤติ	สาเหตุความล้มเหลว	กลไกความล้มเหลว	% เวลาเฉลี่ยที่ชิ้นส่วนเกิดความล้มเหลว	ลักษณะความล้มเหลว	กิจกรรมการบำรุงรักษา	ตัวชี้วัดลักษณะความล้มเหลว	รอบเวลาการบำรุงรักษาที่แนะนำ
				ความผิดปกติ (S)	สิ่งแวดล้อม (E)	ความพร้อม (A)	ค่าใช้จ่าย (C)	ความผิดปกติ (S)	สิ่งแวดล้อม (E)	ความพร้อม (A)	ค่าใช้จ่าย (C)						

ที่มา : M. Rausand ; and J. Vatn. (1998). **Reliability Centered Maintenance.**

จากรายละเอียดของตารางที่ 3 ข้างต้นได้แสดงรายละเอียดของข้อมูลที่ลงบันทึกในตารางแต่ละช่องอธิบายได้ ดังนี้

- MSI หมายถึง รายการสำคัญด้านการบำรุงรักษา ซึ่งได้มาจากขั้นตอนที่ 4 การคัดเลือกรายการวิกฤติ

- รูปแบบการทำงาน (Operational mode) หมายถึง การระบุรูปแบบการทำงานของชิ้นส่วน เช่น ใช้งาน หรือ สำรอง

- หน้าที่ (Function) หมายถึง การระบุหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนที่ทำการวิเคราะห์ FMEA

- รูปแบบความล้มเหลว (Failure Mode) หมายถึง การระบุรูปแบบความล้มเหลวของชิ้นส่วนที่ทำการวิเคราะห์

- รูปแบบผลกระทบ (Consequence Class) หมายถึง การระบุถึงผลกระทบด้านต่างๆ ซึ่งได้กำหนดไว้ 4 ด้าน คือ ความปลอดภัย (S) สภาพแวดล้อม (E) ความพร้อมการผลิต (A) และค่าใช้จ่ายทางตรง (C)

- ความเป็นไปได้ในการเกิดเหตุการณ์ซ้ำซ้อน (Worst Case Probability) หมายถึง การระบุถึงกรณีที่เกิดเหตุการณ์เลวร้าย หรือซ้ำซ้อนซึ่งยังคงพิจารณา 4 ด้าน คือ ความปลอดภัย (S) สภาพแวดล้อม (E) ความพร้อมการผลิต (A) และค่าใช้จ่ายทางตรง (C)

- MTBF หมายถึง การระบุถึงเวลาเฉลี่ยที่ชิ้นส่วนจะเกิดความล้มเหลว หรือระบุถึงระดับความน่าจะเป็นที่จะเกิดความล้มเหลว

- ความวิกฤติ (Criticality) หมายถึง การระบุถึงระดับความวิกฤติเมื่อเกิดความล้มเหลว

- สาเหตุความล้มเหลว (Failure Cause) หมายถึง สาเหตุความล้มเหลวของชิ้นส่วน

- กลไกความล้มเหลว (Failure Mechanism) หมายถึง กลไกความล้มเหลวซึ่งอาจมีเพียงหนึ่งหรือ หลายกลไก

- %MTBF หมายถึง เปอร์เซนต์ของเวลาเฉลี่ยที่ชิ้นส่วนจะเกิดความล้มเหลวหรือระดับความน่าจะเป็นที่จะเกิดความล้มเหลว

- ลักษณะความล้มเหลว (Failure Characteristic) หมายถึง ลักษณะของความล้มเหลว ซึ่งได้แบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ ล้มเหลวทันที ค่อยๆ ล้มเหลว ล้มเหลวตามอายุ

- กิจกรรมการบำรุงรักษา (Maintenance Action) หมายถึง การระบุถึงรูปแบบการบำรุงรักษาแต่จะระบุหลังจากที่ดำเนินการขั้นตอนที่ 7 แล้วเสร็จ

- ตัวชี้วัดลักษณะความล้มเหลว (Failure Characteristic Measure) หมายถึง ระดับของลักษณะความล้มเหลว ซึ่งเป็นการระบุระดับความล้มเหลว เช่น ล้มเหลวตามอายุจะต้องระบุว่าเมื่ออายุใช้งานเท่าไร

- รอบเวลาการบำรุงรักษาที่แนะนำ (Recommended Maintenance Interval) หมายถึง การระบุถึงช่วงเวลาในการบำรุงรักษา โดยจะดำเนินการในขั้นตอนที่ 8

7. การคัดเลือกการบำรุงรักษา (Selection of Maintenance Action) ซึ่งข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการตัดสินใจนั้นจะมาจาก ขั้นตอนที่ 6 โดยจะนำมาจัดทำรายละเอียดการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance Task) หรือใช้งานจนชำรุดเสียหาย (Run to Fail) และเพื่อให้ได้รายละเอียดการบำรุงรักษาที่เหมาะสม ควรพิจารณาสาเหตุของความล้มเหลว (Failure Causes) และ กลไกความล้มเหลว (Failure Mechanism) ซึ่งการบำรุงรักษาจะเป็นการป้องกัน กลไกความล้มเหลว (Failure Mechanism) ไม่ให้เกิดขึ้นได้ซึ่งเป็นสาเหตุของความล้มเหลว (Failure Causes)

8. การกำหนดช่วงเวลาของการบำรุงรักษา (Determination of Maintenance Intervals) แนวทางของ RCM จะเป็นการวิเคราะห์และตัดสินใจในเชิงคุณภาพ (Qualitatively) เพื่อนำมาจัดทำรายละเอียดการบำรุงรักษา (Preventive Maintenance Tasks)

9. การวิเคราะห์การเปรียบเทียบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (The Comparison of Preventive Maintenance Analysis) ในการที่จะนำรายละเอียดการบำรุงรักษาที่ได้เลือกไว้แล้ว มาประยุกต์ใช้งานจะต้องคำนึงถึง

9.1 ต้องนำไปใช้งานได้

9.2 ต้องมีประสิทธิภาพ

รายละเอียดการบำรุงรักษาที่จะนำไปใช้งานจะต้องสามารถกำจัดข้อผิดพลาด หรืออย่างน้อยจะต้องลดความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุซ้ำให้อยู่ในระดับที่สามารถยอมรับได้ หรือลดผลกระทบของความล้มเหลวที่เกิดขึ้น

10. การดำเนินการของรายการบำรุงรักษาที่มีความสำคัญน้อย ในขั้นตอนนี้จะเป็นการเลือกรายการบำรุงรักษาที่มีความสำคัญเพื่อนำมาวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป ดังนั้นยังคงมีรายการบำรุงรักษาที่ไม่ได้คัดเลือกไว้ซึ่งสามารถสรุปได้ 2 แนวทาง

10.1 หากมีโปรแกรมการบำรุงรักษาอยู่แล้วควรที่จะดำเนินการบำรุงรักษาต่อไป

10.2 หากยังไม่มีหรือยังไม่ได้นำโปรแกรมการบำรุงรักษามาใช้งานควรที่จะดำเนินการอย่างน้อยก็คือดำเนินการตามที่ได้ผลิตได้แนะนำไว้

11. การนำไปปฏิบัติ (Implementation) สิ่งจำเป็นพื้นฐานในการนำผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ RCM ไปดำเนินการ คือ การจัดการ และเทคนิคในการบำรุงรักษาเพื่อเป็นการสนับสนุนให้สามารถทำงานได้ตามหน้าที่ และที่สำคัญจะต้องสามารถอธิบายได้ว่าจะทำอะไร ทำเมื่อไหร่ แบบฟอร์มการดำเนินการบำรุงรักษาจะต้องนำมาใช้งานเพื่อบันทึก เพื่อใช้ในการชี้แจงความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นได้

12. ช่วงการจัดเก็บข้อมูลและการทำให้เป็นปัจจุบัน (In-Service Data Collection and Updating) หนึ่งในประโยชน์ที่สำคัญของการวิเคราะห์ RCM ก็คือ การวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ และเอกสารข้อมูลขั้นต้น สำหรับการตัดสินใจในเบื้องต้น การที่จะได้รับประโยชน์อย่างสมบูรณ์ของ RCM จะต้องได้รับการตอบสนองและส่งข้อมูลของผู้ปฏิบัติงาน เพื่อนำมาใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ขั้นตอนการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ (RCM Process Analysis)

การวิเคราะห์ RCM ด้วย FMEA

1. การวิเคราะห์รูปแบบความล้มเหลวและผลกระทบ (Failure Mode Effect Analysis : FMEA)

การวิเคราะห์รูปแบบความล้มเหลวและผลกระทบ (Failure Mode Effect Analysis : FMEA) ได้ถูกพัฒนาขึ้นครั้งแรกสำหรับโครงการอวกาศของนาซ่า (NASA) ในช่วงทศวรรษที่ 1950 และขยายไปยังหน่วยงานอากาศยานทางทหารของสหรัฐอเมริกา ระหว่าง ค.ศ. 1960-1970 หลังจากนั้น ได้มีการประยุกต์ไปยังอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ชั้นนำของโลก เช่น ฟอर्ड, จี เอ็ม, ไคล์เลอร์ และกลายเป็นข้อกำหนดที่สำคัญของระบบ QS-9000 และในปัจจุบันนี้วิธีการ FMEA นี้ ได้กลายเป็นข้อกำหนดพื้นฐานของอุตสาหกรรมยานยนต์ที่ทุกบริษัทหรือแม้แต่ผู้ผลิตชิ้นส่วนประกอบต่างๆ ต้องปฏิบัติตามภายใต้ระบบคุณภาพ TS-16949 สำหรับประเทศไทยนั้น ได้เริ่มมีการประยุกต์ใช้ FMEA ในกลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์ เช่นเดียวกัน ตามความต้องการของ บริษัท ฟอर्ड มอเตอร์ จำกัด หลังจากนั้นขยายไปยังอุตสาหกรรมอื่นๆ แต่ส่วนใหญ่จะนิยมใช้กันในกลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์และอิเล็กทรอนิกส์

Automotive Industry Action Group (2001 : 1) ได้ให้ความหมายของ FMEA ไว้ดังนี้ FMEA คือ กลุ่มของกิจกรรมเชิงระบบประการหนึ่ง (A Systematic Group of Activities) ที่มีจุดมุ่งหมาย 3 ประการ คือ

1. รับรู้และประเมินถึงแนวโน้มของข้อบกพร่อง (Potential Failure) ของผลิตภัณฑ์ กระบวนการหนึ่งและผลกระทบ (Effects) จากข้อบกพร่องดังกล่าว
2. การบ่งชี้ถึงกิจกรรมที่สามารถกำจัด หรือลดโอกาสที่จะเกิดข้อบกพร่อง
3. การดำเนินการจัดทำกระบวนการทั้งหมดให้อยู่ในรูปเอกสารที่แสดงถึง การออกแบบผลิตภัณฑ์ หรือกระบวนการเพื่อให้ลูกค้าพึงพอใจ

FMEA เป็นการวิเคราะห์ความล้มเหลวที่คาดว่าจะเกิดขึ้นโดยการจัดระดับความรุนแรงของผลกระทบ ซึ่งหลักการของ FMEA นั้น จะมุ่งเน้นไปยังการแสดงให้เห็นถึงรูปแบบความล้มเหลวที่จะนำมาซึ่งความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้น (Potential Failure Mode) จากนั้น จะทำการวิเคราะห์ผลกระทบของความล้มเหลวที่คาดว่าจะเกิดขึ้นและหาวิธีป้องกันการเกิด ความล้มเหลวโดย FMEA นั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท โดยมีรายละเอียด ดังนี้ (สมภาพ ตลับแก้ว. 2550)

1. การปรับปรุงการออกแบบโดยวิธีการ Design FMEA (DFMEA)

2. การปรับปรุงการผลิตโดยวิธีการ Process FMEA (PFMEA)

3. การปรับปรุงการบริการโดยวิธีการ Service FMEA (SFMEA)

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2551 : 24) ได้กล่าวถึง ประโยชน์ของ FMEA ไว้ซึ่งสามารถสรุปได้โดยมีรายละเอียด ดังนี้

- ช่วยในการปรับปรุงคุณภาพ ความไว้วางใจ ตลอดจนความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์หรือการบริการ

- ช่วยในการลดต้นทุนทั้งทางตรง และทางอ้อมซึ่งมีผลทำให้สามารถเพิ่มการแข่งขันในทางธุรกิจได้

- ช่วยในการกำหนดถึงลำดับสำคัญก่อนหลังของกิจกรรมการปรับปรุงคุณภาพโดยผ่านตัวเลขวิเคราะห์ความเสี่ยง

- ช่วยในการบ่งชี้ถึงความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้น และกำหนดแนวทางในการป้องกันต่อไป

- ช่วยในกระบวนการบ่งชี้ปัจจัยที่คาดว่าจะเป็สาเหตุสำคัญของปัญหาเพื่อดำเนินการพิสูจน์ และแก้ไขต่อไป

- ช่วยในการบ่งชี้ถึงวิธีการวินิจฉัยกระบวนการค้นหาสาเหตุ และการป้องกัน

2. ขั้นตอนในการจัดทำ FMEA

การดำเนินการ FMEA เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุดนั้นจะต้องดำเนินการภายใต้รูปแบบของคณะทำงานหรือทีมงาน ซึ่งจะมีขั้นตอนโดยทั่วๆ ไป ดังนี้ (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2551)

1. การกำหนดแนวทางในการดำเนินงาน FMEA

2. ระบุดัชนี หน้าทีของส่วนประกอบต่างๆ

3. ชี้บ่งถึงความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นในแต่ละหน้าที่ของส่วนประกอบต่างๆ

4. ระบุดัชนี ผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น

5. ประเมินระดับความรุนแรง (Severity) ของผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น

6. ระบุดัชนี สาเหตุที่อาจจะเกิดขึ้นและทำให้เกิดความเสียหาย

7. ประเมินระดับของเหตุการณ์ (Occurrence) ของสาเหตุที่อาจจะเกิดขึ้น

8. กำหนดวิธีการตรวจสอบ หรือวิธีการควบคุมในปัจจุบัน

9. ประเมินระดับความสามารถการตรวจสอบ (Detection) ของวิธีการในปัจจุบัน

10. คำนวณระดับความเสี่ยง (Risk Priority Number : RPN) = $S \times O \times D$ เพื่อบ่งชี้ว่าชิ้นส่วนอุปกรณ์ใดมีความเสี่ยงสูงเพื่อนำค่า RPN สูงๆ มาวิเคราะห์ พิจารณาเป็นลำดับแรก

11. ระบุปัญหาและดำเนินการตามแผนที่กำหนดเพื่อบรรเทาหรือลดระดับของค่าระดับความเสี่ยงโดยคัดเลือกจากระดับความเสี่ยงสูงเป็นลำดับแรก

12. ทบทวนและประเมินระดับความรุนแรง (S) ระดับของเหตุการณ์ (O) และระดับความสามารถในการตรวจสอบ (D) รวมถึงคำนวณค่าระดับความเสี่ยงใหม่

การวัดผลความน่าเชื่อถือของการบำรุงรักษา (Measurement of Reliability Performance)

การวัดผลความน่าเชื่อถือของการบำรุงรักษานั้นโดยส่วนใหญ่แล้วจะทำการวัดผลอยู่จำนวน 2 ตัว ซึ่งจะเป็นการวัดความสามารถในการบำรุงรักษาโดยมีรายละเอียด ดังนี้

- เวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรใช้งานจนถึงก่อนที่เกิดความล้มเหลว (Mean Time Between Failure : MTBF) โดยสามารถหาได้จาก

$$MTBF = \frac{\text{จำนวนชั่วโมงที่เครื่องจักรเดินแต่ละครั้งก่อนเสีย}}{\text{จำนวนครั้งที่เสีย}} \quad (1)$$

การคำนวณค่า MTBF จะเริ่มคิดจากการที่เครื่องจักรเกิดการเสียในครั้งที่ 1 และค่าเวลาในการเดินเครื่องจักรจะถูกสะสมไปเรื่อยๆ จนถึงเกิดการเสียในครั้งที่ 2 ก็จะนำมาหาค่าเฉลี่ยของการเสียได้ จากสมการที่ (1) ข้างต้นจะเห็นว่าถ้าค่า MTBF ที่ได้มีค่าน้อย จะแสดงให้เห็นว่าเครื่องจักร อุปกรณ์ เกิดการเสียบ่อย ต้องทำการตรวจสอบ วิเคราะห์และทำการปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาต่อไป

- เวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซมเครื่องจักรแต่ละครั้ง (Mean Time to Repair : MTTR) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความรวดเร็วและประสิทธิภาพในการซ่อมโดยสามารถหาได้จาก

$$MTTR = \frac{\text{จำนวนชั่วโมงที่ซ่อมเครื่องจักรแต่ละครั้ง}}{\text{จำนวนครั้งที่ซ่อม}} \quad (2)$$

การคำนวณค่า MTTR จะมีหลักการคำนวณคล้ายคลึงกับ MTBF ซึ่งจากสมการ (2) ข้างต้นจะเห็นว่า ถ้าค่า MTTR มาก หรือสูง แสดงให้เห็นว่าใช้เวลา ในการซ่อมแซมนาน ในทางตรงกันข้ามหากใช้เวลาน้อยแต่บ่อยๆ แสดงว่าเป็นการซ่อมแซมแบบซ่อมบ่อย (ซ่อมแบบกระจุ๊กกระจิก) ต้องเข้าไปตรวจสอบ วิเคราะห์ ปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาว่าแผนบำรุงรักษาให้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตาม ในส่วนของภาคการผลิต อาจนำการวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness : OEE) มาวัดประสิทธิผลการบำรุงรักษา (ดูสถิติสหประชาชาติ ; และ สมศักดิ์ อิทธิโสภณกุล. 2556) แสดงให้เห็นว่า การวัดประสิทธิผล

โดยรวมของเครื่องจักรเป็นตัววัดผลที่ชี้ให้เห็นว่าเครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด และเป็นวิธีการที่ดีวิธีหนึ่งที่นอกจากทำให้รู้ประสิทธิภาพของเครื่องจักรแล้ว ยังรู้ถึงสาเหตุของความสูญเสียที่เกิดขึ้น สามารถแยกประเภทการสูญเสียและสาเหตุนั้นได้ ทำให้สามารถที่จะปรับปรุงเพื่อลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้องและเป็นระบบ

การจำแนกประเภทของชิ้นส่วนของเครื่องจักร (Component Classification)

การวิเคราะห์ชิ้นส่วนของเครื่องจักร อุปกรณ์ นั้นโดยทั่วๆ ไปเครื่องมือที่ถูกมาใช้ในการวิเคราะห์ คือ การวิเคราะห์รูปแบบความล้มเหลวและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA) เพื่อทำการวิเคราะห์ผลกระทบต่อเนื่องจากการที่ชิ้นส่วนเกิดการชำรุดเสียหาย จำแนกประเภทของชิ้นส่วน ออกเป็น 4 ประเภท (Nowland, F. Stanley ; and Howard, F. Heap. 1978 : 48 ; John, Moubray. 1997 : 93-126 ; Anthony, M. Smith ; and Glenn, R. Hinchcliffe. 2004 : 110)

1. Hidden Failure Consequence เมื่อชิ้นส่วนเกิดความล้มเหลวจะส่งผลกระทบต่อเครื่องจักร การผลิต หรือความปลอดภัย อย่างไรก็ตาม ความล้มเหลวประเภทนี้ จะไม่มีสัญญาณเตือนเมื่อมีความล้มเหลวเกิดขึ้น

2. Safety and Environmental Consequence ความล้มเหลวที่มีผลกระทบต่อความปลอดภัย อาจจะทำให้ได้รับบาดเจ็บหรือเสียชีวิต และความล้มเหลวที่กระทบต่อสิ่งแวดล้อมนั้น กระทบต่อสิ่งแวดล้อม ระดับบริษัท ภูมิภาค นานาชาติ และมาตรฐาน

3. Operational Consequence เมื่อชิ้นส่วนเกิดความล้มเหลวจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตหรือการปฏิบัติงาน

4. Non Operational Consequence Economic ความล้มเหลวที่เกิดขึ้นนั้น จะไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตแต่จะส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา

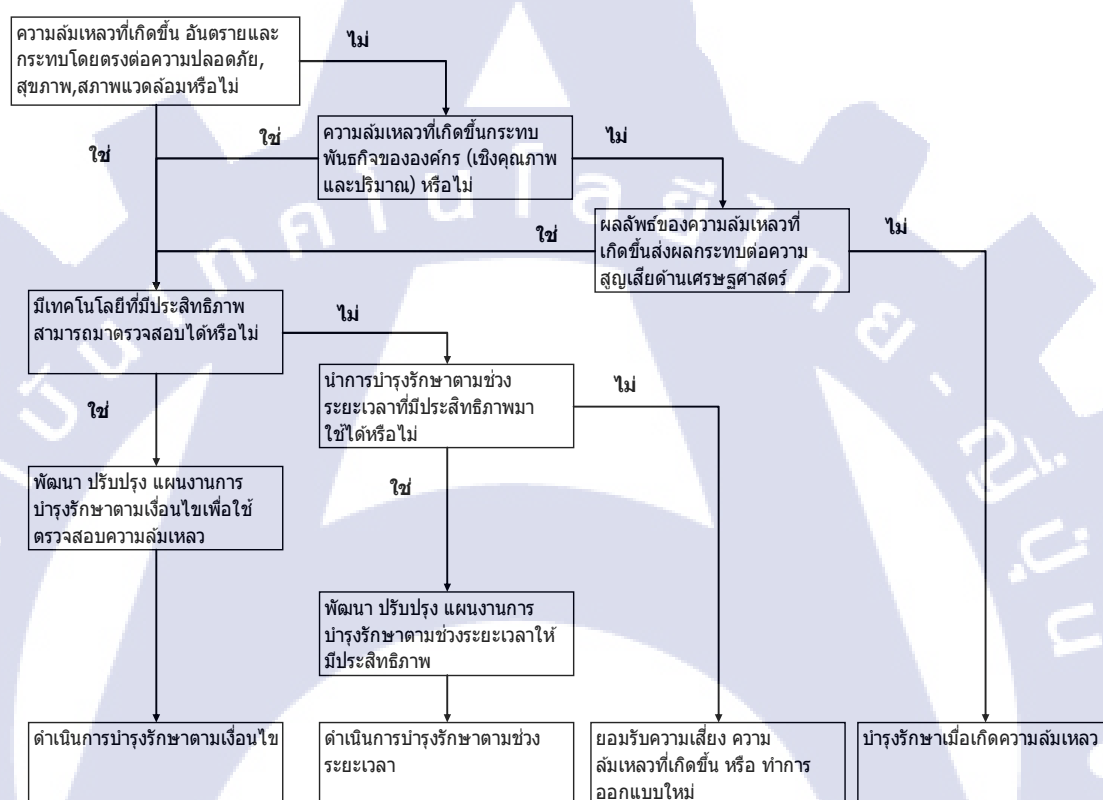
การวิเคราะห์รูปแบบความล้มเหลวและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA) นั้น ส่วนใหญ่มักพบในอุตสาหกรรมรถยนต์ โดยมีตัวแปรหรือระดับของการประเมินจำนวน 3 เรื่อง คือ

- ระดับความรุนแรงของความล้มเหลวที่เกิดขึ้น (Severity)
- ระดับความสามารถในการตรวจจับความล้มเหลว (Detection)
- อัตราของการเกิดความล้มเหลว (Occurrence)

จากตัวแปร หรือระดับของการประเมินทั้ง 3 ตัว ข้างต้นนั้น ทำได้โดยอ้างอิงตัวเลขทางสถิติของความล้มเหลวที่พบของอุตสาหกรรมรถยนต์ ซึ่งแนวทางการศึกษาครั้งนี้ จะแบ่งประเภทชิ้นส่วนและใช้การวิเคราะห์รูปแบบความล้มเหลวและผลกระทบ โดยได้กล่าวถึงอย่างละเอียดในหัวข้อการวิเคราะห์ความล้มเหลว (Failure Analysis) (หน้า 18) ดังกล่าวข้างต้น

ขั้นตอนการเลือกวิธีการบำรุงรักษา (Maintenance Task Selection Method)

การเลือกประเภทของการบำรุงรักษานั้นพื้นฐานความน่าเชื่อถือให้เหมาะสมต่อสภาพการใช้งาน ระดับความสำคัญมีความสำคัญเป็นอย่างมาก โดยสามารถแบ่งออกเป็น Potential Critical Component และ Non Potential Critical Component ซึ่งจะใช้ Logic Tree Analysis (LTA) ในการวิเคราะห์ดังแสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 12 แนวทางการเลือกประเภทของการบำรุงรักษา

ที่มา: Neil, B. Bloom. (2005). **Reliability Centered Maintenance Implementation Made Simple**. p. 159.

จากรูปที่ 12 แสดงแผนผังของแนวทางการเลือกประเภทของการบำรุงรักษาซึ่งจะเห็นว่าความสำคัญอยู่ที่การประเมินผลกระทบเมื่อเกิดความล้มเหลวซึ่งจากรูปที่ 12 สามารถสรุปได้ว่าจะเกี่ยวข้องกับ 3 ด้าน ดังนี้

1. เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย
2. เกี่ยวข้องกับการล่มของระบบ
3. เกี่ยวข้องด้านเศรษฐศาสตร์

ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องศึกษาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นในแต่ละด้านที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้สามารถเลือกแนวทางการบำรุงรักษาที่เหมาะสมอันนำมาซึ่งความสามารถที่จะป้องกันหรือบรรเทาความล้มเหลวและผลกระทบจากความล้มเหลวได้ และหากไม่สามารถดำเนินการได้ต้องทำการยอมรับความเสี่ยง ความล้มเหลวที่จะเกิดขึ้น หรือต้องทำการออกแบบใหม่

เนลี บี บลูม (Neil, B. Bloom. 2005 : 101) ได้แสดงถึงแนวทางการเลือกวิธีการบำรุงรักษาเครื่องจักรชิ้นส่วนหลังจากทำการวิเคราะห์ความล้มเหลวด้วย Logic Tree หลังจากนั้นให้ทำการกรอกรายละเอียดของข้อมูลลงตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แผนงานการบำรุงรักษา

ลำดับที่	ผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือและทรัพย์สิน	ลักษณะที่แสดงว่าเกิดความล้มเหลว	สาเหตุที่เป็นไปได้ของความล้มเหลว	ประเภทของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่เหมาะสม	ความถี่ของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	จำเป็นต้องมีการออกแบบใหม่หรือไม่

ที่มา: Neil, B. Bloom. (2005). **Reliability Centered Maintenance Implementation Made Simple.** p. 101.

