พัฒนาแบบจำลองการบำรุงรักษาสำหรับอุปกรณ์ของร้านสะดวกซื้อ

นางสาวปรัชภรณ์ เจนสาริกา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University
บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MAINTENANCE MODEL DEVELOPMENT FOR EQUIPMENT IN CONVENIENCE STORE

Miss Pratchaporn Jensariga

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Energy Technology and Management

(Interdisciplinary Program)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	พัฒนาแบบจำลองการบำรุงรักษาสำหรับอุปกรณ์ของร้านสะดวกซื้อ
โดย	นางสาวปรัชภรณ์ เจนสาริกา
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุเนตร ชุตินธรานนท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยงเจริญ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร. ฐิติศักดิ์ บุญปราโมทย์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร. อุริช อัชชโคสิต)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ปรัชภรณ์ เจนสาริกา : พัฒนาแบบจำลองการบำรุงรักษาสำหรับอุปกรณ์ของร้านสะดวกซื้ อ (MAINTENANCE MODEL DEVELOPMENT FOR EQUIPMENT IN CONVENIENCE STORE) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน, 115 หน้า.

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ จัดทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับห้องเย็น (Vault Room) และ เครื่องปรับอากาศ (Air conditioner) ของร้านสะดวกซื้อ ด้วยการหาต้นทุนตลอดอายุการใช้งาน(Life Cycle Cost) ของอุปกรณ์สำหรับร้านสะดวกซื้อ พร้อมทำการประเมินมูลค่าอุปกรณ์ ด้วยวิธี Cost Approach โดยการนำค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องทั้งหมดตลอดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ห้องเย็น และเครื่องปรับอากาศในร้านสะดวกซื้อ มาใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งจากข้อมูลพื้นฐาน พบว่า อุปกรณ์ห้องเย็น มีปริมาณการใช้งานไฟฟ้าวันละ 18 ชั่วโมง หรือปีละ 6,570 ชั่วโมง และเครื่องปรับอากาศ มีปริมาณการใช้งานไฟฟ้า วันละ 14.4 ชั่วโมง หรือปีละ 5,256 ชั่วโมง โดยพบว่า การบำรุงรักษาตามแผนเดิมของอุปกรณ์ในร้านสะดวกซื้อ ทำให้เกิดต้นทุนและค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับการซ่อมบำรุงที่นอกเหนือจากแผนการบำรุงรักษา จึงทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดปัญหา โดยใช้ข้อมูลที่มีการบันทึกการแจ้งให้ฝ่ายบำรุงรักษาเข้าไปทำการซ่อมอุปกรณ์ ณ ร้านสาขาแบบฉุกเฉิน เพื่อจัดทำแผนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ทีทำให้ค่าบำรุงรักษาลดลงรวมทั้งยังเป็นการเพิ่มอายุการใช้งาน

ผลการวิจัยพบว่า อุปกรณ์ห้องเย็น และ เครื่องปรับอากาศ มีอายุการใช้งานเชิงเศรษฐกิจ 5 ปี โดย Vault Room มีมูลค่าเท่ากับ 107,422.10 บาทต่อชุด และ Air condition มีมูลค่าเท่ากับ 10,610.34 บาทต่อชุด(4เครื่อง) คิดเฉลี่ยเป็น 2,652.59 บาทต่อเครื่อง และจากการวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดปัญหา พบว่า สาเหตุการเกิดปัญหา คือ การบำรุงรักษาไม่ถูกวิธีและไม่ทั่วถึง จึงทำให้อุปกรณ์ มีอะไหล่ที่เสื่อมสภาพ จึงทำให้เกิดการทำงานที่ไม่มีเสถียรภาพและสิ้นเปลืองพลังงาน รวมทั้งเกิดต้นทุนและค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้จัดทำแผนการบำรุงรักษาอุปกรณ์เชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ทั้งแบบรายเดือน และ รายปี มาตรฐานการบำรุงรักษาและ ใบรายการตรวจสอบอุปกรณ์ เพื่อการบำรุงรักษาที่ถูกต้อง และลดค่าใช้จ่ายจากการซ่อมบำรุงอะไหล่ก่อนกำหนด รวมทั้งยังเป็นการเพิ่มอายุการใช้งานของห้องเย็น และเครื่องปรับอากาศ

สาขาวิชา เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2557 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

5687553020 : MAJOR ENERGY TECHNOLOGY AND MANAGEMENT
KEYWORDS: LIFE CYCLE / LIFE CYCLE COST / LCC / COST APPROACH

PRATCHAPORN JENSARIGA: MAINTENANCE MODEL DEVELOPMENT FOR EQUIPMENT IN CONVENIENCE STORE. ADVISOR: ASSOC. PROF. SUTHAS RATANAKUAKANGWAN, 115 pp.

This research aims to develop a preventive maintenance plan for vault room and air conditioner in convenience store. Life Cycle Cost (LCC) for the equipments were evaluated with cost approach. Then costs and expenses during 5 years life cycle were used for data analysis. Basic data of the equipment utilization shows that consumed electricity 18 hours per day or 6,570 hours per year, and air conditioner consumed electricity 14.4 hours per day or 5,256 hours per year. The present maintenance plan shows high cost and expenses of emergency call for equipment maintenance. Therefore a preventive maintenance plan was developed in this study by using record of call center.

The study found that life cycle of vault room and air conditioner was 5 years. Cost approach value of the vault room is 107,422.10 baht per store and 10,610.34 baht per store (4Units), the average is 2,652.59 baht per unit for air conditioner. Upon analysis of the breakdown causes it's was found that equipment deterioration was lack of monitoring and implementation of good method. A work Instruction, check sheet for preventive maintenance of equipment in convenience store were prepared for developing a Preventive maintenance plan, Both monthly and yearly in order to decrease of maintenance cost and expenses.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study:	Energy Technology and Management	Student's Signature	.....
		Advisor's Signature	.....
Academic Year:	2014		

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความอนุเคราะห์ช่วยเหลือเป็นอย่างดีของ รศ.สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งเป็นผู้ให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางการทำการวิจัยและข้อคิดเห็นในการแก้ปัญหาต่างๆ ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ คณะอาจารย์และเจ้าหน้าที่ของสถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ประสิทธิประสาทองค์ความรู้ด้านเทคโนโลยีพลังงานและการจัดการให้แก่ผู้ศึกษา ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างสูงสุดต่อการจัดทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาอุตสาหการ ที่ให้ความช่วยเหลือเอื้อเฟื้อข้อมูลและสถานที่ในการทำวิจัย ที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

กราบขอบพระคุณ คุณปัญญา(บิดา) คุณรัตนาภรณ์(มารดา) และคุณสิริยาภรณ์(พี่สาว) เจนสาริกา ที่ให้การสนับสนุน ให้กำลังใจแก่ผู้ศึกษาด้วยดีมาตลอด รวมทั้งคอยให้คำชี้แนะในการแก้ไขปัญหาและอุปสรรคจนทำให้สามารถข้ามผ่านปัญหาเหล่านั้นจนสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้

ท้ายสุดผู้ศึกษาขอขอบคุณพี่ น้องและเพื่อนๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามในที่นี้ ซึ่งมีส่วนร่วมในการช่วยเหลือ สนับสนุน และส่งเสริมในการศึกษาจนประสบความสำเร็จในการศึกษาครั้งนี้จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยแห่งนี้ด้วยดีมาตลอด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูป 11

บทที่ 1 บทนำ 13

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 13

1.2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา 14

1.3. ขอบเขตการศึกษา 14

1.4 ระเบียบวิธีการศึกษา 15

1.5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 15

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 16

2.1 Vault Room (ห้องเย็น) 16

2.2 Air Conditioner (เครื่องปรับอากาศ) 19

2.3 ทฤษฎีการบำรุงรักษาอุปกรณ์ 21

2.4 ทฤษฎีการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์และการลงทุน (Economic Analysis) ต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Cost) [5] 53

2.5 ทฤษฎีการประเมินมูลค่าเครื่องจักรและอุปกรณ์ด้วยวิธีต้นทุน (Cost Approach)[8] 57

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 60

บทที่ 3 วิธีการศึกษา 67

1. ศึกษาหลักการทำงานของ Air Conditioner และ Vault Room 68

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

2 วิเคราะห์หาอายุการใช้งานที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ด้วยการคำนวณ Life Cycle Costing 70

3 จัดทำแผนการบำรุงรักษา Vault Room และ Air Conditioner เพื่อยืดอายุของเครื่องจักรและอุปกรณ์ อย่างมีประสิทธิภาพ 70

4 จัดทำการประเมินมูลค่าอุปกรณ์ ด้วยวิธีต้นทุน (Cost Approach) 70

บทที่ 4 ผลการวิจัย 72

4.1 ผลการวิจัยการจัดทำแผนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ Vault Room และ เครื่องปรับอากาศ เพื่อการใช้งานให้มีประสิทธิภาพ 72

4.2 ผลการวิจัยการประเมินมูลค่าอุปกรณ์ของร้านสะดวกซื้อ 96

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 99

5.1 สรุปผลการศึกษา 99

5.2 ข้อเสนอแนะ 100

รายการอ้างอิง 101

ภาคผนวก 102

ภาคผนวก ก. แบบฟอร์มตาราง Check Sheet การเข้าบำรุงรักษา อุปกรณ์ Vault room และ Air Conditioner แบบรายเดือน และรายปี 103

ภาคผนวก ข. ตารางรายละเอียดค่า Operate & Maintenance 112

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 115

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1 ปริมาณและมูลค่าของอุปกรณ์ที่ยกเลิกกาใช้งาน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550-2556 15

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานเครื่องปรับอากาศ และ ค่า EER 21

ตารางที่ 2.2 การเลือกเครื่องจักร ชิ้นส่วนหรือทั้งเครื่องจักรและชิ้นส่วนในการทำการบำรุงรักษาตามแผน[4] 28

ตารางที่ 2.3 การรวบรวมความต้องการการบำรุงรักษาในรูปของรายการตรวจสอบ (Check List)[4] 47

ตารางที่ 2.4 การรวบรวมความต้องการการบำรุงรักษาในรูปของรายการตรวจสอบ (Check List) **(ต่อ)[4]** 48

ตารางที่ 2.5 การรวบรวมความต้องการการบำรุงรักษาในรูปของรายการตรวจสอบ (Check List) **(ต่อ)[4]** 49

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดค่าใช้จ่ายต่างๆ พิจารณาจาก (A/P, i%, n) เมื่อ i = 20% , n = 12 73

ตารางที่ 4.2 ระดับความรุนแรงของปัญหาที่เกิดกับ Air Conditioner ที่มีผลต่อสินค้าและบริการ 75

ตารางที่ 4.3 ระดับความรุนแรงของปัญหาที่เกิดกับ Vault Room ที่มีผลต่อสินค้าและบริการ 76

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ปัญหา ชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องและการแก้ไข ของ Air Conditioner 76

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์ปัญหา ชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องและการแก้ไข ของ Vault Room 77

ตารางที่ 4.6 อายุการใช้งานของอะไหล่ส่วนต่างๆของอุปกรณ์ Air Conditioner และ Vault Room 78

ตารางที่ 4.7แผนการบำรุงรักษาสำหรับอุปกรณ์ Air Conditioner(เครื่องปรับอากาศ)..... 85

ตารางที่ 4.8 แผนการบำรุงรักษาสำหรับอุปกรณ์ Vault Room 86

ตารางที่ 4.9 Check Sheet ในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ Air Conditioner และ Vault Room ในแต่ละเดือน 87

Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.10 Check Sheet ในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ Air Conditioner และ Vault Room ในรอบรายปีและ Overhaul..... 90

ตารางที่ 4.11 ราคา สำหรับ อุปกรณ์ Vault Room และ Air Conditioner ใหม่ ที่เทียบเท่าของร้านสะดวกซื้อ 96

ตารางที่ 4.12 รายละเอียดค่าใช้จ่ายต่างๆที่ใช้ในการคำนวณหาค่า O&Mใหม่..... 97

ตารางที่ 4.13 รายละเอียดค่าใช้จ่ายต่างๆที่ใช้ในการคำนวณหาค่า O&M เก่า..... 97

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ราคาของ Air Conditioner สำหรับร้านสะดวกซื้อ 98

ตารางที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์ราคาของ Vault Room สำหรับร้านสะดวกซื้อ 98

ตารางที่ 5.1 Check Sheet ในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ Air Conditioner และ Vault Room ในแต่ละเดือน..... 104

ตารางที่ 5.2 Check Sheet ในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ Air Conditioner และ Vault Room ในรอบรายปีและ Ovehaul..... 107

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูป

รูปที่ 1.1 ปริมาณร้าน Renovate และจำนวนอุปกรณ์ที่ยกเลิกการใช้งาน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550-2556 14
รูปที่ 2.1 ตัวอย่างอุปกรณ์ Vault Room ในร้านสะดวกซื้อ 17
รูปที่ 2.2 แบบจำลองของ Refrigeration System (ระบบทำความเย็น) 18
รูปที่ 2.3 ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) 20
รูปที่ 2.4 ตัวอย่างอุปกรณ์ Air Conditioner ในร้านสะดวกซื้อ 21
รูปที่ 2.5 แนวคิดระบบการบำรุงรักษาตามแผน[4] 23
รูปที่ 2.6 วิธีการคำนวณ MTBF และ MTTR[4] 24
รูปที่ 2.7 วิธีการคำนวณ MTBM และ M[4] 24
รูปที่ 2.8 โรงงานที่มีเครื่องจักรหลายชนิดและหลายเครื่อง (20 เครื่อง จาก 4 ชนิด)[4] 25
รูปที่ 2.9 การใช้ผังพาเรโตในการเลือกเครื่องจักร[4] 25
รูปที่ 2.10 การใช้ผังพาเรโตในการเลือกชิ้นส่วนร่วมของเครื่องจักรทุกชนิด ทั้งหมด 10 ชิ้นส่วน [4] 26
รูปที่ 2.11 การใช้ผังพาเรโตในการเลือกชิ้นส่วนในกรณีที่แยกตามชนิดของเครื่อง[4] 27
รูปที่ 2.12 การเลือกทั้งเครื่องจักรและชิ้นส่วนในการนำไปทำการบำรุงรักษาตามแผน[4] 27
รูปที่ 2.13 วิธีการบำรุงรักษาที่แตกต่างกันในแต่ละขั้นของแต่ละช่วง[4] 29
รูปที่ 2.14 วิธีการบำรุงรักษารวมถึงขั้นตอนในแต่ละช่วง[4] 30
รูปที่ 2.15 7 ขั้นตอนสำหรับการบำรุงรักษาตามแผนกับเครื่องต้นแบบ[4] 31
รูปที่ 2.16 ความสัมพันธ์ระหว่างที่มาของความเสียหายกับการแก้ไขแต่ละขั้นตอน[4] 33
รูปที่ 2.17 ตัวอย่างการวิเคราะห์ที่มาของความเสียหาย แสดงให้เห็นว่าสภาพพื้นฐานไม่ดีพอเป็นสาเหตุอันดับสองซึ่งประกอบไปด้วยสาเหตุย่อยจากการขันแน่น การทำความสะอาด และการหล่อลื่น ตามลำดับ[4] 34

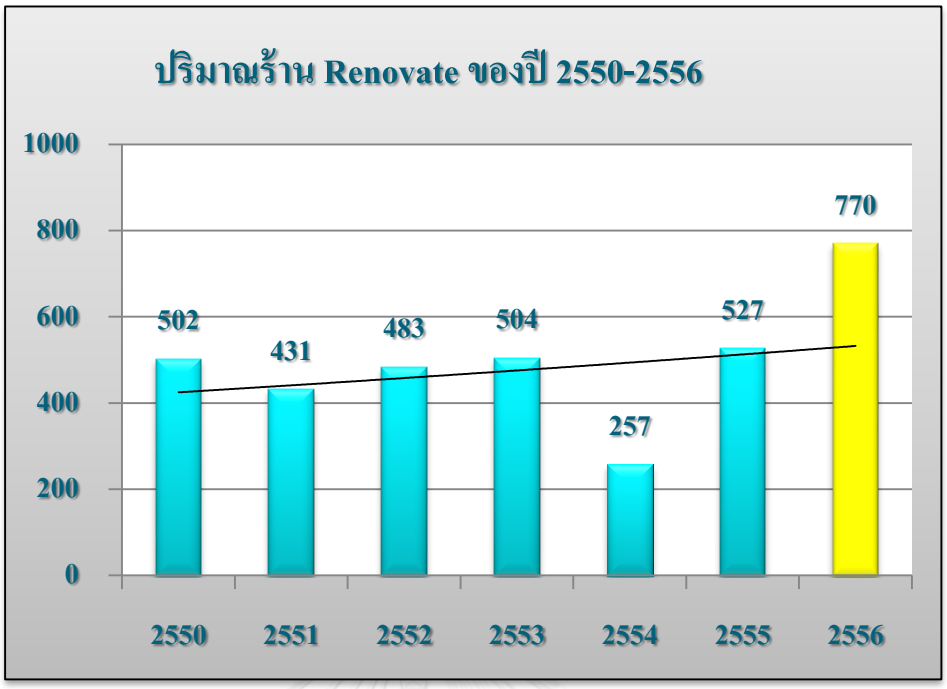
รูปที่ 2.18 การดำเนินการร่วมกันเมื่อพบการขัดข้อง 44
รูปที่ 2.19 การดำเนินการร่วมกันเมื่อพบเครื่องจักรเสีย 44
รูปที่ 2.20 การนำข้อมูลความต้องการการบำรุงรักษาของเครื่องจักรมาออกแบบเพื่อป้องกันการบำรุงรักษา[4] 50
รูปที่ 2.21 การบำรุงรักษาเชิงป้องกันแบบยึดตามเวลา และยึดตามสภาพ[4] 51
รูปที่ 2.22 การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์[4] 51
รูปที่ 2.23 ผลการวิเคราะห์หาค่า LCC ของ ผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง[7] 56
รูปที่ 3.1 กรอบการศึกษา 67
รูปที่ 3.2 ข้อมูลการแจ้งซ่อมของ Air Conditioner ของร้านสาขา (บางส่วน) 68
รูปที่ 3.3 ข้อมูลการแจ้งซ่อมของ Vault Room ของร้านสาขา (บางส่วน) 69
รูปที่ 4.1 ค่า LCC ของอุปกรณ์ Vault Room ทั้ง 12 ปี ที่ได้จากการคำนวณ 72
รูปที่ 4.2 ค่า LCC ของอุปกรณ์ Air Conditioner ทั้ง 12 ปี ที่ได้จากการคำนวณ 73
รูปที่ 4.3 อาการเสียที่เกิดขึ้นกับเครื่องปรับอากาศ เมื่อคิดเป็นร้อยละ 74
รูปที่ 4.4 อาการเสียที่เกิดขึ้นกับ Vault Room เมื่อคิดเป็นร้อยละ 75
รูปที่ 4.5 ช่องกระจกดูสภาพและระดับ ของน้ำมันหล่อลื่น 81
รูปที่ 4.6 ตัวอย่างสภาพน้ำมันหล่อลื่น จาก ร้านสะดวกซื้อ 81
รูปที่ 4.7 การใช้หวีฟินปรับแต่งให้แผ่นฟินตั้งตรงตามเดิม ในกรณีที่ ถ้าแผ่นฟินที่แผงระบายความร้อนล้ม 82
รูปที่ 4.8 ตำแหน่งของ Strainer 82
รูปที่ 4.9 Coils Solenoid Valve และ ภายในท่อของ Valve 83
รูปที่ 4.10 สภาพของ Sight glasses กระจกด้านหน้าต้องไม่มีรอยแตกร้าว ใสสามารถมองสารทำความเย็นได้อย่างชัดเจน 83