ข้อมูลที่ลงบันทึกในตารางของแต่ละช่องนั้น สามารถอธิบายได้ดังนี้

- ลำดับที่ หมายถึงลำดับของชิ้นส่วน
- ผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือและทรัพย์สิน หมายถึง เป็นการประเมินว่าเมื่อเกิดความล้มเหลวแล้วจะกระทบต่อความน่าเชื่อถือและทรัพย์สินในระดับใด
- ลักษณะที่แสดงว่า เกิดความล้มเหลว หมายถึง ลักษณะที่บ่งชี้ว่าชิ้นส่วนได้เกิดความล้มเหลว เช่น แตก หัก
- สาเหตุที่เป็นไปได้ของความล้มเหลว หมายถึง การประเมิน วิเคราะห์ถึงสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล้มเหลว

- ประเภทของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่เหมาะสม หมายถึง การบำรุงรักษาตามกำหนดเวลา การบำรุงรักษาตามเงื่อนไข และการบำรุงรักษาเมื่อเกิดความล้มเหลว
- ความถี่ของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน หมายถึง ช่วงเวลาที่จะดำเนินการบำรุงรักษา เช่น ทุกวัน ทุกเดือน ทุกปี ทุกๆ 2 ปี

หลักการพื้นฐานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง

ศูนย์ข้อมูล (Data Center) เป็นพื้นที่ที่ใช้จัดวางเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Server) เครื่องประมวลผลขนาดใหญ่ (Main Frame) เครื่องบันทึกข้อมูล (Storage) อุปกรณ์เครือข่าย (Network Switch) ข่ายสายสัญญาณ (Data Cabling System) และอุปกรณ์สื่อสารต่างๆ ขององค์กร โดยมากผู้ใช้งาน หรือลูกค้าจะเชื่อมต่อมาใช้บริการผ่านระบบเครือข่ายที่มาจากภายนอก ศูนย์ข้อมูลจึงเปรียบได้กับสมองขององค์กร การออกแบบศูนย์ข้อมูลนั้น โดยมากจะมีหลักการออกแบบโดยคำนึงถึงปัจจัยสำคัญต่างๆ ดังนี้ อาทิเช่น

- ความมีเสถียรภาพ
- ความพร้อมใช้งาน
- การบำรุงรักษา
- ความเหมาะสมในการลงทุน
- ความปลอดภัย
- การรองรับการขยายในอนาคต

โดยส่วนใหญ่ เพื่อให้อุปกรณ์ต่างๆ เหล่านี้สามารถทำงานได้มีอยู่ 4 ประการ ดังนี้

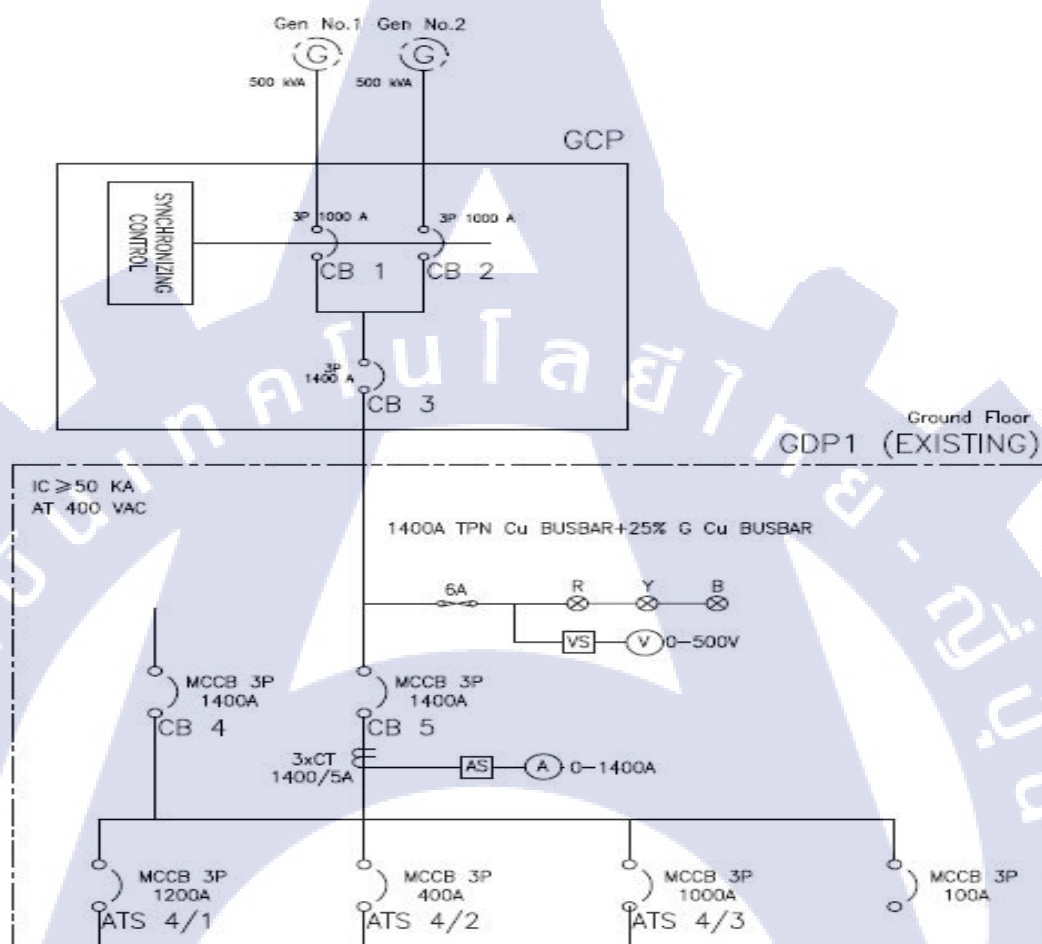
1. พื้นที่
2. ระบบไฟฟ้า
3. ระบบปรับอากาศ
4. ระบบเครือข่าย

จากรายละเอียดดังกล่าวข้างต้น จะเห็นว่าระบบไฟฟ้ามีความสำคัญเป็นอย่างมากโดยมีหน้าที่ในการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ภายในศูนย์ข้อมูล อีกทั้งยังเป็นส่วนสนับสนุนให้กับระบบปรับอากาศ และระบบเครือข่ายอีกด้วย

ศูนย์ข้อมูล (Data Center) ส่วนใหญ่ต้องให้บริการตลอดเวลา ไม่มีวันหยุด เสถียรภาพของศูนย์ข้อมูลจึงเป็นสิ่งสำคัญ ดังนั้นจึงต้องมีระบบไฟฟ้าสำรองเพื่อให้สามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับศูนย์ข้อมูลตลอดเวลา เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากของธุรกิจศูนย์ข้อมูล

หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองนั้นจะทำงานเมื่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าหลัก (การไฟฟ้านครหลวงหรือภายในอาคาร) ไม่สามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้าได้ ระบบควบคุมการทำงานจะสั่งให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 2 เครื่อง ทำงานโดยอัตโนมัติเพื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับ

เครื่องจ่ายแรงดันไฟฟ้าต่อเนื่อง (Uninterruptible Power System : UPS) และจ่ายผ่านไปยัง ศูนย์ข้อมูล (Data Center)



รูปที่ 13 แผนผังการจ่ายแรงดันไฟฟ้าของศูนย์ข้อมูลคอมพิวเตอร์

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษาน้ำมันพื้นฐานความน่าเชื่อื่อนั้น สามารถแบ่งออกเป็น 4 หัวข้อ คือ การประยุกต์ และนำทฤษฎีของการบำรุงรักษาน้ำมันพื้นฐานความน่าเชื่อถือไปใช้ การวิจัยเกี่ยวกับทฤษฎีของความน่าเชื่อถือ การประยุกต์ใช้แผนงานการบำรุงรักษา และการศึกษาเกี่ยวกับ FMEA

การประยุกต์และนำทฤษฎีของ RCM ไปใช้งาน

อาร์ อี เลฟ (R. E. Love. 1991 : 1-32) ได้ทำการศึกษาการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือเกี่ยวกับยุทธโธปกรณ์ภาคสนามในปี 1991 ซึ่งพบว่า ใช้การบำรุงรักษาตามกำหนดเวลา เช่น ทุกเดือน ทุกๆ 2 เดือน หรือ ทุกๆ ปี จะทำการเปลี่ยนชิ้นส่วน อะไหล่ต่างๆ ตามเวลาที่กำหนด โดยไม่ได้คำนึงถึงสภาพจริง ๆ ของชิ้นส่วนหรืออะไหล่เหล่านั้น ส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายที่ชัดเจน 2 ส่วน คือ ค่าใช้จ่ายในด้านชิ้นส่วน อะไหล่ที่นำมาทดแทนรวมถึงเวลาที่ใช้ในส่วนต่างๆ จนถึงการส่งกลับ และค่าเสียโอกาสในการทำงานของชิ้นส่วน เครื่องจักร ในช่วงระหว่างที่ทำการบำรุงรักษา การบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือในขณะนั้นยังไม่มีที่ยอมรับในอุตสาหกรรมอาวุธเมื่อเทียบกับการบำรุงรักษาในแบบเดิม

แนวความคิดของการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ คือ การพัฒนาแผนงานการบำรุงรักษาผ่านการวิเคราะห์ความล้มเหลวของชิ้นส่วน อะไหล่ ด้วยกระบวนการวิเคราะห์รูปแบบความล้มเหลว ผลกระทบและความวิกฤติ (The Failure Modes Effects and Criticality Analysis : FMECA) ความล้มเหลวของชิ้นส่วน อะไหล่ จะถูกแบ่งออกเป็นระดับความสำคัญในแต่ละด้านซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ การทำงาน เศรษฐศาสตร์ และความปลอดภัย ในขณะที่ความล้มเหลวนั้นจะแบ่งออกเป็น ความล้มเหลวแบบซ่อนเร้น และแบบตรวจจับได้

แนวทางการบำรุงรักษาที่ได้จากการวิเคราะห์ความล้มเหลวนั้น สามารถแบ่งออกเป็น 4 แบบ คือ

1. การบำรุงรักษาตามช่วงเวลาเพื่อค้นหาความล้มเหลวที่จะเกิดขึ้น
2. การซ่อมบำรุงชิ้นส่วน อะไหล่ก่อนช่วงเวลาหรือตามเวลาที่กำหนด
3. การเปลี่ยนชิ้นส่วน อะไหล่ก่อนเวลาที่กำหนด
4. การตรวจสอบเพื่อค้นหาความล้มเหลวที่ซ่อนเร้น

การนำการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือไปประยุกต์ใช้งานนั้นจะมีระเบียบวิธีการวิจัย ดังนี้

1. แยกระบบออกมาเป็นชิ้นส่วน อะไหล่ย่อย และทำการวิเคราะห์ความล้มเหลว
2. ทำการวิเคราะห์ระดับความสำคัญของความล้มเหลว
3. เลือกแนวทางการบำรุงรักษาให้เหมาะสมแต่ละชิ้นส่วน

จากการศึกษาและนำการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือไปประยุกต์ใช้งานจริงพบว่า สามารถลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเครื่องยนต์รุ่น LAV-25 ลงได้ พร้อมทั้งได้พัฒนาโปรแกรมช่วยวิเคราะห์เชิงสถิติ และประยุกต์ใช้กับรถและยุทธโธปกรณ์อื่นๆ เพิ่มเติมอีก ดังนั้นชีวิตสภาพความพร้อมใช้งานตามแนวทางการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือนั้น คือ การที่สามารถระบุความล้มเหลวที่เป็นไปได้หรือมีแนวโน้มว่าจะเกิดความล้มเหลวก่อนที่จะเกิดความล้มเหลวขึ้นจริง

อย่างไรก็ตาม การนำแนวทางการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือไปประยุกต์ใช้งานนั้นมิมีประโยชน์อย่างมาก แต่อาจติดขัดหรือพบปัญหาในแง่ของวัฒนธรรมการบำรุงรักษาแบบเดิม ส่งผลให้ไม่ประสบความสำเร็จในการนำไปใช้ ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องให้ความรู้ ความเข้าใจแก่ผู้เกี่ยวข้องด้วย

อิสรัมย์ เอช เอฟฟี (Islam, H. Afefy. 2010) ได้ทำการศึกษาการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือในโรงงานที่ใช้กระบวนการไอน้ำ โดยได้ใช้แนวความคิดของการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือคือการพัฒนาแผนงานการบำรุงรักษาผ่านการวิเคราะห์ความล้มเหลวของชิ้นส่วน อะไหล่ด้วยกระบวนการวิเคราะห์รูปแบบความล้มเหลวและผลกระทบ (The Failure Modes Effects Analysis : FMEA) และทำการวิเคราะห์ระดับความวิกฤติ (Criticality Analysis) ของชิ้นส่วน อะไหล่ หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ผ่านแผนผังต้นไม้ (Logic Tree Analysis : LTA) โดยการวิเคราะห์นั้นจะแบ่งระดับความสำคัญออกเป็น 3 ด้าน คือ การทำงาน เศรษฐศาสตร์ และความปลอดภัย เพื่อหาแนวทางการบำรุงรักษาของแต่ละชิ้นส่วนต่อไป โดยได้กำหนดแนวทางหรือขั้นตอนของการดำเนินการ RCM ไว้จำนวน 7 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. เลือกรายการที่จะดำเนินการและรวบรวมข้อมูล
2. กำหนดขอบเขตของระบบ
3. อธิบายถึงรายละเอียดและหน้าที่ของระบบ
4. ระบุความล้มเหลวของชิ้นส่วน
5. วิเคราะห์รูปแบบความล้มเหลวและผลกระทบ (FMEA)
6. หาแนวทางการบำรุงรักษาผ่านการวิเคราะห์แผนผังต้นไม้ (LTA)
7. เลือกแนวทางการบำรุงรักษา

จากการที่ได้นำการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือมาประยุกต์ใช้ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายด้านแรงงานลดลง 25.2% ต่อปี ค่าใช้จ่ายจากการที่เครื่องจักรชำรุดมีค่าลดลง 80% เมื่อเปรียบเทียบกับแผนงานการบำรุงรักษาแบบเดิมและที่สำคัญ คือ ค่าใช้จ่ายด้านอะไหล่รายปีมีค่าลดลงประมาณ 22.17%

จอร์จ มาร์ติเนซ (Jorge, Martinez. 2007) ทำการศึกษาและนำการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือไปประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับระบบสาธารณูปโภคภายในอาคารโดย กล่าวว่า ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่างๆ ของระบบสาธารณูปโภคมีความสำคัญและมีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก โดยเฉพาะค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาและซ่อมแซม ซึ่งการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้ใช้ Weibull Distribution มาช่วยในการค้นหาแนวทางการบำรุงรักษาที่คุ้มค่า การคาดการณ์ช่วงเวลาของความล้มเหลวที่จะเกิดขึ้นในครั้งถัดไปอย่างแม่นยำ ช่วยให้สามารถป้องกันและลดค่าใช้จ่ายในด้านต่างๆ ลงได้ ซึ่งจากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้รับผลลัพธ์ คือ

1. การกำหนดช่วงเวลาของการบำรุงรักษาที่คุ้มค่าขึ้นอยู่กับการจัดเก็บข้อมูล ประวัติ
2. ข้อมูลที่ทำการจัดเก็บและที่รวบรวมมาจะต้องนำมาวิเคราะห์
3. นำเสนอขั้นตอนและการกลยุทธ์ของการนำไปประยุกต์ใช้

จากการศึกษาของผู้ศึกษาครั้งนี้ พบว่า ผู้จัดเก็บข้อมูลขาดการฝึกอบรมส่งผลให้ไม่สามารถเก็บรวมข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ได้ จึงให้ข้อเสนอแนะว่า การจัดเก็บข้อมูลมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการนำข้อมูลมาใช้เพื่อกำหนดกลยุทธ์การบำรุงรักษา

อูเดย์ คูมาร์ ; และ สเวน แกรนโฮล์ม (Uday, Kumar ; and Sven, Granholm. 1988) ทำการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือและได้นำไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ของเหมืองแร่ โดยได้แสดงให้เห็นถึงนิยาม ความหมาย แนวคิด ประโยชน์ และการวิเคราะห์การบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ ซึ่งจากการศึกษาสามารถสรุปผลลัพธ์ที่ได้ คือ

1. รายละเอียดการบำรุงรักษาที่สำคัญ (Significant Maintenance Task)
2. ช่วงเวลาการบำรุงรักษา (Maintenance Task Interval)

ซึ่งจากรายละเอียดทั้งสองข้างต้นนั้น ผู้ศึกษากล่าวว่า มีความสำคัญเป็นอย่างมากเนื่องจากจะกลายมาเป็นมาตรฐานในการบำรุงรักษาเครื่องจักร อุปกรณ์ ต่อไป

การวิจัยเกี่ยวกับทฤษฎีของความน่าเชื่อถือ

แดน เอ็ม ฟรานโกโป ; และคณะ (Dan, M. Frangopol ; et al. 2001 : 27-34) ทำการศึกษาวิจัยในหัวข้อ Reliability Based Life Cycle Management of Highway Bridge ในปี 2001 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อบริหารจัดการค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาให้อยู่ในเกณฑ์เหมาะสม เมื่อเทียบกับความน่าเชื่อถือของการใช้งานโดยมีข้อจำกัดในด้านบุคลากร ทีมผู้วิจัยได้แสดงให้เห็นว่า กระบวนการที่ใช้ในการบริหารจัดการที่ใช้อยู่มีประสิทธิผลด้อยกว่ากระบวนการที่ใช้ความน่าเชื่อถือ งานวิจัยนี้ได้พัฒนารูปแบบการจัดการอายุการใช้งานเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ความเสี่ยง ค่าใช้จ่ายและประโยชน์ที่จะได้รับ

การบำรุงรักษาสะพานที่ผ่านมาจะดำเนินการเมื่อจำเป็นเท่านั้น จนช่วงปลาย ค.ศ. 1960 ถึงได้ระบุให้ความปลอดภัยเป็นเป้าหมายหลักในการบำรุงรักษา หลังจากนั้น ได้กำหนดเป็นมาตรฐานการตรวจสอบสะพานและในปี 1971 เริ่มมีการจัดเก็บข้อมูลเข้า NBI (National Bridge Inventory) หลังจากนั้นได้เริ่มมีการใช้เครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์การตัดสินใจเพื่อการบำรุงรักษาในปี 1980 รวมถึงมีการจัดทำแผนแม่บทการจัดการสะพานโดยใช้หลักการคณิตศาสตร์เข้าช่วยตัดสินใจระหว่างการเสื่อมสภาพและประสิทธิภาพ จนกระทั่งปี 1991 มีความต้องการที่จะทำระบบบริหารจัดการสะพานด้วยแผนงานการบำรุงรักษาที่คุ้มค่าที่สุด จึงได้ทำการทบทวนแผนแม่บทใหม่อีกครั้ง

ปัจจุบันมีการนำทฤษฎีความน่าเชื่อถือมาใช้ในการบริหารจัดการสะพานซึ่งเป็นการยกเลิกข้อจำกัดต่างๆ ที่เคยมีมา ผลจากการวิเคราะห์ได้แสดงให้เห็นว่า ความน่าเชื่อถือของสะพานจะลดลงอย่างต่อเนื่องหากไม่มีการบำรุงรักษา แต่การบำรุงรักษาที่ไม่สามารถทำให้ระดับความน่าเชื่อถือของสะพานเป็นเหมือนตอนเริ่มต้นได้ เนื่องจากปัจจัยอื่นๆ เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย

ผลจากการจำลองสถานการณ์สามารถระบุจำนวนของสะพานที่จำเป็นต้องทำการบำรุงรักษาในระดับต่างๆ และสะพานที่คุ้มค่าในการบำรุงรักษาได้ นอกจากนี้ ยังสามารถแสดงให้เห็นถึงผลประโยชน์สะสมที่ได้รับ เมื่อมีการบำรุงรักษาสะพานอย่างต่อเนื่องเมื่อเทียบกับรายปีที่มียูทิลิตี้สูงขึ้นเรื่อยๆ ไปในอนาคต

ผู้วิจัยได้แสดงให้เห็นว่า ประโยชน์จากการใช้ทฤษฎีความน่าเชื่อถือในการบำรุงรักษาสะพานสามารถช่วยให้ตัดสินใจในเรื่องต่างๆ ได้ดียิ่งขึ้น เช่น ความน่าเชื่อถือของสะพานในอนาคต ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาที่จำเป็น ค่าใช้จ่ายในอนาคตและการวางแผนการจัดการสะพานแบบเป็นโครงข่าย อีกทั้งยังให้เห็นว่า ข้อจำกัดของแผนงานการบำรุงรักษาแบบดั้งเดิมมีมากมายแต่ด้วยการนำทฤษฎีความน่าเชื่อถือมาศึกษาและใช้งานพบว่าสามารถขจัดข้อจำกัดต่างๆ ลงได้และยังส่งผลให้ค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมและเป็นไปได้

จากการศึกษาและสรุปผลของผู้ศึกษานั้นได้มุ่งเน้นให้เห็นถึงแนวความคิด โครงสร้าง และขั้นตอนการดำเนินการจัดทำ การบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ ซึ่งได้ทำการสรุปไว้อย่างละเอียดในหัวข้อหลักการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ (M. Rausand ; and J. Vatn. 1998)

การประยุกต์ใช้แผนงานการบำรุงรักษา

เค เอ เอช คอบบาชี่ ; และคณะ (K. A. H. Kobbacy ; et al. 1997 : 187-198) ได้ทำการศึกษาหัวข้อ A Full History Proportional Hazards Model for Preventive Maintenance Scheduling ซึ่งเป็นการศึกษาวิธีการแก้ปัญหาสำหรับการพัฒนาแผนงานการบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับระบบดำเนินการกึ่งพารามิเตอร์แบบสัดส่วน-อันตราย (Proportional Hazards Model : HPM) เพื่อกำหนดตารางการบำรุงรักษาตามกำหนดเวลาครั้งต่อไปตามข้อมูลบันทึกไว้

การบำรุงรักษาเชิงป้องกันเป็นลักษณะของกลุ่มงานที่ดำเนินการบำรุงรักษาเป็นประจำต่อเนื่อง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้อายุการใช้งานของระบบ เครื่องจักร ชิ้นส่วนมีอายุการใช้งานนานมากขึ้น โดยมีแนวคิดที่ว่าเมื่อทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันจะส่งผลให้เวลาที่ระบบเครื่องจักร ชิ้นส่วนต้องหยุดเพื่อซ่อมแซมลดลงน้อยกว่าการที่ไม่ได้ทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

ทฤษฎีดั้งเดิมของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันนั้น จะแสดงความสัมพันธ์ในรูปของค่าใช้จ่ายในการดำเนินการกับความน่าเชื่อถือระยะยาว ดังรูปที่ 4 นอกจากนี้ยังมีหลายทฤษฎี เช่น ใช้เกณฑ์การพิจารณาของกำไรจากการดำเนินงาน หรือเวลาหยุดเพื่อทำการซ่อมแซม

เป็นต้น อย่างไรก็ตาม งานวิจัยชิ้นนี้ใช้สมมติฐานตามทฤษฎีของ PHM ซึ่งเป็นรูปแบบของการใช้สถิติเพื่อการวิเคราะห์อย่างหนึ่ง สมการของ PHM สามารถแสดงได้ดังสมการที่ 3

$$\lambda(t) = \lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{\Pr(t < T \leq t + \delta)}{\delta \Pr(T > t)} \quad (3)$$

เมื่อ T = เวลาที่จะล้มเหลว

สมการที่ 3 สมการการเกิดอันตรายตามวิธี HPM (K. A. H. Kobbacy ; et al. 1997) ผลลัพธ์ที่ได้ คือ การที่สามารถระบุเวลาที่จะทำการบำรุงรักษาครั้งต่อไป โดยลักษณะการบำรุงรักษาจะเป็นแบบการบำรุงรักษาตามเงื่อนไขมากกว่าการบำรุงรักษาตามกำหนดเวลา ทั้งนี้ปัจจัยต่างๆ ที่จะต้องนำวิเคราะห์ตามวิธี HPM จะประกอบด้วย

1. อายุของระบบ เครื่องจักร ชิ้นส่วน
2. ช่วงเวลาของการบำรุงรักษาโดยเฉลี่ย
3. จำนวนครั้งที่เกิดความล้มเหลว
4. จำนวนครั้งของการบำรุงรักษา
5. เวลาที่ใช้ในการการบำรุงรักษาทั้งหมดเมื่อเกิดความล้มเหลว
6. จำนวนของชั่วโมง-คนทั้งหมด
7. เวลาที่เปลี่ยนชิ้นส่วนล่าสุด
8. เวลาที่ซ่อมบำรุงล่าสุด

ผู้วิจัยได้ทำการสรุปว่า การประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ HPM สามารถกำหนดช่วงเวลาที่ใช้ในการบำรุงรักษาครั้งต่อไปได้โดยอาศัยข้อมูลที่มี ใช้ในการพิจารณาภายใต้สมมติฐานที่ว่า อายุการใช้งานของระบบ เครื่องจักร ชิ้นส่วน ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ที่ทำการวัดได้ ณ สภาพก่อนเกิดการบำรุงรักษาและช่วงห่างของเวลาในการบำรุงรักษาในแต่ละครั้งเป็นอิสระต่อกัน

ยู เทิน ไช้ ; คู ซอง หวัง ; และ เหว่ย หยวน เต็ง (You-Tern, Tsai ; Kuo-Shong, Wang and ; Hwei-Yuan, Teng. 2001 : 89-97) ได้ทำการศึกษาและมีจุดมุ่งหมายของการศึกษา คือ การกำหนดแผนงานการบำรุงรักษาเชิงป้องกันตามเวลาด้วยการใช้การบำรุงรักษาเชิงป้องกันแบบง่ายๆ เช่น การเปลี่ยนน้ำมัน การซ่อมแซม หรือการทำความสะอาด รวมถึงการเปลี่ยนชิ้นส่วนแบบง่าย เพื่อให้สภาพของการสึกหรอกลับสู่สภาวะเริ่มต้นใช้งาน การกำหนดแผนงานการบำรุงรักษาจะใช้สมการของความน่าเชื่อถือเทียบกับความล้มเหลวที่เกิดขึ้น และการจำลองแบบถดถอยของอายุการใช้งาน ผลของการบำรุงรักษาจะถูกพิจารณาใน

รูปของค่าใช้จ่าย อายุการใช้ชิ้นส่วน ซึ่งผลจากการนำสมการทั้งสองมาประมวลผลโดยใช้ อัลกอริทึม จะทำให้ทราบแผนงานการบำรุงรักษาแบบใดคุ้มค่าที่สุด

ผลจากการศึกษาโดยใช้การทดสอบกับระบบส่งกำลังผ่านการประมวลผลการจัดทำ แผนการซ่อมบำรุงชิ้นส่วนที่มีความล้มเหลวแตกต่างกัน เช่น เกิดความล้มเหลวแบบสุ่ม หรือ เกิดความล้มเหลวจากการสึกหรอ ซึ่งพบว่า จำนวนครั้งของการบำรุงรักษาเมื่อเกิดความ ล้มเหลวแปรผันกับค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันแบบง่าย และค่าใช้จ่ายใน การบำรุงรักษาเมื่อเกิดความล้มเหลวต่อครั้งของชิ้นส่วนมีความซับซ้อนมากจะมีค่าเฉลี่ยของ การบำรุงรักษาเชิงป้องกันแบบง่ายต่ำ ส่งผลให้จำนวนครั้งของการเปลี่ยนชิ้นส่วนสูงขึ้นเพื่อ รักษาระดับของความเชื่อมั่น นอกจากนี้ถ้าค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเมื่อเกิดความล้มเหลวต่อ ครั้งมีมูลค่าสูงจะต้องทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันแบบง่ายเพิ่มขึ้น

เอกสารและงานศึกษาที่เกี่ยวข้องกับ FMEA

เจียม จันทรอนันต์ (2552) ได้ทำการศึกษาเรื่องการประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA ใน กระบวนการตรวจสอบขั้นสุดท้ายสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตวงจร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ วิเคราะห์และลดของเสียของกระบวนการตรวจสอบขั้นสุดท้ายสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตวงจร รวม เริ่มจากศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อข้อบกพร่องโดยการระดมสมองของทีมงานด้วยการใช้ แผนภูมิแสดงเหตุและผลของปัญหา และทำการศึกษาตามหลักการ FMEA พบว่า ปัญหาหลักที่ ต้องนำมาแก้ไขก่อนมี 2 ส่วน คือ

1. กระบวนการติดตั้งเครื่องจักรการโหลดโปรแกรมการตรวจสอบชิ้นงาน
2. การใส่งานเข้าไปในเครื่องจักร

แนวทางในการแก้ไขปัญหาคือการใช้บาร์โค้ดในการเลือกโปรแกรมโดยการสแกน จากใบงานไปเชื่อมโยงกับระบบของเครื่องตรวจสอบงาน และการจัดทำเครื่องป้องกันการใส่ ถาดงานผิดทิศทางโดยอาศัยลักษณะของขอบถาดที่มีหัวท้ายที่แตกต่างกัน ผลการดำเนินการ แก้ไข พบว่า กระบวนการทำงานช้าลดลง 50% ลดเวลาการทำงาน 25% ลดของเสียลง 50% ยอดการผลิตชิ้นงานเพิ่มขึ้น 25%

สิ่งที่นำมาประยุกต์ใช้จากงานวิจัยนี้ คือ การให้คะแนนในแต่ละระดับความเสี่ยงของ ค่าความบกพร่อง โอกาสการเกิด และโอกาสการตรวจพบของข้อบกพร่องนั้นๆ

สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 5 สรุปรายละเอียดต่างๆ ของงานวิจัยศึกษาและเกี่ยวข้อง

ผู้แต่ง (ปี)	ชื่อเรื่อง	ผลลัพธ์	ข้อเสนอแนะ
M. Rausand ; and J. Vatn. (1998)	Reliability Centered Maintenance	- แสดงถึงแนวคิดและประโยชน์ของ RCM - แสดงขั้นตอนหลัก 12 ขั้นตอนในการวิเคราะห์ RCM - วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ RCM	- การนำ RCM ไปใช้งานควรกำหนดขอบเขตการจัดทำให้ชัดเจนรวมถึงต้องลดช่องว่างระหว่างผู้ปฏิบัติงานกับผู้วิเคราะห์อย่างใกล้ชิด
Jorge, Martinez. (2007)	Application of Reliability Centered Maintenance in Facility Management	- นำ RCM มาประยุกต์ใช้งานด้านการจัดการสาธารณูปโภค ส่งผลให้ลดค่าใช้จ่ายได้ - ชี้บ่งถึงความสำคัญของการจัดเก็บข้อมูล	- การนำ RCM ไปประยุกต์ใช้งานให้เกิดประโยชน์สูงสุดนั้นจะต้องมีระบบจัดเก็บข้อมูลที่ดี
Islam, H. Afefy. (2010)	Reliability Centered Maintenance Methodology and Application : A Case Study	- แสดงถึงแนวคิดและประโยชน์ของ RCM - ค่าใช้จ่ายด้านกำลังคน อะไหล่ และหยุดเครื่องจักรลดลง - แสดงขั้นตอนหลัก 7 ขั้นตอนการดำเนิน RCM	- การประเมินระดับความวิกฤติด้วย FMEA และ LTA ต้องมีระบบการประเมินที่ดี - ต้องมีระบบการจัดเก็บข้อมูลที่ดีเพื่อใช้ในการวิเคราะห์
Lee, Kirby. (2012)	Reliability Centered Maintenance : A New Approach (Reducing Data Center Risk and Cost)	- แสดงถึงประวัติ แนวความคิดและประโยชน์ของ RCM - การนำ RCM ประยุกต์ใช้กับ Data Center	- ต้องมีระบบการจัดเก็บข้อมูลที่ดีเพื่อใช้ในการวิเคราะห์

ตารางที่ 5 สรุปรายละเอียดต่างๆ ของงานวิจัยศึกษาและเกี่ยวข้อง (ต่อ)

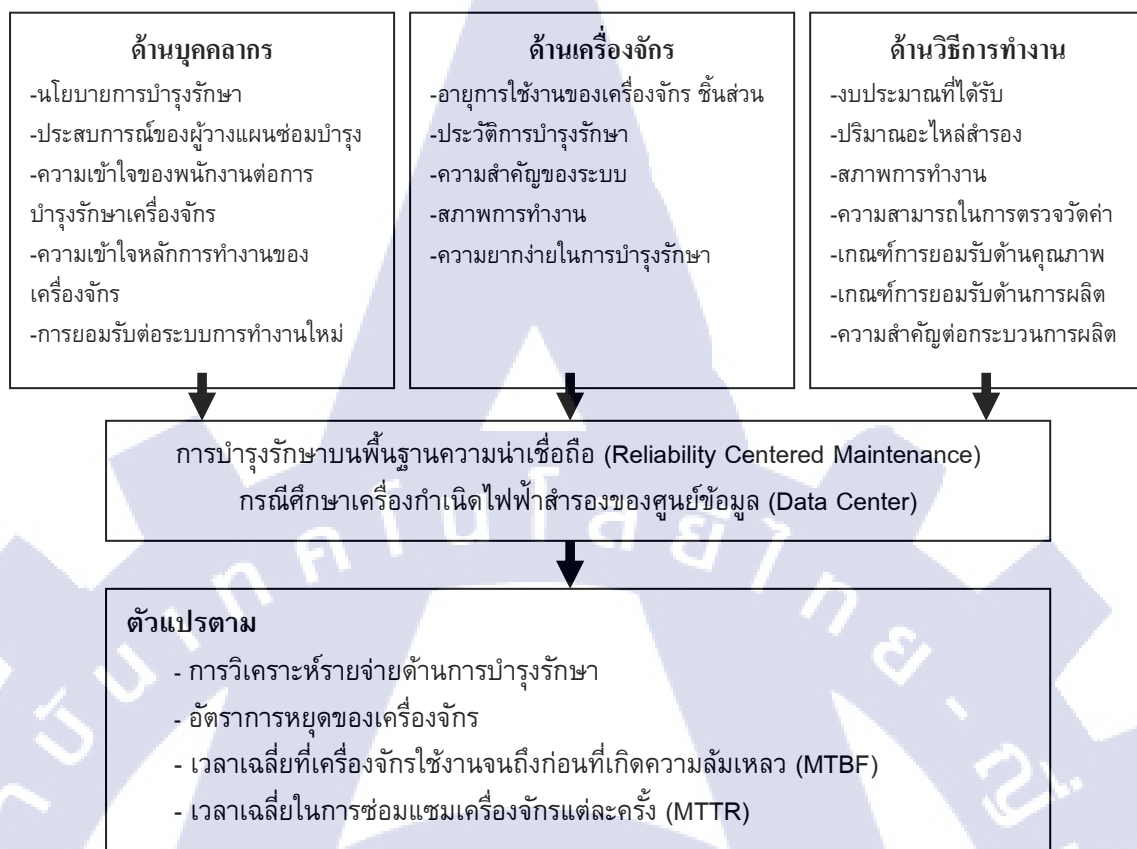
ผู้แต่ง (ปี)	ชื่อเรื่อง	ผลลัพธ์	ข้อเสนอแนะ
Uday, Kumar ; and Sven, Granholm. (1988)	Reliability Centered Maintenance for Mining Equipment	- แสดงถึงแนวคิดและประโยชน์ของ RCM - ลดค่าใช้จ่ายในการผลิต ด้านบำรุงรักษา ปฏิบัติงาน - วิเคราะห์ RCM และวิเคราะห์ผลกระทบความล้มเหลวของเครื่องจักร	- ต้องมีระบบการจัดเก็บข้อมูลที่ดีเพื่อใช้วิเคราะห์
R. E. Love. (1991)	Reliability Centered Maintenance	- สามารถลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษารถหุ้มเกราะ รุ่น LAV-25 - พัฒนาโปรแกรมช่วยในการวิเคราะห์เชิงสถิติ - นำ RCM ไปประยุกต์ใช้กับรถและระบบยุทโธปกรณ์สนามอื่นๆ	- ส่วนใหญ่ใช้กับระบบเครื่องจักรกลมากกว่าระบบไฟฟ้าและระบบอื่นๆ
ดุสิต สิงห์พรหม-มาศ ; และ สมศักดิ์ อธิธิโสภณ-กุล (2556)	การจัดตั้งระบบการซ่อมบำรุงเครื่องมือกลเชิงป้องกัน กรณีศึกษา : โรงงานผลิตน้ำอัดลม	- เพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมให้กับเครื่องมือกลที่ใช้ในการผลิตน้ำอัดลม - วิเคราะห์ปัญหาพร้อมหาแนวทางการแก้ไข	- การดำเนินการจะต้องได้รับความร่วมมือจากผู้บริหาร พนักงาน ภายในหน่วยงาน - อบรมพนักงานอย่างต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มสมรรถภาพอย่างต่อเนื่อง
Jiam, Jun-A-Num ; et al. (2012)	An Application of Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Technique in the Final Inspection Process of an Integrated Circuit Industry	- เพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการตรวจสอบขั้นสุดท้าย - วิเคราะห์ปัญหาพร้อมหาแนวทางการแก้ไข	- การดำเนินการจะต้องได้รับความร่วมมือจากผู้บริหาร พนักงาน ภายในหน่วยงาน

ตารางที่ 5 สรุปรายละเอียดต่างๆ ของงานวิจัยศึกษาและเกี่ยวข้อง (ต่อ)

ผู้แต่ง (ปี)	ชื่อเรื่อง	ผลลัพธ์	ข้อเสนอแนะ
Dan, M. Frangopol ; et al. (2001)	Reliability Based Life Cycle Management of Highway Bridge	- แสดงถึงแนวคิดและประโยชน์ของ RCM - ลดค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาสะพานลงได้ - นำคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ตัดสินใจ - ความน่าเชื่อถือของสะพานเพิ่มขึ้น	- ต้องมีระบบการจัดเก็บข้อมูลที่ดีเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ - การนำ RCM ไปใช้งานควรมีการลดช่องว่างระหว่างผู้ปฏิบัติงานกับผู้วิเคราะห์อย่างใกล้ชิด
K. A. H. Kobbacy ; et al. (1997)	A Full History Proportional Hazards Model for Preventive Maintenance Scheduling	- สามารถกำหนดเวลาการบำรุงรักษาครั้งต่อไปได้ - สามารถป้องกันเครื่องจักรเกิดการชำรุดได้	- แนวทางที่กำหนดได้ส่วนใหญ่จะเป็นการบำรุงรักษาแบบเงื่อนไข - ต้องมีระบบการจัดเก็บข้อมูลที่ดีเพื่อใช้ในการวิเคราะห์
You-Tern, Tsai ; Kuo-Shong, Wang and ; Hwei-Yuan, Teng. (2001)	Optimizing Preventive Maintenance for Mechanical Components Using Genetic Algorithms	- ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาเมื่อเกิดความล้มเหลวต่อครั้งแปรผันกับจำนวนครั้งของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันแบบง่าย - จำนวนครั้งการบำรุงรักษาขึ้นอยู่กับค่าเฉลี่ยผลลัพธ์การบำรุงรักษาเชิงป้องกันและค่าใช้จ่ายเมื่อเกิดความล้มเหลวต่อครั้ง	- ไม่สามารถนำไปประยุกต์ในการบำรุงรักษาแบบเงื่อนไขได้

กรอบแนวคิดการศึกษา

เนื่องจากการบำรุงรักษานับพื้นฐานความน่าเชื่อถือ เป็นทฤษฎีใหม่ในหน่วยงานที่ทำการศึกษา ดังนั้นการประยุกต์ใช้แนวทางการบำรุงรักษาจึงมีข้อจำกัดอยู่หลายด้าน เช่น ด้านเครื่องจักร ด้านบุคลากร และด้านวิธีการทำงาน โดยผู้ศึกษาได้มุ่งเน้นไปยังผลลัพธ์ของการศึกษา คือ แผนงานหรือโปรแกรมการบำรุงรักษาใหม่รวมถึงผลจากการประยุกต์ใช้โปรแกรมการบำรุงรักษาเป็นหลัก แต่ถ้าผลของการศึกษาไม่เป็นไปตามทฤษฎีจะทำการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุเพิ่มเติม ซึ่งจากข้อจำกัดที่ได้กล่าวมาข้างต้นสามารถทำการแสดงได้ดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 กรอบแนวคิดการศึกษา

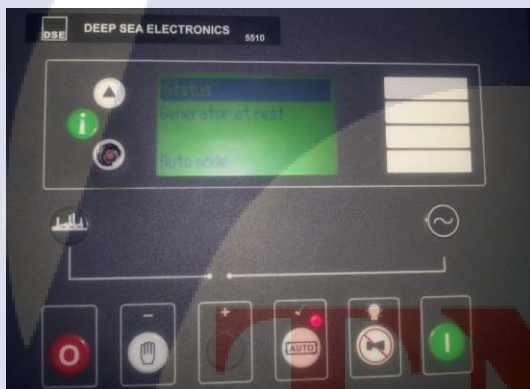
บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานศึกษา

หลักการพื้นฐานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองที่ทำการติดตั้งภายในอาคารเป็นเครื่องยนต์ซึ่งต่อพ่วงกับชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยจะทำงานเมื่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าหลัก (การไฟฟ้านครหลวง หรือ ภายในอาคาร) ไม่สามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้าได้ ระบบควบคุมการทำงานจะสั่งให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 2 เครื่อง ทำงานโดยอัตโนมัติภายใน 3 วินาที เพื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับเครื่องจ่ายแรงดันไฟฟ้าต่อเนื่อง (Uninterruptible Power System : UPS) ผ่านทางชุดโอนย้ายแหล่งจ่ายไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Transfer Switch : ATS) และจ่ายไปยังอุปกรณ์ต่างๆ ภายในศูนย์ข้อมูล เช่น เซอร์ฟเวอร์ แสงสว่าง อย่างไรก็ตาม เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองมีระบบย่อย และ อุปกรณ์ย่อย สนับสนุนการทำงานดังนี้

1. ชุดควบคุมการทำงาน (Controller and Display Unit) เป็นชุดควบคุมหลักและแสดงผลการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งในขณะทำงานและหยุดการทำงาน ซึ่งถือว่าเป็นชุดที่มีความสำคัญต่อระบบเป็นอย่างมาก



รูปที่ 15 ชุดควบคุมการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

2. เครื่องยนต์ต้นกำลัง (Engine) เป็นชุดต้นกำลัง กล่าวคือ เมื่อแรงดันไฟฟ้าจากการไฟฟ้าหรือภายในอาคารขัดข้อง ชุดควบคุมจะสั่งให้เครื่องยนต์ต้นกำลังสตาร์ท เพื่อขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ต่อร่วมกัน เพื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าไปยังศูนย์ข้อมูล (Data Center)



รูปที่ 16 ชุดเครื่องยนต์ต้นกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

3. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Alternator) เป็นชุดผลิตแรงดันไฟฟ้าโดยต่ออยู่ร่วมกับชุดเครื่องยนต์ต้นกำลัง เมื่อเครื่องยนต์ต้นกำลังทำงานจะทำให้ชุดหมุนขดลวด (Rotor) หมุนตัดผ่านชุดขดลวดที่อยู่กับที่ (Stator) ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำและเกิดเป็นแรงดันขึ้นมาและจ่ายไปยังศูนย์ข้อมูล (Data Center)



รูปที่ 17 ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

การดำเนินงาน

การดำเนินงานการศึกษานี้ แบ่งออกเป็นขั้นตอน ซึ่งเป็นการประยุกต์ขั้นตอนของหัวข้อหลักการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ (หน้า 19) และ หัวข้อขั้นตอนในการจัดทำ FMEA (หน้า 25) ซึ่งอธิบายรายละเอียดในการจัดทำตามขั้นตอนของ RCM, FMEA โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. กำหนดแนวทางในการดำเนินงาน RCM, FMEA และเกณฑ์การยอมรับ ในขั้นตอนนี้เป็นการกำหนดกลยุทธ์ในการจัดการโดยกำหนดเกณฑ์ที่ยอมรับได้อย่างชัดเจน การกำหนดเกณฑ์ของกรณีศึกษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองนั้นสามารถแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ขอบเขตของเกณฑ์การพิจารณา

รายการ	ขอบเขต	เกณฑ์
1. การบำรุงรักษา	อัตราเครื่องเสียต่อเดือน	15 นาที สูงสุด
2. ความพร้อม	จำนวนเครื่องเสียต่อครั้ง	1 เครื่องสูงสุด
3. ค่าใช้จ่าย	ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาและซ่อมแซม	ลดลง 10%

2. จัดทำรายการชิ้นส่วนที่อยู่ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ยกเว้นชิ้นส่วนที่เป็นระบบไฟฟ้าย่อย เช่น รีเลย์ สวิตช์ หลอดไฟแสดงผล ซึ่งจากการจัดทำรายการดังกล่าวจะได้รายการชิ้นส่วนที่ต้องทำการวิเคราะห์ โดยรายละเอียดดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 รายละเอียดชิ้นส่วนตามตารางการวิเคราะห์ RCM, FMEA

ลำดับที่	คำอธิบายชิ้นส่วน	ชื่อเรียกชิ้นส่วน

3. ทำการวิเคราะห์ความล้มเหลวที่เป็นไปได้ของหน้าที่การทำงาน (Functional Potential Failure Analysis) แต่ละชิ้นส่วนตามที่รายการชิ้นส่วนในข้อ 2 ซึ่งวัตถุประสงค์ของขั้นตอนนี้เป็นการอธิบายและชี้แจงหน้าที่การทำงานของระบบรวมถึงค้นหาสิ่งที่จะทำให้หน้าที่การทำงานเกิดการล้มเหลว ลงในตารางที่ 8 รายละเอียดตารางการวิเคราะห์ RCM, FMEA

ตารางที่ 8 รายละเอียดความล้มเหลวของชิ้นส่วนตามตารางการวิเคราะห์ RCM, FMEA

ลำดับที่	คำอธิบายชิ้นส่วน	ชื่อเรียกชิ้นส่วน	หน้าที่ชิ้นส่วน	ความล้มเหลวที่สามารถเกิดขึ้นได้	ลักษณะที่แสดงว่าชิ้นส่วนเกิดความล้มเหลว

4. ทำการระบุผลกระทบและลักษณะของผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น เมื่อชิ้นส่วนเกิดความล้มเหลว ซึ่งขั้นตอนนี้จะเป็นการระบุถึงระดับของผลกระทบ โดยมีอยู่ 2 ประเภท คือ เมื่อชิ้นส่วนเกิดความล้มเหลวจะส่งผลให้เกิดการสูญเสียการทำงานทั้งหมด (Total Loss of Function) หรือสูญเสียการทำงานบางส่วน (Partial Loss of Function) ลงในตารางที่ 9 รายละเอียดตารางการวิเคราะห์ RCM, FMEA

ตารางที่ 9 รายละเอียดผลกระทบเมื่อชิ้นส่วนล้มเหลวตามตารางการวิเคราะห์ RCM, FMEA

ลำดับ ที่	คำอธิบาย ชิ้นส่วน	ชื่อเรียก ชิ้นส่วน	หน้าที่ ชิ้นส่วน	ความล้มเหลวที่ สามารถเกิดขึ้น ได้	ลักษณะที่แสดง ว่าชิ้นส่วนเกิด ความล้มเหลว	ผลกระทบ ต่อระบบ	ลักษณะ ผลกระทบต่อ ระบบ

5. ระบุเวลาเฉลี่ยในการเกิดความล้มเหลว (Mean Time Between to Failure : MTBF) และเวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซมให้กลับมาใช้ได้ปกติ (Mean Time to Repair : MTTR) เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการวิเคราะห์การทำงานของชิ้นส่วนลงในตารางที่ 10 รายละเอียดตารางการวิเคราะห์ RCM, FMEA

ตารางที่ 10 รายละเอียด MTBF, MTTR ตามตารางการวิเคราะห์ RCM, FMEA

ลำดับ ที่	คำอธิบาย ชิ้นส่วน	ชื่อ เรียก ชิ้นส่วน	หน้าที่ ชิ้นส่วน	ความ ล้มเหลวที่ สามารถ เกิดขึ้นได้	ลักษณะที่ แสดงว่า ชิ้นส่วนเกิด ความล้มเหลว	ผลกระทบ ต่อระบบ	ลักษณะ ผลกระทบ ต่อระบบ	MTBF	MTTR

6. ทำการวิเคราะห์จำแนกชิ้นส่วนโดยมีรายละเอียดตามหัวข้อการจำแนกประเภทของชิ้นส่วนของเครื่องจักร (หน้า 27) โดยแบ่งออกเป็นประเภท ซึ่งได้กัปรายรายละเอียดในหัวข้อเรื่องการจำแนกประเภทของชิ้นส่วนของเครื่องจักร ลงในตารางที่ 11 โดยมีรายละเอียดดังนี้

6.1 Hidden Failure Consequence

6.2 Safety and Environmental Consequence

6.3 Operational Consequence

6.4 Non Operational Consequence Economic

ตารางที่ 11 รายละเอียดการจำแนกชั้นส่วนตามตารางวิเคราะห์ RCM, FMEA

ลำดับ ที่	คำอธิบาย ชั้นส่วน	ชื่อเรียก ชั้น ส่วน	หน้าที่ชั้น ส่วน	ความ ล้มเหลว ที่สามารถ เกิดขึ้นได้	ลักษณะที่ แสดงว่า ชั้นส่วน เกิดความ ล้มเหลว	ผลกระทบ ต่อระบบ	ลักษณะ ผลกระทบ ต่อระบบ	MTBF	MTTR	ประเภ ทของ ชั้นส่วน

7. ทำการวิเคราะห์ชั้นส่วนต่างๆ ตามขั้นตอนการจัดทำ FMEA ซึ่งเป็นการประยุกต์หัวข้อขั้นตอนในการจัดทำ FMEA (หน้า 25) ลงในตารางที่ 12 ดังรายละเอียดดังนี้

7.1 ระดับความรุนแรง (Severity) ของผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นพร้อมทั้งทำการระบุ ค้นหา สาเหตุที่อาจเกิดขึ้นและทำให้เกิดความเสียหายโดยใช้ตารางที่ 24 เกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบ (S) เป็นแนวทางของระดับในการประเมิน

7.2 ระดับของเหตุการณ์ (Occurrence) ของสาเหตุที่อาจเกิดขึ้น พร้อมทั้งกำหนดวิธีการตรวจสอบ หรือวิธีการควบคุมในปัจจุบัน โดยใช้ตารางที่ 25 เกณฑ์การประเมินผลโอกาสการเกิดขึ้นของข้อบกพร่อง (O) เป็นแนวทางของระดับในการประเมิน

7.3 ระดับความสามารถการตรวจสอบ (Detection) ของวิธีการที่ใช้ในปัจจุบันโดยใช้ตารางที่ 26 เกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับของข้อบกพร่อง (D) เป็นแนวทางของระดับในการประเมิน

ทั้งนี้ในการประเมินค่าระดับความรุนแรง ระดับของเหตุการณ์ และระดับความสามารถการตรวจสอบ ผู้ศึกษาได้ทำการประเมินโดยใช้ประสบการณ์การทำงานในศูนย์ข้อมูลอ้างอิงคู่มือการปฏิบัติงานและการบำรุงรักษา (Operation and Maintenance Manual) รวมถึงปรึกษาผู้ผลิต (Original Equipment Manufacturer : OEM) และผู้จัดจำหน่าย (Supplier) เพื่อให้การประเมิน และข้อมูลมีความถูกต้องสมบูรณ์มากขึ้น

8. ทำการคำนวณค่าระดับความเสี่ยง (Risk Priority Number : RPN) ของแต่ละชั้นส่วนโดยเกิดจากผลคูณระหว่าง ระดับความรุนแรง ระดับของเหตุการณ์ และระดับความสามารถการตรวจสอบ ($RPN = S \times O \times D$) และบันทึกลงในตารางที่ 12 เพื่อทำการบ่งชี้ว่าชั้นส่วนใดมีค่าระดับความเสี่ยงสูง และนำมาวิเคราะห์ พิจารณาเป็นลำดับแรก

ตารางที่ 12 รายละเอียดระดับค่าความเสี่ยง (RPN) ตามตารางการวิเคราะห์ RCM, FMEA

ลำดับ ที่	คำอธิบาย ชิ้นส่วน	ชื่อเรียก ชิ้นส่วน	หน้าที่ ชิ้นส่วน	ความ ล้มเหลว ที่ สามารถ เกิดขึ้น ได้	ลักษณะ ที่แสดง ว่า ชิ้นส่วน เกิด ความ ล้มเหลว	ผลกระทบ ต่อระบบ	ลักษณะ ผลกระทบ ต่อระบบ	MTBF	MTTR	ประเภท ชิ้นส่วน	ระดับ ความ รุนแรง (S)	สาเหตุที่ ทำให้ ชิ้นส่วน เกิดความ ล้มเหลว	โอกาส ของการ เกิด ความ ล้มเหลว (O)	การ ตรวจ สอบ ควบคุม ใน ปัจจุบัน	ระดับ ของการ ตรวจ สอบ ควบคุม ใน ปัจจุบัน (D)	RPN

หมายเหตุ : S = Severity (ระดับความรุนแรง)

O = Occurrence (โอกาสของการเกิดความล้มเหลว)

D = Detection (การตรวจสอบควบคุมในปัจจุบัน)

ตารางที่ 13 ตัวอย่างการวิเคราะห์ RCM, FMEA

ลำดับที่	คำอธิบาย ชิ้นส่วน	ชื่อเรียก ชิ้นส่วน	หน้าที่ ชิ้นส่วน	ความ ล้มเหลวที่ สามารถ เกิดขึ้นได้	ลักษณะ ที่แสดง ว่า ชิ้นส่วน เกิด ความ ล้มเหลว	ผลกระทบ ต่อระบบ	ลักษณะ ผลกระทบ ต่อ ระบบ	MTBF ชั่วโมง	MTTR ชั่วโมง	ประเภท ชิ้นส่วน	ระดับ ความ รุนแรง	สาเหตุที่ทำให้ ชิ้นส่วนเกิด ความล้มเหลว	โอกาส ของการ เกิด ความ ล้มเหลว	การ ตรวจสอบ ควบคุม ในปัจจุบัน	ระดับของ การ ตรวจสอบ ควบคุม ในปัจจุบัน	RPN
5	ชุดควบคุม หลัก (Controller Unit)	Oil Temperature Transducer	ตรวจ สอบ อุณหภูมิ น้ำมัน หล่อลื่น ทั้งหมด ทำงาน และหยุด ทำงาน	ตรวจสอบ และ แสดงผล ระดับ อุณหภูมิ ของน้ำมัน หล่อลื่น ผิดปกติ	แสดงผล ของ ระดับ อุณหภูมิ น้ำมัน หล่อลื่น ผิดพลาด	เครื่อง กำเนิด ไฟฟ้าจะ แสดง ข้อความ เตือนหรือ อาจเกิด การหยุด กะทันหัน ได้หากค่า สูงกว่าที่ตั้ง ไว้	สูญเสีย การการ ทำงาน ทั้งหมด	47,520	-	Hidden Failure	9	อายุการใช้งาน เนื่องจากเป็น อุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์ และมีอายุการ ใช้งานประมาณ 5 ปี	5	ตรวจสอบ ความ พร้อมโดย ดูจากการ แสดงผล วันละ 3 ครั้งและ ทดสอบ การทำงาน ด้วย Manual Start ทุก สัปดาห์	3	135

ตัวอย่างการวิเคราะห์ชิ้นส่วนรายการที่ 5 ชุดตรวจวัดอุณหภูมิน้ำมัน ดังตารางที่ 13 โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. อุณหภูมิของน้ำมันเครื่องสามารถตรวจสอบความผิดปกติได้เมื่อเทียบกับค่าที่ยอมรับได้หรือ ค่าที่ตั้งไว้ กล่าวคือ ช่วงอุณหภูมิที่ยอมรับได้ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตามที่ผู้ผลิตแนะนำอยู่ในช่วงอุณหภูมิ $95^{\circ}\text{C} - 130^{\circ}\text{C}$

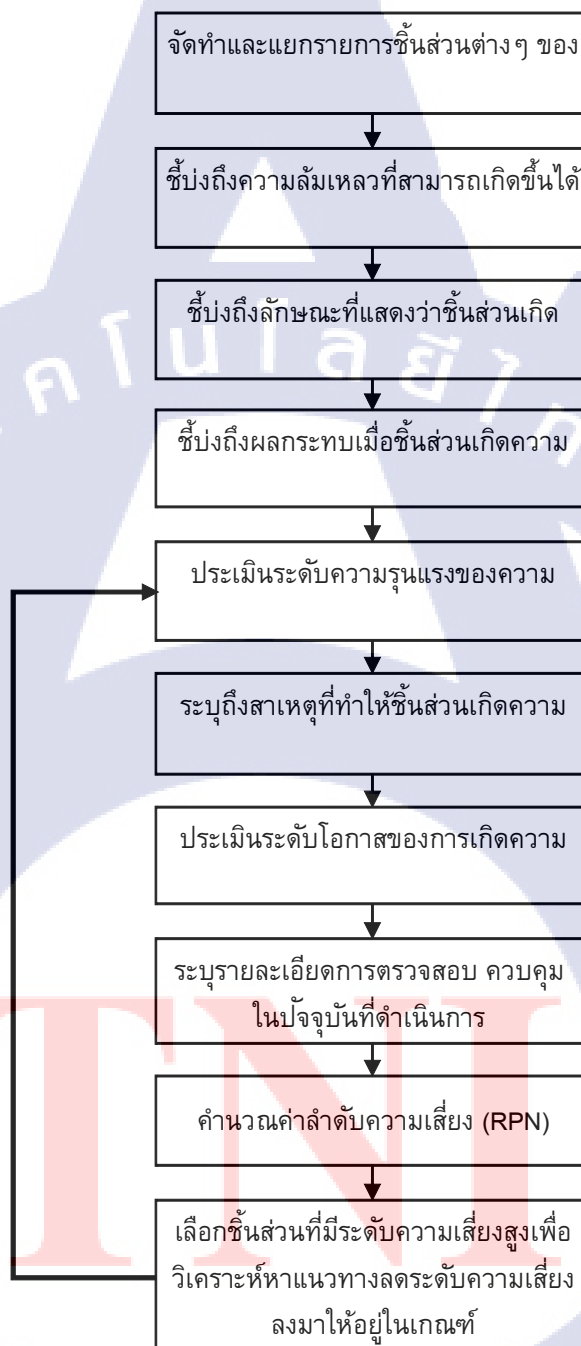
2. หากขณะใช้งานชุดตรวจสอบอุณหภูมิน้ำมันแสดงผลต่ำกว่าหรือ สูงกว่าค่าที่ยอมรับได้หรือ ค่าที่ตั้งไว้มากๆ ระบบควบคุมจะสั่งให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหยุดการทำงานเพื่อป้องกันการชำรุดเสียหาย