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจาก ร้านสะดวกซื้อ มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือนที่ค่อนข้างสูง เพราะอุปกรณ์ที่ใช้ในการ Support การขาย ล้วนแต่ใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งสิ้น โดย อุปกรณ์ที่มีอยู่ในร้านสะดวกซื้อนั้น มีความสำคัญต่อธุรกิจของร้านสะดวกซื้อ เพราะ ต้องพร้อมตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งจากการสังเกตุ ผู้วิจัยพบว่า อุปกรณ์ที่จะเสียหรือ หยุดทำงานไม่ได้เลย เพราะมีเพียง ชิ้นเดียวในร้านสะดวกซื้อนั่น คือ Vault Room หรือ ที่เราเรียกว่า ตู้แช่เครื่องดื่มประเภทที่ผสมแอลกอฮอลล์ นั่นเอง เพราะ พบว่า จะ ลำดับต่อมา คือ Air Conditionerer แม้ว่าอุปกรณ์ชิ้นนี้ ไม่ได้มีสินค้าวางอยู่ในตัวเครื่อง และมีจำนวน 4 เครื่องต่อ 1 ร้านสาขา แต่ก็ส่งผลต่อการบริการ สภาพแวดล้อมภายในร้าน เพราะ Air Conditioner จะเปิดใช้งานพร้อมกัน 3 ตัว โดยอีก 1 ตัวจะปิดไว้ เพื่อใช้งานสลับกัน โดยหาก เครื่องใดเครื่องหนึ่งไม่สามารถทำงานได้ เครื่องที่จะหยุดทำงานในวันนั้นๆ ก็จะทำงานแทนโดยไม่ได้หยุดพัก และ เมื่อใช้งานนานเกินไป อาจจะทำให้เครื่องนั้นเกิดการหยุดทำงานเกิดขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ อากาศภายในร้านสะดวกซื้อ ร้อนเกินไป อาจทำให้ สินค้าที่วางอยู่บนชั้นวางสินค่า เกิดความเสียหายและลูกค้าอาจไม่พอใจในสภาพแวดล้อมภายในร้านก็เป็นได้ และจากการพิจารณาข้อมูลการทำงานเราพบว่า อุปกรณ์ Vault Room มีการใช้พลังงานไฟฟ้า/วัน ที่สูง คือ18 ชั่วโมงต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 75 ส่วน Air Conditioner มีการใช้พลังงานไฟฟ้า/วัน ที่สูง คือ 14.40 ชั่วโมงต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 60 โดยร้านสะดวกซื้อ จะทำการปิด Renovate ทุกๆ5 ปี (ระยะเวลาปิดทำการ Renovate คือ 14-25วัน ซึ่งในแต่ละปี จะมีจำนวนอุปกรณ์ที่ยกเลิกการใช้งานเป็นจำนวนมาก จาก ข้อสันนิษฐานที่ว่า อุปกรณ์ที่มีอายุมาก จะใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าอุปกรณ์ที่ซื้อใหม่ โดยไม่สนใจว่าอุปกรณ์ดังกล่าวมียังมีประสิทธิภาพการทำงานอยู่หรือไม่



รูปที่ 1.1 ปริมาณร้าน Renovate และจำนวนอุปกรณ์ที่ยกเลิกการใช้งาน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550-2556

จากรูปที่ 1.1 จะเห็นว่า ปริมาณร้าน Renovate มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในแต่ละปี ดังนั้น จึงทำให้มีจำนวน อุปกรณ์ที่ยกเลิกการใช้งานเยอะขึ้นเป็นลำดับ โดยผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลจำนวนของอุปกรณ์ที่มีการยกเลิกการใช้งาน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550-2556 โดยสรุปไว้ในตารางที่ 1.1 ซึ่งพบว่าอุปกรณ์ที่ยกเลิกการใช้งานที่มีมูลค่าสูงสุด คือ Vault Room คิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 391,560,000บาท รองลงมา คือ Air Conditioner คิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 262,706,000 บาท

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาเพื่อพัฒนาโมเดลการบำรุงรักษาสำหรับอุปกรณ์ของร้านสะดวกซื้อ ใช้เป็นแนวทางในการบำรุงรักษาเพื่อการยืดอายุการใช้งานหรือการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มากยิ่งขึ้น

1.2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 จัดทำแผนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ Vault Room และ เครื่องปรับอากาศ เพื่อยืดอายุการใช้งาน

1.2.2 ประเมินมูลค่าอุปกรณ์ของร้านสะดวกซื้อ

1.3. ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ศึกษาการทำงานและการใช้งานของ Vault Room และ เครื่องปรับอากาศ เท่านั้น

1.3.2 พิจารณาข้อมูลการแจ้งซ่อมย้อนหลัง 1 ปี ก่อนการ Renovate ร้านสาขา

ตารางที่ 1.1 ปริมาณและมูลค่าของอุปกรณ์ที่ยกเลิกกาใช้งาน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550-2556

อุปกรณ์ที่ยกเลิกการใช้งาน	ราคา/หน่วย	จำนวน	มูลค่า
Air	46,000	5,711	262,706,000
Vault	520,000	753	391,560,000
Opentype	112,000	1325	148,400,000
Dino	154,000	701	107,954,000
ตู้เตรียม	137,000	701	96,037,000
Total			**1,006,657,000**

1.4 ระเบียบวิธีการศึกษา

1.4.1 ศึกษาหลักการทำงานของ Vault Room และ เครื่องปรับอากาศ

1.4.2 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลการแจ้งซ่อมของ Vault Room และ เครื่องปรับอากาศ

1.4.3 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลการบำรุงรักษาอุปกรณ์ ณ. ปัจจุบัน

1.4.4 วิเคราะห์ข้อมูลการแจ้งซ่อมและการบำรุงรักษาของอุปกรณ์ ณ. ปัจจุบัน ค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงาน

1.4.5 เก็บรวบรวมข้อมูลค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น พร้อมหาอายุการใช้งานของอุปกรณ์ Vault Room และ Air Conditioner ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

1.4.6 จัดทำแผนการบำรุงรักษา Vault Room และเครื่องปรับอากาศ เพื่อยืดอายุของเครื่องจักรและอุปกรณ์ อย่างมีประสิทธิภาพ

1.4.7 จัดทำการประเมินมูลค่าอุปกรณ์ ด้วยวิธีต้นทุน (Cost Approach)

1.4.8 สรุปผลงานวิจัยและนำเสนอ

1.5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบอายุการใช้งานอุปกรณ์ Vault Room และ เครื่องปรับอากาศ อย่างมีประสิทธิภาพ

1.5.2 แผนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ ที่เหมาะสมกับร้านสะดวกซื้อ

1.5.3 แผนการประหยัดพลังงาน ที่เหมาะสมกับร้านสะดวกซื้อ

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 Vault Room (ห้องเย็น)

หมายถึง ห้องซึ่งได้รับ การควบคุมอุณหภูมิ ตลอดจนความชื้นที่เหมาะสมกับสินค้าที่จะจัดเก็บ จะเป็นห้องที่ใช้ลดอุณหภูมิของสินค้าให้ลดลงในระยะเวลาอันสั้น เช่น กุ้ง อุณหภูมิเริ่มต้น 5°C จะถูกลดจนถึงอุณหภูมิ -18°C โดยมีระยะเวลาเป็นตัวกำหนด ในการลดอุณหภูมิของระบบทำความเย็น มีอยู่หลายแบบด้วยกัน ทั้งนี้อาจจะขึ้นกับสารทำความเย็นที่ใช้ มีทั้งแบบฟรีออน (Freon R12 R22 R502) และแอมโมเนีย (Ammonia R717) กรรมวิธีในการทำความเย็นเป็นตัวกำหนด แบบคอล์ยเย็น (Evaporator) และระบบส่งสารทำความเย็นให้แก่คอล์ยเย็น โดยแต่ละแบบจะมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป แต่ละแบบดังนี้[1]

ระบบขยายโดยตรง (Direct Expansion)

เป็นระบบซึ่งสารทำความเย็นจะส่งจากคอล์ยร้อน (Condenser) หรือถักพักความดันสูง (High Pressure Receiver) ผ่านวาล์วลดความดัน (Expansion Valve) เข้าสู่คอล์ยเย็นโดยตรง ระบบขยายโดยตรงระบบนี้เหมาะสำหรับห้องเก็บ หรือห้องเย็นที่มีปริมาณการถ่ายรับความร้อนไม่มาก ดังนั้นจึงเป็นที่นิยมใช้กันมาก ทำให้คอล์ยเย็นชนิดนี้มีขายทั่วไปในท้องตลาด

ระบบท่วมคอล์ย (Flooded Coil)

เป็นระบบซึ่งสารทำความเย็นส่งจากคอล์ยร้อน หรือ ถังพักความดันสูง ผ่านวาล์วลดความดันสู่ถังเก็บความดันต่ำ(Low Pressure Receiver) ก่อน จากนั้นสารทำความเย็น จากถังความดันต่ำจะไหลเข้าคอล์ยเย็น โดยอาศัยการที่ของเหลวไหลไปแทนที่ก๊าซ

การเก็บรักษาในห้องเย็นใช้สำหรับเก็บรักษาอาหารที่เสื่อมเสียง่าย (perishable food) ได้แก่[2]

- เนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์ เช่น ไส้กรอก แฮม เบคอน แหนม
- อาหารทะเล (ทั้งสดและปรุงสุกแล้ว)
- อาหารแปรรูปขั้นต่ำ (minimally-processed food)
- น้ำนมดิบ และผลิตภัณฑ์นม (dairy product) เช่น น้ำนมพาสเจอร์ไรซ์ เนย โยเกิร์ต เนยแข็ง นมเปรี้ยว
- ผักและผลไม้สด

- อาหารพร้อมบริโภค (ready-to-eat foods)

การแช่เย็นเป็นการถนอมอาหาร (food preservation) มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อ

- ชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (pathogen) เช่น Salmonella, Vibrio, Shigella, Listeria, Escherichia coli เป็นต้น
- ชะลอการเสื่อมเสียของอาหารด้วยจุลินทรีย์ (microbial spoilage)
- การบ่มเนื้อสัตว์ (meat aging)
- ชะลอปฏิกิริยาทางเคมีและชีวเคมี
- ลดอัตราการหายใจ (respiration rate) ของผักและผลไม้

การแช่เย็นตามประเภทของอาหาร

- การแช่เย็นผักและผลไม้ (cold storage of fruit and vegetable)
- การแบ่งกลุ่มผักผลไม้ตามอุณหภูมิแช่เย็นและความชื้นสัมพัทธ์
- การแช่เย็นเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จาก
- การแช่เย็นน้ำนมและผลิตภัณฑ์นม (cold storage of milk and dairy product)

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างอุปกรณ์ Vault Room ในร้านสะดวกซื้อ

ระบบปั๊มหมุนเวียน (Pump Recirculation)

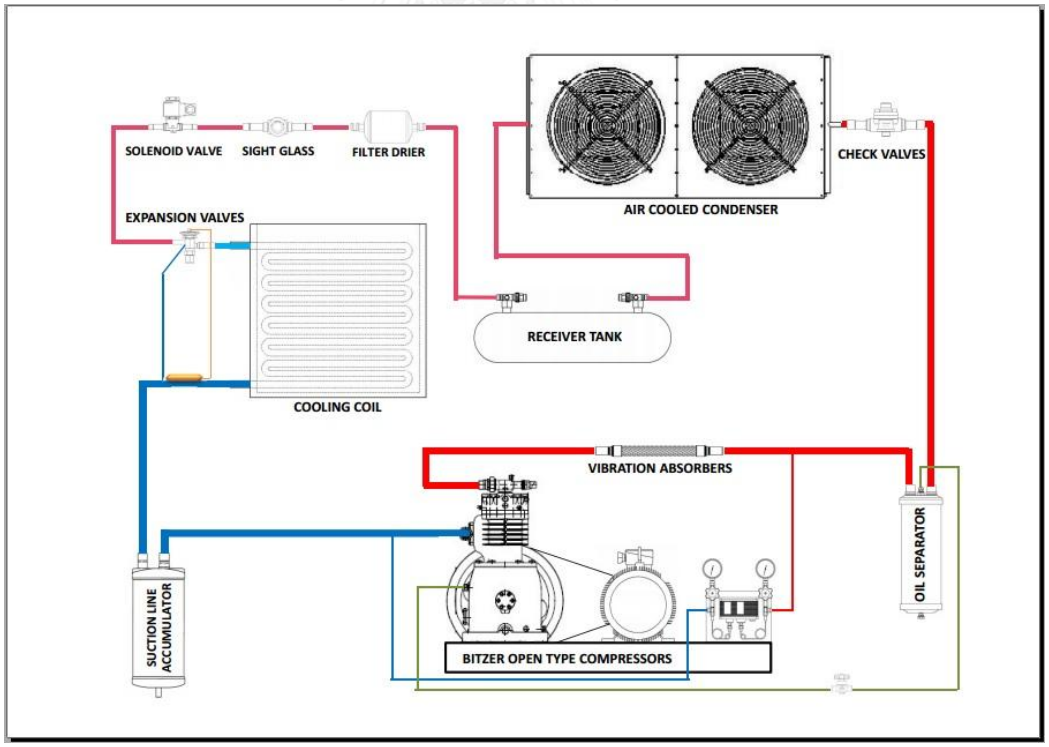
เป็นระบบคล้ายกับระบบท่วมคอล์ย (Flooded Coil) ยกเว้นสารทำความเย็นจากถังความดันต่ำ จะถูกปั๊มเข้าสู่คอล์ยเย็น ทำให้ประสิทธิภาพในการถ่ายรับความเย็นได้มากขึ้นกว่าระบบท่วมคอล์ย(Flooded Coil) โดยอัตราการไหลของสารทำความเย็นผ่านคอล์ยเย็นจะต้องอยู่ในช่วง 3-5 เท่าของปริมาตร การกลายเป็นไอ โดยคำนาณจากปริมาณความเย็น ที่ต้องการ[1]

ระบบลดความเย็นแบบน้ำเย็น (Hydro-cooling)

คือ การออกแบบโดยทั่วๆ ไปแล้วจะต้องมีน้ำหมุนเวียนภายในถัง เพื่อให้อุณหภูมิของน้ำสม่ำเสมอ และขณะเดียวกันน้ำที่หมุนเวียน ก็จะพาความร้อนออกจากวัตถุดิบด้วยการทำให้น้ำหมุนเวียนทำได้ โดยการดูดน้ำจากก้นถังผ่านน้ำแข็งหรือคอล์ยเย็น แล้วฉีดสเปรย์ด้านบนของสายพานค่าการออก แบบประมาณ 7-10 ลิตร/วินาที-ตารางเมตร[1]

ระบบลดความเย็นแบบเป่าลม (Air Blast Freezer)

คือ กรรมวิธีการลดอุณหภูมิโดยที่วัตถุดิบที่จะทำการลดอุณหภูมิจะถูกบรรจุภายในห้องซึ่งลมเย็นพัดผ่านวัตถุดิบนั้น โดยทั่วๆไป วัตถุดิบจะถูกบรรจุจนเต็มห้อง และถูกทำให้ลดอุณหภูมิในคราวเดียวกัน ข้อสำคัญจะต้องให้ลมเย็นไหลผ่านวัตถุดิบเท่านั้น[1]



รูปที่ 2.2 แบบจำลองของ Refrigeration System (ระบบทำความเย็น)

2.2 Air Conditioner (**เครื่องปรับอากาศ**)

ระบบปรับอากาศคือ ระบบการถ่ายเทความร้อนจากบริเวณที่ต้องการปรับอากาศ โดยทั่วไปมักจะ มีอุณหภูมิต่ำกว่าภายนอกมาทิ้งยังแหล่งที่มีอุณหภูมิสูงกว่า โดยทั่วไประบบปรับอากาศนอกจากทำ หน้าที่ในการทำความเย็นให้ได้อุณหภูมิตามที่ต้องการแล้ว ยังทำหน้าที่ลดความชื้นที่มีอยู่ในอากาศ ระบบปรับอากาศโดยทั่วไปมีหลายประเภทแต่ากแบ่งตามวัตถุประสงค์การใช้งานสามารถแบ่งได้ เป็น 2 ประเภท [3]

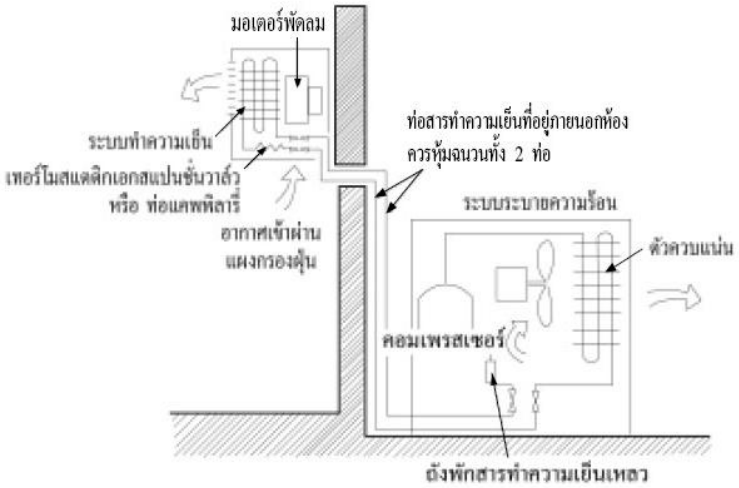
1. การปรับอากาศเพื่อความเย็นสบาย เป็นการปรับอากาศที่มุ่งส่งเสริมความเย็นสบาย และ เพิ่มประสิทธภาพในการทำงานของผู้คนที่อาศัยหรือทำงานอยู่ในที่บริเวณนั้นๆ เช่น การปรับอากาศภายในบ้าน สำนักงาน ร้านอาหาร โรงเรียน โรงพยาบาล ฯลฯ

2. การปรับอากาศเพื่อการอุตสาหกรรม เป็นการปรับอากาศเพื่อควบคุมภาวะบรรยากาศ ใน กระบวนการผลิต การทำงานวิจัย และการเก็บรักษาผลผลิตต่างๆ เช่น การปรับอากาศในอุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์ โรงงานทอผ้า โรงงานผลิตอาหาร ฯลฯ

หลักการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ การทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศโดยทั่วไปต้องอาศัยสารทำความเย็นที่ไหลอยู่ในระบบท่อ ปิดโดยมีเครื่องอัดไอสารทำความเย็นหรือคอมเพรสเซอร์ ทำหน้าที่ เพิ่มความดันให้แก่สารทำความเย็น ซึ่งเป็นไอให้มีความดันและอุณหภูมิสูงขึ้น (สูงกว่าอากาศภายนอก) แล้วระบายทิ้งที่แผงท่อระบายความร้อน (คอลย์ร้อนหรือคอนเดนเซอร์) ซึ่งติดตั้งอยู่ภายนอกห้อง โดยมีพัดลมทำหน้าที่เป่าระบายความร้อน ที่แผงระบายความร้อนนี้ สารทำความเย็นภายหลังผ่านคอลย์ร้อนจะมีสถานะเป็นของเหลวที่ความดันสูง จะไหลผ่านเข้าชุดลดความดัน ก่อนจะไหลเข้าไปยังแผงท่อทำความเย็น (คอลย์เย็นหรือแฟนคอลย์) ซึ่งติดตั้งอยู่ภายในห้อง สารทำความเย็นจะดูดความร้อนจากอากาศบริเวณโดยรอบของแผงท่อทำความ เย็นทำให้อากาศที่ไหลผ่านมีอุณหภูมิต่ำลงและถูกส่งผ่านลมเย็นโดยพัดลมที่ติดตั้งอยู่ที่แผงทำความเย็นนี้ไปสู่บริเวณห้องเพื่อให้ได้อุณหภูมิตามต้องการ สารทำความเย็นภายหลังผ่านทางแผงคอลย์ทำความเย็น แล้วจะมีสถานะเป็นไอความดันต่ำาก่อนจะไหลเข้าสู่เครื่องอัดไอสารทำความเย็น ทำให้เกิดการทำงานวัฏจักรไปเรื่อยๆ

ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) สำหรับบ้านพักอาศัยที่ต้องการปรับอากาศให้กับห้องต่างๆที่มีขนาดไม่ใหญ่มากและจำนวนห้อง ไม่มากหรือหากมีจำนวนห้องที่จะปรับอากาศหลายห้องแต่อาจมีการใช้งานแต่ละห้องปรับอากาศไม่ พร้อมๆกัน อาจติดตั้ง

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน โดยทั่วไปขนาดทำความเย็นจะไม่เกิน 40,000 บีทียู ต่อชั่วโมง ซึ่งสามารถเลือกเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศตามความต้องการใช้งาน



รูปที่ 2.3 ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type)

เครื่องปรับอากาศของบ้านพักอาศัย ประกอบด้วยชิ้นส่วนต่างๆ ที่สำคัญ 9 อย่างดังนี้

1. แผงท่อทำความเย็น (Cooling coil)
2. คอมเพรสเซอร์ (Compressor)
3. แผงท่อระบายความร้อน (Condenser coil)
4. พัดลมส่งลมเย็น (Blower)
5. พัดลมระบายความร้อน (Condenser fan)
6. แผ่นกรองอากาศ (Air filter)
7. หน้ากากเครื่องที่มีแผ่นเกล็ดกระจายลมเย็น (Louver)
8. อุปกรณ์ควบคุมสำหรับการควบคุมอุณหภูมิห้อง
9. อุปกรณ์ป้อนสารทำความเย็น (Metering device)

โดยทั่วไปประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กมักจะระบุค่าเป็น EER (Energy Efficiency Ratio) มีหน่วยเป็น บีทียูต่อชั่วโมงต่อวัตต์ (Btu/h/W) ซึ่งหมายถึงค่าความสามารถในการทำความเย็น (บีทียูต่อชั่วโมง) ต่อพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (วัตต์) ดังนั้นหากเครื่องปรับอากาศตัวใดมีค่า EER สูงจะบ่งบอกถึงประสิทธิภาพที่ดีหรือประหยัดพลังงาน สำหรับค่ามาตรฐานต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศ มีดังนี้

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานเครื่องปรับอากาศ และ ค่า EER

มาตรฐาน เครื่องปรับอากาศ	ค่า EER
เบอร์ 1	6.6
เบอร์ 2	7.6
เบอร์ 3	8.6
เบอร์ 4	9.6
เบอร์ 5	10.6

รูปที่ 2.4 ตัวอย่างอุปกรณ์ Air Conditioner ในร้านสะดวกซื้อ

2.3 **ทฤษฎีการบำรุงรักษาอุปกรณ์**

ความจำเป็น พื้นฐานของระบบการผลิตที่ดี คือ การที่เครื่องจักรอุปกรณ์อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดีตลอดเวลา(Reliability) ระบบการบำรุงรักษาที่มีประสิทธิภาพจะช่วยส่งเสริม และดำรงไว้ซึ่งสภาพ ดังกล่าวของเครื่องจักร ระบบการบำรุงรักษาที่รู้จักกันทั่วไปในปัจจุบัน คือ การบำรุงรักษาทวีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance: TPM) ซึ่งเป็นการบำรุงรักษาที่เป็นหน้าที่ของทุกคนไม่ใช่ฝ่ายซ่อมบำรุงเพียงอย่างเดียว แต่ถึงอย่างไรฝ่ายซ่อมบำรุงก็ยังคงมีหน้าที่รับผิดชอบในการบำรุงรักษาตามแผน หรือ Planned Maintenance แผนในการบำรุงรักษาสามารถแบ่งออกเป็น แผนการปฏิบัติตามระบบการบำรุงรักษา และแผนการปฏิบัติเมื่อเครื่องจักรเสียหาย ซึ่งเป็นความเสียหายแบบฉับพลัน การบำรุงรักษาตามแผนดังกล่าว จะทำให้การเสียของเครื่องจักรขณะใช้งานลดลงได้ หรือหากเกิดขึ้นก็จะกลับมาใช้งานได้ตามปกติอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าการบำรุงรักษาตามแผนนั้นมีความจำเป็น[4]

2.3.1. **กิจกรรมในระบบการบำรุงรักษาตามแผน**

1. **กิจกรรมเพื่อให้เครื่องจักรใช้งานได้ดีตลอดเวลา** ประกอบไปด้วยกิจกรรมพื่อให้เครื่องจักรมีอัตราการใช้งานสูง (Availability) และเพื่อความสามารถในการซ่อมบำรุง (Maintainability) โดยวิธีการบำรุงรักษาที่จะช่วยส่งเสริม Availability และMaintainability ประกอบด้วยการบำรุงรักษาแบบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

เพื่อหยุดความเสียหาย การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ (Predictive Maintenance)

เพื่อป้องกันความเสียหาย การบำรุงเชิงแก้ไขปรับปรุง (Corrective Maintenance) การป้องกันการบำรุงรักษา(Maintenance Prevention)

เพื่อความพร้อมเมื่อเกิดการเสียหาย การบำรุงรักษาเมื่อขัดข้อง (Breakdown Maintenance)

2. **กิจกรรมในเชิงการบริหารการบำรุงรักษา** เพื่อให้การบำรุงรักษาตามแผนได้รับการสนับสนุน ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลเครื่องจักร อะไหล่ หรือ งบประมาณต่าง ๆ โดยทั่วไปต้องมีกิจกรรมเชิงบริหาร อันประกอบไปด้วย

- การจัดการข้อมูลด้านต่าง ๆ ของเครื่องจักรในการบำรุงรักษา (Maintenance Information Management)
- การจัดการชิ้นส่วนและอะไหล่ (Spare Part Management)
- การจัดการต้นทุนการบำรุงรักษา (Maintenance Cost Management)

3. **กิจกรรมสนับสนุนจากฝ่ายผลิต** เพื่อให้การบำรุงรักษาบรรลุวัตถุประสงค์ในการดำเนินการตามแนวทางของ TPM จำเป็นต้องมี การปฏิบัติร่วมกันระหว่าง ฝ่ายซ่อมบำรุงกับฝ่ายผลิต โดยกิจกรรมของฝ่ายผลิตที่ต้องการเพื่อสนับสนุนการบำรุงรักษาตามแผน ก็คือ

การบำรุงรักษาด้วยตนเอง (Autonomous Maintenance)

การปรับปรุงเฉพาะเรื่อง (Individual Improvement)

การบำรุงรักษาตามแผนโดยดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ทั้งหมดนั้น จะทำให้สามารถ เพิ่มผลผลิตได้โดยการปรับปรุงผลิตผล (Output) ที่จะออกมาในรูปของความพยายามให้ เครื่องจักรเสียเป็นศูนย์ , ของเสียเป็นศูนย์ และอุบัติเหตุเป็นศูนย์ ในขณะเดียวกันยังช่วยลดสิ่งต่าง ๆ ที่ใช้ในการบำรุงรักษา (Input) จากรูปที่ 2.5 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ดังกล่าว

4. **การวัดผล** ดังที่กล่าวมา การบำรุงรักษาตามแผนจะทำให้เครื่องจักรใช้งานได้ดีตลอดเวลา และเมื่อเกิดการเสียหายก็ต้องกลับมาใช้ได้อย่างรวดเร็วจึงทำให้การวัดประสิทธิภาพ

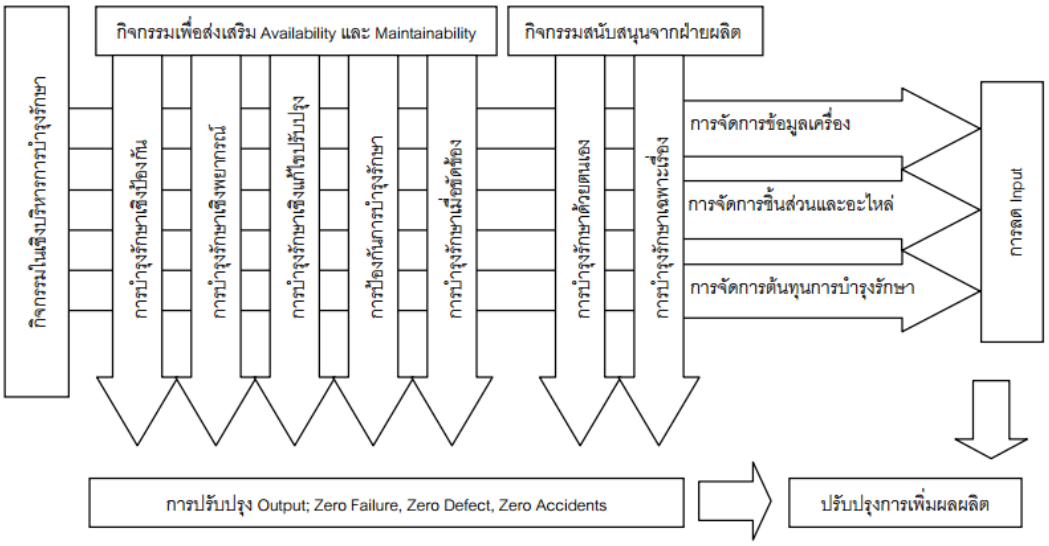
ของ การบำรุงรักษาตามแผนต้องวัดอัตราการใช้งานของเครื่องจักรอันเนื่องมาจากการเสียหายและเวลาที่ใช้ในการซ่อม (Inherent Audibility) และวัดอัตราการใช้งานของเครื่องจักรอันเนื่องมาจากการบำรุงรักษาและเวลาที่ใช้ในการบำรุงรักษา (Achievement Availability) ซึ่งอัตราการใช้งาน ทั้งสองสามารถหาได้โดย

Inherent Availability = MTBF/(MTBF+MTTR)

เมื่อ MTBF หมายถึง Mean Time Between Failures (ระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการเสียหายแต่ละครั้ง) MTTR หมายถึง Mean Time To Repair (ระยะเวลาเฉลี่ยตั้งแต่เสียหายจนใช้งานได้แต่ละครั้ง) รายละเอียดการคำนวณ MTBF และ MTTR แสดงไว้ในรูปที่ 2.6

Achievement Availability = MTBM / (MTBM+M)

เมื่อ MTBM หมายถึง Mean Time Between Maintenance (ระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการบำรุงรักษาแต่ละครั้ง) M หมายถึง ระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการบำรุงรักษาแต่ละครั้ง รายละเอียดการคำนวณ MTBM และ M แสดงไว้ในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.5 แนวคิดระบบการบำรุงรักษาตามแผน[4]

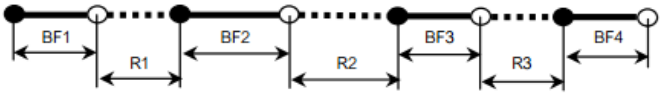
● สภาพเครื่องจักรพร้อมใช้งาน

○ เครื่องจักรเสียหาย

—— ระยะเวลาก่อนการเสียหายแต่ละครั้ง (Between Failure: BF)

▪▪▪▪▪ ระยะเวลาแก้ไขแต่ละครั้ง (Repair: R)

n จำนวนครั้ง



$$MTBF = \frac{\sum_{i=1}^{n} BFi}{n} = \frac{BF\,1 + BF\,2 + BF\,3 + BF\,4}{4}$$

$$MTTF = \frac{\sum_{i=1}^{n} Ri}{n} = \frac{R\,1 + R\,2 + R\,3}{3}$$

รูปที่ 2.6 วิธีการคำนวณ MTBF และ MTTR[4]

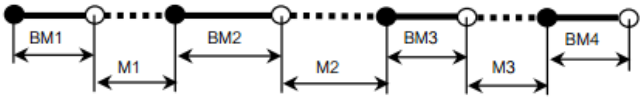
● สภาพเครื่องจักรที่ใช้งานโดยไม่ต้องบำรุงรักษาไม่ว่าจะเป็น BM หรือ PM

○ สภาพเครื่องจักรที่ต้องบำรุงรักษาทั้ง BM และ PM

—— ระยะเวลาก่อนการบำรุงรักษาแต่ละครั้ง (Between Maintenance: BM)

▪▪▪▪▪ ระยะเวลาที่ใช้ในการบำรุงรักษาแต่ละครั้ง (Maintenance: M)

n จำนวนครั้ง



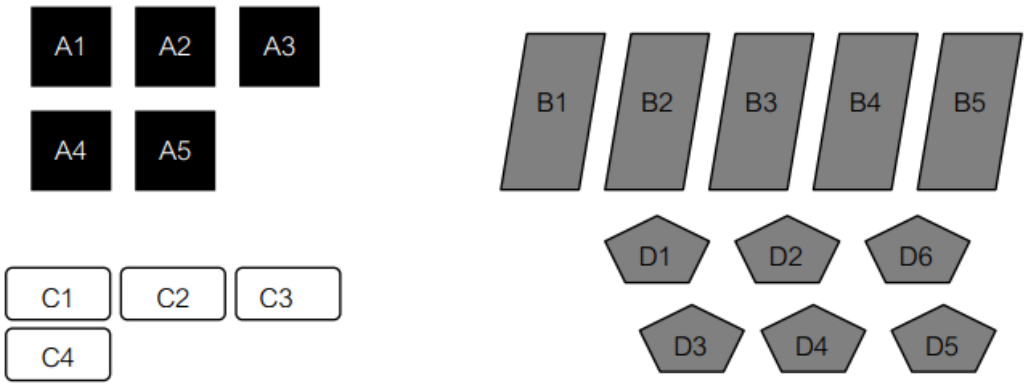
$$MTBM = \frac{\sum_{i=1}^{n} BMi}{n} = \frac{BM1 + BM2 + BM3 + BM4}{4}$$

$$\overline{M} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Mi}{n} = \frac{M1 + M2 + M3}{3}$$

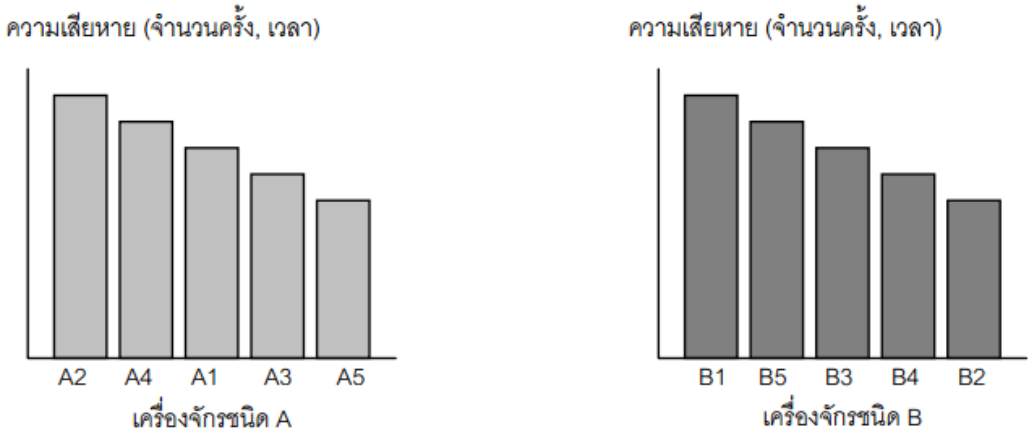
รูปที่ 2.7 วิธีการคำนวณ MTBM และ M[4]

2.3.2 ลักษณะของการปฏิบัติ[4]

การบำรุงรักษาตามแผนสามารถแบ่งออกเป็น การบำรุงรักษาตามแผนที่ปฏิบัติกับเครื่องจักร (Equipment) และการบำรุงรักษาตามแผนที่ปฏิบัติกับชิ้นส่วน (Part) ซึ่งโดยปกติแล้วการบำรุงรักษาโดยทั่วไปมักจะคิดถึงแต่ว่าเครื่องจักรที่เสียหายบ่อย เป็นต้นเหตุให้ประสิทธิภาพการผลิตต่ำ แต่ถ้ามองให้ลึกลงไป การที่เครื่องจักรเสียบ่อยๆ นั้น ก็มาจาการเสียหายของชิ้นส่วนต่างๆ นั่นเอง และถ้าบังเอิญว่าเป็นชิ้นส่วนร่วมที่เครื่องจักรหลายเครื่องต้องใช้(Common Part) ก็หมายความว่าเครื่องจักรเครื่องอื่นๆ ก็มีโอกาสที่จะเสียเท่าๆ กัน เพียงแต่มันยังไม่ถึงเวลาเท่านั้น ดังนั้นจึงเห็นได้ว่า การบำรุงรักษาตามแผนต้องทำทั้งเครื่องจักรและชิ้นส่วน โดยทั้งเครื่องจักรและชิ้นส่วนนั้นควรจะเริ่มที่เครื่องต้นแบบ (Model Equipment) และชิ้นส่วนต้นแบบ (Model Part)ก่อน [4]



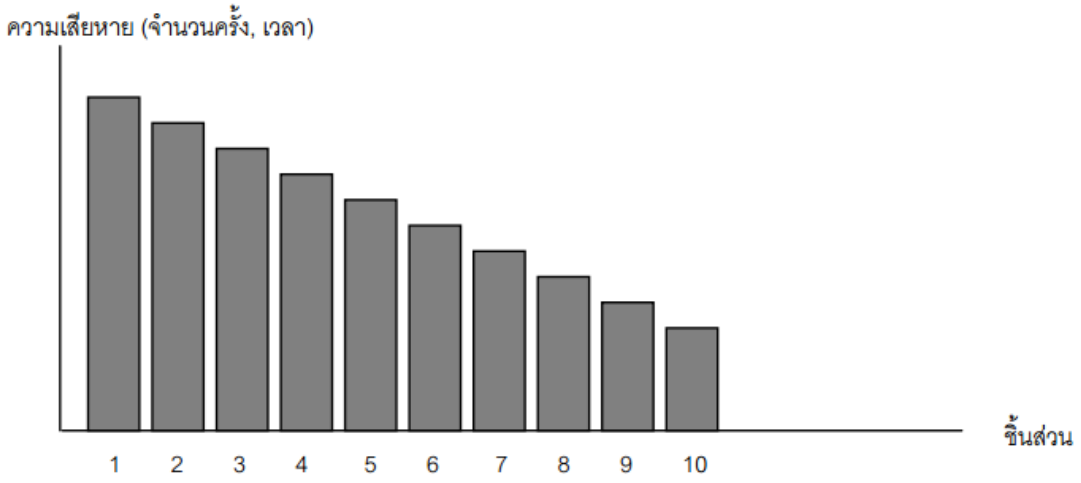
รูปที่ 2.8 โรงงานที่มีเครื่องจักรหลายชนิดและหลายเครื่อง (20 เครื่อง จาก 4 ชนิด)[4]