3. เมื่อนำรูปที่ 12 แนวทางการเลือกแนวทางการบำรุงรักษามาร่วมพิจารณาในการคัดเลือกแนวทางการบำรุงรักษานั้น จะพบว่า ชุดตรวจวัดอุณหภูมิน้ำมันเครื่องสามารถใช้แนวทางการบำรุงรักษาตามเงื่อนไขได้

4. ดำเนินการวิเคราะห์แต่ละชิ้นส่วนโดยใช้หลักการ FMEA ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์รายละเอียดต่างๆ ตามหลักการ FMEA โดยจะดำเนินการวิเคราะห์หน้าที่ของชิ้นส่วน ความล้มเหลวที่สามารถเกิดขึ้นได้ ผลกระทบต่อระบบและประเมินระดับความรุนแรงความถี่ในการเกิดรวมถึงระดับการตรวจสอบ ตัวอย่างการวิเคราะห์ชิ้นส่วนที่ 1 คือ ชุดควบคุมหลักโดยมีหน้าที่ในการควบคุมการทำงานต่างๆ และแสดงผลขณะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงาน

5. ดำเนินการตรวจสอบเวลาการใช้งานพบว่ามียุคอายุที่ 47,520 ชั่วโมง กล่าวคือ ตั้งแต่ใช้งานมายังไม่มีการชำรุดเสียหายเกิดขึ้น ตั้งแต่ทำการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มาตั้งแต่ 1 พฤษภาคม 2551 หรือเมื่อประมาณ 5 ปี มาแล้ว

การวิเคราะห์ RCM, FMEA นั้นจะนำหัวข้อขั้นตอนในการจัดทำ FMEA (หน้า 25) มาประยุกต์ใช้งานซึ่งสามารถสรุปได้ดังรูปที่ 18 และได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 14



รูปที่ 18 ขั้นตอนการวิเคราะห์ RCM, FMEA ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ตารางที่ 14 ตัวอย่างการวิเคราะห์ RCM, FMEA ชั้นส่วนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ลำดับที่	คำอธิบาย ชั้นส่วน	ชื่อเรียก ชั้นส่วน	หน้าที่ ชั้นส่วน	ความ ล้มเหลว ที่ สามารถ เกิดขึ้น ได้	ลักษณะที่ แสดงว่า ชั้นส่วนเกิด ความ ล้มเหลว	ผลกระทบ ต่อระบบ	ระดับ ความ รุนแรง (S)	สาเหตุที่ทำให้ ชั้นส่วนเกิด ความ ล้มเหลว	โอกาสของ การเกิด ความ ล้มเหลว (O)	การตรวจสอบ ควบคุม ใน ปัจจุบัน	ระดับของการ ตรวจสอบ ควบคุม ใน ปัจจุบัน (D)	RPN
1	ชุดควบคุม หลัก (Controller Unit)	Deep Sea Controller Unit (Synchronizer Unit)	ควบคุม การ ทำงาน ต่างๆ และ แสดงผล ขณะ เครื่อง ทำงาน	ไม่ สามารถ ควบคุม การ ทำงาน ของ เครื่อง กำเนิด ไฟฟ้า ได้	กดปุ่ม ต่างๆ เพื่อ สั่งงานแล้ว เครื่อง กำเนิด ไฟฟ้าไม่ ตอบสนอง	เครื่อง กำเนิด ไฟฟ้าไม่ สามารถ ทำงานหรือ ตอบสนอง ต่อคำสั่งได้	10	อายุการใช้ งานเนื่องจาก ส่วนใหญ่เป็น อุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์ และมีอายุการ ใช้งาน ประมาณ 5-7 ปี	3	ตรวจสอบ ความพร้อม โดยดูจากการ แสดงผลวินโดว 3 ครั้งและ ทดสอบการ ทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์	3	90

9. กรอกรายละเอียดของการบำรุงรักษาปัจจุบันและการบำรุงรักษาที่เหมาะสมลงในตารางวิเคราะห์ RCM, FMEA ตามตารางที่ 15 ซึ่งเป็นการวิเคราะห์รายการต่อเนื่องจากตารางที่ 14 โดยกรอกรายละเอียดเกี่ยวกับการบำรุงรักษา ตามตารางที่ 15 และตัวอย่างการวิเคราะห์ดังตารางที่ 16 เพื่อเตรียมข้อมูลสำหรับการดำเนินงานในขั้นตอนการบำรุงรักษา

ตารางที่ 15 รายละเอียดแผนงานการบำรุงรักษาจากตารางการวิเคราะห์ RCM, FMEA

ลำดับ ที่	การ บำรุงรักษา ปัจจุบัน	ประเภท บำรุงรักษาที่ เหมาะสม	ความถี่ในการ บำรุงรักษา	จำเป็นต้องออกแบบ ใหม่หรือไม่	คำแนะนำ

ตารางที่ 16 ตัวอย่างรายละเอียดแผนงานการบำรุงรักษาจากตารางการวิเคราะห์ RCM, FMEA

ลำดับ ที่	ชื่อเรียก ชิ้นส่วน	หน้าที่ ชิ้นส่วน	การ บำรุง รักษา ปัจจุบัน	ประเภท บำรุง รักษาที่ เหมาะสม	ความ ถี่ใน การ บำรุง รักษา	จำเป็น ต้อง ออกแบบ ใหม่หรือไม่	คำแนะนำ
1	Deep Sea Controller Unit (Synchronizer Unit)	ควบคุม การ ทำงาน ต่างๆ และ แสดง ผลขณะ เครื่อง ทำงาน	ไม่มี	ตาม กำหนด เวลา	ทุกปี	ไม่	ควรมีการสำรวจชุด ควบคุมการทำงานและ แสดงผลไว้อย่างน้อย 1 ชุด เพื่อให้สามารถ เปลี่ยนได้ทันทีเมื่อเกิด การชำรุด

10. นำตารางที่ 14 และตารางที่ 15 ที่ได้ดำเนินการกรอกรายละเอียดจนครบทุกชิ้นส่วนเสร็จเรียบร้อยแล้วมาพิจารณาโดยให้พิจารณารายการที่มีค่า RPN สูงเป็นลำดับแรก

11. การพิจารณาแนวทางการบำรุงรักษาได้นำรูปที่ 12 แนวทางการคัดเลือกประเภทการบำรุงรักษามาร่วมพิจารณา เพื่อกำหนดแนวทางการบำรุงรักษาที่เหมาะสมต่อชิ้นส่วนต่างๆ ต่อไป

12. หลังจากทำการวิเคราะห์ชิ้นส่วนและกำหนดแนวทางการบำรุงรักษาที่เหมาะสมต่อทุกชิ้นส่วนแล้วนั้น ทำการทดสอบประสิทธิภาพผลของการทำแผนซ่อมบำรุงโดยการสุ่มเลือกชิ้นส่วน

13. เปรียบเทียบผลที่ได้จากการวิเคราะห์และกำหนดแนวทางการบำรุงรักษาที่เหมาะสมของแต่ละชิ้นส่วนที่ได้จาก RCM, FMEA กับแผนการบำรุงรักษาเดิมโดยพิจารณาอัตราการเสียต่อสัปดาห์และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเฉลี่ย

การวิเคราะห์สภาพปัญหาที่พบ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หมายเลข 1 และ 2 ได้ทำการติดตั้งใช้งานเมื่อ พฤษภาคม 2551 และ มิถุนายน 2552 ตามลำดับ โดยได้มีการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและบำรุงรักษาเชิงแก้ไข โดยสามารถสรุปรายละเอียดได้ดังนี้

1. ทดสอบการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบไม่จ่ายโหลด (No Load) เป็นประจำทุกสัปดาห์ เพื่อทดสอบว่าเครื่องจักรยังคงใช้งานได้ปกติ

2. ทดสอบการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบจ่ายโหลด (On Load) เป็นประจำทุกเดือน โดยเป็นการให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายกระแสไปยังโหลดจริงๆ (IT Load) เพื่อทดสอบว่าเครื่องจักรยังคงใช้งานได้ปกติ

3. ทดสอบการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบจ่ายโหลด 100% จำนวน 1 ชั่วโมง เพื่อทดสอบการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อมีสภาวะโหลดสูงสุด ซึ่งเป็นข้อกำหนดที่ทาง บริษัทฯ กำหนด (Best Practice 2)

4. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถทำงานและจ่ายโหลดที่ 100% ได้เพียง 45 นาที ซึ่งตามข้อกำหนดต้องสามารถจ่ายภาระโหลดได้จำนวน 60 นาที ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแสดงอุณหภูมิน้ำมันระบายความร้อนสูงกว่าที่กำหนดโดยแสดงผลที่ 102°C (ระบบตั้งค่าไว้ที่ $100^{\circ}\text{C} + 5$ ซึ่งเมื่อสูงกว่า 100°C จะแจ้งเตือนและเมื่อถึง 105°C จะหยุดการทำงาน) จึงได้ทำการตรวจสอบสาเหตุและพบว่าเกิดจากการระบายอากาศไม่เพียงพอส่งผลให้อุณหภูมิน้ำมันระบายความร้อนสูงเกินกว่าค่าที่ตั้งไว้ ซึ่งได้ดำเนินการแก้ไขแล้วเสร็จ

5. สายวงจรควบคุมของชุดควบคุมการชาร์จแรงดันไฟฟ้าของชุดแบตเตอรี่เกิดการไหม้ละลายส่งผลให้ชุดชาร์จแรงดันแบตเตอรี่ไม่สามารถชาร์จแบตเตอรี่สำหรับการสตาร์ทเครื่องยนต์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ จึงได้ทำการตรวจสอบเพื่อหาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น และจากการตรวจสอบพบว่าแรงดันไฟฟ้าขนาด 220 โวลต์ ที่จ่ายให้แก่ชุดชาร์จแบตเตอรี่หลุดหลวมจึงส่งผลให้มีแรงดันไฟฟ้าย้อนกลับเข้าสู่วงจรควบคุมและเกิดการช็อตจนส่งผลให้สายไฟควบคุมเกิดการละลายในเวลาต่อมา

6. ปริมาณภาระโหลดเมื่อจ่ายภาระโหลดให้แก่ศูนย์ข้อมูล (Data Center) ในปัจจุบัน มีค่าอยู่ที่ 102% - 104% หรือมีภาระโหลดอยู่ที่ 51% - 52% ต่อตัว จากปริมาณภาระโหลดที่กล่าวมาข้างต้นนั้นจะเห็นว่าเมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่สามารถใช้งานได้ 1 ตัวจะส่งผลให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เหลือจ่ายภาระโหลดสูงที่ 102% - 104% ซึ่งสูงเกินกว่าค่าพิกัดสูงสุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

การจัดทำแผนงานการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ กรณีศึกษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของศูนย์ข้อมูล (Data Center) นั้น ผู้ศึกษาได้ทำการจัดเก็บข้อมูลต่างๆ ปัญหาที่เกิดขึ้นและวิเคราะห์ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตามหลักการวิเคราะห์ RCM, FMEA โดยการชั่งค่าระดับความเสี่ยง (RPN) เพื่อจัดลำดับความสำคัญของชิ้นส่วนและจัดทำแผนงานการบำรุงรักษาที่เหมาะสม ดังที่ได้แสดงรายละเอียดขั้นตอนการวิเคราะห์ RCM, FMEA ไว้ในบทที่ 3 หัวข้อที่การดำเนินงาน (หน้า 44) การดำเนินงาน สำหรับบทที่ 4 นี้ ผู้ศึกษาได้ทำการรวบรวมรายละเอียด ผลการศึกษา วิเคราะห์ และ ผลสรุปโดยมีรายละเอียดดังนี้

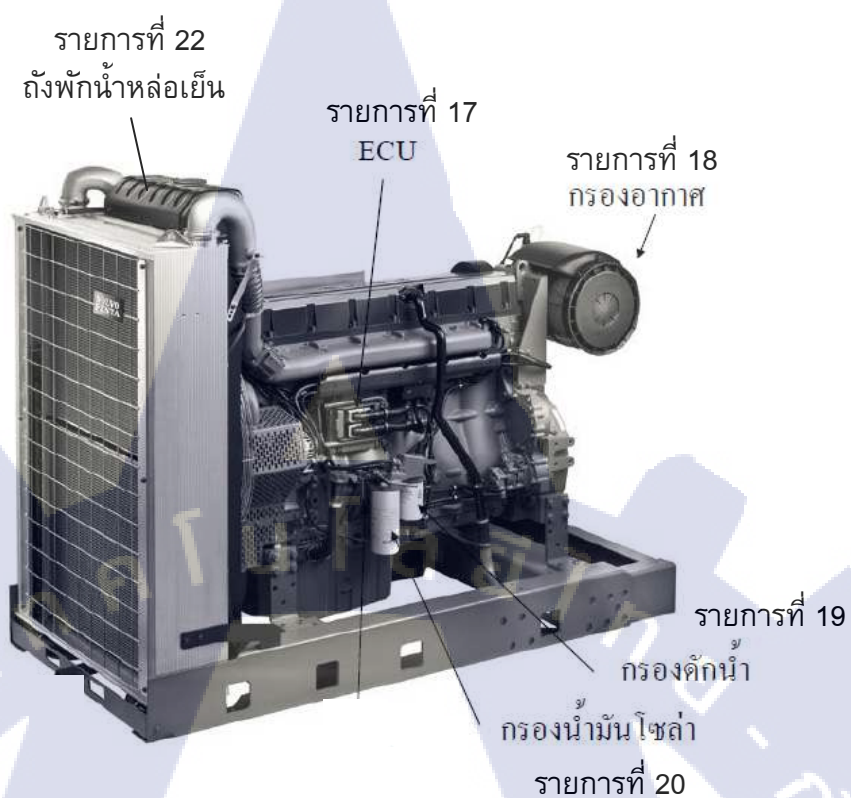
ผลการศึกษาวิเคราะห์ RCM, FMEA

จากการวิเคราะห์ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยหลักการวิเคราะห์ RCM, FMEA นั้น สามารถจำแนกประเภทของชิ้นส่วนต่างๆ ได้ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 จำนวนชิ้นส่วนแต่ละประเภทหลังจำแนกด้วย RCM, FMEA

Description	Quantity	Percentage
Hidden Failure	27	67%
Safety and Environmental Consequence	0	0
Operational Consequence	13	33%
Non Operational Consequence Economic	0	0
Total	40	100%

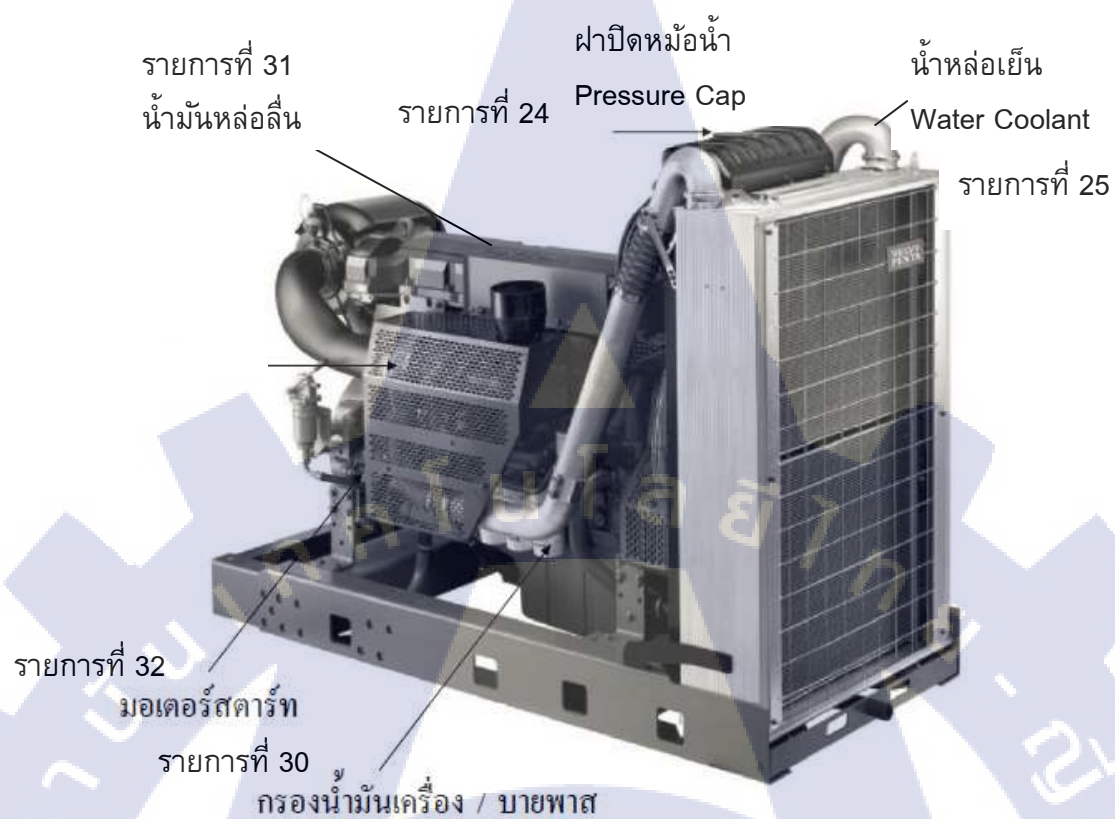
จากการจำแนกประเภทของชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะพบว่ามีชิ้นส่วนที่เป็น Hidden Failure จำนวน 27 ชิ้นส่วนหรือ 67% จากจำนวน 40 ชิ้นส่วนที่ได้ทำการวิเคราะห์ด้วย RCM, FMEA และมีชิ้นส่วนที่เป็น Operational Consequence จำนวน 13 ชิ้นส่วนหรือ 33% จากชิ้นส่วนทั้งหมดที่วิเคราะห์ด้วย RCM, FMEA และไม่มีชิ้นส่วนที่เป็น Non Operational Consequence Economic และ Safety and Environmental Consequence



รูปที่ 19 รายละเอียดชิ้นส่วนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง

TNI

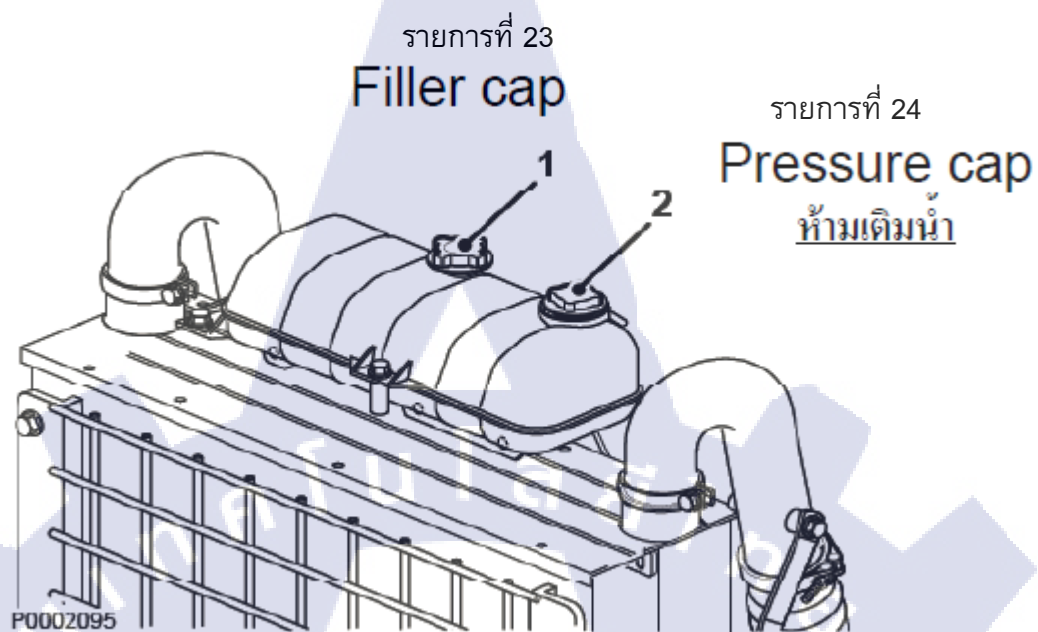
THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY



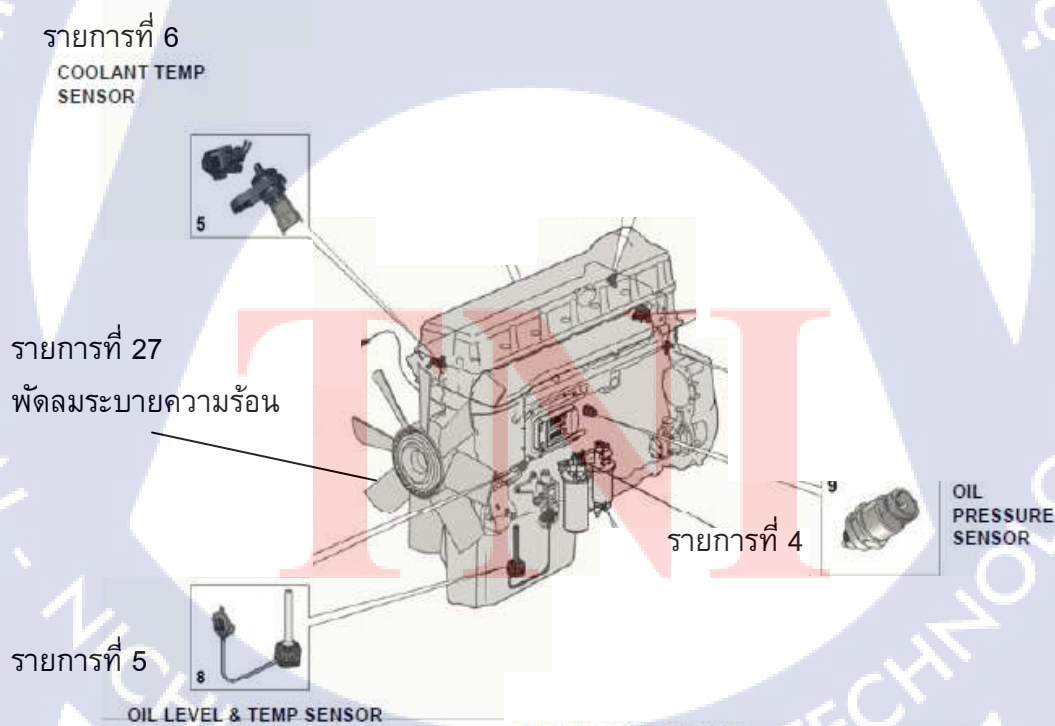
รูปที่ 20 รายละเอียดชิ้นส่วนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง

TNI

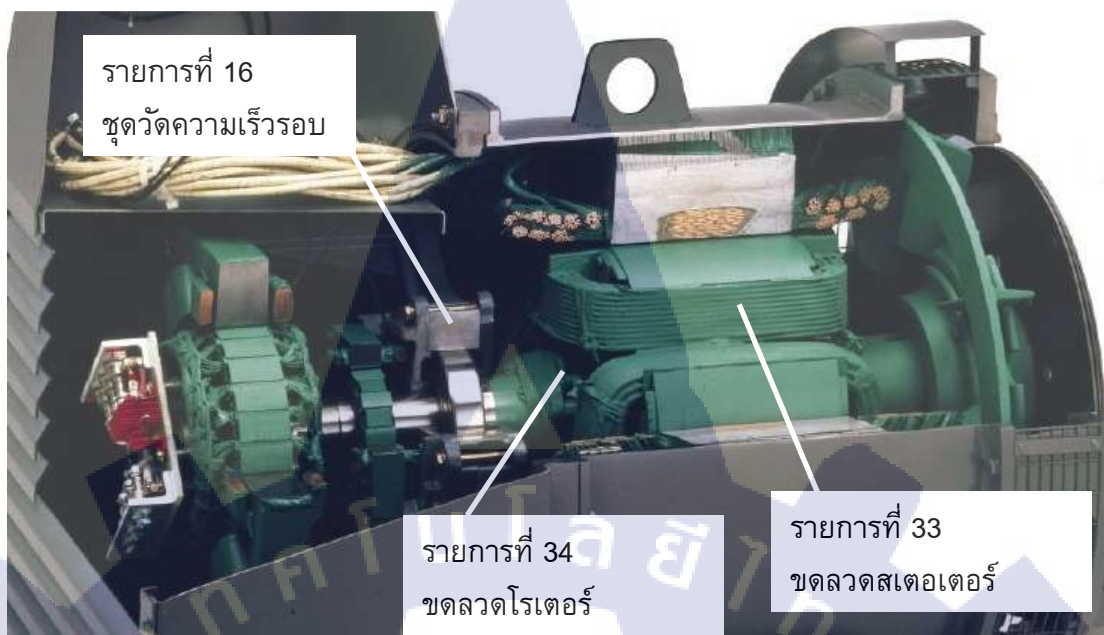
TAHITI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY



รูปที่ 21 รายละเอียดชิ้นส่วนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง



รูปที่ 22 รายละเอียดชิ้นส่วนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง



รูปที่ 23 รายละเอียดชิ้นส่วนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง

หลังจากดำเนินการวิเคราะห์และประเมินระดับความเสี่ยงชิ้นส่วนต่างๆ ตามตารางที่ 8 ถึง ตารางที่ 11 และสอดคล้องกับตารางที่ 12 ดังตัวอย่างตามตารางที่ 13 และตารางที่ 14 แล้วเสร็จ นำผลการวิเคราะห์ตามหลักการวิเคราะห์ RCM, FMEA จะพบว่า ชิ้นส่วนที่มีระดับค่าความเสี่ยง (Risk Priority Number : RPN) สูงสุดคือ ลำดับที่ 35 ชุดสลับแรงดันไฟฟ้าจากแรงดันปกติไปยังแรงดันไฟฟ้าฉุกเฉินแบบอัตโนมัติ (Automatic Transfer Switch : ATS) โดยมีค่าระดับ ความเสี่ยง (Risk Priority Number : RPN) เท่ากับ 216 และค่าระดับความเสี่ยงต่ำสุดเท่ากับ 45 จำนวน 8 รายการ ดังแสดงรายละเอียดเรียงลำดับค่าระดับความเสี่ยงสูงมายังค่าระดับความเสี่ยงต่ำดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 รายละเอียดการวิเคราะห์แต่ละชั้นส่วนด้วย RCM, FMEA

ลำดับ ที่	ชื่อเรียกชิ้นส่วน	หน้าที่ชิ้นส่วน	ระดับ ความ รุนแรง (S)	สาเหตุที่ทำให้ ชิ้นส่วนเกิดความ ล้มเหลว	โอกาสของ การเกิด ความ ล้มเหลว (O)	การตรวจ สอบควบคุม ในปัจจุบัน	ระดับของ การตรวจ สอบ ควบคุม ในปัจจุบัน (D)	RPN
35	ชุดสลับแรงดันไฟฟ้า อัตโนมัติ (Automatic Transfer Switch)	สลับแรงดันไฟฟ้าจากปกติไป ฉุกเฉินและ ฉุกเฉินกลับมา ปกติ	9	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	6	ทดสอบการทำงานทุกเดือนและ ทุก 6 เดือน	4	216
32	Distart	สตาร์ทเครื่องยนต์	9	อายุการใช้งาน	6	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์ และด้วยการจ่ายภาระโหลดจริงทุกเดือน	3	162
36	อุปกรณ์ตัดตอนอัตโนมัติ (Generator Circuit Breaker)	จ่ายและตัดตอนแรงดันไฟฟ้า อัตโนมัติ	8	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และ ทางกล	5	ทดสอบการทำงานด้วยการจ่ายภาระโหลดจริงทุก เดือนรวมถึงมอนิเตอร์สถานะอุปกรณ์ 3 ครั้งต่อวัน ตามรอบ Inspect	4	160
37	อุปกรณ์ตัดตอนอัตโนมัติ (Generator Synchronization Circuit Breaker)	จ่ายและตัดตอนแรงดันไฟฟ้า อัตโนมัติระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทั้ง 2 ตัว	8	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และ ทางกล	5	ทดสอบการทำงานด้วยการจ่ายภาระโหลดจริง ทุกเดือน	4	160
38	อุปกรณ์ตัดตอนอัตโนมัติ (Generator Circuit Breaker No.3)	จ่ายและตัดตอนแรงดันไฟฟ้า อัตโนมัติ	8	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และ ทางกล	5	ทดสอบการทำงานด้วยการจ่ายภาระโหลดจริง ทุกเดือน	4	160
33	Stator	กำเนิดแรงดันไฟฟ้า	9	ขดลวดหรือ ฉนวนไฟฟ้าเกิด การเสื่อมสภาพ	4	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์ และจ่ายภาระโหลดจริงทุกเดือน	4	144
34	Rotor	กำเนิดแรงดันไฟฟ้า	9	ขดลวดหรือ ฉนวนไฟฟ้าเกิด การเสื่อมสภาพ	4	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์ และด้วยการจ่ายภาระโหลดจริงทุกเดือน	4	144
40	Battery Charger	ชาร์จแรงดัน แบตเตอรี่	7	ชุดชาร์จแบตเตอรี่เกิดการ เสื่อมสภาพเนื่องจากหมดอายุ การใช้งาน	4	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์และ ด้วยการจ่ายภาระโหลดจริงทุกเดือนรวมถึงมอนิเตอร์ แรงดัน 3 ครั้งต่อวันตามรอบ Inspect	5	140

ตารางที่ 18 รายละเอียดการวิเคราะห์แต่ละชิ้นส่วนด้วย RCM, FMEA (ต่อ)

ลำดับ ที่	ชื่อเรียกชิ้นส่วน	หน้าที่ชิ้นส่วน	ระดับ ความ รุนแรง (S)	สาเหตุที่ทำให้ ชิ้นส่วนเกิดความ ล้มเหลว	โอกาสของ การเกิด ความ ล้มเหลว (O)	การตรวจ สอบควบคุม ในปัจจุบัน	ระดับของ การตรวจ สอบ ควบคุม ในปัจจุบัน (D)	RPN
4	Oil Pressure Transducer	ตรวจสอบแรงดันน้ำมันหล่อลื่นทั้งขณะทำงานและหยุดทำงาน	9	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และมีอายุการใช้งานประมาณ 5 ปี	5	ตรวจสอบความพร้อมโดยดูจากการแสดงผลวันละ 3 ครั้งและทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์	3	135
5	Oil Temperature Transducer	ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นทั้งขณะทำงานและหยุดทำงาน	9	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และมีอายุการใช้งานประมาณ 5 ปี	5	ตรวจสอบความพร้อมโดยดูจากการแสดงผลวันละ 3 ครั้งและทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์	3	135
6	Coolant Water Temperature Transducer	ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเครื่องยนต์ ทั้งขณะทำงานและหยุดทำงาน	9	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และมีอายุการใช้งานประมาณ 5 ปี	5	ตรวจสอบความพร้อมโดยดูจากการแสดงผลวันละ 3 ครั้งและทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์	3	135
8	Load Percentage Transducer	ตรวจสอบระดับภาระโหลดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในขณะทำงาน	9	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และมีอายุการใช้งานประมาณ 5 ปี	5	ทดสอบการทำงานด้วยการจ่ายภาระโหลดจริงทุกเดือน	3	135
10	Generator Current Transducer	ตรวจสอบปริมาณกระแสไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในขณะทำงาน	9	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และมีอายุการใช้งานประมาณ 5 ปี	5	ทดสอบการทำงานด้วยการจ่ายภาระโหลดจริงทุกเดือน	3	135
17	Electronic Control Unit : ECU	ควบคุมการทำงานต่างๆ และประมวลผลขณะเครื่องทำงาน	10	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และมีอายุการใช้งานประมาณ 10 ปี	4	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์ และด้วยการจ่ายภาระโหลดจริงทุกเดือน	3	120
39	Battery	สตาร์ทเครื่องยนต์	6	แบตเตอรี่เกิดการเสื่อมสภาพเนื่องจากหมดอายุการใช้งาน	4	ตรวจสอบระดับน้ำกลั่นทุกสัปดาห์	5	120

ตารางที่ 18 รายละเอียดการวิเคราะห์แต่ละชิ้นส่วนด้วย RCM, FMEA (ต่อ)

ลำดับ ที่	ชื่อเรียกชิ้นส่วน	หน้าที่ชิ้นส่วน	ระดับ ความ รุนแรง (S)	สาเหตุที่ทำให้ ชิ้นส่วนเกิดความ ล้มเหลว	โอกาส ของการ เกิดความ ล้มเหลว (O)	การตรวจ สอบควบคุม ในปัจจุบัน	ระดับของ การตรวจ สอบ ควบคุม ในปัจจุบัน (D)	RPN
19	Humidifier Filter	กรองความชื้น	8	อายุการใช้งาน	4	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์ และด้วยการจ่ายภาระโหลดจริงทุกเดือน	3	96
31	Lubricating Oil	หล่อลื่นเครื่องยนต์ขณะ ทำงาน	8	น้ำมันเครื่องเกิดการรั่วซึมตาม ปะเก็น	4	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์ และด้วยการจ่ายภาระโหลดจริงทุกเดือน	3	96
1	Deep Sea Controller Unit (Synchronizer Unit)	ควบคุมการทำงานต่างๆและ แสดงผลขณะเครื่องทำงาน	10	อายุการใช้งานเนื่องจากส่วนใหญ่ เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และมี อายุการใช้งานประมาณ 5-7 ปี	3	ตรวจสอบความพร้อมโดยดูจากการแสดงผลวันละ 3 ครั้งและทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์	3	90
2	Deep Sea Controller Unit (Synchronizer Unit)	ควบคุมการทำงานต่างๆและ แสดงผลขณะเครื่องทำงาน	10	อายุการใช้งานเนื่องจากส่วนใหญ่ เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และมี อายุการใช้งานประมาณ 5-7 ปี	3	ตรวจสอบความพร้อมโดยดูจากการแสดงผลวันละ 3 ครั้งและทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์	3	90
3	Deep Sea Controller Unit (Synchronizer Unit)	จัดเก็บข้อมูลการตั้งค่า โปรแกรมต่างๆ ของเครื่อง	10	อายุการใช้งานเนื่องจากส่วนใหญ่ เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และมี อายุการใช้งานประมาณ 5-7 ปี	3	ตรวจสอบความพร้อมโดยดูจากการแสดงผลวันละ 3 ครั้งและทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์	3	90
18	Air Filter	กรองเศษและฝุ่นผงต่างๆ	7	อายุการใช้งาน	4	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์ และด้วยการจ่ายภาระโหลดจริงทุกเดือน	3	84
20	Fuel Filter	กรองเศษและฝุ่นผงต่างๆ ในน้ำมัน	7	อายุการใช้งาน	4	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์ และด้วยการจ่ายภาระโหลดจริงทุกเดือน	3	84

ตารางที่ 18 รายละเอียดการวิเคราะห์แต่ละชิ้นส่วนด้วย RCM, FMEA (ต่อ)

ลำดับ ที่	ชื่อเรียกชิ้นส่วน	หน้าที่ชิ้นส่วน	ระดับ ความ รุนแรง (S)	สาเหตุที่ทำให้ ชิ้นส่วนเกิดความ ล้มเหลว	โอกาส ของการ เกิดความ ล้มเหลว (O)	การตรวจ สอบควบคุม ในปัจจุบัน	ระดับของ การตรวจ สอบ ควบคุม ในปัจจุบัน (D)	RPN
23	Filler Cap	ป้องกันน้ำออกมาจากหม้อน้ำ	7	อายุการใช้งาน	4	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์ และด้วยการจ่ายภาระโหลดจริงทุกเดือน	3	84
24	Pressure Cap	ป้องกันน้ำออกมาจากหม้อน้ำ	7	อายุการใช้งาน	4	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์ และด้วยการจ่ายภาระโหลดจริงทุกเดือน	3	84
25	Water Coolant	หล่อเย็นเครื่องยนต์ขณะ ทำงาน	7	อายุการใช้งาน	4	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์ และด้วยการจ่ายภาระโหลดจริงทุกเดือน	3	84
26	Water Coolant Pump	ไหลเวียนน้ำหล่อเย็นในระบบ	7	อายุการใช้งาน	4	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์ และด้วยการจ่ายภาระโหลดจริงทุกเดือน	3	84
27	Ventilation Fan	ระบายความร้อนของน้ำหล่อ เย็น	7	อายุการใช้งาน	4	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์ และด้วยการจ่ายภาระโหลดจริงทุกเดือน	3	84
28	Belt	ขับเคลื่อนพัดลมระบายความ ร้อน	7	อายุการใช้งาน	4	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์ และด้วยการจ่ายภาระโหลดจริงทุกเดือน	3	84
29	Pulley	ขับเคลื่อนพัดลมระบายความ ร้อน	7	อายุการใช้งาน	4	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์ และด้วยการจ่ายภาระโหลดจริงทุกเดือน	3	84
30	Oil Filter	กรองเศษผงต่างๆในระบบ น้ำมันหล่อลื่น	8	ระบบน้ำมันหล่อลื่นสกปรกหรือ ภายในเครื่องยนต์เกิดการสึก หรือ	3	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุก สัปดาห์และด้วยการจ่ายภาระโหลดจริงทุก เดือน	3	72

ตารางที่ 18 รายละเอียดการวิเคราะห์แต่ละชั้นส่วนด้วย RCM, FMEA (ต่อ)

ลำดับ ที่	ชื่อเรียกชั้นส่วน	หน้าที่ชั้นส่วน	ระดับ ความ รุนแรง (S)	สาเหตุที่ทำให้ ชั้นส่วนเกิดความ ล้มเหลว	โอกาส ของการ เกิดความ ล้มเหลว (O)	การตรวจ สอบควบคุม ในปัจจุบัน	ระดับของ การตรวจ สอบ ควบคุม ในปัจจุบัน (D)	RPN
22	Cooler Tank	เก็บน้ำเพื่อใช้หล่อเย็น เครื่องยนต์	7	อายุการใช้งาน เนื่องจากถังทำมาจากพลาสติก	3	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์ และด้วยการจ่ายภาระโหลดจริงทุกเดือน	3	63
21	Fuel Indicator	แสดงปริมาณน้ำมันสำรอง ในถัง	4	อายุการใช้งาน	3	ตรวจสอบทุก ๆ สัปดาห์ หลังจากทดสอบการทำงาน	4	48
7	Battery Voltage Transducer	ตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าของ แบตเตอรี่ ทั้งขณะทำงาน และหยุดทำงาน	3	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และมีอายุการใช้งาน ประมาณ 5 ปี	5	ตรวจสอบความพร้อมโดยดูจากการแสดงผลตัวเลข 3 ครั้งและทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์	3	45
9	Generator Voltage Transducer	ตรวจสอบระดับแรงดันไฟฟ้า ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในขณะทำงาน	3	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และมีอายุ การใช้งานประมาณ 5 ปี	5	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์ และทดสอบการทำงานด้วยการจ่ายภาระโหลดจริง ทุกเดือน	3	45
11	Generator Power (KW) Transducer	ตรวจสอบปริมาณกำลังไฟฟ้า ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในขณะทำงาน	3	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และมีอายุ การใช้งานประมาณ 5 ปี	5	ทดสอบการทำงานด้วยการจ่ายภาระโหลดจริง ทุกเดือน	3	45
12	Generator Power (KVAR) Transducer	ตรวจสอบปริมาณกำลังไฟ ฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในขณะทำงาน	3	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และมีอายุ การใช้งานประมาณ 5 ปี	5	ทดสอบการทำงานด้วยการจ่ายภาระโหลดจริง ทุกเดือน	3	45

ตารางที่ 18 รายละเอียดการวิเคราะห์แต่ละชิ้นส่วนด้วย RCM, FMEA (ต่อ)

ลำดับ ที่	ชื่อเรียกชิ้นส่วน	หน้าที่ชิ้นส่วน	ระดับ ความ รุนแรง (S)	สาเหตุที่ทำให้ ชิ้นส่วนเกิดความ ล้มเหลว	โอกาส ของ การเกิด ความ ล้มเหลว (O)	การตรวจ สอบควบคุม ในปัจจุบัน	ระดับของ การตรวจ สอบ ควบคุม ในปัจจุบัน (D)	RPN
13	Generator Power (KVA) Transducer	ตรวจสอบปริมาณกำลังไฟ ฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในการทำงาน	3	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และมี อายุการใช้งานประมาณ 5 ปี	5	ทดสอบการทำงานด้วยการจ่ายภาระโหลดจริง ทุกเดือน	3	45
14	Generator Power Factor (PF) Transducer	ตรวจสอบปริมาณตัวประกอบ กำลังไฟ ฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในการทำงาน	3	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และมี อายุการใช้งานประมาณ 5 ปี	5	ทดสอบการทำงานด้วยการจ่ายภาระโหลดจริง ทุกเดือน	3	45
15	Generator Frequency (Hz) Transducer	ตรวจสอบปริมาณความถี่ แรงดันไฟฟ้าของเครื่องกำเนิด ไฟฟ้าในการทำงาน	3	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และมี อายุการใช้งานประมาณ 5 ปี	5	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุก สัปดาห์และด้วยการจ่ายภาระโหลดจริงทุก เดือน	3	45
16	Generator Speed (RPM) Transducer	ตรวจสอบความเร็วรอบของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าในขณะ ทำงาน	3	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และมี อายุการใช้งานประมาณ 5 ปี	5	ทดสอบการทำงานด้วยการจ่ายภาระโหลดจริง ทุกเดือน	3	45

จากรายละเอียดตารางการวิเคราะห์ RCM, FMEA ดังตารางที่ 18 ข้างต้น ได้แสดงระดับค่าความเสี่ยง (Risk Priority Number : RPN) ชิ้นส่วนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจำนวน 40 รายการ เรียงลำดับค่าระดับความเสี่ยงสูงสุดมายังค่าระดับความเสี่ยงต่ำสุดโดยค่าระดับความเสี่ยงสูงสุดมีค่าระดับความเสี่ยงเท่ากับ 216 และค่าระดับความเสี่ยงต่ำสุดเท่ากับ 45 ซึ่งสามารถสรุปรายละเอียดได้ ดังนี้

- ค่าระดับความเสี่ยงสูงสุด เท่ากับ 216 คือ รายการที่ 35 ชุดสลับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Transfer Switch) จำนวน 1 รายการ โดยทำหน้าที่ถ่ายโอนแรงดันไฟฟ้าปกติ (Normal Power) ไปแรงดันไฟฟ้าฉุกเฉิน (Emergency Power) กรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน และแรงดันไฟฟ้าฉุกเฉิน (Emergency Power) กลับมาแรงดันไฟฟ้าปกติ (Normal Power) กรณีแรงดันไฟฟ้ากลับมาปกติ

- ค่าระดับความเสี่ยงต่ำสุด 45 มีจำนวน 8 รายการ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

- รายการที่ 7 ชุดตรวจสอบแรงดันแบตเตอรี่ (Battery Voltage Transducer) มีหน้าที่ตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ ทั้งขณะทำงานและหยุดทำงาน

- รายการที่ 9 ชุดตรวจสอบแรงดันไฟฟ้า (Generator Voltage Transducer) มีหน้าที่ตรวจสอบระดับแรงดันไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในขณะทำงาน

- รายการที่ 11 ชุดตรวจสอบกำลังไฟฟ้า (Generator Power Transducer : KW) มีหน้าที่ตรวจสอบปริมาณกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในขณะทำงาน

- รายการที่ 12 ชุดตรวจสอบกำลังไฟฟ้า (Generator Power Transducer : KVAR) มีหน้าที่ตรวจสอบปริมาณกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในขณะทำงาน

- รายการที่ 13 ชุดตรวจสอบกำลังไฟฟ้า (Generator Power Transducer : KVA) มีหน้าที่ตรวจสอบปริมาณกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในขณะทำงาน

- รายการที่ 14 ชุดตรวจสอบตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Generator Power Factor Transducer : PF) มีหน้าที่ตรวจสอบปริมาณตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในขณะทำงานและจ่ายแรงดันไฟฟ้าไปยังศูนย์คอมพิวเตอร์

- รายการที่ 15 ชุดตรวจสอบความถี่ไฟฟ้า (Generator Frequency Transducer : Hz) มีหน้าที่ตรวจสอบความถี่ของแรงดันไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในขณะทำงานและจ่ายแรงดันไฟฟ้าไปยังศูนย์คอมพิวเตอร์

- รายการที่ 16 ชุดตรวจสอบความเร็วรอบ (Generator Speed Transducer) มีหน้าที่ตรวจสอบความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในขณะทำงาน

เมื่อทำการวิเคราะห์ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมดจำนวน 40 รายการ เพื่อหาแนวทางและแผนการซ่อมบำรุงที่เหมาะสมตามหลักการวิเคราะห์ด้วย RCM และเปรียบเทียบกับแผนการบำรุงรักษาแบบเดิม สามารถเปรียบเทียบได้ดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 เปรียบเทียบแผนงานการบำรุงรักษาจาก RCM แผนงานการบำรุงรักษาแบบเดิม และแผนงานการบำรุงรักษาที่ผู้ผลิตแนะนำ

รายละเอียด	แผนงานการบำรุงรักษาเดิม	แผนงานการบำรุงรักษาที่ผู้ผลิตแนะนำ	แผนงานการบำรุงรักษาที่วิเคราะห์โดย RCM
1. จำนวนชิ้นส่วนที่ดูแล	8	8	40
2. แยกตามเวลา (รายการ)			
2.1 รายวัน	0	0	3
2.2 รายสัปดาห์	27	34	35
2.3 รายเดือน	30	38	35
2.4 รายปี	1	1	16
3. แยกตามประเภทของงานการบำรุงรักษาตามกำหนดเวลา (รายการ)			
3.1 เปลี่ยนชิ้นส่วน	7	7	7
3.2 ทำความสะอาด	1	1	1
3.3 งานหล่อลื่น	0	0	0
3.4 ตรวจสอบตามเงื่อนไข	0	0	13

จากแผนงานการบำรุงรักษาที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย RCM, FMEA มี 2 ชิ้นส่วน 4 รายการ โดยเป็นประเภท Hidden Failure ที่ต้องทำการแก้ไขเมื่อล้มเหลวหรือ ใช้งานจนล้มเหลว (Run to Failed) ได้แก่ รายการที่ 1, 2 และ 3 คือ Controller Unit (Synchronizer Unit) และ รายการที่ 17 คือ Electronic Controller Unit (ECU) แต่ก็สามารถลดเวลาการชำรุดเสียหายของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าลงได้ด้วยการสำรองอะไหล่ การสำรองข้อมูล (Configuration Data) ไว้เพื่อสามารถเปลี่ยนได้อย่างทันที่เมื่อชิ้นส่วนตามรายการข้างต้นเกิดการล้มเหลว

เมื่อเปรียบเทียบแผนงานการบำรุงรักษาจากการวิเคราะห์ด้วย RCM, FMEA กับแผนงานการบำรุงรักษาเดิมมีรายละเอียดงานที่เปลี่ยนแปลงดังนี้

1. เพิ่มการตรวจสอบของชุดแสดงผล (Controller Unit) ในขณะที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าอยู่ในสถานะ Stand By ในช่วงที่มีการตรวจสอบพื้นที่วันละ 3 ครั้ง เพื่อตรวจสอบ ว่าชุด

แสดงผลยังคงทำงานได้ตามปกติ และเมื่อพบความผิดปกติสามารถตรวจสอบได้ว่าชุดแสดงผล หรือ ชุดตรวจวัดค่า (Transducer) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ล้มเหลว

2. เพิ่มการตรวจสอบชุดตรวจวัดค่าต่างๆ (Transducer) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง ขณะหยุดทำงานและขณะทำงาน จำนวน 13 ชุด โดยการตรวจสอบเพื่อทวนสอบ ชุดตรวจวัด ต่างๆ เพื่อให้ทราบค่าความเบี่ยงเบน (Deviation) ของชุดตรวจวัดว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับของผู้ผลิตหรือไม่ หากมีค่าความเบี่ยงเบน (Deviation) เกินกว่าที่ผู้ผลิตกำหนดต้องทำการเปลี่ยน ชุดตรวจสอบ (Transducer) ใหม่ โดยดำเนินการทุกๆ 1 ปี

3. เพิ่มการตรวจสอบชุดระบายความร้อนน้ำหล่อเย็น ทั้งใบพัดลมระบายความร้อน สายพานชุดระบายความร้อน และ Pulley ชุดขับใบพัดลมระบายความร้อน โดยเป็นการตรวจสอบทางกายภาพทุกสัปดาห์ทั้งก่อนและหลังทดสอบการทำงานประจำสัปดาห์

4. เพิ่มการตรวจสอบชุดชาร์จแบตเตอรี่ (Battery Charger Unit) ในขณะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอยู่ในสถานะ Stand By ในช่วงที่มีการตรวจสอบพื้นที่วันละ 3 ครั้ง เพื่อตรวจสอบ ระดับแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ว่ายังคงอยู่ช่วงแรงดันไฟฟ้าปกติ (24-26 Volts)

5. เพิ่มเติมการวัดค่าความเป็นฉนวนของขดลวดสเตเตอร์ โดยใช้ Megaohm Meter หรือ Insulation Tester ทุกๆ 1 ปี เพื่อตรวจสอบค่าความเป็นฉนวนขดลวดเทียบกับค่ามาตรฐานหรือ ค่าทดสอบแรกเริ่มเพื่อส่งมอบงาน (Test and Commissioning)

6. เพิ่มเติมการวัดค่าความเป็นฉนวนของขดลวดโรเตอร์ โดยใช้ Megaohm Meter หรือ Insulation Tester ทุกๆ 1 ปี เพื่อตรวจสอบค่าความเป็นฉนวนขดลวดเทียบกับค่ามาตรฐานหรือ ค่าทดสอบแรกเริ่มเพื่อส่งมอบงาน (Test and Commissioning)

จากการที่นำ RCM, FMEA ประยุกต์ใช้งาน ตั้งแต่ 1 กรกฎาคม 2556 ถึง 31 มกราคม 2557 และนำไปเปรียบเทียบกับช่วงเวลา 1 กรกฎาคม 2555 ถึง 31 มกราคม 2556 สามารถคำนวณหาเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรใช้งานจนถึงก่อนที่เกิดความล้มเหลว (Mean Time Between to Failure : MTBF) ตามสมการที่ 1 (หน้า 26) และเวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซมเครื่องจักรแต่ละครั้ง (Mean Time to Repair : MTTR) ตามสมการที่ 2 (หน้า 26) ซึ่งทั้ง 2 สมการเป็นการวัดผลความน่าเชื่อถือของการบำรุงรักษาก่อนและหลังการนำ RCM, FMEA ไปประยุกต์ใช้โดยสามารถสรุปได้ ดังนี้

ตารางที่ 20 เปรียบเทียบค่า MTBF & MTTR ก่อนและหลังนำ RCM, FMEA ประยุกต์ใช้งาน

รายการ	การบำรุงรักษาแบบเดิม (ชั่วโมง)		หลังนำ RCM, FMEA ประยุกต์ใช้งาน (ชั่วโมง)	
	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR
เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หมายเลข 1	2,651.42	20	5,160	0
เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หมายเลข 2	5,160	0	5,160	0

- เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หมายเลข 1 ติดตั้งเมื่อวันที่ 1 พฤษภาคม 2551 และใช้งานจนถึงปัจจุบัน หลังการวิเคราะห์โดย RCM, FMEA พบว่า มีค่า MTBF สูงขึ้น 2,508.575 ชั่วโมงหรือเพิ่มขึ้น 94.6% และในส่วนของค่า MTTR มีค่าลดลง 100% กล่าวคือ หลังนำ RCM, FMEA ประยุกต์ใช้งานนั้นยังไม่พบการล้มเหลวของชิ้นส่วนใดๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง

- เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หมายเลข 2 ติดตั้งเมื่อวันที่ 1 มิถุนายน 2552 และใช้งานจนถึงปัจจุบัน หลังการวิเคราะห์โดย RCM, FMEA พบว่า ค่า MTBF และค่า MTTR มีค่าเท่าเดิม กล่าวคือ ก่อนและหลังนำ RCM, FMEA ประยุกต์ใช้งานนั้นยังไม่พบการล้มเหลวของชิ้นส่วนใดๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง

ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance : PM) และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาแก้ไข (Corrective Maintenance : CM) โดยสามารถแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการแก้ไขและบำรุงรักษา ก่อนและหลังนำ RCM, FMEA ประยุกต์ใช้งาน

รายการ	การบำรุงรักษาแบบเดิม (บาท)		หลังนำ RCM, FMEA ประยุกต์ใช้งาน (บาท)		
	CM	PM	CM	PM	Spare Parts
เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หมายเลข 1	156,060	88,000	-	163,000	237,200
เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หมายเลข 2	27,100	88,000	-	163,000	

จากตารางเปรียบเทียบเทียบค่าใช้จ่ายก่อนและหลังนำ RCM, FMEA มาประยุกต์ใช้งานข้างต้นนั้นได้รวบรวมค่าใช้จ่ายทั้งด้านการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance: PM) และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาแก้ไข (Corrective Maintenance: CM) โดยสามารถสรุปรายละเอียดการวิเคราะห์ได้ดังนี้

- การบำรุงรักษาเชิงแก้ไข (Corrective Maintenance : CM) หลังจากนำ RCM, FMEA ประยุกต์ใช้งานตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม 2556 จนถึง 31 มกราคม 2557 ยังไม่พบข้อบกพร่องแต่อย่างใด ส่งผลให้ยังไม่มีค่าใช้จ่ายด้านการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขเกิดขึ้น

- การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance : PM) หลังจากนำ RCM, FMEA ประยุกต์ใช้งานส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายในการจัดหาอะไหล่มาสำรองไว้ใช้งานในกรณีฉุกเฉินเพื่อให้สามารถแก้ไขได้อย่างรวดเร็ว อันจะส่งผลให้เวลาในการแก้ไขลดลง สามารถแยกรายละเอียดได้ ดังนี้

- การบำรุงรักษาแบบเดิม จะมีค่าใช้จ่าย 2 ส่วน คือ ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา 18,000 บาท ต่อปี และค่าอะไหล่สำหรับการบำรุงรักษาประจำปี เช่น น้ำมันเครื่อง ใสกรองน้ำมันเครื่อง จำนวน 70,000 บาท รวมค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาทั้งหมดเท่ากับ 88,000 บาท

- การบำรุงรักษาตาม RCM, FMEA มีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเท่ากับการบำรุงรักษาแบบเดิมแต่จะมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นในการทวนสอบชุดตรวจสอบวัดค่าต่างๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอีก 75,000 บาท รวมค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาทั้งหมดเท่ากับ 163,000 บาท อีกทั้งยังมีค่าใช้จ่ายในการจัดหาอะไหล่วิกฤติ (Critical Spare Parts) มาสำรองไว้ใช้งานกรณีฉุกเฉิน โดยมีค่าใช้จ่ายของชุดควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 176,200 บาท ชุดตรวจวัดค่าต่างๆ เป็นจำนวน 61,000 บาท รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดเท่ากับ 237,200 บาท

สรุปผลการศึกษาวิเคราะห์ RCM, FMEA

จากการศึกษาทฤษฎีการบำรุงรักษานบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ ทั้งจากบทความทางวิชาการ และหนังสือที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง โดยมุ่งเน้นที่จะเปรียบเทียบผลดีผลเสียของการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการบำรุงรักษานบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ และมีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเกิดการชำรุด (Breakdown Time) ลง 10% รวมถึงพิจารณาค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาให้มีความเหมาะสม เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงวิธีการบำรุงรักษา และคู่มือการบำรุงรักษาตามทฤษฎีการบำรุงรักษานบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ ข้อมูลต่างๆ ที่ผู้ศึกษาได้นำเสนอเป็นข้อมูลความรู้พื้นฐาน และแนวทางการดำเนินงานโดยให้หลักการบำรุงรักษานบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ วางแผนซ่อมบำรุงเครื่องจักร และอุปกรณ์อื่นๆ ต่อไป ที่สำคัญเป็นการส่งเสริมให้พนักงานตระหนักถึงบทบาทหน้าที่รับผิดชอบ และให้พนักงานมีทัศนคติ ทักษะ ที่ดียิ่งขึ้นในการบำรุงรักษา

ช่วงเวลาที่ทำการศึกษาแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ระหว่างเดือน มกราคม 2556 ถึง มิถุนายน 2556 จะเป็นช่วงศึกษาทฤษฎีการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ นำเสนอ แผนงาน และระหว่างเดือนกรกฎาคม 2556 จนถึง มกราคม 2557 เป็นช่วงการนำไปประยุกต์ใช้ งาน เก็บข้อมูล และสรุปผลการวิเคราะห์ โดยสามารถสรุปขั้นตอนการดำเนินงานได้ ดังนี้

1. กำหนดแนวทางในการดำเนินงาน RCM, FMEA และเกณฑ์การยอมรับ หลังจาก นั้นจัดทำรายการชิ้นส่วนที่อยู่ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ยกเว้นชิ้นส่วนที่เป็นระบบไฟฟ้าย่อย