รูปที่ 2.9 การใช้ผังพาเรโตในการเลือกเครื่องจักร[4]

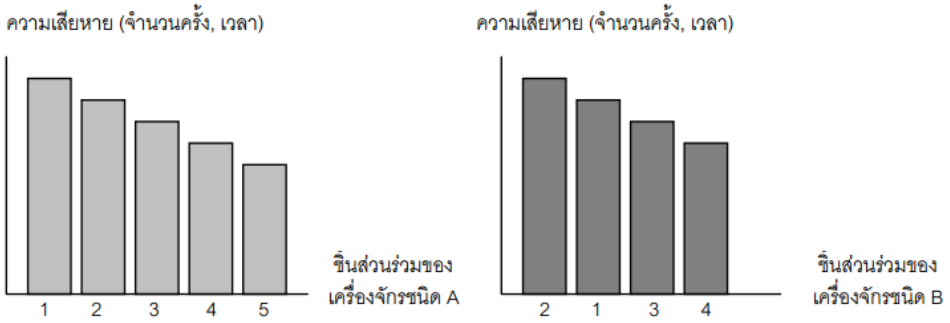
2.3.3 การเลือกเครื่องจักร และชิ้นส่วนต้นแบบ[4]

จากรูปที่ 9 สมมุติว่าโรงงานแห่งหนึ่งมีเครื่องจักรทั้งหมด 20 เครื่อง จาก 4 ชนิด ดังนั้นจึงต้องมีการเลือกว่าเครื่องแต่ละชนิด เครื่องไหนจะต้องทำการบำรุงรักษาตามแผนก่อน รวมถึงชิ้นส่วนด้วยเหมือนกัน รูปที่ 10 แสดงให้เห็นวิธีการเลือกโดยให้ความสำคัญกับเครื่องจักรหรือชิ้นส่วนที่เกิดความเสียหายมาก ด้วยการใช้ผังพาเรโต (Pareto Diagram) จากภาพที่ 2 จะเห็นว่าเครื่องจักรชนิด A นั้น เครื่องที่ 2 จะเสียหายมากที่สุด ในขณะที่เครื่องจักร B เครื่องที่ 1 เสียหายมากที่สุด ดังนั้นจะได้เครื่องจักรที่จะทำเป็นต้นแบบในครั้งแรก คือ A เครื่องที่ 2 (A2) กับ B เครื่องที่1 (B1) ในทำนองเดียวกัน เครื่องจักรชนิด C และชนิด D ก็สามารถใช้วิธีนี้



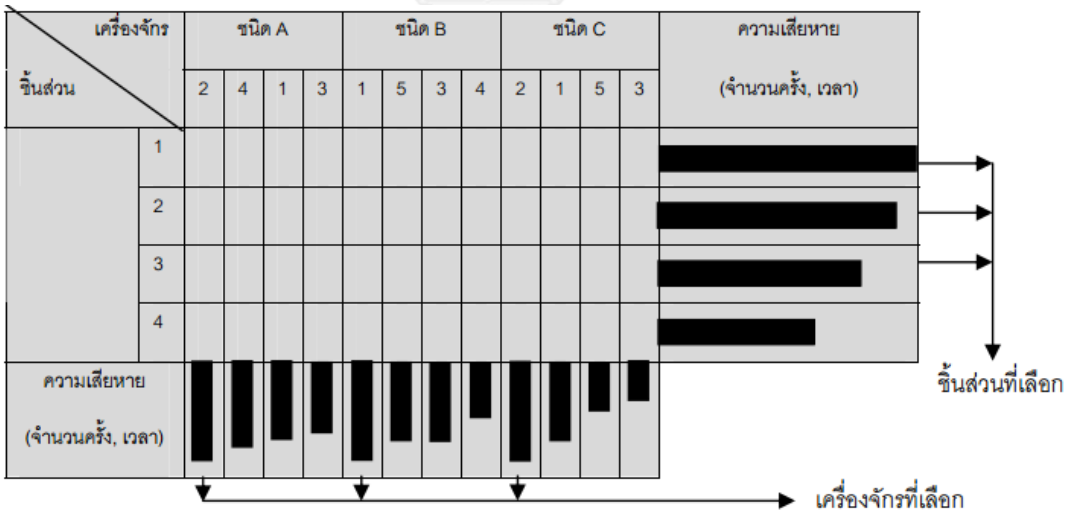
รูปที่ 2.10 การใช้ผังพาเรโตในการเลือกชิ้นส่วนร่วมของเครื่องจักรทุกชนิด ทั้งหมด 10 ชิ้นส่วน[4]

จากรูปที่ 2.10 จะเห็นว่าเครื่องจักรทุกเครื่องมีชิ้นส่วนร่วมที่เสียบ่อยๆ เหมือนกันคือชิ้นส่วนที่ 1 ดังนั้นชิ้นส่วนที่ 1 ต้องถูกเลือกก่อนเป็นอันดับแรกหรือบางครั้งอาจเลือกชิ้นส่วนที่ 1 ชิ้นส่วนที่ 2 และชิ้นส่วนที่ 3 เนื่องจากว่าเป็นชิ้นส่วนที่เสียหายสูง 3 อันดับแรก



รูปที่ 2.11 การใช้ผังพาเรโตในการเลือกชิ้นส่วนในกรณีที่แยกตามชนิดของเครื่อง[4]

จากรูปที่ 2.11 เป็นกรณีที่ชิ้นส่วนไม่ได้เป็นชิ้นส่วนร่วมของเครื่องจักรทุกชนิด จึงต้องแยกทำผังพาเรโตตามชนิดของเครื่องจักรซึ่งจะเห็นว่าในเครื่องจักรชนิด A จะเลือกชิ้นส่วนที่ 1 และในเครื่องจักรชนิด B จะเลือกชิ้นส่วนที่ 2 ในบางครั้งเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการเก็บข้อมูลเรื่องการเสียหายของเครื่องจักร เพื่อเป็นพื้นฐานในการดำเนินการซ่อมบำรุง รวมถึงการเลือกเครื่องจักรและเลือกชิ้นส่วนในการทำการบำรุงรักษาตามแผน การเก็บข้อมูลทุกครั้งที่เครื่องจักรเสีย ควรจะเก็บข้อมูลด้วยว่าเครื่องจักรเสียเพราะอะไรที่ชิ้นส่วนไหน และใช้เวลาในการแก้ไขนานเท่าไหร่ เพื่อจะได้นำมาสรุปเป็นผังพาเรโตได้อย่างมีประสิทธิภาพตามรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 การเลือกทั้งเครื่องจักรและชิ้นส่วนในการนำไปทำการบำรุงรักษาตามแผน[4]

จากรูปที่ 2.12 แสดงให้เห็นว่า เครื่องที่ทำความเสียหายมากที่สุดของเครื่องชนิด A คือเครื่องที่ 2 ส่วนเครื่องชนิด B คือ เครื่องที่ 1 และของชนิด C คือเครื่องที่ 2 แต่ทั้งหมดทุกชนิดรวมกัน 12 เครื่อง จะมีชิ้นส่วนที่เสียอยู่บ่อยๆ เหมือนกัน คือชิ้นส่วนที่ 1 ชิ้นส่วนที่ 2 และชิ้นส่วนที่ 3 ดังนั้น

จากภาพจึงสรุปการเลือกได้ว่าจะเลือกเครื่องจักร A2, B1 และ C2 เป็นเครื่องต้นแบบ นอกจากนั้นยังเลือกชิ้นส่วนที่ 1 ชิ้นส่วนที่ 2 และชิ้นส่วนที่ 3 เป็นชิ้นส่วนต้นแบบ

นอกจากวิธีที่จัดลำดับความสำคัญจากความรุนแรงของความเสียหายที่เกิดขึ้นด้วยการใช้ผังพาเรโตแล้วยังสามารถใช้เกณฑ์อื่กประกอบในการเลือกได้ เช่น จำนวนเครื่องจักร ความรุนแรงของความเสียหายจำนวนพนักงานซ่อมบำรุง ทักษะในการซ่อมบำรุง และทักษะในการบำรุงรักษาเครื่องจักรด้วยตนเองของพนักงานผู้ใช้เครื่องจักร ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3 ต่อไปนี้

ตารางที่ 2.2 การเลือกเครื่องจักร ชิ้นส่วนหรือทั้งเครื่องจักรและชิ้นส่วนในการทำการบำรุงรักษาตามแผน[4]

		เลือกเครื่องจักร	เลือกชิ้นส่วน
จำนวนเครื่องจักร	มาก		✓
	ปานกลาง	✓	✓
	น้อย	✓	
ความรุนแรงของความเสียหาย	มาก	✓	✓
	ปานกลาง		✓
	น้อย		✓
จำนวนพนักงานซ่อมบำรุง	มาก	✓	✓
	ปานกลาง	✓	✓
	น้อย		✓
ทักษะในการซ่อมบำรุง	มาก		✓
	ปานกลาง	✓	✓
	น้อย	✓	
การบำรุงรักษาด้วยตนเองของพนักงาน	มาก		✓
	ปานกลาง	✓	✓
	น้อย	✓	

2.3.4 ขั้นตอนการบำรุงรักษาตามแผนกรณีปฏิบัติกับเครื่องจักร

ในกรณีปฏิบัติกับเครื่องจักรขั้นตอนทั้งหมดจะถูกแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอน โดยแต่ละขั้นตอนจะแบ่งเป็นช่วง ได้แก่ ช่วงที่ 1 การลดความเสียหาย ช่วงที่ 2 การยืดอายุการใช้งาน ช่วงที่3 การแก้ไขปรับปรุง ช่วงที่ 4 การพยากรณ์การใช้งาน โดยจะมีวิธีการบำรุงรักษาที่แตกต่างกันในแต่ละขั้นของแต่ละช่วงตามรูปที่ 2.13

<table>
<tr><th>ช่วง
วิธีการบำรุงรักษา</th><th>ช่วงที่ 1
การลดความเสียหาย</th><th>ช่วงที่ 2
การยืดอายุการใช้งาน</th><th>ช่วงที่ 1
การแก้ไข
ปรับปรุง</th><th>ช่วงที่ 1
การพยากรณ์
อายุการใช้งาน</th></tr>
<tr><td>การเตรียมการและการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (PM)</td><td>ขั้นตอนที่ 1
วิเคราะห์ความแตกต่างของสภาพพื้นฐานและสภาพปัจจุบันของเครื่องจักร
ขั้นตอนที่ 2
ปรับสภาพปัจจุบันของเครื่องจักรให้เข้าสู่สภาพพื้นฐาน
ขั้นตอนที่ 3
กำหนดมาตรฐานการใช้งาน และสภาพพื้นฐาน</td><td colspan="3" rowspan="2">กิจกรรมบำรุงรักษาตามแผน 7 กิจกรรม
สำหรับเครื่องจักรตัวอย่าง</td></tr>
<tr><td>การบำรุงรักษาเชิงแก้ไขและปรับปรุง (CM)</td><td rowspan="2"></td><td>ขั้นตอนที่ 4
ยืดอายุการใช้งาน</td></tr>
<tr><td>การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ (CBM)</td><td colspan="2">ขั้นตอนที่ 5
ปรับปรุงวิธีการตรวจวัดและประสิทธิภาพการบำรุงรักษา</td></tr>
<tr><td>การบำรุงรักษาเชิงคุณภาพ (Quality Maintenance)</td><td colspan="4">ขั้นตอนที่ 6
การตรวจเช็คในภาพรวมทั้งหมด (Overall Diagnosis)</td></tr>
<tr><td>การติดตั้งระบบของการบำรุงรักษาตามแผน</td><td colspan="4">ขั้นตอนที่ 7
การใช้เครื่องจักรให้เต็มความสามารถของเครื่อง</td></tr>
</table>

รูปที่ 2.13 วิธีการบำรุงรักษาที่แตกต่างกันในแต่ละขั้นของแต่ละช่วง[4]

2.3.5 **ขั้นตอนกรณีบำรุงรักษาตามแผน กรณีปฏิบัติกับชิ้นส่วน** (Model Part)

เนื่องจากเป็นการบำรุงรักษาตามแผนที่กระทำกับชิ้นส่วน จึงสามารถกระทำได้โดยไม่ต้องหยุดเครื่องจักร จนถึงขั้นตอนที่ 5 ซึ่งก็เป็นการเพียงพอถ้าหากกระทำซ้ำเป็นรอบๆ อย่างสม่ำเสมอ ส่วนขั้นตอนที่ 6 จะเริ่มขึ้นก็ต่อเมื่อการเสียหายของชิ้นส่วนลดลง รายละเอียดของแต่ละช่วง และวิธีการบำรุงรักษา รวมถึงขั้นตอนต่างๆ แสดงไว้ในรูปที่ 2.14

<table>
<tr><th>ช่วง
วิธีการบำรุงรักษา</th><th>ช่วงที่ 1
การลดความเสียหาย</th><th>ช่วงที่ 2
การยืดอายุการใช้งาน</th><th>ช่วงที่ 1
การแก้ไข
ปรับปรุง</th><th>ช่วงที่ 1
การพยากรณ์
อายุการใช้งาน</th></tr>
<tr><td>การเตรียมการ
และการ
บำรุงรักษาเชิง
ป้องกัน (PM)</td><td>ขั้นตอนที่ 1
เลือกชิ้นส่วนที่สำคัญ

ขั้นตอนที่ 2
ปรับปรุงวิธีการดูแลรักษาปัจจุบัน

ขั้นตอนที่ 3
จัดทำมาตรฐานการบำรุงรักษา</td><td colspan="3">กิจกรรมบำรุงรักษาตามแผน 7 กิจกรรม
สำหรับเครื่องจักรตัวอย่าง</td></tr>
<tr><td>การบำรุงรักษา
เชิงแก้ไขและ
ปรับปรุง (CM)</td><td rowspan="2"></td><td>ขั้นตอนที่ 4
การแก้ไขเมื่อเกิดการ
ติดขัด</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>การบำรุงรักษา
เชิงพยากรณ์
(CBM)</td><td colspan="2">ขั้นตอนที่ 5
ปรับปรุงวิธีการตรวจเช็คและ
ประสิทธิภาพการบำรุงรักษา</td></tr>
<tr><td>การบำรุงรักษา
เชิงคุณภาพ
(Quality
Maintenance)</td><td colspan="4">ขั้นตอนที่ 6
การตรวจเช็คในภาพรวมทั้งหมด (Overall Diagnosis)</td></tr>
<tr><td>การเสร็จสิ้นของ
การบำรุงรักษา
ตามแผน</td><td colspan="4">ขั้นตอนที่ 7
การใช้เครื่องจักรได้อย่างเต็มที่</td></tr>
</table>

รูปที่ 2.14 วิธีการบำรุงรักษารวมถึงขั้นตอนในแต่ละช่วง[4]

<table>
<tr><th>ช่วง
วิธีบำรุงรักษา</th><th>ช่วงที่ 1
การลดความเสียหาย</th><th>ช่วงที่ 2
การยืดอายุการใช้งาน</th><th>ช่วงที่ 3
การแก้ไขปรับปรุง</th><th>ช่วงที่ 4
การพยากรณ์
อายุการใช้งาน</th></tr>
<tr><td>การเตรียมการและการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (PM)</td><td><u>ขั้นตอนที่ 1</u>
วิเคราะห์ความแตกต่างของสภาพพื้นฐานและสภาพปัจจุบันของเครื่องจักร
<u>ขั้นตอนที่ 2</u>
ปรับสภาพปัจจุบันของเครื่องจักรให้เข้าสู่สภาพพื้นฐาน
<u>ขั้นตอนที่ 3</u>
กำหนดมาตรฐานการใช้งานและสภาพพื้นฐาน</td><td colspan="3">กิจกรรมบำรุงรักษาตามแผน 7 กิจกรรม สำหรับเครื่องจักรตัวอย่าง</td></tr>
<tr><td>การบำรุงรักษาเชิงแก้ไข และปรับปรุง (CM)</td><td rowspan="2"></td><td><u>ขั้นตอนที่ 4</u>
ยืดอายุการใช้งาน</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ (CBM)</td><td colspan="2"><u>ขั้นตอนที่ 5</u>
ปรับปรุงวิธีการตรวจเช็คและประสิทธิภาพการบำรุงรักษา</td></tr>
<tr><td>การบำรุงรักษาเชิงคุณภาพ (Quality Maintenance)</td><td colspan="4"><u>ขั้นตอนที่ 6</u>
การตรวจเช็คในภาพรวมทั้งหมด (Overall Diagnosis)</td></tr>
<tr><td>การติดตั้งระบบของการบำรุงรักษาตามแผน</td><td colspan="4"><u>ขั้นตอนที่ 7</u>
การใช้เครื่องจักรให้เต็มความสามารถของเครื่อง</td></tr>
</table>

รูปที่ 2.15 7 ขั้นตอนสำหรับการบำรุงรักษาตามแผนกับเครื่องต้นแบบ[4]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการบำรงรุกษาตามแผนกับเครื่องจักรต้นแบบและกิจกรรมอื่น ๆ

ขั้นตอนที่ 1 : **การวิเคราะห์ความแตกต่างของสภาพพื้นฐาน** (Basic Condition) **กับสภาพปัจจุบันของเครื่องจักร** (Working Condition)[4]

1. **วัตถุประสงค์**

การถอดและทำความสะอาดทุกชิ้นส่วนทั้งภายนอกและภายในเครื่องจักร จะถูกปฏิบัติในขั้นตอนนี้ เพื่อทำให้ ฝ่ายซ่อมบำรุงทุกคนรู้จักและเข้าใจการทำงานของเครื่องจักรและชิ้นส่วนต่างๆ นอกจากนี้ ยังต้องเข้าใจถึงลักษณะการทำงานที่ผิดพลาด และปัจจัยที่ทำให้เกิดความผิดพลาดเหล่านั้น

2. **การดำเนินการ**

• ศึกษาหน้าที่ โครงสร้าง และหลักการทำงานของเครื่องจักร

• แยกแยะความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเครื่องจักรว่าอะไรบ้างที่แก้ไขได้ทันที และอะไรบ้างที่ยังแก้ไขไม่ได้ โดยอะไรแก้ไขได้ให้ลงมือแก้ไขทันที

• วิเคราะห์ที่มาของความเสียหาย (รูปที่ 2-16) โดยการแยกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่

• ความเสียหายจากสภาพพื้นฐานไม่ดีพอ

• ความเสียหายสุ่ม (Random Failures)

• ความเสียหายจากสภาพการใช้งานไม่ดีพอ

• ความเสียหายต่อเนื่องจากสาเหตุที่ยังไม่แก้ไข

• ความเสียหายจากความผิดปกติเกิดขึ้น

• จัดทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้สามารถป้องกันความเสียหายจากสาเหตุต่าง ๆ ได้