2. ทำการวิเคราะห์ความล้มเหลวที่เป็นไปได้ของหน้าที่การทำงาน (Functional Potential Failure Analysis) แต่ละชิ้นส่วน พร้อมทั้งระบุผลกระทบและลักษณะของผลกระทบที่ อาจเกิดขึ้น เมื่อชิ้นส่วนเกิดความล้มเหลว

3. ระบุเวลาเฉลี่ยในการเกิดความล้มเหลว (Mean Time Between to Failure : MTBF) และเวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซมให้กลับมาใช้ได้ปกติ (Mean Time to Repair : MTTR) หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์จำแนกชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

4. วิเคราะห์ชิ้นส่วนต่างๆ ตามขั้นตอนการจัดทำ FMEA และคำนวณค่าระดับความ เสี่ยง (Risk Priority Number : RPN) ของแต่ละชิ้นส่วนโดยเกิดจากผลคูณระหว่าง ระดับความ รุนแรง ระดับของเหตุการณ์ และระดับความสามารถการตรวจสอบ ($RPN = S \times O \times D$) เพื่อ บ่งชี้ว่าชิ้นส่วนใดมีระดับความเสี่ยงสูงเพื่อนำมาวิเคราะห์ พิจารณาเป็นลำดับแรก

5. กรอกรายละเอียดของการบำรุงรักษาปัจจุบันและการบำรุงรักษาที่เหมาะสมจน ครบทุกชิ้นส่วน และพิจารณาทุกชิ้นส่วน

6. นำไปประยุกต์ใช้งานจริงกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง ที่เป็นกรณีศึกษา และทำ การเก็บข้อมูลและนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบก่อนหลังการนำ RCM, FMEA มา ประยุกต์ใช้งาน ซึ่งจากผลการศึกษา พบว่า จำนวนชิ้นส่วนที่ต้องดูแลเพิ่มขึ้นจาก 8 ชิ้นส่วน เป็น 40 ชิ้นส่วน คิดเป็นจำนวน 5 เท่า โดยรายการชิ้นส่วนที่เพิ่มขึ้นเป็นชุดตรวจสอบค่าต่างๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และเป็นภาระงานของผู้ผลิตหรือผู้เชี่ยวชาญ โดยส่งผลให้มีค่าใช้จ่าย เพิ่มขึ้น 75,000 บาทต่อปี

หลังจากนำ RCM, FMEA มาประยุกต์ใช้งานกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองสามารถ วิเคราะห์ผลความน่าเชื่อถือของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองได้ดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 เปรียบเทียบการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของการบำรุงรักษา

รายการ	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หมายเลข	การบำรุงรักษา แบบเดิม	หลังนำ RCM, FMEA ประยุกต์ใช้ งาน	ผลต่าง (%)
MTBF	1	2,651.42 ชั่วโมง	5,160 ชั่วโมง	เพิ่มขึ้น 94.6%
	2	5,160 ชั่วโมง	5,160 ชั่วโมง	คงเดิม (0%)
MTTR	1	20 ชั่วโมง	0 ชั่วโมง	ลดลง 100%
	2	0 ชั่วโมง	0 ชั่วโมง	คงเดิม (0%)
Reliability	1	99.99%	100%	เพิ่มขึ้น 0.01%
	2	100%	100%	คงเดิม (0%)
Availability	1	99.98%	100%	เพิ่มขึ้น 0.02%
	2	100%	100%	คงเดิม (0%)
อัตราเครื่องเสีย ต่อชั่วโมง การทำงาน	1	1.9382×10^{-4}	0	เพิ่มขึ้น 100%
	2	0	0	คงเดิม (0%)
ค่าใช้จ่ายในการ บำรุงรักษา (บาทต่อปี)	1	88,000	163,000	เพิ่มขึ้น 85.23%
	2	88,000	163,000	เพิ่มขึ้น 85.23%

จากรายละเอียดของผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 22 ข้างต้นสามารถทำการสรุปผลและประโยชน์ที่ได้รับ ดังนี้

ด้านความพร้อมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

1. ค่า MTBF ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมายเลข 1 เพิ่มขึ้น 94.6% และหมายเลข 2 มีค่าคงเดิม เนื่องจากช่วงเวลาที่น่า RCM, FMEA ประยุกต์ใช้งาน และพิจารณานั้นเริ่มตั้งแต่ 1 กรกฎาคม 2556 ถึง 31 มกราคม 2557 แต่หลังจากที่น่า RCM, FMEA ประยุกต์ใช้ยังไม่พบความล้มเหลวใดๆ

2. ค่า MTTR ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมายเลข 1 ลดลง 100% ส่วนหมายเลข 2 มีค่าคงเดิม เนื่องจากหลังนำ RCM, FMEA ประยุกต์ใช้งานตั้งแต่ 1 กรกฎาคม 2556 ถึง 31 มกราคม 2557 ยังไม่พบความล้มเหลวใดๆ

3. ค่า Reliability ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมายเลข 1 เพิ่มขึ้น 0.01% ส่วนหมายเลข 2 มีค่าคงเดิม เนื่องจากช่วงเวลาที่น่า RCM, FMEA ประยุกต์ใช้งาน และพิจารณานั้นเริ่มตั้งแต่ 1 กรกฎาคม 2556 ถึง 31 มกราคม 2557 แต่หลังจากที่น่า RCM, FMEA ประยุกต์ใช้ยังไม่พบความล้มเหลวใดๆ

4. ค่า Availability ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมายเลข 1 เพิ่มขึ้น 0.11% ส่วนหมายเลข 2 มีค่าคงเดิม เนื่องจากช่วงเวลาที่น่า RCM, FMEA ประยุกต์ใช้งานและพิจารณานั้นเริ่มตั้งแต่ 1 กรกฎาคม 2556 ถึง 31 มกราคม 2557 แต่หลังจากที่น่า RCM, FMEA ประยุกต์ใช้ยังไม่พบความล้มเหลวใดๆ

5. อัตราการเสียของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองหมายเลข 1 ลดลงจาก 1.9382×10^{-4} ครั้งต่อชั่วโมงการทำงาน มาอยู่ที่ 0 หรือลดลง 100% ส่วนหมายเลข 2 มีค่าคงเดิม เนื่องจากไม่มีการเสียใดๆ หลังจากที่ได้นำ RCM, FMEA ไปประยุกต์ใช้งาน

ด้านพนักงาน

1. หลังจากนำ RCM, FMEA ประยุกต์ใช้งานกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองส่งผลให้สามารถวิเคราะห์ปัญหาได้รวดเร็วและถูกต้องมากยิ่งขึ้น เนื่องจากมีความรู้เกี่ยวกับระบบและชิ้นส่วนต่างๆ มากยิ่งขึ้น

2. พนักงานส่วนต่างๆ ได้มีส่วนในการนำเสนอ แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับแผนงานการบำรุงรักษา จากข้อมูลในอดีตและจากคำแนะนำของผู้ผลิต ส่งผลให้แผนงานการบำรุงรักษา มีความสอดคล้องกับสภาพการทำงานมากยิ่งขึ้น

ด้านการวางแผน

1. จากการที่ประเมินและจัดลำดับความสำคัญของชิ้นส่วนส่งผลให้สามารถวางแผนการจัดการอะไหล่สำรองได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้เมื่อเกิดความเสียหายสามารถทำการซ่อมบำรุงได้อย่างทันทั่วทั้งที่ ทำให้เวลาการรอคอยอะไหล่ลดลง

2. การวิเคราะห์ RCM, FMEA กับการจัดซื้อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองใหม่ จะสามารถปรับปรุงลดข้อบกพร่องจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองเดิมได้ ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองใหม่มีความพร้อมในการใช้งานมากยิ่งขึ้น

3. สามารถนำหลักการวิเคราะห์ RCM, FMEA ไปยังเครื่องจักรอื่น ทำให้สามารถวางแผนการบำรุงรักษาที่เหมาะสม สอดคล้องกับสภาพการใช้งานมากกว่าแผนงานการบำรุงรักษาแบบดั้งเดิม

ข้อเสนอแนะ

1. การจัดเก็บข้อมูล ประวัติการบำรุงรักษา การซ่อมบำรุง เพื่อนำมาวิเคราะห์ ควรจัดเก็บข้อมูลเป็นรายชิ้นส่วนมากกว่าการจัดเก็บข้อมูลเป็นรายเครื่องจักร เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ MTBF เป็นรายชิ้นส่วน เพื่อวางแผนการบำรุงรักษาได้เหมาะสม ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าการจัดเก็บข้อมูล ประวัติการบำรุงรักษา การซ่อมบำรุง มีความสำคัญอย่างมากในการนำมาวิเคราะห์

2. การนำการวิเคราะห์ RCM, FMEA ประยุกต์ใช้งาน ต้องใช้บุคลากร ช่วงเวลาในการร่วมวิเคราะห์ ซึ่งผลการวิเคราะห์ที่ไม่ถูกต้อง อาจส่งผลให้แผนงานการบำรุงรักษาไม่เหมาะสมและสอดคล้องต่อสภาพการใช้งานรวมถึงส่งผลให้ค่าใช้จ่ายสูงยิ่งขึ้น

3. เมื่อชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง เกิดการล้มเหลวจะต้องทำการวิเคราะห์หาสาเหตุความล้มเหลวทันที เนื่องจากบางสาเหตุ ปัญหา อาจไม่สามารถหาสาเหตุที่แท้จริงได้ อันจะส่งผลให้เกิดความล้มเหลวซ้ำซ้อนขึ้นมาในอนาคตอีก

4. การกำหนดเงื่อนไขในการยอมรับความล้มเหลวต่อชิ้นส่วนที่เกิดขึ้นต้องทำการกำหนดให้ครอบคลุม ชัดเจน โดยเฉพาะเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบสภาพชิ้นส่วน และควรหลีกเลี่ยงเกณฑ์ที่ไม่สามารถตรวจวัดได้

5. การวางแผนการบำรุงรักษาและการวางแผนการซ่อมบำรุงควรทำการวิเคราะห์วางแผนควบคู่กัน เพื่อให้แผนงานการบำรุงรักษาครอบคลุมมากยิ่งขึ้น



TNI

บรรณานุกรม

TNI

บรรณานุกรม

- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2551). **FMEA การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ**.
กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- เจียม จันทรอนันต์. (2552). **การประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) ในกระบวนการการตรวจสอบขั้นสุดท้ายสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตวงจร**. วิทยานิพนธ์ บธ.ม. (การจัดการอุตสาหกรรม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.
- ดุสิต สิงห์พรหมมาศ ; และ สมศักดิ์ อิทธิโสภณกุล. (2556). **การจัดตั้งระบบการซ่อมบำรุงเครื่องมือกลเชิงป้องกัน กรณีศึกษา : โรงงานผลิตน้ำอัดลม**. ปทุมธานี : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- วัฒนา เชียงกุล ; เกรียงไกร ดำรงรัตน์ ; และ ดลดิษฐ์ เมืองแมน. (2553). **การจัดการงานบำรุงรักษาด้วย Reliability**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- วัฒนา เชียงกุล ; เกรียงไกร ดำรงรัตน์ ; และ สุพัฒน์ เขียวศิริวัฒนา. (2549). **สัมฤทธิ์ผลของงานบำรุงรักษา**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- สมภพ ตลับแก้ว. (2550). **การประยุกต์ใช้วิธีการ FMEA เพื่อการปรับปรุงความพึงพอใจของลูกค้า**. สืบค้นเมื่อ 5 กรกฎาคม 2556, จาก
<http://www.tpmconsulting.org/dwnld/article/tpm/fmea.pdf>
- Anthony, M. Smith ; and Glenn, R. Hinchcliffe. (2004). **Reliability Centered Maintenance Gateway to World Class Maintenance**. Oxford : Butterworth Heinemann.
- Automotive Industry Action Group. (2001). **AIAG FMEA Manual : The Bench Mark**. Michigan : AIAG.
- CSA Company Limited. **Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) and Reliability Centred Maintenance (RCM) Session 3 Desired outcomes of FMEA-RCM Search**. Retrieved July 25, 2013, from
<http://www.maintenanceconsultants.co.uk>
- Dan, M. Frangopol ; et al. (2001). **Reliability Based Life Cycle Management of Highway Bridge**. *Journal of Computing in Civil Engineering*. 15(1) : 27-34.

- H. Sandtorv ; and M. Rausand. (1991). **Reliability Centered Maintenance - Closing the Loop between Design and Operation Reliability**. New York : Springer Publishing Company.
- Ingrid, A. Buckley ; and Eduardo, B. Fernandez. (2012). **Failure Patterns : A New Way to Analyze Failures**. Florida : Florida Atlantic University.
- Islam, H. Afefy. (2010). **Reliability Centered Maintenance Methodology and Application : A Case Study**. Al Fayyum : Fayoum University.
- Jiam, Jun-A-Num ; et al. (2012). **An Application of Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Technique in the Final Inspection Process of an Integrated Circuit Industry**. Bangkok : Thai-Nichi Institute of Technology.
- Johan, Ribrant. (2006). **Reliability Performance and Maintenance - A Survey of Failures in Wind Power System**. Stockholm : KTH School of Electrical Engineering.
- John, Moubray. (1997). **Reliability Centered Maintenance**. 4th ed. Oxford : Butterworth Heinemann.
- Jorge, Martinez. (2007). **Application of Reliability Centered Maintenance in Facility Management**. Massachusetts : Worcester Polytechnic Institute.
- K. A. H. Kobbacy ; et al. (1997). **A Full History Proportional Hazards Model for Preventive Maintenance Scheduling**. New York : John Wiley and Sons.
- Lee, Kirby. (2012, 5 June). **Reliability Centered Maintenance : A New Approach (Reducing Data Center Risk and Cost)**. Michigan : Mission Critical.
- M. Rausand ; and J. Vatn. (1998). **Reliability Centered Maintenance**. Leiden : CRC Press/Balkema.
- NASA Guides. (2008). **Reliability Centered Maintenance Guide for Facilities and Collateral Equipment**. Washington : National Institute of Building Sciences.
- Neil, B. Bloom. (2005). **Reliability Centered Maintenance Implementation Made Simple**. New York : McGraw-Hill.
- Nowland, F. Stanley ; and Howard, F. Heap. (1978). **Reliability Centered Maintenance**. Virginia : National Technical Information Service.
- R. E. Love. (1991). **Reliability Centered Maintenance**. Rhode Island : The Naval War College.

Ricky, Smith. (n.d). **Asset Integrity : What to Do After an Economic Crisis.**

Retrieved July 23, 2013, from <http://reliabilityweb.com/index.php>

Sandy, Dunn. (n.d). **The Fourth Generation of Maintenance.** South Perth : Assetivity Pty.

Uday, Kumar ; and Sven, Granholm. (1988). **Reliability Centered Maintenance for Mining Equipment.** Wollongong : The Australasian Institute of Mining and Metallurgy.

You-Tern, Tsai ; Kuo-Shong, Wang and ; Hwei-Yuan, Teng. (2001). **Optimizing Preventive Maintenance for Mechanical Components Using Genetic Algorithms.** Chungli : National Central University.



THAI-NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

TNI

ภาคผนวก

TNI

ภาคผนวก ก.
ผลการวิเคราะห์รายการอุปกรณ์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง
ตามหลักการวิเคราะห์ RCM, FMEA
จำนวน 40 รายการ

TNI

ตารางที่ 23 รายละเอียดการวิเคราะห์แต่ละชั้นส่วนด้วย RCM, FMEA

รายการที่	คำอธิบายชิ้นส่วน (Description of Equipment)	ชื่อเรียกชิ้นส่วน	หน้าที่ชิ้นส่วน	ความล้มเหลวที่สามารถเกิดขึ้นได้	ลักษณะที่แสดงว่าชิ้นส่วนเกิดความล้มเหลว	ผลกระทบต่อระบบ	ลักษณะผลกระทบต่อระบบ	ประเภทของชิ้นส่วน	ระดับความรุนแรง (SEVERITY)	สาเหตุที่ก่อให้เกิดความล้มเหลว	โอกาสของการเกิดความล้มเหลว (Occurrence)	การตรวจสอบความผิดปกติปัจจุบัน	ระดับของการตรวจสอบความผิดปกติปัจจุบัน (Detection)	RPN	การบำรุงรักษาปัจจุบัน	ประเภทการบำรุงรักษาที่เหมาะสม	ความถี่ในการบำรุงรักษา	จำเป็นต้องออกแบบใหม่หรือไม่	คำแนะนำ
35	ชุดสับเบรกไฟฟ้าจากแรงดันปกติไปจุดเดินเบรคอัตโนมัติ	ชุดสับเบรกไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Transfer Switch)	สับเบรกไฟฟ้าจากปกติไปจุดเดินเบรคอัตโนมัติ	ไม่สามารถสับเบรกไฟฟ้าอัตโนมัติ	เมื่อเกิดเหตุไม่สามารถสับเบรกไฟฟ้าอัตโนมัติ	ไม่มีแรงดันไฟฟ้าไปจ่ายปั๊มดับเพลิง	สูญเสียการทำงานทั้งหมด	Operational Consequences	9	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	6	ทดสอบการทำงานทุกเดือนและ ทุก 6 เดือน	4	216	มี	ตามกำหนดเวลา	ทุก 6 เดือน	ไม่	ควรมีการทดสอบการทำงานทุก 6 เดือนหรือ ตามที่ทางผู้ผลิตแนะนำ
32	ไดสตาร์ท	Dstart	สตาร์ทเครื่องยนต์	ไดสตาร์ทเกิดการชำรุดเสียหาย	ไม่สามารถสตาร์ทเครื่องยนต์ได้	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่สามารถสตาร์ทได้ ในกรณีเกิดไฟฟ้าดับ	สูญเสียการทำงานทั้งหมด	Hidden Failure	9	อายุการใช้งาน	6		3	162	ไม่มี	บำรุงรักษาเมื่อชำรุด	ทุกปี	ไม่	ติดต่อประสานงานผู้จัดจำหน่ายเพื่อสำรองอุปกรณ์ไว้อย่างน้อย 1 ชุด เพื่อให้สามารถเปลี่ยนได้รวดเร็วเมื่อเกิดการชำรุด
36	อุปกรณ์ตัดวงจรอัตโนมัติ	อุปกรณ์ตัดวงจรอัตโนมัติ (Generator Circuit Breaker)	จ่ายและตัดวงจรอัตโนมัติ	ไม่จ่ายหรือ ตัดวงจรอัตโนมัติ	ไม่จ่ายหรือ ตัดวงจรอัตโนมัติ	ไม่มีแรงดันไฟฟ้าไปจ่ายปั๊มดับเพลิง ไม่สามารถจ่ายไฟฟ้าเมื่อเข้าสู่ภาวะปกติ	สูญเสียการทำงานบางส่วน	Hidden Failure	8	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และทางกล	5	ทดสอบการทำงานด้วยการแยกแยะโหลดจริงทุกเดือน	4	160	ไม่มี	ตามกำหนดเวลา	ทุก 6 เดือน	ไม่	ควรมีการทดสอบการทำงานทุก 6 เดือนหรือ ตามที่ทางผู้ผลิตแนะนำ
37	อุปกรณ์ตัดวงจรอัตโนมัติ	อุปกรณ์ตัดวงจรอัตโนมัติ (Generator Synchronization Circuit Breaker)	จ่ายและตัดวงจรอัตโนมัติ	ไม่จ่ายหรือ ตัดวงจรอัตโนมัติ	ไม่จ่ายหรือ ตัดวงจรอัตโนมัติ	ไม่มีแรงดันไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 2 ตัว ไม่ซิงโครไนซ์	สูญเสียการทำงานบางส่วน	Hidden Failure	8	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และทางกล	5	ทดสอบการทำงานด้วยการแยกแยะโหลดจริงทุกเดือน	4	160	ไม่มี	ตามกำหนดเวลา	ทุก 6 เดือน	ไม่	ควรมีการทดสอบการทำงานทุก 6 เดือนหรือ ตามที่ทางผู้ผลิตแนะนำ
38	อุปกรณ์ตัดวงจรอัตโนมัติ	อุปกรณ์ตัดวงจรอัตโนมัติ (Generator Circuit Breaker No.3)	จ่ายและตัดวงจรอัตโนมัติ	ไม่จ่ายหรือ ตัดวงจรอัตโนมัติ	ไม่จ่ายหรือ ตัดวงจรอัตโนมัติ	ไม่มีแรงดันไฟฟ้าไปจ่ายปั๊มดับเพลิง ไม่สามารถจ่ายไฟฟ้าเมื่อเข้าสู่ภาวะปกติ	สูญเสียการทำงานบางส่วน	Hidden Failure	8	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และทางกล	5	ทดสอบการทำงานด้วยการแยกแยะโหลดจริงทุกเดือน	4	160	ไม่มี	ตามกำหนดเวลา	ทุก 6 เดือน	ไม่	ควรมีการทดสอบการทำงานทุก 6 เดือนหรือ ตามที่ทางผู้ผลิตแนะนำ
33	สเตเตอร์	Stator	กำเนิดแรงดันไฟฟ้า	ชดเชยกับการช้อดโอม	ไม่สามารถกำเนิดแรงดันไฟฟ้าได้และ Circuit Breaker เกิดการ Trip	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่สามารถทำงานได้จนทำงานไม่ได้จนไม่สามารถจ่ายไฟฟ้าได้	สูญเสียการทำงานทั้งหมด	Hidden Failure	9	ร่นอายุหรือ แนวโน้มให้ทำการเสื่อมสภาพ	4	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกปี	4	144	ไม่มี	ตามกำหนดเวลา	ทุกปี	ไม่	ควรมีการทดสอบค่าความเป็นฉนวนของลวดทุกๆ 1 ปี
34	โรเตอร์	Rotor	กำเนิดแรงดันไฟฟ้า	ชดเชยกับการช้อดโอม	ไม่สามารถกำเนิดแรงดันไฟฟ้าได้และ Circuit Breaker เกิดการ Trip	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่สามารถทำงานได้จนทำงานไม่ได้จนไม่สามารถจ่ายไฟฟ้าได้	สูญเสียการทำงานทั้งหมด	Hidden Failure	9	ร่นอายุหรือ แนวโน้มให้ทำการเสื่อมสภาพ	4	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกปี	4	144	ไม่มี	ตามกำหนดเวลา	ทุกปี	ไม่	ควรมีการทดสอบค่าความเป็นฉนวนของลวดทุกๆ 1 ปี
40	ชุดชาร์จแบตเตอรี่	Battery Charger	ชาร์จแบตเตอรี่	ชุดชาร์จชุดเดียว ส่งแรงดันไม่ตรงกัน แบตเตอรี่ที่ชาร์จจะไม่สามารถสตาร์ทเครื่องยนต์ได้	ชุดชาร์จชุดเดียว ส่งแรงดันไม่ตรงกัน แบตเตอรี่ที่ชาร์จจะไม่สามารถสตาร์ทเครื่องยนต์ได้	ชุดชาร์จชุดเดียว ส่งแรงดันไม่ตรงกัน แบตเตอรี่ที่ชาร์จจะไม่สามารถสตาร์ทเครื่องยนต์ได้	สูญเสียการทำงานบางส่วน	Hidden Failure	7	ชุดชาร์จแบตเตอรี่เกิดการเสื่อมสภาพเนื่องจากอายุการใช้งาน	4	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกปี	5	140	ไม่มี	ตามกำหนดเวลา	ทุกปี	ไม่	ควรทำการตรวจสอบระดับแรงดันแบตเตอรี่ทุกปี
4	ชุดตรวจสอบแรงดันน้ำมัน	Oil Pressure Transducer	ตรวจสอบแรงดันน้ำมัน	ตรวจสอบและแสดงแรงดันแรงดันของน้ำมันเมื่อมีผิดปกติ	แสดงแรงดันแรงดันน้ำมันผิดปกติ	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะแสดงข้อผิดพลาดหรืออาจเกิดการชำรุดที่เซ็นเซอร์	สูญเสียการทำงานทั้งหมด	Operational Consequences	9	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และมีการใช้งานประมาณ 5 ปี	5	ตรวจสอบความผิดปกติโดยการเปลี่ยนเซ็นเซอร์ทุก 3 ปี และตรวจสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกปี	3	135	ไม่มี	ตามกำหนดเวลา	ทุกปี	ไม่	ควรมีการสำรอง Oil Pressure Transducer ไว้อย่างน้อย 1 ชุด เพื่อให้สามารถเปลี่ยนได้ทันทีเมื่อเกิดการชำรุด

ตารางที่ 23 รายละเอียดการวิเคราะห์แต่ละชิ้นส่วนด้วย RCM, FMEA (ต่อ)