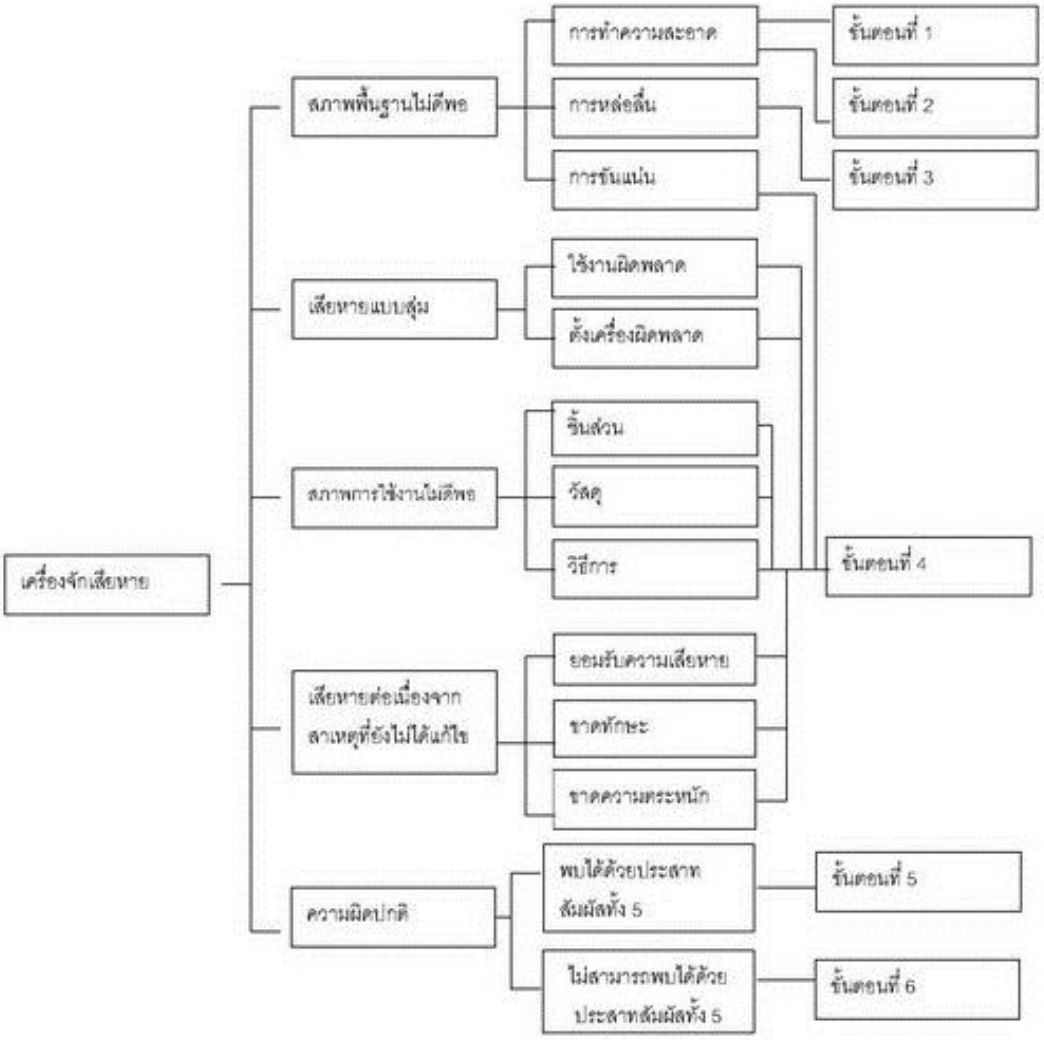
3. **การวัดและติดตามผล**

• จำนวนจุดผิดปกติ และจุดต่าง ๆ ที่ยังไม่เคยรู้ถึงการทำงาน แล้วมาพบในขั้นตอนนี้

• การบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่มีการเปลี่ยนแปลง เพื่อให้ป้องกันได้ดีขึ้น

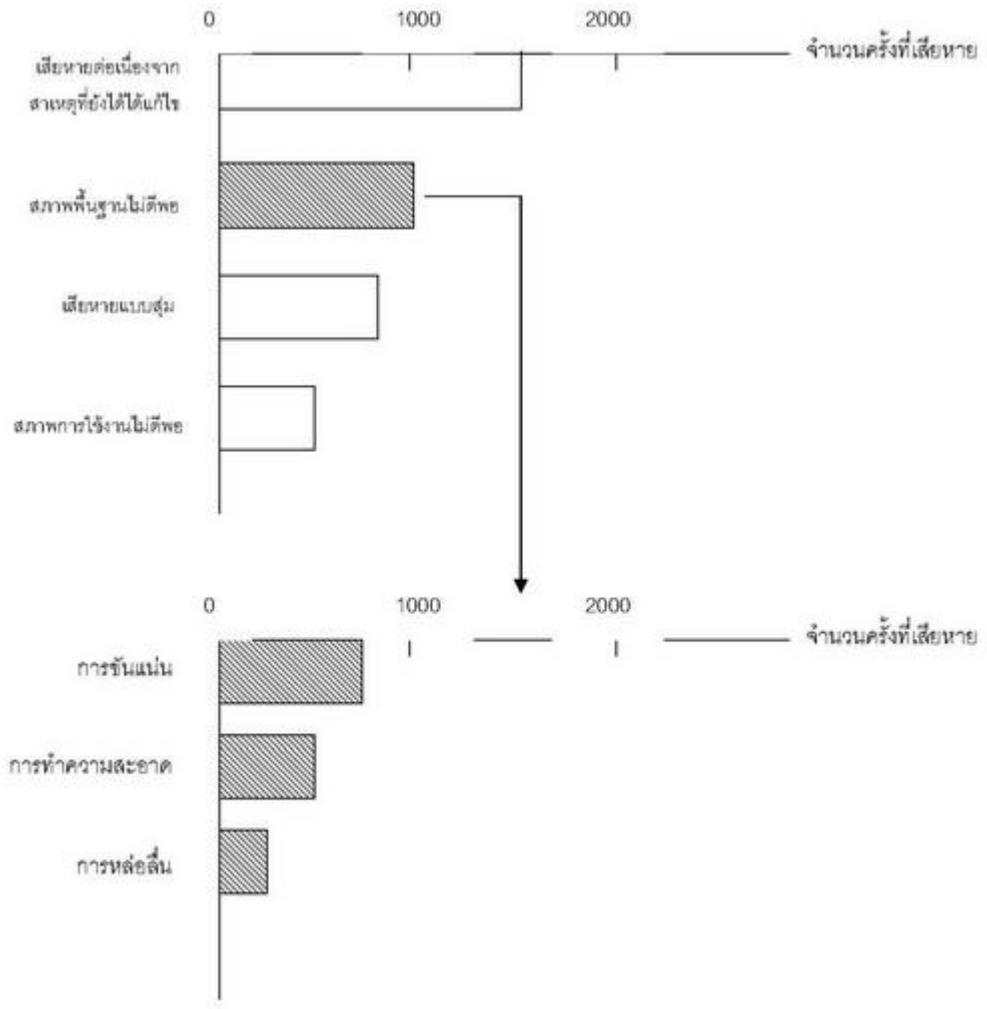
• แผนดำเนินงานต่าง ๆ สำหรับขั้นที่สอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 2.16 ความสัมพันธ์ระหว่างที่มาของความเสียหายกับการแก้ไขแต่ละขั้นตอน[4]



CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 2.17 ตัวอย่างการวิเคราะห์ที่มาของความเสียหาย แสดงให้เห็นว่าสภาพพื้นฐานไม่ดีพอเป็นสาเหตุอันดับสองซึ่งประกอบไปด้วยสาเหตุย่อยจากการขันแน่น การทำความสะอาด และการหล่อลื่น ตามลำดับ[4]

ขั้นตอนที่ 2 : **การปรับสภาพปัจจุบันของเครื่องจักรให้เข้าสู่สภาพพื้นฐาน[4]**

1. วัตถุประสงค์

จากความเสียหายที่พบในขั้นที่หนึ่ง วิธีการแก้ไขที่ดีขึ้น และการปรับปรุงควรจะได้รับการปฏิบัติในขั้นตอนนี้เพื่อป้องกันความเสียหายแบบเดิมที่จะเกิดขึ้นอีก ด้วยการเฝ้าดูเครื่องจักรอุปกรณ์อย่างใกล้ชิด

2. การดำเนินการ

- การแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่ยังเหลือจากขั้นที่ 1 พร้อมทั้งกำจัดสาเหตุที่มาจากเครื่องจักร
- กำหนดเวลาที่ต้องหยุดเครื่องในการทำความสะอาด และหล่อลื่น เพื่อให้เครื่องเดินได้ดี
- ประสานงานกับพนักงานผู้ใช้เครื่องเพื่อให้การทำความสะอาดเป็นส่วนหนึ่งในมาตรฐาน

3. การปฏิบัติงาน

- ปรับปรุงสภาพการใช้งาน

4. การวัดและติดตามผล

- การเปลี่ยนแปลงมาตรฐานการปฏิบัติของพนักงานผู้ใช้เครื่องให้ครอบคลุมถึงการดูแลเครื่อง
- จำนวนหัวข้อของการปรับปรุง
- จำนวนข้อเสนอแนะในการป้องกันความเสียหายของเครื่อง
- จำนวนครั้งที่เครื่องจักรเสียหายที่เกิดขึ้นจากสภาพพื้นฐาน หรือสภาพการใช้งาน

ขั้นตอนที่ 3 : **กำหนดมาตรฐานใช้งาน และสภาพพื้นฐาน[4]**

1. วัตถุประสงค์

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการออกแบบมาตรฐานการปฏิบัติงานเพื่อรักษาการปรับปรุงที่เกิดขึ้นแล้วในขั้นที่สอง ให้ดำรงอยู่ต่อไป

2. การดำเนินการ

- เพื่อที่จะเตรียมมาตรฐานการตรวจสอบเชิงป้องกันที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ใช้งานตามปกติของเครื่อง แนบกับมาตรฐานเพื่อป้องกันความเสียหายที่เคยเกิดขึ้นแล้ว ที่พบตั้งแต่ขั้นที่หนึ่ง ซึ่งปรากฏอยู่ในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่จัดทำในขั้นที่หนึ่ง
- การควบคุมด้วยการมองเห็น (Visual Control) ที่มาจากมุมมองของพนักงานผู้ใช้เครื่อง
- การแบ่งความรับผิดชอบในการปรับปรุงระหว่างฝ่ายซ่อมบำรุงที่ทำการบำรุงรักษาตามแผนกับพนักงานผู้ใช้เครื่องที่ทำการบำรุงรักษาด้วยตนเอง (Autonomous Maintenance)
- บันทึกผลของมาตรฐานหลังจากนำไปปฏิบัติ เช่น เวลาที่ใช้ในการตรวจสอบแต่ละครั้ง การปฏิบัติงานที่ยากลำบากและสาเหตุที่ทำให้ยากลำบาก เป็นต้น

3. การวัดและติดตามผล

• จำนวนมาตรฐานที่ได้จัดทำ หรือได้ปรับปรุง

• ความเสียหายที่ลดลงโดยรู้สาเหตุว่าทำไมจึงลดลงมาถึงขั้นนี้จะต้องเห็นการขัดข้องความเสียหาย ของเครื่องจักรลดลงอย่างชัดเจน มิฉะนั้นแล้วให้กลับไปยังขั้นที่หนึ่งใหม่

ขั้นตอนที่ 4 : การยืดอายุการใช้งาน[4]

1. วัตถุประสงค์

ขั้นตอนที่ 1 ถึงขั้นตอนที่ 3 เป็นความพยายามที่จะลดความเสียหายของเครื่องจักร โดยมีศูนย์กลางที่สภาพพื้นฐานและการปรับปรุงเฉพาะงานบำรุงรักษา ในขั้นตอนนี้จะเป็นการซ่อมบำรุงเชิงแก้ไขปรับปรุง (Corrective Maintenance) โดยมีเป้าหมายหลักในการยืดอายุการใช้งาน โดยไม่ได้เป็นเพียงแต่การปรับปรุงเครื่องจักร แต่จะรวมถึงการปรับปรุงวิธี การบำรุงรักษาด้วย

2. การดำเนินการ

• ศึกษาระบบต่าง ๆ ของเครื่องจักรร่วมกับขั้นตอนในการตรวจสอบโดยรวม ของการบำรุงรักษาด้วยตนเอง โดยทั่วไปจะเป็นระบบกลไกในการขับเคลื่อน ระบบไฮดรอลิกส์ ระบบเซ็นเซอร์ระบบนิวเมติกส์ เป็นต้น

• การวิเคราะห์ประวัติความเสียหาย การซ่อมบำรุง และ MTBF

• การวิเคราะห์ความเสียหายที่ยังหาสาเหตุไม่ได้ โดยการใช้ เทคนิคในการวิเคราะห์เฉพาะระบบกลไกของเครื่อง หรือที่เรียกว่า PM Analysis (Phenomena – Mechanism Analysis)

• การปรับปรุงการเสียหายสุ่ม (Random Failure) โดยการพิจารณาทักษะในการซ่อมบำรุงและการฝึกอบรม

• จัดทำกำหนดการซ่อมบำรุง

3. การวัดและติดตามผล

• จำนวนครั้งที่ทำการแก้ไขและปรับปรุง ในกลไกทุกระบบ

• MTBF และ MTTR

• ความสัมพันธ์ระหว่างชั่วโมงการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และ MTTR หมายความว่า ในขั้นตอนนี้จะเน้นไปที่การลด MTTR มากกว่าที่จะลดชั่วโมงการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน แต่ค่า MTTR ที่แสดงผลของการปรับปรุงที่แท้จริง ต้องเป็นค่า MTTR ที่ลดลงโดยไม่เพิ่มชั่วโมงการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

• การปรับปรุงมาตรฐานการบำรุงรักษา

• การมอบหมายงานซ่อมบำรุงไปสู่ขั้นตอนการปฏิบัติ การบำรุงรักษาด้วยตนเอง

• จำนวนของข้อมูลที่นำไปเป็นประโยชน์ต่อ การป้องกันการบำรุงรักษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนที่ 5 : **ปรับปรุงวิธีการตรวจเช็ค และประสิทธิภาพการบำรุงรักษา**[4]

1. **วัตถุประสงค์**

ในขั้นตอนนี้จะทำให้มั่นใจได้ว่าการบำรงรักษาเชิงป้องกันจะไม่มีการละเลย และชั่วโมงการบำรุงรักษาจะลดลง โดยการสร้างมาตรฐานในการซ่อมบำรุง ซึ่งก็คือนำมาตรฐานในขั้นตอนที่มาปรับปรุงให้ง่ายและมีประสิทธิภาพ มากขึ้น

2. **การดำเนินการ**

• การตรวจสอบที่แม่นยำปราณีต และปรับปรุงวิธีปฏิบัติให้สะดวกสบาย

• การสำรวจเพื่อหาสิ่งบอกเหตุ หรืออาการต่าง ๆ ของเครื่องที่เกิดขึ้นก่อนการเสียหายเพื่อจะนำมาใช้เป็นเครื่องมือที่ทำให้ทราบว่าเครื่องจักรกำลังจะเสียหาย

• การรับรู้ด้วยวิธีง่าย ๆ เมื่อสิ่งบอกเหตุหรืออาการต่าง ๆ เกิดขึ้น

• การลดจำนวนจุดต่าง ๆ ในการตรวจสอบให้เหลือเพียงจุดสำคัญ ๆ

• การปรับปรุงวิธีการบำรุงรักษาเพื่อให้ใช้เวลาน้อยลง

• กิจกรรมเพื่อลดเวลาในการแก้ไขเมื่อเครื่องเกิดขัดข้อง

• การทบทวนมาตรฐานการซ่อมบำรุงและกำหนดการซ่อมบำรุงที่ได้จัดทำไว้ขั้นตอนที่ 4

3. **การวัดและการติดตามผล**

• การลดของเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบและการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

• ความสัมพันธ์ระหว่างชั่วโมงการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันกับ MTTR

• การลดลงของค่า MTTR

• ปริมาณการปรับปรุงประเมินต่าง ๆ ในมาตรฐานการซ่อมบำรุง

ขั้นตอนที่ 6 : **การตรวจเช็คในภาพรวมทั้งหมด** (Overall Diagnosis)[4]

1. **วัตถุประสงค์**

กิจกรรมทั้งหมดจนถึงขั้นที่ 5 มีวัตถุประสงค์ที่จะกำจัดความเสียหายที่ทำให้เครื่องหยุด แต่ยังมีความเสียหายที่ไม่ได้คำนึงถึง คือ ความเสียหายที่ทำให้เครื่องด้อยคุณภาพในการใช้งาน แต่ไม่ถึงกับเครื่องหยุด รวมถึงความเสียหายที่ยังไม่รู้ว่าส่งผลกระทบต่ออะไร ในขั้นตอนนี้จะพยายามลดความเสียหายทั้งหมดทุกประเภท หรือสามารถเรียกได้ว่าเป็นการบำรุงรักษาเชิงคุณภาพ (Quality Maintenance) โดยเจ้าหน้าที่ฝ่ายซ่อมบำรุง

2. **การดำเนินการ**

• การปฏิบัติขั้นตอนที่ 1 ถึง 5 โดยคำนึง การใช้งานอย่างมีคุณภาพของเครื่องจักร

• วิเคราะห์ลักษณะทางคุณภาพการใช้งานว่าลักษณะคุณภาพใดที่จะได้รับผลกระทบจากการบำรุงรักษา

• พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างเงื่อนไขในการใช้งานของเครื่องกับคุณภาพการใช้งาน

• วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์กับคุณภาพของพลังงานที่ใช้ ในบางกรณีเช่น แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ลดลง ความดันลมหรือน้ำมันที่ลดลง อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพการใช้งาน

• สำรวจผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบ ๆ ที่อาจจะส่งผลต่อคุณภาพการใช้งาน เช่น ฝุ่นผงที่มีอยู่ภายในอากาศ หรือ ความสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นในบริเวณรอบ ๆ

• หาวิธีการในการป้องกันการเกิดปัญหาคุณภาพการใช้งาน และปรับปรุงวิธีการใช้งานและการบำรุงรักษาเพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของชิ้นงานด้วย

• จัดทำและปรับปรุงมาตรฐานการบำรุงรักษาเพื่อรักษาสภาพการใช้งานที่ปราศจากของเสีย

3. การวัดและติดตามผล

• การบำรุงรักษาเชิงคุณภาพที่เข้าไปเป็นส่วนหนึ่งในการบำรุงรักษาด้วยตนเองของพนักงานผู้ใช้เครื่อง

• อัตราส่วนของเสียของชิ้นงาน

• จำนวนการปรับปรุงมาตรฐานการซ่อมบำรุง

• จำนวนชั่วโมงการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ทำเพื่อคุณภาพในการใช้งาน

ขั้นตอนที่ 7 : การใช้เครื่องให้เต็มความสามารถของเครื่อง[4]

1. วัตถุประสงค์

ขั้นตอนนี้จะทำการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ (Predictive Maintenance) เพื่อให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ใช้งานได้ยาวนานที่สุด

2. การดำเนินการ

• การพยากรณ์เวลาการหมดอายุของชิ้นส่วน โดยการเรียงตามลำดับความสำคัญ

• ศึกษาวิจัยและหาเทคโนโลยีการซ่อมบำรุงต่าง ๆ เพื่อให้การพยากรณ์อายุการใช้งานของชิ้นส่วนต่าง ๆแม่นยำ

• หาวิธีการที่จะทำให้ชิ้นส่วนต่าง ๆ แสดงให้ฝ่ายซ่อมบำรุงหรือพนักงานผู้ใช้เครื่องเห็นว่าชิ้นส่วนกำลังจะหมดอายุด้วยตัวของมันเอง

ขั้นตอนการบำรุงรักษาตามแผนกับชิ้นส่วนต้นแบบและกิจกรรมอื่น ๆ[4]