รายการที่	คำอธิบายชิ้นส่วน (Description of Equipment)	ชื่อเรียกชิ้นส่วน	หน้าที่ชิ้นส่วน	ความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้นได้	ลักษณะที่แสดงว่าชิ้นส่วนเกิดความล้มเหลว	ผลกระทบต่อระบบ	ลักษณะผลกระทบต่อระบบ	ประเภทของชิ้นส่วน	ระดับความรุนแรง (SEVERITY)	สาเหตุที่ทำให้ชิ้นส่วนเกิดความล้มเหลว	โอกาสของการเกิดความล้มเหลว (Occurrence)	การตรวจสอบความผิดปกติ	ระดับของการตรวจสอบความผิดปกติ (Detection)	RPN	การบำรุงรักษาปัจจุบัน	ประเภทการบำรุงรักษาที่เหมาะสม	ความถี่ในการบำรุงรักษา	จำเป็นต้องออกแบบใหม่หรือไม่	คำแนะนำ
5	ชุดตรวจสอบอุณหภูมิน้ำมัน	Oil Temperature Transducer	ตรวจสอบอุณหภูมิ น้ำมันหล่อลื่นที่ ขณะทำงานและหยุดทำงาน	ตรวจสอบและแสดงผลระดับอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่นผิดปกติ	แสดงผลระดับอุณหภูมิ น้ำมันหล่อลื่นผิดปกติ	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะ แสดงการทำงานผิดปกติ หรืออาจเกิดการหยุดกะทันหันได้หากผู้ตรวจการที่สังเกตเห็น	สูญเสียการทำงานบางส่วน	Operational Consequences	9	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และมีอายุการใช้งานประมาณ 5 ปี	5	ตรวจสอบความผิดปกติโดยดูจากการแสดงผลและ 3 ครั้งจะทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์	3	135	ไม่มี	ตามกำหนดเวลา	ทุกปี	ไม่	ควรมีการสำรอง Oil Temperature Transducer ไว้อย่างน้อย 1 ชุด เพื่อให้สามารถเปลี่ยนได้ทันทีเมื่อเกิดการชำรุด
6	ชุดตรวจสอบอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	Coolant Water Temperature Transducer	ตรวจสอบอุณหภูมิ น้ำหล่อเย็น เครื่องยนต์ ที่ขณะทำงานและหยุดทำงาน	ตรวจสอบและแสดงผลระดับอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นเครื่องยนต์ผิดปกติ	แสดงผลระดับอุณหภูมิ น้ำหล่อเย็นผิดปกติ	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะ แสดงการทำงานผิดปกติ หรืออาจเกิดการหยุดกะทันหันได้หากผู้ตรวจการที่สังเกตเห็น	สูญเสียการทำงานทั้งหมด	Hidden Failure	9	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และมีอายุการใช้งานประมาณ 5 ปี	5	ตรวจสอบความผิดปกติโดยดูจากการแสดงผลและ 3 ครั้งจะทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์	3	135	ไม่มี	ตามกำหนดเวลา	ทุกปี	ไม่	ควรมีการสำรอง Coolant Water Temperature Transducer ไว้อย่างน้อย 1 ชุด เพื่อให้สามารถเปลี่ยนได้ทันทีเมื่อเกิดการชำรุด
8	ชุดตรวจสอบระดับภาระโหลด	Load Percentage Transducer	ตรวจสอบระดับภาระ โหลดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในขณะที่ทำงาน	ระบบแสดงผล ไม่ตรงกับภาระโหลดในขณะนั้นส่งผลให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงานผิดปกติหรือเครื่องหยุดทำงานกะทันหันได้	แสดงผลระดับภาระโหลดแตกต่างจากค่าจริงอาจส่งผลให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าระดับภาระโหลด	ระบบควบคุมจะสั่งให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหยุดการทำงาน 1 ชั่วโมงเนื่องจากระดับภาระโหลดสูงเกินไป	สูญเสียการทำงานบางส่วน	Hidden Failure	9	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และมีอายุการใช้งานประมาณ 5 ปี	5	ทดสอบการทำงานด้วยการตั้งค่าภาระโหลดจริงทุกเดือน	3	135	ไม่มี	ตามกำหนดเวลา	ทุกปี	ไม่	ควรมีการสำรอง Load Percentage Transducer ไว้อย่างน้อย 1 ชุด เพื่อให้สามารถเปลี่ยนได้ทันทีเมื่อเกิดการชำรุด
10	ชุดตรวจสอบกระแสไฟฟ้า	Generator Current Transducer	ตรวจสอบปริมาณกระแสไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในขณะที่ทำงาน	ระบบแสดงผล ไม่ตรงกับปริมาณกระแสไฟฟ้าซึ่งส่งผลให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้จ่ายกระแสไฟฟ้าทำงานผิดปกติหรือเครื่องหยุดทำงานกะทันหันได้	แสดงผลปริมาณกระแสไฟฟ้าแตกต่างจากค่าจริงอาจส่งผลให้ระบบปริมาณกระแสไฟฟ้าได้จ่าย	ระบบควบคุมจะสั่งให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหยุดการทำงาน 1 ชั่วโมงเนื่องจากระดับปริมาณกระแสไฟฟ้าสูงเกินไป	สูญเสียการทำงานบางส่วน	Hidden Failure	9	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และมีอายุการใช้งานประมาณ 5 ปี	5	ทดสอบการทำงานด้วยการตั้งค่าภาระโหลดจริงทุกเดือน	3	135	ไม่มี	ตามกำหนดเวลา	ทุกปี	ไม่	ควรมีการสำรอง Generator Current Transducer ไว้อย่างน้อย 1 ชุด เพื่อให้สามารถเปลี่ยนได้ทันทีเมื่อเกิดการชำรุด
17	ชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Controller Unit)	Electronic Control Unit ECU	ควบคุมการทำงานของตัวเครื่องและประมวลผลและสั่งการให้เครื่องทำงาน	ไม่สามารถควบคุมการทำงานของตัวเครื่องและสั่งการให้เครื่องทำงานได้ตามที่ต้องการได้	ชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ไม่แสดงผลการทำงานตามที่กำหนดหรือแสดงผลการทำงานผิดปกติ	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่สามารถทำงานได้ตามที่กำหนดหรืออาจส่งผลให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่ทำงาน	สูญเสียการทำงานทั้งหมด	Hidden Failure	10	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และมีอายุการใช้งานประมาณ 10 ปี	4	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกปีและด้วยการตั้งค่าภาระโหลดจริงทุกเดือน	3	120	ไม่มี	แก้ไขเมื่อชำรุด	ทุกปี	ไม่	ติดต่อประสานงานผู้จำหน่ายเพื่อสำรองอุปกรณ์ไว้อย่างน้อย 1 ชุด เพื่อให้สามารถเปลี่ยนได้ทันทีเมื่อเกิดการชำรุด
39	แบตเตอรี่	Battery	สตาร์ทเครื่องยนต์	ไม่สามารถสตาร์ทเครื่องยนต์ได้	ไม่สามารถสตาร์ทเครื่องยนต์ได้ - แบตเตอรี่มีสภาพเสื่อม ชาร์จ บวม	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่สามารถทำงานได้ตามที่กำหนดหรืออาจส่งผลให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่ทำงาน	สูญเสียการทำงานบางส่วน	Hidden Failure	6	แบตเตอรี่เกิดการเสื่อมสภาพเนื่องจากหมดอายุการใช้งาน	4	ตรวจสอบระดับน้ำกลั่นทุกสัปดาห์	5	120	มี	ตามกำหนดเวลา	ทุกปี	ไม่	ตรวจสอบระดับน้ำกลั่นทุกสัปดาห์ หากพบระดับต่ำให้เติมน้ำกลั่นตามปกติ
19	กรองลึมน้ำ	Humidifier Filter	กรองความชื้น	ความชื้นสูงจนกลายเป็นน้ำแข็งบนน้ำมัน	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่ทำงานและจะหยุดทำงานได้หากปริมาณความชื้นสูงเกินไป	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหยุดการทำงานได้	สูญเสียการทำงานบางส่วน	Operational Consequences	8	อายุการใช้งาน	4	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกปีและด้วยการตั้งค่าภาระโหลดจริงทุกเดือน	3	96	ไม่มี	ตามกำหนดเวลา	ทุกปี	ไม่	การทำการเปลี่ยนตามอายุการใช้งาน ทุก 1-2 ปี หรือตามผู้ผลิตแนะนำ
31	น้ำมันเครื่อง	Lubricating Oil	หล่อลื่นเครื่องยนต์ขณะทำงาน	ระดับน้ำมันเครื่องลดลงต่ำกว่าระดับปกติ หรือ ไม่มี น้ำมันหล่อลื่นในเครื่องยนต์ อาจเกิดการสึกหรน	ระดับน้ำมันเครื่องลดลงต่ำกว่าระดับปกติ หรือ ไม่มี	เครื่องยนต์เกิดความเสียหายและอาจเกิดการสึกหรนเนื่องจากการหล่อลื่น	สูญเสียการทำงานทั้งหมด	Hidden Failure	8	น้ำมันเครื่องเกิดการรั่วซึมตามปกติ	4	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกปีและด้วยการตั้งค่าภาระโหลดจริงทุกเดือน	3	96	มี	ตามกำหนดเวลา	ทุกปี	ไม่	ตรวจสอบระดับน้ำมันเครื่องทุกครั้งที่เติมน้ำมันและพบว่ามีน้ำมันต่ำควรทำการทดสอบการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
1	ชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Controller Unit)	Deep Sea Controller Unit (Synchronizer Unit)	ควบคุมการทำงานของตัวเครื่องและสั่งการให้เครื่องทำงาน	ไม่สามารถควบคุมการทำงานของตัวเครื่องและสั่งการให้เครื่องทำงานได้ตามที่ต้องการได้	ชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ไม่แสดงผลการทำงานตามที่กำหนดหรือแสดงผลการทำงานผิดปกติ	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่สามารถทำงานได้ตามที่กำหนดหรืออาจส่งผลให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่ทำงาน	สูญเสียการทำงานทั้งหมด	Hidden Failure	10	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และมีอายุการใช้งานประมาณ 5-7 ปี	3	ตรวจสอบความผิดปกติโดยดูจากการแสดงผลและ 3 ครั้งจะทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์	3	90	ไม่มี	แก้ไขเมื่อชำรุด	ทุกปี	ไม่	ควรมีการสำรองชุดควบคุมการทำงานของตัวเครื่องและสั่งการให้เครื่องทำงาน Back Up Configuration ไว้เพื่อให้สามารถเปลี่ยนได้ทันทีเมื่อเกิดการชำรุด

ตารางที่ 23 รายละเอียดการวิเคราะห์แต่ละชิ้นส่วนด้วย RCM, FMEA (ต่อ)

รายการที่	คำอธิบายชิ้นส่วน (Description of Equipment)	ชื่อเรียกชิ้นส่วน	หน้าที่ชิ้นส่วน	ความล้มเหลวที่สามารถเกิดขึ้นได้	ลักษณะที่แสดงว่าชิ้นส่วนเกิดความล้มเหลว	ผลกระทบของระบบ	ลักษณะผลกระทบต่อระบบ	ประเภทของชิ้นส่วน	ระดับความรุนแรง (SEVERITY)	สาเหตุที่ทำให้ชิ้นส่วนเกิดความล้มเหลว	โอกาสของการเกิดความล้มเหลว (Occurrence)	การตรวจสอบความผิดปกติ	ระดับของการตรวจสอบความผิดปกติ	RPN	การบำรุงรักษาปัจจุบัน	ประเภทการบำรุงรักษาที่เหมาะสม	ความถี่ในการบำรุงรักษา	จำเป็นต้องออกแบบใหม่หรือไม่	คำแนะนำ
2	ชุดควบคุมหลัก (Controller Unit)	Deep Sea Controller Unit (Synchronizer Unit)	ควบคุมการทำงานต่าง ๆ ของระบบและระบบเครื่องทำงาน	ไม่สามารถแสดงค่าต่าง ๆ ได้ทั้งในขณะทำงานและไม่ทำงาน	ไม่สามารถแสดงค่าต่าง ๆ ได้ทั้งในขณะทำงานและไม่ทำงาน	ไม่สามารถตรวจสอบค่าต่าง ๆ ของเครื่อง	สูญเสียการทำงานบางส่วน	Hidden Failure	10	อายุการใช้งานเนื่องจากส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์ มีลักษณะ 5-7 ปี	3	ตรวจสอบความผิดปกติโดยการแสดงและรีเซ็ต 3 ครั้งและตรวจสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์	3	90	ไม่มี	ถ้าเป็นเมื่อชำรุด	ทุกปี	ไม่	ควรมีการสำรองชุดควบคุมการทำงานและแสดงค่าไว้อย่างน้อย 1 ชุด เพื่อให้สามารถเปลี่ยนได้ทันทีเมื่อเกิดการชำรุด
3	ชุดควบคุมหลัก (Controller Unit)	Deep Sea Controller Unit (Synchronizer Unit)	จัดเก็บข้อมูลการสั่งไปบนระบบของเครื่อง	ไม่กรณีเกิดไฟฟ้าดับจะทำให้ Battery EPROM ไม่สามารถเก็บข้อมูลข้อมูลการสั่งไปบนระบบได้	Configuration และค่า Alarm Setting (Factory Default) มีการเปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้ทำงานไม่ตรงตามที่ออกแบบไว้	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่ทำงานหรือทำงานไม่ตรงตามที่กำหนดไว้	สูญเสียการทำงานทั้งหมด	Hidden Failure	10	อายุการใช้งานเนื่องจากส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์ มีลักษณะ 5-7 ปี	3	ตรวจสอบความผิดปกติโดยการแสดงและรีเซ็ต 3 ครั้งและตรวจสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์	3	90	ไม่มี	ถ้าเป็นเมื่อชำรุด	ทุกปี	ไม่	ควรมีการสำรอง Battery EPROM พร้อมทั้งทำการสำรองข้อมูลและ Code ของค่าไว้อย่างน้อย 1 ชุด เพื่อให้สามารถเปลี่ยนได้ทันทีเมื่อเกิดการชำรุด
18	กรองอากาศ	Air Filter	กรองเศษและฝุ่นละอองต่าง ๆ	เกิดการอุดตันของ Air Filter	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่ทำงาน	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่สามารถทำงานหรือหยุดการทำงาน	สูญเสียการทำงานทั้งหมด	Operational Consequences	7	อายุการใช้งาน	4	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์และด้วยการจ่ายกระแสไหลจริงทุกเดือน	3	84	ไม่มี	ตามที่กำหนดเวลา	ทุกปี	ไม่	ควรทำการเปลี่ยนตามอายุการใช้งาน ทุก 1-2 ปี หรือตามผู้ผลิตแนะนำ
20	กรองน้ำมันเชื้อเพลิง	Fuel Filter	กรองเศษและฝุ่นละอองต่าง ๆ ในน้ำมัน	เกิดการอุดตันของ Oil Filter	เครื่องยนต์ทำงานไม่ราบรื่นและจะหยุดการทำงานได้หากมีปริมาณของสิ่งสกปรกปริมาณสูง	ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์ลดลง	สูญเสียการทำงานบางส่วน	Operational Consequences	7	อายุการใช้งาน	4	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์และด้วยการจ่ายกระแสไหลจริงทุกเดือน	3	84	ไม่มี	ตามที่กำหนดเวลา	ทุกปี	ไม่	ควรทำการเปลี่ยนตามอายุการใช้งาน ทุก 1-2 ปี หรือตามผู้ผลิตแนะนำ
23	ฝาปิดถังเก็บน้ำหมัก	Filler Cap	ป้องกันน้ำออกมามากเกินไป	น้ำจากถังหมักรั่วซึมออกมาด้านนอกเนื่องจากฝาปิดไม่แน่นหรือสภาพชำรุด	มีน้ำรั่วซึมออกมาจากฝาครอบหมักน้ำ	ประสิทธิภาพการทำงานของระบบความดันเครื่องลดลงส่งผลให้ชุดควบคุมเครื่องหยุดทำงาน	สูญเสียการทำงานทั้งหมด	Operational Consequences	7	อายุการใช้งาน	4	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์และด้วยการจ่ายกระแสไหลจริงทุกเดือน	3	84	ไม่มี	บำรุงรักษาเมื่อชำรุด	ทุกปี	ไม่	ตรวจสอบสภาพของฝาหมักน้ำทุกครั้ง ทั้งก่อนและหลังที่มีการทดสอบการทำงาน
24	ฝาปิดแรงดัน	Pressure Cap	ป้องกันน้ำออกมามากเกินไป	น้ำจากถังหมักรั่วซึมออกมาด้านนอกเนื่องจากฝาปิดไม่แน่นหรือสภาพชำรุด	มีน้ำรั่วซึมออกมาจากฝาครอบหมักน้ำ	ประสิทธิภาพการทำงานของระบบความดันเครื่องลดลงส่งผลให้ชุดควบคุมเครื่องหยุดทำงาน	สูญเสียการทำงานทั้งหมด	Operational Consequences	7	อายุการใช้งาน	4	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์และด้วยการจ่ายกระแสไหลจริงทุกเดือน	3	84	ไม่มี	บำรุงรักษาเมื่อชำรุด	ทุกปี	ไม่	ตรวจสอบสภาพของฝาหมักน้ำทุกครั้ง ทั้งก่อนและหลังที่มีการทดสอบการทำงาน
25	น้ำหล่อเย็น	Water Coolant	หล่อเย็นเครื่องยนต์	น้ำหล่อเย็นเกิดการรั่วไหลหรือแห้งลงต่ำกว่าระดับปกติ	ระดับน้ำหล่อเย็นต่ำกว่าปกติหรือไม่มีในระบบ	ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์ลดลงส่งผลให้ชุดควบคุมเครื่องหยุดทำงาน	สูญเสียการทำงานทั้งหมด	Operational Consequences	7	อายุการใช้งาน	4	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์และด้วยการจ่ายกระแสไหลจริงทุกเดือน	3	84	มี	ตามที่กำหนดเวลา	ทุกปี	ไม่	ตรวจสอบระดับน้ำหล่อเย็น ทั้งก่อนและหลังที่มีการทดสอบการทำงาน
26	ปั๊มน้ำหล่อเย็น	Water Coolant Pump	ไหลเวียนน้ำหล่อเย็นในระบบ	ปั๊มน้ำไม่ทำงาน	ระดับน้ำหล่อเย็นต่ำกว่าปกติ	ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์ลดลงส่งผลให้ชุดควบคุมเครื่องหยุดทำงาน	สูญเสียการทำงานทั้งหมด	Operational Consequences	7	อายุการใช้งาน	4	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์และด้วยการจ่ายกระแสไหลจริงทุกเดือน	3	84	ไม่มี	บำรุงรักษาเมื่อชำรุด	ทุกปี	ไม่	ตรวจสอบระดับแรงดันน้ำหล่อเย็นทุกครั้งที่ทำงานและหลังที่มีการทดสอบการทำงาน
27	ใบพัดระบายความร้อน	Ventilation Fan	ระบายความร้อนของน้ำหล่อเย็น	พัดลมไม่ทำงาน	พัดลมไม่ทำงาน	ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์ลดลงส่งผลให้ชุดควบคุมเครื่องหยุดทำงาน	สูญเสียการทำงานทั้งหมด	Operational Consequences	7	อายุการใช้งาน	4	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์และด้วยการจ่ายกระแสไหลจริงทุกเดือน	3	84	ไม่มี	ตามที่กำหนดเวลา	ทุกปี	ไม่	ตรวจสอบสภาพของใบพัดระบายความร้อนทุกครั้ง ทั้งก่อนและหลังที่มีการทดสอบการทำงาน

ตารางที่ 23 รายละเอียดการวิเคราะห์แต่ละชั้นส่วนด้วย RCM, FMEA (ต่อ)

รายการที่	คำอธิบายชิ้นส่วน (Description of Equipment)	ชื่อเรียกชิ้นส่วน	หน้าที่ชิ้นส่วน	ความล้มเหลวที่สามารถเกิดขึ้นได้	ลักษณะที่แสดงว่าชิ้นส่วนเกิดความล้มเหลว	ผลกระทบต่อระบบ	ลักษณะผลกระทบต่อระบบ	ประเภทของชิ้นส่วน	ระดับความรุนแรง (SEVERITY)	สาเหตุที่ทำให้ชิ้นส่วนเกิดความล้มเหลว	โอกาสของการเกิดความล้มเหลว (Occurrence)	การตรวจสอบความผิดปกติปัจจุบัน	ระดับของการตรวจสอบความผิดปกติในปัจจุบัน (Detection)	RPN	การบำรุงรักษาปัจจุบัน	ประเภทการบำรุงรักษาที่เหมาะสม	ความถี่ในการบำรุงรักษา	จำเป็นต้องออกแบบใหม่หรือไม่	คำแนะนำ
28	สายพานของชุดระบบความดัน	Belt	ขับเคลื่อนเพื่อบีบอัดระบบความดัน	สายพานเกิดการฉีกขาด	สายพานขาด ชำรุด	ประสิทธิภาพการทำงานของระบบความดันจะลดลงหรือหยุดทำงานชั่วคราว	สูญเสียการทำงานทั้งหมด	Operational Consequences	7	อายุการใช้งาน	4	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกปีและด้วยการตรวจสอบการสั่นสะเทือน	3	84	มี	ตามกำหนดเวลา	ทุกปี/สัปดาห์	ไม่	ตรวจสอบสภาพของสายพานของชุดระบบความดันทุกครั้งที่ทำงานและเปลี่ยนหากพบการชำรุด
29	พูลเลย์สายพานของชุดระบบความดัน	Pulley	ขับเคลื่อนเพื่อบีบอัดระบบความดัน	สายพานเกิดการฉีกขาด	สายพานขาด ชำรุด	ประสิทธิภาพการทำงานของระบบความดันจะลดลงหรือหยุดทำงานชั่วคราว	สูญเสียการทำงานทั้งหมด	Operational Consequences	7	อายุการใช้งาน	4	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกปีและด้วยการตรวจสอบการสั่นสะเทือน	3	84	ไม่มี	บำรุงรักษาเมื่อชำรุด	ทุกปี/สัปดาห์	ไม่	ตรวจสอบสภาพของพูลเลย์สายพานชุดระบบความดันทุกครั้งที่ทำงานและเปลี่ยนหากพบการชำรุด
30	กรองน้ำมันเครื่อง	Oil Filter	กรองเศษส่วน น้ำมันในระบบน้ำมัน	น้ำมันไม่สามารถไหลผ่านได้	ไม่มีน้ำมันไหลผ่านเนื่องจากกรองน้ำมันเครื่องเกิดการอุดตัน	เครื่องยนต์เกิดความเสียหายเนื่องจากขาดหล่อลื่น	สูญเสียการทำงานทั้งหมด	Hidden Failure	8	ระบบน้ำมันหล่อลื่นผิดปกติ ภายในเครื่องยนต์เกิดการสึกกร่อน	3	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกปีและด้วยการตรวจสอบการสั่นสะเทือน	3	72	มี	ตามกำหนดเวลา	ทุกปี/สัปดาห์	ไม่	ตรวจสอบระดับแรงดันน้ำมันเครื่อง ทุกครั้งที่ทำงานและเปลี่ยนในกรณีที่มีการลดการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
22	ถังพักน้ำหล่อเย็น	Cooler Tank	เก็บน้ำเพื่อใช้หล่อเย็นเครื่องยนต์	ถังน้ำหล่อเย็นเกิดการรั่วซึม แฉก ชำรุดเสียหาย	มีปริมาณน้ำรั่วไหลออกมาจากถังพักน้ำหล่อเย็น	ประสิทธิภาพการทำงานของระบบความดันจะลดลงหรือหยุดทำงานชั่วคราว	สูญเสียการทำงานทั้งหมด	Hidden Failure	7	อายุการใช้งานเนื่องจากความเสียหายจากพลาสติก	3	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกปีและด้วยการตรวจสอบการสั่นสะเทือน	3	63	มี	บำรุงรักษาเมื่อชำรุด	ทุกปี/สัปดาห์	ไม่	ตรวจสอบสภาพของถังพักน้ำหล่อเย็น ทุกครั้งที่ทำงานและเปลี่ยนหากพบการชำรุด
21	ชุดวัดระดับน้ำมันเชื้อเพลิง	Fuel Indicator	แสดงปริมาณน้ำมันสำรองในถัง	แสดงปริมาณน้ำมันสำรองผิดปกติ	ปริมาณน้ำมันที่แสดงไม่ตรงกับปริมาณน้ำมันจริง	น้ำมันสำรองในถังหมดและทำให้เครื่องยนต์ขาดน้ำมันหล่อลื่น	สูญเสียการทำงานบางส่วน	Hidden Failure	4	อายุการใช้งาน	3	ตรวจสอบทุกครั้งที่ทำงาน	4	48	มี	ตามกำหนดเวลา	ทุกปี/สัปดาห์	ไม่	ความผิดปกติของ Fuel Indicator แสดงปริมาณน้ำมันในถังสำรอง ไม่เกิน 1 ชั่วโมง หากพบความผิดปกติ
7	ชุดตรวจสอบแรงดันแบตเตอรี่	Battery Voltage Transducer	ตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่	แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ผิดปกติ	แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ผิดปกติ	แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ผิดปกติ	สูญเสียการทำงานบางส่วน	Hidden Failure	3	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และมีการใช้งานประมาณ 5 ปี	5	ตรวจสอบการทำงานของแบตเตอรี่ด้วย Manual Start ทุกปีและด้วยการตรวจสอบการสั่นสะเทือน	3	45	ไม่มี	ตามกำหนดเวลา	ทุกปี	ไม่	ความผิดปกติของ Battery Voltage Transducer ใช้เวลานาน 1 ชั่วโมงเพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้า
9	ชุดตรวจสอบแรงดันไฟฟ้า	Generator Voltage Transducer	ตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	แรงดันไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าผิดปกติ	แรงดันไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าผิดปกติ	แรงดันไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าผิดปกติ	สูญเสียการทำงานบางส่วน	Hidden Failure	3	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และมีการใช้งานประมาณ 5 ปี	5	ทดสอบการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วย Manual Start ทุกปีและด้วยการตรวจสอบการสั่นสะเทือน	3	45	ไม่มี	ตามกำหนดเวลา	ทุกปี	ไม่	ตรวจสอบปริมาณผู้ใช้งานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประมาณ 1 ชั่วโมงเพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้า
11	ชุดตรวจสอบกำลังไฟฟ้า	Generator Power (KW) Transducer	ตรวจสอบปริมาณกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	ระบบแสดงแรงดันไฟฟ้าผิดปกติ	แสดงปริมาณกำลังไฟฟ้าผิดปกติ	แสดงปริมาณกำลังไฟฟ้าผิดปกติ	สูญเสียการทำงานบางส่วน	Hidden Failure	3	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และมีการใช้งานประมาณ 5 ปี	5	ทดสอบการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วย Manual Start ทุกปีและด้วยการตรวจสอบการสั่นสะเทือน	3	45	ไม่มี	ตามกำหนดเวลา	ทุกปี	ไม่	ตรวจสอบปริมาณผู้ใช้งานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประมาณ 1 ชั่วโมงเพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้า

ตารางที่ 23 รายละเอียดการวิเคราะห์แต่ละชั้นส่วนด้วย RCM, FMEA (ต่อ)

รายการที่	คำอธิบายชิ้นส่วน (Description of Equipment)	ชื่อเรียกชิ้นส่วน	หน้าที่ชิ้นส่วน	ความล้มเหลวที่สามารถเกิดขึ้นได้	ลักษณะที่แสดงว่าชิ้นส่วนเกิดความล้มเหลว	ผลกระทบต่อระบบ	ลักษณะผลกระทบต่อระบบ	ประเภทของชิ้นส่วน	ระดับความรุนแรง (SEVERITY)	สาเหตุที่ทำให้ชิ้นส่วนเกิดความล้มเหลว	โอกาสของการเกิดความล้มเหลว (Occurrence)	การตรวจสอบตามคู่มือปัจจุบัน	ระดับของการตรวจสอบความรุนแรงในปัจจุบัน (Detection)	RPN	การบำรุงรักษาปัจจุบัน	ประเภทการบำรุงรักษาที่เหมาะสม	ความถี่ในการบำรุงรักษา	จำเป็นต้องออกแบบใหม่หรือไม่	คำแนะนำ
12	ชุดตรวจสอบกำลังไฟฟ้า	Generator Power (KVAR) Transducer	ตรวจสอบปริมาณกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในขณะทำงาน	ระบบแสดงไม่ตรงกับปริมาณกำลังไฟฟ้าที่แท้จริงในขณะนั้นส่งผลให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแสดงผิดปกติ	แสดงปริมาณกำลังไฟฟ้าแตกต่างจากอีกตัวอย่างชัดเจนหรือไม่แสดงปริมาณกำลังไฟฟ้าใดๆ	ระบบควบคุมแสดงผลปริมาณกำลังไฟฟ้าผิดพลาดจากปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริง	สูญเสียการทำงานบางส่วน	Hidden Failure	3	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และอายุการใช้งานประมาณ 5 ปี	5	ทดสอบการทำงานด้วยการข้ามกระแสโหลดจริงทุกเดือน	3	45	ไม่มี	ตามกำหนดเวลา	ทุกปี	ไม่	ติดต่อประสานงานผู้จัดจำหน่ายเพื่อสำรองอุปกรณ์ไว้อย่างน้อย 1 ชุด เพื่อให้สามารถเปลี่ยนได้รวดเร็วเมื่อเกิดการชำรุด
13	ชุดตรวจสอบกำลังไฟฟ้า	Generator Power (KVA) Transducer	ตรวจสอบปริมาณกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในขณะทำงาน	ระบบแสดงไม่ตรงกับปริมาณกำลังไฟฟ้าที่แท้จริงในขณะนั้นส่งผลให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแสดงผิดปกติ	แสดงปริมาณกำลังไฟฟ้าแตกต่างจากอีกตัวอย่างชัดเจนหรือไม่แสดงปริมาณกำลังไฟฟ้าใดๆ	ระบบควบคุมแสดงผลปริมาณกำลังไฟฟ้าผิดพลาดจากปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริง	สูญเสียการทำงานบางส่วน	Hidden Failure	3	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และอายุการใช้งานประมาณ 5 ปี	5	ทดสอบการทำงานด้วยการข้ามกระแสโหลดจริงทุกเดือน	3	45	ไม่มี	ตามกำหนดเวลา	ทุกปี	ไม่	ติดต่อประสานงานผู้จัดจำหน่ายเพื่อสำรองอุปกรณ์ไว้อย่างน้อย 1 ชุด เพื่อให้สามารถเปลี่ยนได้รวดเร็วเมื่อเกิดการชำรุด
14	ชุดตรวจสอบตัวประกอบกำลังไฟฟ้า	Generator Power Factor (PF) Transducer	ตรวจสอบปริมาณค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในขณะทำงาน	ระบบแสดงไม่ตรงกับปริมาณค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่แท้จริงในขณะนั้นส่งผลให้ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าแสดงผิดปกติ	แสดงปริมาณค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าแตกต่างจากอีกตัวอย่างชัดเจนหรือไม่แสดงปริมาณค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าใดๆ	ระบบควบคุมแสดงผลปริมาณค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าผิดพลาดจากปริมาณค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริง	สูญเสียการทำงานบางส่วน	Hidden Failure	3	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และอายุการใช้งานประมาณ 5 ปี	5	ทดสอบการทำงานด้วยการข้ามกระแสโหลดจริงทุกเดือน	3	45	ไม่มี	ตามกำหนดเวลา	ทุกปี	ไม่	ติดต่อประสานงานผู้จัดจำหน่ายเพื่อสำรองอุปกรณ์ไว้อย่างน้อย 1 ชุด เพื่อให้สามารถเปลี่ยนได้รวดเร็วเมื่อเกิดการชำรุด
15	ชุดตรวจสอบความถี่ไฟฟ้า	Generator Frequency (Hz) Transducer	ตรวจสอบปริมาณความถี่ของแรงดันไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในขณะทำงาน	ระบบแสดงไม่ตรงกับปริมาณความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่แท้จริงในขณะนั้นส่งผลให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแสดงผิดปกติ	แสดงปริมาณความถี่ของแรงดันไฟฟ้าแตกต่างจากอีกตัวอย่างชัดเจนหรือไม่แสดงปริมาณความถี่ของแรงดันไฟฟ้าใดๆ	ระบบควบคุมแสดงผลปริมาณความถี่ของแรงดันไฟฟ้าผิดพลาดจากปริมาณความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานจริง	สูญเสียการทำงานบางส่วน	Hidden Failure	3	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และอายุการใช้งานประมาณ 5 ปี	5	ทดสอบการทำงานด้วย Manual Start ทุกสัปดาห์และด้วยการข้ามกระแสโหลดจริงทุกเดือน	3	45	ไม่มี	ตามกำหนดเวลา	ทุกปี	ไม่	ติดต่อประสานงานผู้จัดจำหน่ายเพื่อสำรองอุปกรณ์ไว้อย่างน้อย 1 ชุด เพื่อให้สามารถเปลี่ยนได้รวดเร็วเมื่อเกิดการชำรุด
16	ชุดตรวจสอบความเร็วรอบ	Generator Speed (RPM) Transducer	ตรวจสอบความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในขณะทำงาน	ระบบแสดงไม่ตรงกับปริมาณความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในขณะนั้นส่งผลให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแสดงผิดปกติ	แสดงความเร็วรอบแตกต่างจากอีกตัวอย่างชัดเจนหรือไม่แสดงปริมาณความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใดๆ	ระบบควบคุมแสดงผลความเร็วรอบแตกต่างจากอีกตัวอย่างชัดเจนหรือไม่แสดงปริมาณความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใดๆ	สูญเสียการทำงานบางส่วน	Hidden Failure	3	อายุการใช้งานเนื่องจากเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และอายุการใช้งานประมาณ 5 ปี	5	ทดสอบการทำงานด้วยการข้ามกระแสโหลดจริงทุกเดือน	3	45	ไม่มี	ตามกำหนดเวลา	ทุกปี	ไม่	ติดต่อประสานงานผู้จัดจำหน่ายเพื่อสำรองอุปกรณ์ไว้อย่างน้อย 1 ชุด เพื่อให้สามารถเปลี่ยนได้รวดเร็วเมื่อเกิดการชำรุด

ภาคผนวก ข.