ขั้นตอนการบำรุงรักษากับชิ้นส่วนต้นแบบ

ขั้นตอนที่ 1 : เลือกชิ้นส่วนที่สำคัญ[4]

1. วัตถุประสงค์

เพื่อให้การบำรุงรักษาตามแผนกับชิ้นส่วนนั้น ส่งผลให้เครื่องจักรสามารถใช้งานได้ยาวนานก่อนการเสียหายแต่ละครั้ง และหากเกิดการเสียหายก็ต้องกลับมาใช้งานได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงต้องเลือกชิ้นส่วนที่ทำให้เครื่องจักรเสียเร็ว หรือไม่ก็เลือกชิ้นส่วนที่ต้องใช้เวลาในการแก้ไขนาน

2. การดำเนินงาน

เพื่อยืดอายุการใช้งานเครื่องจักรก่อนการเสียหายแต่ละครั้ง (เลือกจาก MTBF)

• ชิ้นส่วนใดที่เสียหายแล้วจะทำให้เกิดการสูญเสียในกระบวนการผลิตมาก ชิ้นส่วนนั้นควรจะถูกเลือกมาเป็นอันดับแรก

• พิจารณาจากการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (PM) ว่าการทำแต่ละครั้งมีชิ้นส่วนใดที่ต้องเปลี่ยนอยู่เป็นประจำ และพิจารณาจากการบำรุงรักษาเมื่อขัดข้อง (BM) แต่ละครั้งเกิดจากชิ้นส่วนใดบ่อยที่สุด

• วิเคราะห์ความเสียหายของแต่ละชิ้นส่วน เพื่อศึกษาว่าการเสียหายนั้นเกิดขึ้นจากตัวชิ้นส่วนเองเกิดขึ้นจากสาเหตุอื่น หากเกิดจากสาเหตุภายนอกอื่น ๆ ชิ้นส่วนนั้น ๆ ก็ไม่ควรถูกเลือก

เพื่อลดเวลาที่ใช้แก้ไขสำหรับการเสียหายแต่ละครั้ง (เลือกจาก MTTR)

• ชิ้นส่วนที่เสียค่าใช้จ่ายสูง และแรงงานมากในการซ่อมแซมแต่ละครั้ง

• ชิ้นส่วนที่ต้องใช้ทักษะในการซ่อมบำรุงสูง

• ชิ้นส่วนที่มีประสิทธิภาพการใช้งานต่ำ

• ชิ้นส่วนที่หากเกิดการเสียหายแล้วจะทำให้งานไม่สามารถส่งต่อไปยังหน่วยงานถัดไปได้ (Bottlenecks)

• ชิ้นส่วนที่เสียหายแล้วเกิดการหยุดเครื่องนาน

จากที่กล่าวมา ชิ้นส่วนต่าง ๆ ควรจะถูกจัดลำดับความสำคัญทั้งตาม MTBF และ MTTR หลังจากนั้นจึงค่อยทำการเลือกชิ้นส่วนมาจากทั้งสองวิธี

ขั้นตอนที่ 2 : ปรับปรุงวิธีการดูแลรักษาปัจจุบัน[4]

1. วัตถุประสงค์

เพื่อทำการปรับปรุงวิธีการบำรุงรักษาสำหรับชิ้นส่วนที่ถูกเลือกตามลำดับความสำคัญในขั้นตอนที่ 1

2. การดำเนินการ

ปรับปรุงวิธีการบำรุงรักษาเพื่อเพิ่ม MTBF

• สำรวจความเสียหายและหาความบกพร่องของกลไกต่าง ๆ จากภายนอกเครื่องจนถึงภายใน

• ศึกษาสมรรถนะของชิ้นส่วนโดยการทดสอบการใช้งาน การปฏิบัติตามคู่มือ และการติดตั้ง

• วิเคราะห์อาการเริ่มต้นของการเสียหายว่าสามารถส่งสัญญานให้ทราบได้หรือไม่ ในลักษณะใด

• พิจารณาชิ้นส่วนว่ามีระบบป้องกันความเสียหายหรือไม่

• ทบทวนวัตถุประสงค์ของการตรวจเช็คอีกครั้งว่าทำเพื่ออะไร ไม่ว่าจะเป็น การตรวจเช็คประจำวันการตรวจเช็คตามเวลา รวมถึงการบำรุงรักษาตามเวลา เพื่อดูว่าสอดคล้องกับการป้องกันความเสียหายหรือไม่

• การผลิตเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจเช็ค

• การปรับปรุงวิธีการบำรุงรักษาเพื่อลด MTTR

• พิจารณาว่าชิ้นส่วนนั้น ๆ หาข้อบกพร่องได้ง่ายหรือไม่

• ปรับปรุงวิธีการซ่อมบำรุง โดยการทำให้การถอดและการประกอบง่ายขึ้นด้วยการใช้อุปกรณ์ช่วยเช่น อุปกรณ์ช่วยให้การนำร่อง (Jig) และอุปกรณ์ช่วยในการจับยึด (Fixture) รวมถึงการติดตั้งอุปกรณ์ขนถ่าย (Handling) สำหรับชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่และต้องใช้ความระมัดระวังในการเคลื่อนย้าย

• ปรับปรุงวิธีการจัดเก็บอะไหล่ ให้สามารถค้าหาได้ง่าย เบิกจ่ายได้ง่าย

• จัดทำขั้นตอนมาตรฐานในการตรวจเช็คขณะทำการถอด ในขณะทำการประกอบรวมถึงในขณะทำการซ่อม

ขั้นตอนที่ 3 : จัดทำมาตรฐานการบำรุงรักษา[4]

1. วัตถุประสงค์

เพื่อนำสิ่งที่ประสบความสำเร็จจากการปฏิบัติจากขั้นที่ 1 จนมาถึงขั้นที่ 2 มาจัดทำเป็นมาตรฐาน และเพื่อที่จะกำหนดวิธีและเพิ่มเติมเทคโนโลยีในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

2. การดำเนินการ

• จัดทำมาตรฐานการตรวจสอบประจำวัน

• จัดทำมาตรฐานการตรวจสอบตามคาบเวลา

• จัดทำมาตรฐานการแก้ไขซ่อมแซมตามคาบเวลา

• เปรียบเทียบกับมาตรฐานของชิ้นส่วนอื่น ๆ เพื่อศึกษาเพิ่มเติม

• พิจารณาว่าขั้นตอนการปฏิบัติใดในมาตรฐานที่สามารถเป็นความรับผิดชอบร่วมกันระหว่างฝ่ายซ่อมบำรุงกับผู้ใช้เครื่อง

ขั้นตอนที่ 4 : การแก้ไขเมื่อเกิดการติดขัด[4]

1. วัตถุประสงค์

เพื่อให้กิจกรรมต่าง ๆ ที่ต้องกระทำในขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2 กระทำได้ด้วยวิธีการที่ง่าย และมีระบบป้องกันความผิดพลาด ทั้งการใช้งาน การตรวจเช็ค การบำรุงรักษา และการซ่อมแซม หรือ เรียกว่าการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุง (Corrective Maintenance) ซึ่งทั้งหมดนั้นจะเกิดขึ้นได้ บางครั้งต้องมีการออกแบบอุปกรณ์เพิ่มเติมหรือต้องแก้ไขอุปกรณ์เดิม

2. การดำเนินการ

• วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเงื่อนไขและการตั้งค่าต่าง ๆ ที่มีผลต่อการใช้งาน เช่น อุณหภูมิความชื้น คุณภาพของพลังงาน ความสั่นสะเทือน ความเครียด และความล้า

• ป้องกันการด้อยคุณภาพในการใช้งาน เช่น การย้ายตำแหน่งการติดตั้งเพื่อหลีกเลี่ยงอุณหภูมิสูงการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันฝุ่นและความชื้น การติดตั้งอุปกรณ์ช่วยรับแรงสั่นสะเทือน (Absorbers) และ การปรับปรุงคุณภาพของพลังงานที่ใช้ เช่น การใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีแรงเคลื่อนคงที่ การใช้อุปกรณ์ช่วยให้ลมมีความชื้นต่ำในกรณีของการใช้ลมเป็นพลังงาน เป็นต้น

• การวิเคราะห์ความเสียหายจากระบบกลไก (Mechanism) ในการวิเคราะห์ความเสียหายจากระบบกลไกนี้จะไม่พูดถึงความเสียหายที่มาจากวิธีการใช้งาน เงื่อนไขในการใช้งานแต่จะพูดถึงว่ามีความเสียหายใดบ้างที่มาจากความบกพร่องของระบบกลไกของชิ้นส่วนเอง เช่น การใช้สายพานแทนที่จะใช้เฟือง จึงทำให้เมื่อรับภาระมากแล้วเกิดการลื่นไถล การใช้ถังน้ำมันไฮดรอลิกส์มีขนาดเล็กทำให้การระบายความร้อนไม่ดี เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 5 : การปรับปรุงวิธีการตรวจเช็คและประสิทธิภาพการบำรุงรักษา[4]

1. วัตถุประสงค์

• เพื่อการกำหนดเวลาที่เหมาะสมในการซ่อมบำรุงแต่ละครั้งว่าควรจะใช้เวลาเท่าไหร่

• เพื่อลดจำนวนชั่วโมงการทำงานในการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยไม่ให้กระทบต่อประสิทธิภาพในการป้องกันความเสียหาย

• เพื่อป้องกันความเสียหายแบบฉับพลันและลดจำนวนครั้งของการซ่อมบำรุงที่ไม่ได้อยู่ในแผน

2. การดำเนินการ

• การปรับปรุงในอนาคตของมาตรฐานการบำรุงรักษาที่มีไว้แล้วตั้งแต่ขั้นตอนที่ 3

• การปรับปรุงวิธีการตรวจเช็ค และเครื่องมือที่ใช้

• ศึกษาค้นคว้าเทคโนโลยีใหม่ ๆ ในการตรวจเช็ค เช่น การวิเคราะห์ความสั่นสะเทือน การวิเคราะห์ความสึกหรอ และ การกัดกร่อน การวิเคราะห์ลักษณะการหมุนและความเร็วในการเคลื่อนที่ และการวิเคราะห์การตรวจจับต่าง ๆ (Sensor)

ขั้นตอนที่ 6 และ ขั้นตอนที่ 7 คือการขยายไปสู่อุปกรณ์หรือเครื่องจักรอื่น ๆ ในชิ้นส่วนที่สำคัญ ๆเช่นเดิม โดยมีวิธีการดำเนินการเหมือนกับขั้นตอนที่ 6 และ 7 ของการบำรุงรักษาตามแผนกับเครื่องจักรต้นแบบในฉบับที่แล้ว

กิจกรรมอื่น

เพื่อให้การบำรุงรักษาตามแผนนั้นได้ผลเป็นอย่างดี ฝ่ายซ่อมบำรุงจำเป็นต้องมีกิจกรรมอื่น ๆ เพื่อเป็นการเพิ่มการมีส่วนร่วมในการบำรุงรักษาตามแผนทั้งจากผู้ใช้เครื่อง จากฝ่ายผลิตและฝ่ายซ่อมบำรุงเองกิจกรรมดังกล่าวได้แก่กิจกรรมสำหรับการบำรุงรักษาด้วยตนเอง(Autonomous Maintenance) กิจกรรมสำหรับการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุง (Corrective Maintenance) กิจกรรมสำหรับการป้องกันการบำรุงรักษา(Maintenance Prevention) และกิจกรรมสำหรับการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ (Predictive Maintenance) โดยกิจกรรมที่กระทำต่าง ๆ นั้นจะทำเฉพาะในส่วนที่จำเป็น ๆ ที่จะส่งผลให้อัตราการเดินเครื่อง (Availability) สูงสุด

กิจกรรมที่ 1 : กิจกรรมที่จะแนะนำและช่วยเหลือในการบำรุงรักษาด้วยตนเอง[4]

1. วัตถุประสงค์

เพื่อให้พนักงานผู้ใช้เครื่องได้ทำการดูแลรักษาเครื่องจักรประจำวันโดยผ่าน 7 ขั้นตอนของการบำรุงรักษาด้วยตนเอง โดยต้องมีการแนะนำและช่วยเหลือในสิ่งต่าง ๆ ต่อไปนี้

• ความรู้เกี่ยวกับการบำรุงรักษาเชิงป้องกันกับผู้นำกลุ่มการบำรุงรักษาด้วยตนเอง

• การให้ข้อมูลย้อนกลับหลังพบความผิดปกติ

• วิธีการจัดการเมื่อพบว่าเครื่องจักรเสีย

2. **การดำเนินการ**

• ให้ความรู้เกี่ยวกับการบำรุงรักษาเชิงป้องกันโดยผ่านผู้นำกลุ่ม

• ในการให้ความรู้ ควรเน้นไปที่การใช้เครื่องจักรอุปกรณ์ได้อย่างปลอดภัย และความรู้ที่ต้องการในการปฏิบัติแต่ละขั้นตอนของการบำรุงรักษาด้วยตนเอง

• ให้ดำเนินการเมื่อพบความผิดปกติ (Malfunction) ในขณะทำการบำรุงรักษาด้วยตนเอง วิธีการที่ให้นี้จะใช้ก็ต่อเมื่อความผิดปกตินั้นไม่สามารถดำเนินการแก้ไขได้โดยขั้นตอนของการบำรุงรักษาด้วยตนเอง หรือ ด้วยสมาชิกในกลุ่มตัวอย่างได้แสดงไว้ใน รูปที่ 2-18

• ให้วิธีการดำเนินการเมื่อพบเครื่องจักรเสีย

• การจัดการที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพเมื่อพบความผิดปกติ จะช่วยป้องกันความเสียหายอันเนื่องจากสิ่งผิดปกติเหล่านั้นได้ สำหรับฝ่ายซ่อมบำรุง ในการที่จะให้ข้อมูลย้อนกลับไปยังผู้ใช้เครื่อง และความสัมพันธ์ของทั้งฝ่ายซ่อมบำรุงและผู้ใช้เครื่อง ในการแก้ไขและทำให้เป็นมาตรฐาน ได้แสดงไว้ใน รูปที่ 2-19

กิจกรรมที่ 2 : **กิจกรรมสำหรับการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุง**[4]

1. **วัตถุประสงค์**

ไม่บ่อยนักที่เราจะพบข้อบกพร่องหรือการใช้งานที่ไม่ดี รวมถึงการซ่อมบำรุงที่ยุ่งยากซับซ้อนในขั้นตอนของการออกแบบสร้างเครื่องจักร นอกจากเราต้องใช้มันก่อน เราจึงจะพบสิ่งต่างๆ ที่กล่าวมาดังนั้นวัตถุประสงค์ของกิจกรรมนี้ คือ การทำให้เครื่องจักรใช้งานได้สะดวกสบายในด้านต่าง ๆ ต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การใช้งาน

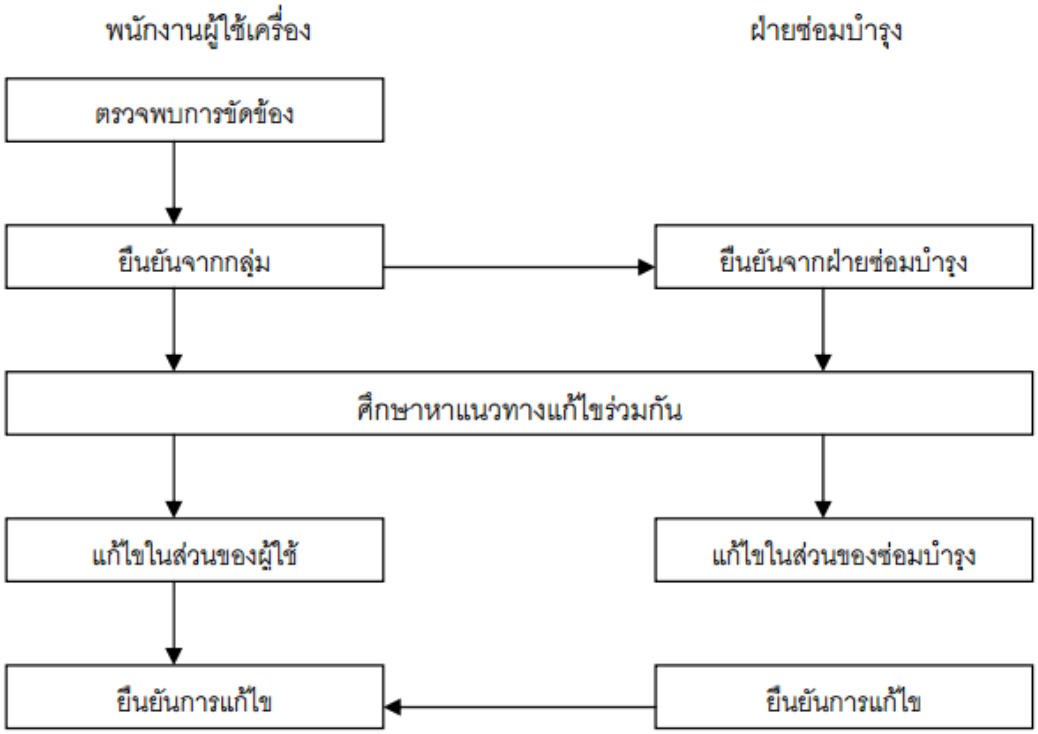
• ไม่เกิดความเสียหายบ่อย

• เวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นงาน (Cycle Time) คงที่

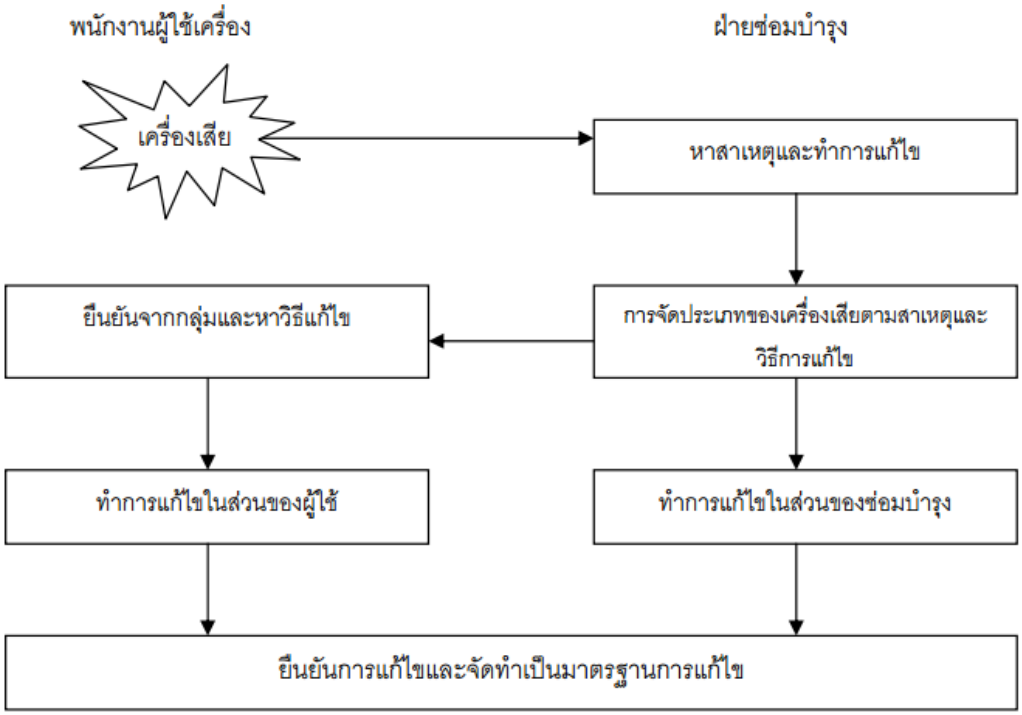
• โอกาสที่จะผลิตของเสียมีน้อย

• ง่ายต่อการวัดและอ่านค่าต่าง ๆ

• ไม่ต้องการการปรับแต่งมากนัก



รูปที่ 2.18 การดำเนินการร่วมกันเมื่อพบการขัดข้อง



รูปที่ 2.19 การดำเนินการร่วมกันเมื่อพบเครื่องจักรเสีย

การซ่อมบำรุง

• ต้องทราบทันทีหากเกิดการเสียหาย

• ต้องทราบทันทีที่เริ่มมีอาการผิดปกติ

• ต้องมีการเตรียมอะไหล่ให้พร้อม

• ง่ายในการเปลี่ยนถ่ายน้ำมัน หรือ การหล่อลื่นต่าง ๆ

• ความพร้อมในการลงมือแก้ไขหากเครื่องเสีย

นอกจากการใช้งาน การซ่อมบำรุงตามที่กล่าวมาแล้ว การบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุงยังต้องการกิจกรรมเพื่อการบำรุงรักษาด้วยตนเองที่ง่ายและสะดวกสบาย การใช้งานเครื่องจักรอย่างปลอดภัย