ตาราง เกณฑ์การประเมิน การวิเคราะห์รูปแบบความล้มเหลวและผลกระทบ
(Failure Mode Effect Analysis : FMEA)

TNI

ตารางที่ 24 เกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบ (S)

ผลกระทบจาก ข้อบกพร่อง	ความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อผู้ใช้ผลิตภัณฑ์	ความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อกระบวนการภายใน	คะแนน
เกิดอันตรายโดยไม่มีการเตือน	มีผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้หรือขัดต่อกฎหมาย โดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า	มีผลกระทบต่อการเกิดอันตรายต่อพนักงาน (หรือเครื่องจักร) โดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า	10
เกิดอันตรายโดยมีการเตือน	มีผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้หรือขัดต่อกฎหมาย โดยมีการเตือนล่วงหน้า	มีผลกระทบต่อการเกิดอันตรายต่อพนักงาน (หรือเครื่องจักร) โดยมีการเตือนล่วงหน้า	9
ผลกระทบสูงมาก	ผลิตภัณฑ์ไม่สามารถใช้งานได้ (เนื่องจากสูญเสียหน้าที่หลัก)	ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (100%) ต้องถูกทำลายหรือส่งเข้าซ่อมแซมที่แผนกซ่อมบำรุงโดยใช้เวลามากกว่า 1 ชั่วโมง	8
ผลกระทบสูง	ผลิตภัณฑ์นำไปใช้งานได้แต่ระดับสมรรถนะลดลงจนทำให้ลูกค้าไม่พอใจมาก	อาจมีการตรวจสอบผลิตภัณฑ์แบบคัดเลือก (Sorting) และผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว่า 100%) อาจถูกทำลายหรือส่งเข้าซ่อมแซมที่แผนกซ่อมบำรุงระหว่างครั้งถึง 1 ชั่วโมง	7
ผลกระทบปานกลาง	ผลิตภัณฑ์นำไปใช้งานได้แต่ขาดความสะดวกสบายและทำให้ลูกค้าไม่พอใจ	ผลิตภัณฑ์แบบคัดเลือก (Sorting) และผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว่า 100%) อาจถูกทำลายและไม่ต้องตรวจสอบแบบคัดเลือก (Sorting) หรือส่งเข้าซ่อมแซมที่แผนกซ่อมบำรุงใช้เวลาไม่เกินครึ่งชั่วโมง	6

ตารางที่ 24 เกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบ (S) (ต่อ)

ผลกระทบจาก ข้อบกพร่อง	ความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อผู้ใช้ผลิตภัณฑ์	ความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อกระบวนการภายใน	คะแนน
ผลกระทบต่ำ	ผลิตภัณฑ์นำไปใช้งานได้ด้วยความสะดวกสบายแต่ระดับ สมรรถนะลดลง	ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (100%) อาจต้องได้รับการทำกระบวนการซ้ำ หรือ ได้รับการซ่อมแซมนอกสายการผลิตที่ฝ่ายผลิต	5
ผลกระทบต่ำมาก	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ดีนักอาจมีเสียงดังบ้าง ลูกค้าส่วนใหญ่ (มากกว่า 75%) สามารถสังเกตเห็น ข้อบกพร่องได้	ผลิตภัณฑ์อาจได้รับการตรวจสอบแบบคัดเลือก (Sorting) โดยไม่มี ผลิตภัณฑ์ที่ต้องถูกทำลาย แต่บางส่วน (ต่ำกว่า 100%) อาจได้รับการ ทำกระบวนการซ้ำ	4
ผลกระทบเล็กน้อย	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ดีนักอาจมีเสียงดังบ้าง ลูกค้าประมาณครึ่งหนึ่ง สามารถสังเกตเห็นข้อบกพร่องได้	ผลิตภัณฑ์บางส่วน (ต่ำกว่า 100%) อาจได้รับการทำกระบวนการซ้ำใน สายการผลิต แต่นอกจุดปฏิบัติงาน โดยไม่มีผลิตภัณฑ์ที่ต้องถูกทำลาย	3
เกือบไม่มีผลกระทบ	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ดีนักอาจมีเสียงดังบ้าง ลูกค้าส่วนใหญ่ (ต่ำกว่า 25%) สามารถสังเกตเห็น ข้อบกพร่องได้	ผลิตภัณฑ์บางส่วน (ต่ำกว่า 100%) อาจได้รับการทำกระบวนการซ้ำใน สายการผลิตที่จุดปฏิบัติงาน โดยไม่มีผลิตภัณฑ์ที่ต้องถูกทำลาย	2
ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบที่สังเกตเห็นได้	อาจมีความไม่สะดวกสบายเล็กน้อยต่อการปฏิบัติงาน หรือตัวพนักงาน หรือไม่มีผลกระทบใดๆ	1

ที่มา : กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2551). FMEA การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ. หน้า 120.

ตารางที่ 25 เกณฑ์การประเมินผลโอกาสการเกิดขึ้นของข้อบกพร่อง (O)

โอกาสในการเกิดขึ้นของสาเหตุหนึ่ง ๆ	อัตราข้อบกพร่องที่เป็นไปได้ (PPM)	Ppk	คะแนน
สูงมาก : เกิดข้อบกพร่องเป็นประจำ	≥ 100000 (หรือ 10%)	< 0.55	10
	50000 (หรือ 5%)	≥ 0.55	9
สูง : เกิดข้อบกพร่องบ่อย	20000 (หรือ 2%)	≥ 0.78	8
	10000 (หรือ 1%)	≥ 0.86	7
ปานกลาง : เกิดข้อบกพร่องเป็นครั้งคราว	5000 (หรือ 0.5%)	≥ 0.94	6
	2000 (หรือ 0.2%)	≥ 1.00	5
	1000 (หรือ 0.1%)	≥ 1.10	4
ต่ำ : เกิดข้อบกพร่องค่อนข้างน้อย	500	≥ 1.20	3
	100	≥ 1.30	2
ห่างไกล : เกือบไม่มีโอกาสเกิดข้อบกพร่องเลย	≤ 10	≥ 1.67	1

หมายเหตุ : PPM หมายถึง 1 ต่อ ล้านส่วน

: Ppk หมายถึง ดัชนีความสามารถเชิงสมรรถนะ

ที่มา : กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2551). FMEA การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ. หน้า 122.

ตารางที่ 26 เกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับของข้อบกพร่อง (D)

การตรวจสอบ	กฎเกณฑ์	ประเภทของการตรวจสอบ			ขอบเขตวิธีการตรวจจับ	คะแนน
		A	B	C		
เกือบเป็นไปไม่ได้	ไม่มีระบบการตรวจจับใดๆ			×	ไม่สามารถตรวจจับหรือตรวจสอบได้	10
ห่างไกลมาก	มีระบบควบคุมแต่ไม่สามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้			×	การควบคุมกระทำได้โดยทางอ้อมหรือเป็นเพียงการสุ่มตรวจเท่านั้น	9
ห่างไกล	มีระบบควบคุมแต่มีโอกาสน้อยมากที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้			×	การควบคุมกระทำได้โดยตรวจสอบด้วยตาเปล่า (Visual Inspection) เท่านั้น	8
ต่ำมาก	มีระบบควบคุมแต่มีโอกาสน้อยมากที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้			×	การควบคุมกระทำได้โดยตรวจสอบด้วยตาเปล่า 2 ครั้ง (Double Visual Inspection) เท่านั้น	7
ต่ำ	มีระบบควบคุมและอาจจะตรวจจับข้อบกพร่องได้		×	×	การควบคุมกระทำได้ด้วยแผนภูมิการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (SPC)	6

ตารางที่ 26 เกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับของข้อบกพร่อง (D) (ต่อ)

การตรวจสอบ	กฎเกณฑ์	ประเภทของการตรวจสอบ			ขอบเขตวิธีการตรวจจับ	คะแนน
		A	B	C		
ปานกลาง	มีการควบคุมและอาจจะตรวจจับข้อบกพร่องได้		×		มีการควบคุมโดยใช้เครื่องมือวัด วัดชิ้นงานก่อนออกจากจุดปฏิบัติงานหรือใช้เกจแบบ Go/ No Go กับงานทั้งหมดก่อนออกจากจุดปฏิบัติงาน	5
ค่อนข้างสูง	มีระบบควบคุมและมีโอกาสสูงที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้	×	×		มีการตรวจจับความผิดพลาดในกระบวนการถัดไปหรือมีการใช้เครื่องมือวัด วัดชิ้นงานชิ้นแรกในขั้นตอนการปรับตั้ง (Setup)	4
สูง	มีระบบควบคุมและมีโอกาสสูงที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้	×	×		มีการตรวจจับความผิดพลาดที่จุดปฏิบัติงานหรือมีการตรวจจับความผิดพลาดในกระบวนการถัดไปโดยการตรวจสอบเพื่อยอมรับ	3

ตารางที่ 26 ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับของข้อบกพร่อง (D) (ต่อ)

การตรวจสอบ	กฎเกณฑ์	ประเภทของการตรวจสอบ			ขอบเขตวิธีการตรวจจับ	คะแนน
		A	B	C		
สูงมาก	มีระบบควบคุมและเกือบจะมั่นใจได้ว่าสามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้	×	×		มีการตรวจจับความผิดพลาดที่จุดปฏิบัติงานด้วยเครื่องอัตโนมัติ ทำให้ชิ้นงานบกพร่องไม่สามารถหลุดไปได้	2
สูงมาก	มีระบบควบคุมและมั่นใจได้ว่าสามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้	×			ไม่มีโอกาสเกิดผลิตภัณฑ์บกพร่องเพราะใช้ระบบป้องกันความผิดพลาด (Poka-Yoke) ในขั้นตอนการออกแบบ/กระบวนการ	1

หมายเหตุ : A = การป้องกันความผิดพลาด

B = การใช้อุปกรณ์วัด (Gauging)

C = ตรวจสอบโดยอาศัยบุคคล (Manual Inspection)

ที่มา : กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2551). **FMEA การวิเคราะห์การขัดข้องและผลกระทบ**. หน้า 125.

ภาคผนวก ค.

รายละเอียดความล้มเหลวของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

TNI

ตารางที่ 27 ประวัติความล้มเหลวของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หมายเลข 1

Date	Time	Description of failure	Root Cause	Corective Action	Preventive Action	Restoration Date	Restoration Time	Total Resolution Time (Min)	MTBF (Hour)	MTTR (Minute)	Cost (THB)
05-Feb-11	8:45	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่สามารถสตาร์ทเครื่องยนต์ในโหมดสตาร์ทด้วยมือ (Manual) ได้	แบตเตอรี่เสื่อมสภาพ	เปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่	ตรวจสอบแบตเตอรี่อย่างสม่ำเสมอรวมถึงตรวจสอบระดับน้ำกลั่น หากพบระดับต่ำให้เติมน้ำจนถึงระดับที่กำหนด	08-Feb-11	13:00	4,575	24,264	4,575	27,100
08-Aug-11	23:35	แผงควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแสดงเตือน (Alarm)	ฟิวส์วงจรควบคุมเกิดการขาด	เปลี่ยนฟิวส์ควบคุมใหม่	ทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทุกสัปดาห์เพื่อตรวจสอบว่าทำงานได้ตามปกติ	08-Aug-11	0:20	45	4,440	45	-
16-Mar-12	14:23	มีน้ำรั่วซึมจากหม้อน้ำ	ฝาปิดหม้อน้ำชำรุด	เปลี่ยนฝาปิดหม้อน้ำใหม่	ตรวจสอบการรั่วซึมของหม้อน้ำทั้งก่อนและหลังทดสอบทุกๆ สัปดาห์	20-Mar-12	11:17	7,014	5,304	7,014	3,500

ตารางที่ 27 ประวัติความล้มเหลวของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หมายเลข 1 (ต่อ)

Date	Time	Description of failure	Root Cause	Corective Action	Preventive Action	Restoration Date	Restoration Time	Total Resolution Time (Min)	MTBF (Hour)	MTTR (Minute)	Cost (THB)
07-Jul-12	19:45	พบคราบ น้ำมันเครื่อง บริเวณตัวเครื่อง กำเนิดไฟฟ้า	น็อตยึดสาย น้ำมันเกิดการ หลุดหลวม	กดขันน็อต ให้แน่น	ตรวจสอบการ รั่วซึมของ น้ำมันเครื่องก่อน และหลังทดสอบ ทุกๆ สัปดาห์	07-Jul-12	20:05	20	107	20	-
10-Apr-13	22:25	สายไฟฟ้าชุด ชาร์จ แรงดันไฟฟ้า ของแบตเตอรี่ เกิดการไหม้ ละลาย	สายนิวตรอน ของเมน ไฟฟ้าเกิดการ หลวมจึงส่งผล ให้เกิด แรงดันไฟฟ้า ไหลย้อนเข้า ระบบ	เปลี่ยน สายไฟฟ้า สำหรับชุด ชาร์จ แบตเตอรี่ ใหม่	เปลี่ยนเมนไฟฟ้า ที่จ่ายให้ชุดชาร์จ แบตเตอรี่ใหม่ เนื่องจากของเดิม ไปต่อพ่วงกับ โหลดอื่นๆ	11-Apr-13	2:45	1,438	6,672	1,438	44,700
									7,014	2,720	156,060

ตารางที่ 28 ประวัติความล้มเหลวของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หมายเลข 2

Date	Time	Description of failure	Root Cause	Corective Action	Preventive Action	Restoration Date	Restoration Time	Total Resolution (Min)	MTBF (Hour)	MTTR (Min)	Cost (THB)
13-Aug-11	9:15	แผงควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแสดงเตือน (Alarm) หลังทดสอบประจำสัปดาห์	ฟิวส์วงจรควบคุมเกิดการขาด	เปลี่ยนฟิวส์ควบคุมใหม่	ทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทุกสัปดาห์เพื่อตรวจสอบว่าทำงานได้ตามปกติ	13-Aug-11	9:30	15	19,320	15	0
14-Jun-12	9:15	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่สามารถสตาร์ทเครื่องยนต์ในโหมดสตาร์ทด้วยมือ (Manual) ได้	แบตเตอรี่เสื่อมสภาพ	เปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่	ตรวจสอบแบตเตอรี่อย่างสม่ำเสมอ รวมถึงตรวจสอบระดับน้ำกลั่น หากพบระดับต่ำให้เติมนจนถึงระดับที่กำหนด	17-Jun-12	16:20	4,754	7,296	4,754	27,100
15-Feb-13	13:45	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นสูงใกล้เคียงค่าที่ตั้งไว้โดยอยู่ที่ 102°C (Set = 105°C)	ปล่องลมด้านอัดมีพื้นที่น้อยเกินไป	ถอด Discharge Louver ออก เพื่อเพิ่มการระบายลมร้อนออกจากตัวเครื่อง	หลังติดตั้งควรทดสอบการทำงานแบบ Full Load เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง และควรทดสอบแบบ Full Load เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง ทุกปี	27-Feb-13	20:35	19,130	5,832	19,130	0
									5,408	7,966	27,100.00

ภาคผนวก ง.

การคำนวณค่าความน่าเชื่อถือ
การคำนวณค่าความพร้อมของเครื่องจักร
การคำนวณอัตราการเสียของเครื่องจักร

TNI

การคำนวณค่าความน่าเชื่อถือ

สมการคำนวณหาระดับความน่าเชื่อถือ

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

โดยที่ $R(t)$ = ความน่าเชื่อถือของระบบ

$R(t)$ = ความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ในช่วงเวลา 0 ถึง t

e = ค่าลอการิทึมธรรมชาติ มีค่าประมาณ 2.71828

λ = อัตราความล้มเหลว (Failure Rate)

สมการคำนวณหาอัตราความล้มเหลว

$$\text{อัตราความล้มเหลว} = \frac{\text{จำนวนชั่วโมงความล้มเหลว} \times 100\%}{\text{จำนวนชั่วโมงการทำงานจริง}}$$

การบำรุงรักษาแบบเดิม

1. การคำนวณหาระดับความน่าเชื่อถือของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หมายเลข 1

จากประวัติความล้มเหลวของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตั้งแต่ติดตั้งเมื่อวันที่ 1 กรกฎาคม 2555 ถึง 31 มกราคม 2557 พบว่า เกิดความล้มเหลวเป็นจำนวน 1 ครั้ง และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใช้งานมาเป็นจำนวน 5,159.40 ชั่วโมง และมีเวลาหยุดทำงานเป็นจำนวน 0.33 ชั่วโมง (20 นาที) ดังนั้นสามารถคำนวณหา

$$\begin{aligned} \text{อัตราความล้มเหลว} &= \frac{0.33}{5,159.40} \times 100 \\ &= 6.396 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

ความน่าเชื่อถือ

$$= e^{-\lambda t}$$

$$\lambda = 6.396 \times 10^{-5}$$

t = ความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ใน

ช่วงเวลา 0 ถึง t จึงกำหนดให้มีค่า = 1 หรือ 100%

ดังนั้น

$$\begin{aligned}\text{ความน่าเชื่อถือ} &= e^{-(6.396 \times 10^{-5})} \\ &= 99.99\%\end{aligned}$$

2. การคำนวณหาค่าระดับความน่าเชื่อถือของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หมายเลข 2

จากประวัติความล้มเหลวของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตั้งแต่ติดตั้งเมื่อวันที่ 1 กรกฎาคม 2555 ถึง 31 มกราคม 2557 ไม่พบว่าเกิดความล้มเหลว และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใช้งานมาเป็นจำนวน 5,160 ชั่วโมง และไม่มีเวลาหยุดทำงาน ดังนั้นสามารถคำนวณหา

$$\text{อัตราความล้มเหลว} = \frac{0}{5,160} \times 100$$

$$= 0\%$$

$$\text{ความน่าเชื่อถือ} = e^{-\lambda t}$$

$$\lambda = 0$$

t = ความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ใน

ช่วงเวลา 0 ถึง t จึงกำหนดให้มีค่า = 1 หรือ 100%

ดังนั้น

$$\begin{aligned}\text{ความน่าเชื่อถือ} &= e^{-(0)} \\ &= 100\%\end{aligned}$$

หลังนำ RCM, FMEA ประยุกต์ใช้

1. การคำนวณหาค่าระดับความน่าเชื่อถือของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หมายเลข 1

หลังจากนำ RCM, FMEA ประยุกต์ใช้งานตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม 2556 จนถึง 31 มกราคม 2557 หรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใช้งานมาเป็นจำนวน 5,160 ชั่วโมง และยังไม่พบข้อบกพร่องแต่อย่างใด ดังนั้นสามารถคำนวณหา

$$\text{อัตราความล้มเหลว} = \frac{0}{5,160} \times 100$$

$$= 0$$

$$\begin{aligned} \text{ความน่าเชื่อถือ} &= e^{-\lambda t} \\ \lambda &= 0 \\ t &= \text{ความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ใน} \end{aligned}$$

ช่วงเวลา 0 ถึง t จึงกำหนดให้มีค่า = 1 หรือ 100%

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น} \\ \text{ความน่าเชื่อถือ} &= e^{-(0 \times 1)} \\ &= 100\% \end{aligned}$$

2. การคำนวณหาค่าระดับความน่าเชื่อถือของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หมายเลข 2
หลังจากนำ RCM, FMEA ประยุกต์ใช้งานตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม 2556 จนถึง 31
มกราคม 2557 หรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใช้งานมาเป็นจำนวน 5,160 ชั่วโมง และยังไม่พบ
ข้อบกพร่องแต่อย่างใด ดังนั้นสามารถคำนวณหา

$$\begin{aligned} \text{อัตราความล้มเหลว} &= \frac{0}{5,160} \times 100 \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ความน่าเชื่อถือ} &= e^{-\lambda t} \\ \lambda &= 0 \\ t &= \text{ความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ใน} \end{aligned}$$

ช่วงเวลา 0 ถึง t จึงกำหนดให้มีค่า = 1 หรือ 100%

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น} \\ \text{ความน่าเชื่อถือ} &= e^{-(0 \times 1)} \\ &= 100\% \end{aligned}$$

การคำนวณค่าความพร้อมของเครื่องจักร (Availability)

สมการคำนวณหาความพร้อมของเครื่องจักร

$$\text{ความพร้อมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า} = \frac{\text{จำนวนชั่วโมงใช้งาน} - \text{จำนวนชั่วโมงที่ล้มเหลว}}{\text{จำนวนชั่วโมงใช้งาน}}$$

การบำรุงรักษาแบบเดิม

1. การคำนวณหาความพร้อมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หมายเลข 1

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมายเลข 1 ติดตั้งเมื่อวันที่ 1 พฤษภาคม 2551 และพิจารณาตั้งแต่ 1 กรกฎาคม 2555 ถึง 1 มกราคม 2556 พบว่า เกิดความล้มเหลวเป็นจำนวน 1 ครั้ง และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใช้งานมาเป็นจำนวน 5,160 ชั่วโมง และมีเวลาหยุดทำงานเป็นจำนวน 0.33 ชั่วโมง (20 นาที) ดังนั้นสามารถคำนวณหา

$$\begin{aligned} \text{ความพร้อมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า} &= \frac{5,160 - 0.33}{5,160} \times 100 \\ &= 99.98\% \end{aligned}$$

2. การคำนวณหาความพร้อมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หมายเลข 2

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมายเลข 2 ติดตั้งเมื่อวันที่ 1 มิถุนายน 2552 และพิจารณาตั้งแต่ 1 กรกฎาคม 2555 ถึง 1 มกราคม 2556 ไม่พบว่าการเกิดความล้มเหลว และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใช้งานมาเป็นจำนวน 5,160 ชั่วโมง และไม่มีเวลาหยุดทำงาน ดังนั้นสามารถคำนวณหา

$$\begin{aligned} \text{ความพร้อมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า} &= \frac{5,160 - 0}{5,160} \times 100 \\ &= 100\% \end{aligned}$$

หลังนำ RCM, FMEA ประยุกต์ใช้

1. การคำนวณหาความพร้อมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หมายเลข 1

หลังจากนำ RCM, FMEA ประยุกต์ใช้งานตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม 2556 จนถึง 31 มกราคม 2557 หรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใช้งานมาเป็นจำนวน 5,160 ชั่วโมง และยังไม่พบข้อบกพร่องแต่อย่างใด ดังนั้นสามารถคำนวณหา

$$\begin{aligned}\text{ความพร้อมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า} &= \frac{5,160 - 0}{5,160} \times 100 \\ &= 100\%\end{aligned}$$

2. การคำนวณหาค่าความพร้อมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หมายเลข 2

หลังจากนำ RCM, FMEA ประยุกต์ใช้งานตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม 2556 จนถึง 31 มกราคม 2557 หรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใช้งานมาเป็นจำนวน 5,160 ชั่วโมง และยังไม่พบข้อบกพร่องแต่อย่างใด ดังนั้นสามารถคำนวณหา

$$\begin{aligned}\text{ความพร้อมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า} &= \frac{5,160 - 0}{5,160} \times 100 \\ &= 100\%\end{aligned}$$

การคำนวณอัตราความล้มเหลวของเครื่องจักร

สมการคำนวณหาจำนวนความล้มเหลวระหว่างช่วงเวลาทำงาน, FR (N)

$$\text{จำนวนความล้มเหลวระหว่างช่วงเวลาทำงาน} = \frac{\text{จำนวนความล้มเหลว}}{\text{จำนวนชั่วโมงการทำงานจริง}}$$

$$\text{จำนวนชั่วโมงการทำงานจริง} = \text{เวลาเครื่องจักรทำงานทั้งหมด} - \text{เวลาที่เครื่องจักรหยุดทำงาน}$$

การบำรุงรักษาแบบเดิม

1. การคำนวณหาค่าจำนวนความล้มเหลวต่อชั่วโมงการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หมายเลข 1

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมายเลข 1 ติดตั้งเมื่อวันที่ 1 พฤษภาคม 2551 และพิจารณาตั้งแต่ 1 กรกฎาคม 2555 ถึง 1 มกราคม 2556 พบว่า เกิดความล้มเหลวเป็นจำนวน 1 ครั้ง และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใช้งานมาเป็นจำนวน 5,160 ชั่วโมง และมีเวลาหยุดทำงานเป็นจำนวน 0.33 ชั่วโมง (20 นาที) ดังนั้นสามารถคำนวณหา

$$\begin{aligned}\text{จำนวนความล้มเหลวระหว่างช่วงเวลาทำงาน} &= \frac{1}{5,160 - 0.33} \\ &= 1.9382 \times 10^{-4} \text{ ครั้งต่อชั่วโมงการทำงาน}\end{aligned}$$

2. การคำนวณหาค่าจำนวนความล้มเหลวต่อชั่วโมงการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หมายเลข 2

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมายเลข 2 ติดตั้งเมื่อวันที่ 1 มิถุนายน 2552 และพิจารณาตั้งแต่ 1 กรกฎาคม 2555 ถึง 1 มกราคม 2556 ไม่พบว่าเกิดความล้มเหลว และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใช้งานมาเป็นจำนวน 5,160 ชั่วโมง และไม่มีเวลาหยุดทำงาน ดังนั้นสามารถคำนวณหา

$$\begin{aligned}\text{จำนวนความล้มเหลวระหว่างช่วงเวลาทำงาน} &= \frac{0}{5,160 - 0} \\ &= 0 \text{ ครั้งต่อชั่วโมงการทำงาน}\end{aligned}$$

หลังนำ RCM, FMEA ประยุกต์ใช้

1. การคำนวณหาค่าจำนวนความล้มเหลวต่อชั่วโมงการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หมายเลข 1

หลังจากนำ RCM, FMEA ประยุกต์ใช้งานตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม 2556 จนถึง 31 มกราคม 2557 หรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใช้งานมาเป็นจำนวน 5,160 ชั่วโมง และยังไม่พบข้อบกพร่องแต่อย่างใด ดังนั้นสามารถคำนวณหา

$$\begin{aligned}\text{จำนวนความล้มเหลวระหว่างช่วงเวลาทำงาน} &= \frac{0}{5,160 - 0} \\ &= 0 \text{ ครั้งต่อชั่วโมงการทำงาน}\end{aligned}$$

2. การคำนวณหาค่าจำนวนความล้มเหลวต่อชั่วโมงการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หมายเลข 2

หลังจากนำ RCM, FMEA ประยุกต์ใช้งานตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม 2556 จนถึง 31 มกราคม 2557 หรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใช้งานมาเป็นจำนวน 5,160 ชั่วโมง และยังไม่พบข้อบกพร่องแต่อย่างใด ดังนั้นสามารถคำนวณหา

$$\begin{aligned}\text{จำนวนความล้มเหลวระหว่างช่วงเวลาทำงาน} &= \frac{0}{5,160 - 0} \\ &= 0 \text{ ครั้งต่อชั่วโมงการทำงาน}\end{aligned}$$