2. การดำเนินการ

• การบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุง เพื่อการบำรุงรักษาประจำวัน

เพื่อวัตถุประสงค์ในการทำให้การบำรุงรักษาด้วยตนเองของผู้ใช้เครื่องดำเนินไปด้วยความสะดวกสบาย จึงต้องมีการสอบถามผู้ใช้เครื่องถึงจุดยากลำบาก และความไม่สะดวกสบายในการดูแลรักษาประจำวันว่ามีอะไรบ้าง เพื่อทำการแก้ไขและปรับปรุงต่อไป

• การบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุง เพื่อการบำรุงรักษาตามคาบเวลา

ส่วนใหญ่แล้วการบำรุงรักษาตามคาบเวลา เช่น รายเดือน รายปี มักจะเป็นหน้าที่ของฝ่ายซ่อมบำรุง และแต่ละครั้งจะเป็นการซ่อมบำรุงรักษาใหญ่ ใช้เวลามาก ถึงแม้จะไม่ได้ทำทุกวัน ก็ควรจะทำให้ง่ายและสะดวกด้วยเหมือนกัน

• การปรับปรุงเครื่องจักรโดยทำเป็นโครงการ

ควรจะทำเป็นทีม โดยเน้นไปที่การปรับปรุงแบบของเครื่องจักร การเปลี่ยนแปลงวัสดุ การหาเทคโนโลยีใหม่มาทดแทน โดยดำเนินการในรูปแบบของโครงการ มีการวางแผน การปฏิบัติ การติดตามผล และการปรับปรุงหรือแก้ไข

กิจกรรมเพื่อการป้องกันการบำรุงรักษา (Maintenance Prevention)[4]

บ่อยครั้งที่การออกแบบเครื่องจักรไม่ได้ออกแบบมาให้สามารถบำรุงรักษาได้ด้วยตัวของมันเอง แต่จะพิจารณาเฉพาะเรื่องของกรรมวิธีการผลิตเป็นหลัก ทำให้เมื่อนำมาใช้งาน จึงเป็นหน้าที่ฝ่ายซ่อมบำรุงในการหาวิธีดูแลรักษาเครื่องจักรไม่ว่าจะเป็นการหมั่นตรวจเช็ค การมีแผนรองรับหากเครื่องจักรเสียหาย รวมถึงการมีแผนการบำรุงรักษาตามระยะเวลา หรือ ตามสภาพการใช้งาน ซึ่งกิจกรรมดังกล่าวนั้นเป็นเรื่องที่จำเป็นและถูกต้องหากมองในแง่มุมของความพยายามที่จะไม่ให้เครื่องจักรเสีย แต่บางครั้งก็เป็นการสิ้นเปลืองหากมองในมุมของชั่วโมงแรงงานที่ใช้ในการ

บำรุงรักษา หรือบางครั้งเครื่องก็ยังคงเสียหายเนื่องจากความหละหลวม ความหลงลืม หรือจากการปฏิบัติที่ไม่ถูกต้องของพนักงานซ่อมบำรุง

ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าว กิจกรรมหนึ่งในการบำรุงรักษา ควรจะเป็นเรื่องการหาวิธีที่จะทำให้เครื่องจักรลดความต้องการในการบำรุงรักษา หรือไม่ต้องการเลย เพื่อจำนวนชั่วโมงแรงงานที่ใช้ในการบำรุงรักษาจะได้ลดลง โอกาสผิดพลาดหลงลืมในการบำรุงรักษาจะได้ลดลง กิจกรรมดังกล่าวนั้นก็คือ การป้องกันการบำรุงรักษา

พิจารณาความต้องการการบำรุงรักษาของเครื่องจักร

การป้องกันการบำรุงรักษานั้นจะกระทำได้ก็ต่อเมื่อทราบว่า เครื่องจักรนั้นๆ ต้องการการบำรุงรักษาจุดสำคัญๆ ตรงไหนบ้าง และต้องมีลักษณะอย่างไร มีความถี่แค่ไหน การพิจารณาความต้องการการบำรุงรักษาจะพิจารณาจากการบำรุงรักษาที่จะทำให้เครื่องจักรใช้งานได้เต็มที่ และพิจารณาการบำรุงรักษาให้เครื่องจักรใช้ประโยชน์ได้สูงสุด

การบำรุงรักษา

- ให้เครื่องจักรผลิตแต่ชิ้นงานที่มีคุณภาพ
- การบำรุงรักษาเพื่อเพิ่มอัตราการใช้งานในระยะยาว
- การบำรุงรักษาเพื่อปรับปรุงความสามารถในการปฏิบัติงานและเพิ่มความปลอดภัย

นอกจากการพิจารณาต่างๆ ที่กล่าวมาแล้ว ยังต้องมีการพิจารณาต่อไปว่า หากไม่เป็นไปตามนั้นจะมีอะไรทำให้รับรู้ก่อนได้หรือไม่ในรูปของการแสดงผลด้วยอุปกรณ์ต่างๆ

- ด้วยชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องจักรเอง
- ด้วยอุปกรณ์เสริมที่ต้องติดตั้งเพิ่ม
- การใช้ร่วมกันระหว่างอุปกรณ์เดิมของเครื่องกับอุปกรณ์เสริม

การใช้อุปกรณ์ดังกล่าวไม่ว่าจะติดมากับเครื่องจักร หรือติดตั้งเพิ่มเข้าไปก็ตาม ถ้ามองในมุมของผู้ใช้เครื่องหรือพนักงานซ่อมบำรุง อุปกรณ์ต่างๆ นั้นก็คือ อุปกรณ์ที่ช่วยให้ความสะดวกในการปฏิบัติงาน

- ใช้งานได้อย่างง่าย
- พบความผิดปกติได้ง่าย
- ป้องกันความผิดปกติได้ง่าย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.3 การรวบรวมความต้องการการบำรุงรักษาในรูปของรายการตรวจสอบ (Check List)[4]

	สภาพที่ต้องการ	ความต้องการการบำรุงรักษา	
		ต้องการ	ไม่ต้องการ
	• ไม่เสียหายบ่อย • ไม่มีการหยุดเล็กน้อย (minor stopage) • ไม่เกิดของเสียมาก • การกำจัดเวลาตั้งเครื่องหรือปรับแต่ง • รอบเวลาการผลิต (Cycle time) คงที่ • ไม่มีความเบี่ยงเบนของค่าต่างๆ ที่ตั้งไว้ • มีสิ่งบอกเหตุให้ทราบได้หากเกิดความผิดปกติ		

Reliability: ลักษณะที่แสดงว่าเครื่องไม่เสื่อมสภาพหรือไม่หยุดเนื่องจากขัดข้อง (MTBF ที่ยาว)

	• มีวิธีการตรวจจับความเสียหายที่พร้อมเสมอ • มีวิธีการตรวจจับความเปลี่ยนแปลงที่พร้อมเสมอ • มีการตั้งค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่ง่ายต่อการเรียนรู้ • การเปลี่ยนชิ้นส่วนทำได้อย่างง่าย • ไม่มีชิ้นส่วนที่ไม่ได้รับการดูแลรักษา • ไม่ต้องการทักษะและประสบการณ์สูง ในการซ่อมบำรุง • ใช้อะไหล่ที่มีอัตราการใช้งานได้สูง • ง่ายในการหล่อลื่นและเปลี่ยนถ่ายน้ำมัน		

Maintenability: ลักษณะที่แสดงว่ามีความสามารถในการวัดความเสียหาย รับรู้ข้อบกพร่องและการแก้ไข (MTTR ที่สั้น)

ตารางที่ 2.4 การรวบรวมความต้องการการบำรุงรักษาในรูปของรายการตรวจสอบ (Check List) **(ต่อ)[4]**

	สภาพที่ต้องการ	ความต้องการการบำรุงรักษา	
		ต้องการ	ไม่ต้องการ

การบำรุงรักษาด้วยตนเอง : ลักษณะที่แสดงว่าผู้ใช้เครื่องสามารถทำความสะอาด หล่อลื่นและตรวจสอบด้วยเวลาเพียงเล็กน้อย

	• ง่ายต่อการตรวจสอบ
	  • จุดตรวจสอบน้อย
	  • ใช้เวลาตรวจสอบน้อย
	• ง่ายต่อการทำความสะอาด
	  • ต้องการการหยุดเครื่องน้อย
	  สูญเสียวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้น้อย
	• มีการจัดลำดับความสำคัญของจุดที่ต้องการทำความสะอาด
	• หล่อลื่นง่าย
	  • จุดที่ต้องหล่อลื่นน้อย
	  • ใช้เวลาในการหล่อลื่นน้อย		

Operability: ลักษณะที่แสดงว่าใช้เครื่องได้อย่างถูกต้อง ทั้งตอนตั้งเครื่อง ตอนเดินเครื่อง รวมถึงการปรับแต่งค่าต่าง ๆ

	• การตั้งเครื่องและการปรับแต่งกระทำได้โดยง่าย
	• การเปลี่ยนเครื่องมือตัด
	เช่น ใบมีด ดอกสว่าน ทำได้ง่าย
	• ปุ่มปรับต่างๆ มีความเหมาะสม
	  • มีจำนวนน้อย
	  • เห็นชัด
	  • รูปร่างเหมาะสม
	• ขั้นตอนการปฏิบัติสามารถมองเห็นได้อย่างง่าย
	• การแก้ไขเบื้องต้นทำได้ง่าย		

ตารางที่ 2.5 การรวบรวมความต้องการการบำรุงรักษาในรูปของรายการตรวจสอบ (Check List) **(ต่อ)[4]**

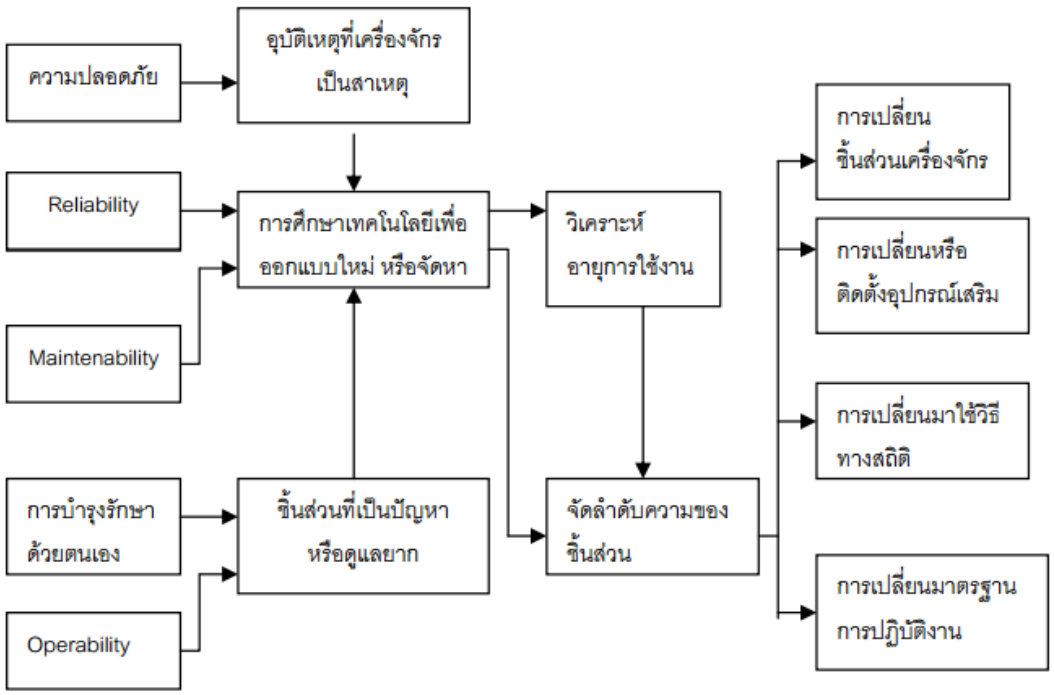
	สภาพที่ต้องการ	ความต้องการการบำรุงรักษา	
		ต้องการ	ไม่ต้องการ
Safety: ลักษณะที่แสดงว่ามีความปลอดภัย พนักงานไม่เมื่อยล้า และไม่ก่อให้เกิดมลพิษในสถานที่ทำงาน			
	• พนักงานต้องไม่แก้ไขเครื่องบ่อยนัก • อุปกรณ์เครื่องไม้เครื่องมือหาง่าย และวางในตำแหน่งเหมาะสม • ไม่มีสิ่งกีดขวางวางบนนั้น เช่น ท่อ สายไฟ • ไม่มีทำทางการทำงานที่ฝืนธรรมชาติ ไม่เครียด • ไม่สั่นสะเทือน ไม่มืด ไม่ร้อน ไม่มีเสียงดังเกินไป		

การป้องกันการบำรุงรักษา[4]

หลังจากที่ทำการพิจารณาความต้องการการบำรุงรักษาของเครื่องจักรทั้งที่ให้เครื่องจักรใช้งานได้เต็มที่และให้เครื่องจักรใช้ประโยชน์ได้สูงสุด ที่ได้มาในรูปของ Reliability, Maintenability การบำรุงรักษาด้วยตนเองการเดินเครื่อง และความปลอดภัย ตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 1 ต่อไปก็จะนำข้อมูลที่ได้นี้ไปหาวิธีการปรับปรุงหรือแก้ไขในจุดที่ยังบกพร่องอยู่ ซึ่งบางครั้งอาจจะต้องมีการเปลี่ยนอุปกรณ์ ออกแบบอุปกรณ์ใหม่ หรือเปลี่ยนกรรมวิธีการผลิต รวมถึงการกำหนดมาตรฐานต่างๆ ใหม่ ไม่ว่าจะเป็นมาตรฐานความปลอดภัย มาตรฐานการปฏิบัติงาน มาตรฐานการบำรุงรักษา

รูปที่ 2.20 เป็นการนำข้อมูลจากการพิจารณาความต้องการการบำรุงรักษา ไปทำการสรุปข้อมูลจากนั้นทำการศึกษาทั้งด้านการเทคโนโลยีการผลิต เทคโนโลยีการตรวจประเมินเครื่องจักรและเทคโนโลยีการบำรุงรักษา โดยที่สุดจะทำการสรุปเป็นคู่มือเพื่อนำไปจัดทำแผนแก้ไขต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



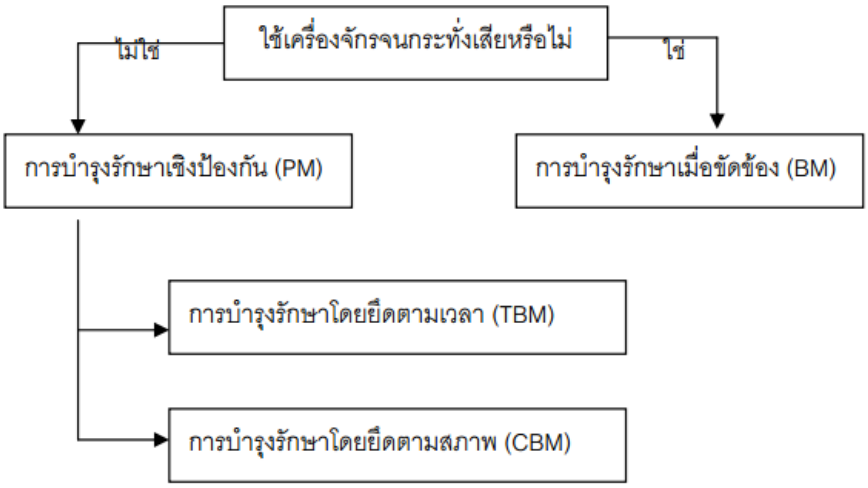
รูปที่ 2.20 การนำข้อมูลความต้องการการบำรุงรักษาของเครื่องจักรมาออกแบบเพื่อป้องกันการบำรุงรักษา[4]

กิจกรรมเพื่อการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ (Predictive Maintenance)[4]

ทุกครั้งเมื่อใช้เครื่องจักร ถ้าไม่ต้องการใช้จนกระทั่งมันเสียหายแล้วจึงทำการซ่อมบำรุง ก็ไม่มีทางเลือกอื่นนอกจากการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ซึ่งประกอบไปด้วย การบำรุงรักษาประจำวัน การบำรุงรักษาตามคาบเวลา และการกำหนดเวลาในการเปลี่ยน หรือถอดออกมาทำการแก้ไขก่อนที่จะเสียหาย สังเกตุได้ว่าการบำรุงรักษาเชิงป้องกันดังกล่าวนั้น จะกำหนดการบำรุงรักษาโดยยึดตามเวลา หรือเรียกว่า Time – Based Maintenance (TBM) ถ้าพิจารณาอย่างละเอียดจะพบว่าการบำรุงรักษาเชิงป้องกันแบบ TBM นี้ ไม่ได้คำนึงถึงสภาพการใช้งานของเครื่องจักร จนบางครั้งทำให้เกิดการบำรุงรักษาที่เกินความจำเป็น (Over Maintenance)

เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดปัญหาการบำรุงรักษาเกินความจำเป็น จึงได้มีการบำรุงรักษาเชิงป้องกันโดยยึดตามสภาพในขณะนั้นของเครื่องจักร หรือเรียกว่าCondition –Based Maintenance (CBM) คำว่า ตามสภาพ ก็หมายถึง สภาพอย่างไรไม่ต้องดูแลรักษามากนักสภาพอย่างไรต้องดูแลรักษาเป็นอย่างดี และสภาพอย่างไรที่สมควรเปลี่ยนได้แล้ว การบำรุงรักษาตามสภาพดังกล่าวก็ไม่ได้หมายความว่า วิธีการบำรุงรักษาที่ปฏิบัติจะถูกต้องเหมาะสมร้อยเปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะเวลา

ที่เปลี่ยนชิ้นส่วน ก็ไม่ได้หมายความว่า ณ เวลานั้นชิ้นส่วนมีอายุเป็นศูนย์แล้ว เนื่องจากทั้งหมดเป็นการพยากรณ์บนพื้นฐานของข้อมูล ทำให้ CBM ถูกเรียกว่า การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์

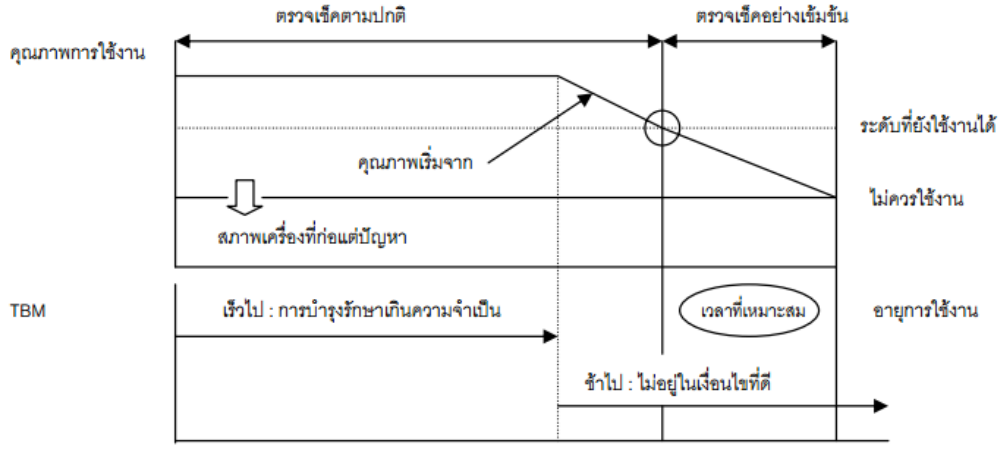


รูปที่ 2.21 การบำรุงรักษาเชิงป้องกันแบบยึดตามเวลา และยึดตามสภาพ[4]

วิธีการพยากรณ์[4]

วิธีการพยากรณ์ว่าเมื่อไรควรทำการบำรุงรักษาแบบใด และเข้มข้นแค่ไหน หรือเมื่อไรจะเปลี่ยน สิ่งที่จะบอกเราได้ก็คือ คุณภาพในการใช้งานตามหน้าที่ของชิ้นส่วนนั้นๆ เมื่อใช้งานไปนานๆ ว่าใช้งานได้ดีเยี่ยม ดี ยังพอใช้ได้ หรือไม่ควรใช้อีกต่อไป

ดังนั้นการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ก็คือ การวัดคุณภาพการใช้งานอยู่ตลอดเมื่ออายุการใช้งานมากขึ้น และทำการกำหนดว่าระดับคุณภาพสูงต่ำอย่างไร ควรจะได้รับการบำรุงรักษาแบบไหน ตามรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์[4]

การวางแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร

การวางแผน หมายถึง แนวทางของการปฏิบัติงาน หรือวิธีการปฏิบัติให้สำเร็จ โดยอาศัยข้อมูลทั้งหมดเกี่ยวกับงานนั้นเกี่ยวกับทรัพยากรทุกอย่างที่มีอยู่ตามที่กำหนดให้ โดยสาเหตุที่ต้องมีการวางแผน เพื่อมุ่งไปสู่การบำรุงรักษา และการปรับปรุงรักษาสภาพเครื่องจักร อุปกรณ์ และระบบ ให้มีระดับคุณภาพของ ประสิทธิภาพ สมรรถนะ ความเชื่อถือ ความปลอดภัย และความพร้อมใช้งานที่สูง อายุการใช้งานที่นาน และค่าใช้จ่ายเพื่อการนี้ที่น้อยที่สุด

การจัดทำแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร ประกอบไปด้วย

1. ข้อมูลการบำรุงรักษา ณ. ปัจจุบัน
2. ข้อมูลการวิเคราะห์เหตุขัดข้องของเครื่องจักร
3. กำหนดจุดที่มีความสำคัญต่อการทำงานของเครื่องจักรเพื่อการวางแผนการบำรุงรักษาและการป้องกันการขัดข้องของเครื่องจักร
4. กำหนดมาตรฐานการบำรุงรักษา พร้อม ประมาณการทรัพยากร เงิน วัสดุ และบุคคลากร
5. รวบรวมแผนงานลงผังงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4 ทฤษฎีการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์และการลงทุน (Economic Analysis) ต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Cost) [5]

ต้นทุนตลอดอายุ เป็นการคำนวณต้นทุนทÊงหมดตลอดอายุใช้งานเป็นมูลค่าปัจจุบัน (Net Present Value: NPV) โดยใช้ตัวคูณลด (Discount Factor) ต้นทุนตลอดอายุประกอบด้วย เงินลงทุน (Capital Cost) ค่าใช้จ่ายทางการเงิน (Financial Cost) ค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติการ (Operational Cost) ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา (Maintenance Cost) รวมถึงค่าใช้จ่ายในการกำจัดเมื่อหมดอายุ (Disposal Cost) โดยค่าใช้จ่ายต่างๆ จะถูกจำแนกเข้าเป็นต้นทุนของกิจกรรมแต่ละกิจกรรมก่อน แล้วจึงรวบรวมต้นทุนของกิจกรรมเหล่านั้นเข้าเป็นต้นทุนของผลิตภัณฑ์หรือการบริการต่อไป

ประโยชน์ของ Life Cycle Costing

องค์กรต่าง ๆ หลายแห่งมักคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการซื้อและติดตั้งระบบในครั้งแรกเท่านั้น ผู้จัดการโรงงานควรมีความสนใจหลักในการประเมินค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (LCC) ของทางเลือกที่แตกต่างกันก่อนที่จะทำการติดตั้งอุปกรณ์เครื่องจักรใหม่หรือทำการปรับปรุงเครื่องจักรใหม่การประเมินที่สามารถแสดงบ่งชัดให้เห็นทางเลือกที่ดีที่สุดด้านการลงทุน ขณะที่ตลาดระดับชาติและสากลมีการแข่งขันสูงทำให้องค์กรต้องหาทางประหยัดต้นทุน เพื่อเพิ่มความสามารถในการทำกำไรจากการดำเนินงานมากขึ้นการใช้งานเครื่องจักรในโรงงานจึงถูกมองว่าเป็นแหล่งที่ช่วยลดต้นทุนได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการลดการใช้พลังงานและเวลาที่สูญเสียไปเมื่อเครื่องจักรขัดข้อง นอกเหนือจากการใช้กระบวนการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (LCC)ในเชิงเศรษฐศาสตร์ หลายองค์กรเริ่มให้ความสนใจในด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น และพยายามที่จะใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งเป็นหนทางหนึ่งที่ช่วยลดการปล่อยมลพิษและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ

ดังนั้น Life Cycle Costing จึงเป็นเครื่องมือในการบริหารจัดการช่วยให้บริษัทต่าง ๆ มีการสูญเสียน้อยที่สุดและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดสำหรับระบบต่างๆ

การคำนวณ Life Cycle Costing

การวิเคราะห์มูลค่าตลอดอายุการใช้งานเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการตัดสินว่าระบบนั้นๆ ควรมีกระบวนการในการดำเนินงานไปในทิศทางใด เพื่อที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานน้อยที่สุด ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานสามารถเขียนอธิบายให้อยู่ในรูปของสมการดังนี้[6]

$$LCC = C_C + C_O + C_M + C_F - S$$

เมื่อ C_c = ต้นทุนคงที่

C_o = ต้นทุนที่ใช้ในการดำเนินการ (บาท)

C_M = ต้นทุนในการซ่อมบำรุงรักษา (บาท)

C_F = ต้นทุนเชื้อเพลิงหรือพลังงาน (บาท)

S = มูลค่าซาก (บาท)

ค่า C_o , C_M และ C_F ทำให้เป็นมูลค่าปัจจุบันด้วยสมการ

$$A = P\left(\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}\right)$$

ค่า S ทำให้เป็นมูลค่าปัจจุบันด้วยสมการ

$$F = P(1+i)^n$$

เมื่อ P = จำนวนเงินมูลค่าปัจจุบัน หรือ มูลค่าเริ่มต้น (บาท)

A = จำนวนเงินที่รับ หรือ จ่ายเท่าๆกันทุกๆช่วงเวลา (บาท)

F = จำนวนเงินอนาคต หรือ มูลค่าสุดท้าย (บาท)

‘i = อัตราส่วนลด (%)

‘n = อายุการใช้งานของระบบ (ปี)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การนำ Life Cycle Costing ไปใช้ในการบริหารจัดการธุรกิจ[7]

การบริหารโครงการที่ดีจะต้องพยายามลด (Minimize) ต้นทุนโครงการโดยรวมให้มากที่สุด แทนที่จะเป็นต้นทุนการเริ่มโครงการครั้งแรก โดยต้นทุนโ ครงการโดยรวมคือ ต้นทุนที่เกิดขึ้นตลอดอายุของโครงการ (Life Of Project) ซึ่งรวมต้นทุนที่เกิดครั้งแรก ต้นทุนการบริหารและอำนวยความสะดวกของโครงการ และต้นทุนที่สิ้นเปลืองระหว่างโครงการ

ความเข้าใจผิดทำให้แยกไม่ออกระหว่างต้นทุนเริ่มแรกกับต้นทุนตลอดวงจรชีวิตของโครงการต้นทุนเริ่มแรก คือ ต้นทุนเมื่อเริ่มโครงการครั้งแรก ขณะที่ต้นทุนตลอดวงจรชีวิตของโครงการหรือ (Life Cycle Cost) คือกระบวนการส่วนที่เหลือจนกระทั่งเสร็จสิ้นโครงการ ซึ่งเป็นต้นทุนที่เกิดต่อไปจากต้นทุนเมื่อเริ่มโครงการ หากผู้บริหารหรือเจ้าของโครงการไม่สามารถรวบรวมกระบวนการดำเนินโครงการได้อย่างครบด้วน การตัดสินใจเลือกดำเนินโครงการ จึงจำกัดอยู่ที่กิจกรรมบางส่วนของโครงการเพื่อหาทางทำให้ดีที่สุด แต่ไม่ได้หาทางเลือกที่ดีที่สุดของกระบวนการดำเนินโครงการทั้งโครงการอย่างแท้จริง ซึ่งอาจจะทำให้การเลือกสินทรัพย์มาผิดพลาดและไม่อาจจะทำให้ต้นทุนตลอดจนวงจรชีวิตของโครงการต่ำที่สุด และไม่ใส่ใจกับความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการดำเนินงานโครงการ โครงการเป็นจำนวนมากแบ่งกิจกรรมย่อยออกไปหลายกิจกรรม การมองโครงการจึงอาจจะมองในระดับกิจกรรมมากกว่าระดับผลผลิต มองโครงการแต่ละส่วน (phase) แทนที่จะมองภาพรวมของทั้งโครงการเมื่อมองโครงการแยกเป็นส่วน ๆ ผู้บริหารหรือเจ้าของโครงการก็จะเน้นเฉพาะต้นทุนที่มองเห็นได้และประเมินผลทางตรง ทางอ้อม และผลสะสมของต้นทุนต่ำเกินไป และไม่มีแรงจูงใจใดมาทำให้เกิดการมองภาพเป็นภาพองค์รวม แถมในบางกรณียังพบว่า มีการให้รางวัลแก่ผู้ที่รับผิดของโครงการเฉพาะส่วนย่อย จนทำให้ต่างคนต่างบริหารเฉพาะระดับกิจกรรมหรือระดับส่วน ของตนโดยไม่สนใจกิจกรรมหรือส่วนของคนอื่น ๆ หรือแม้แต่ผลกระทบว่า จะเกิดอะไรขึ้นกับโครงการทั้งหมด สถานการณ์แบบนี้ ทำให้การบริหารงานของโครงการขาดกรอบการดำเนินงานที่พิจารณาในองค์รวมของโครงการอย่างแท้จริง สิ่งที่ควรจะต้องมีการปรับปรุงและแก้ไขเป็นการด่วน คือ กิจการองค์กร จะต้องใช้การวิเคราะห์ต้นทุนแบบLife cycle cost analysisประกอบในการตัดสินใจเพื่อลดวงเงินงบประมาณที่ต้องจัดสรรมาใช้ในการดำเนินงานโครงการ

การจะพิจารณาค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงอายุการใช้งานมีลำดับวิธีการดังต่อไปนี้

1.กำหนดลักษณะ/รูปแบบของระบบที่สนใจ

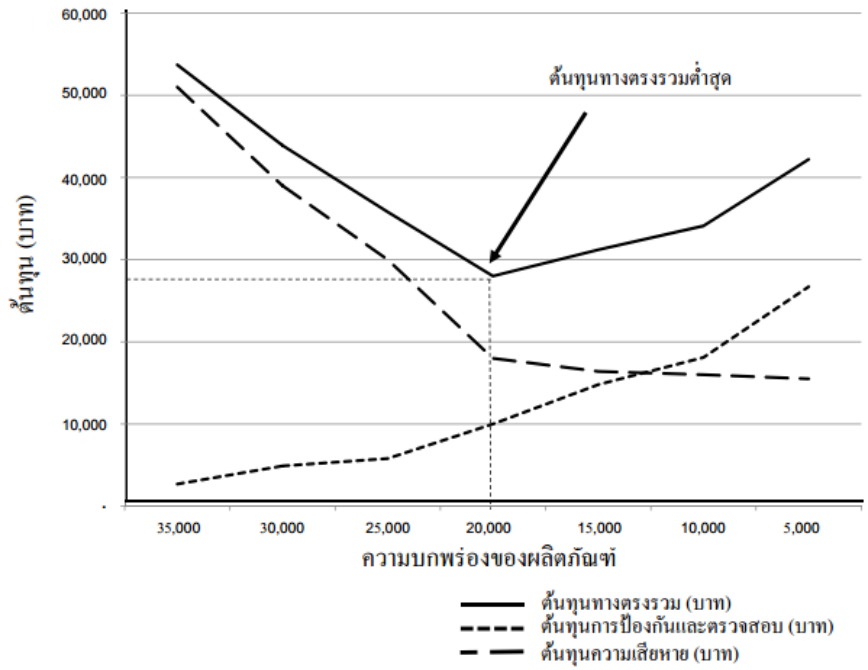
2.กำหนดอายุการใช้งานของระบบที่สนใจ

3.ประเมินค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการทำงานของระบบที่สนใจคำนวณมูลค่าการใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของระบบที่สนใจ

4.วิเคราะห์ผลการคำนวณค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของระบบที่สนใจ

5.การวิเคราะห์มูลค่าตลอดอายุการใช้งานเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการตัดสินว่าระบบนั้นๆ ควรมีกระบวนการในการดำเนินงานไปในทิศทางใด เพื่อที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานน้อยที่สุด

6.ผู้บริหารหรือเจ้าของโครงการ ควรให้ความสำคัญกับการทำความเข้าใจเรื่องแนวคิดของต้นทุนโครงการโดยรวม (total project cost) ต้นทุนตลอดวงจรชีวิตของโครงการ (Life cycle cost) และต้นทุนเริ่มต้นโครงการมีความแตกต่างกัน และต้องการการบริหารที่แตกต่างกันด้วย



รูปที่ 2.23 ผลการวิเคราะห์หาค่า LCC ของ ผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง[7]

2.5 **ทฤษฎีการประเมินมูลค่าเครื่องจักรและอุปกรณ์ด้วยวิธีต้นทุน** (Cost Approach)[8]

บทนิยาม

นิยามและความหมายของคำที่เกี่ยวข้องในหมวดนี้ จะเน้นเฉพาะคำที่ใช้ในมาตรฐานวิชาชีพ การประเมินมูลค่าโรงงานเครื่องจักรและอุปกรณ์ ซึ่งต่อจากนี้ไปจะเรียกว่า มาตรฐานวิชาชีพการประเมินมูลค่าเครื่องจักรซึ่งอาจไม่สามารถเข้าใจได้ทันที หรืออาจสื่อความหมายไม่ครอบคลุมเพียงพอหรืออาจตีความคลาดเคลื่อนไปจากความหมายที่กำหนดไว้ แต่ไม่รวมถึง ค่าทางเทคนิคซึ่งจะมีการให้คำอธิบายไว้แล้วในคำอธิบายทั่วไปในหัวข้อที่เกี่ยวข้องในมาตรฐานวิชาชีพการประมูลค่าเครื่องจักรฉบับนี้

“โรงงาน (Plant)” หมายถึง สถานประกอบการที่ใช้ในการผลิต ประกอบ บรรจุ ซ่อม ซ่อมบำรุง ทดสอบ ปรับปรุงแปรสภาพ ลำเลียง เก็บรักษา หรือทำลายสิ่งใดๆ ตามวัตถุประสงค์ที่ได้ถูกออกแบบสร้างมาซึ่งประกอบไปด้วยที่ดิน สิ่งปลูกสร้าง และส่วนควบเครื่องจักรหลัก และอุปกรณ์สนับสนุนการผลิตทั้งหมดหรือเรียกโดยรวมว่าทรัพย์สิน

“เครื่องจักร (Machinery)” หมายถึง สิ่งที่ประกอบด้วยชิ้นส่วนหลายชิ้น สำหรับใช้ก่อกำเนิดพลังงานเปลี่ยนหรือ แปลงสภาพพลังงาน หรือส่งพลังงาน ทั้งนี้ด้วยกำลังน้ำ ไอน้ำ เชื้อเพลิง ลม ก๊าซ ไฟฟ้า หรือพลังงานอื่นอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างรวมกันและหมายความรวมถึงอุปกรณ์ไฟลวีล ปุลเล สายพาน เพลา เกียร์หรือสิ่งอื่นที่ทำงานสนองกัน

“อุปกรณ์ (Equipment)” หมายถึง สิ่งประดิษฐ์ชนิดอื่นๆ ที่ใช้ในการสนับสนุนกระบวนการผลิต

“ผู้ประเมิน (Value)” หมายถึง บุคคลที่มีคุณสมบัติและประสบการณ์ทางวิชาชีพอันเหมาะสม ตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดจากสมาคมวิชาชีพ หรือหน่วยงานรัฐที่กำกับดูแลผู้ประเมิน ซึ่งโดยทั่วไปมีหน้าที่ให้ความเห็นเกี่ยวกับมูลค่าตลาด ของทรัพย์สิน ภายใต้เงื่อนไขข้อจำกัดและสถานการณ์ของตลาดทรัพย์สิน ณ. เวลานั้น

“ต้นทุนทดแทนใหม่ (Replacement Cost New)” หมายถึง จำนวนเงินที่ประมาณไว้ว่าสามารถจ่ายไปเพื่อให้ได้มา ซึ่งเครื่องจักรใหม่เพื่อนำมาทดแทนเครื่องจักรเดิม โดยอย่างน้อยต้องมีความใกล้เคียงหรือทัดเทียมในด้านเทคโนโลยี วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ประสิทธิภาพ และกำลังการผลิต ซึ่งจำนวนเงินดังกล่าวได้รวมถึงค่าดำเนินการผลกำไร ดอกเบี้ยระหว่างการก่อสร้าง และค่าธรรมเนียมต่างๆ แต่ไม่รวมถึงค่าล่วงเวลา หรือเงินตอบแทนค่าจ้างพิเศษ และราคาชดเชย

“ต้นทุนสร้างใหม่ (Reproduction Cost New)” หมายถึง จำนวนเงินที่ ประมาณไว้ว่าจะสามารถนำมาสร้างเครื่องจักรขึ้นใหม่ ในคราวเดียวให้เหมือนเครื่ องจักรเดิมทุกประการตามราคาต้นทุนปัจจุบันของราคาวัสดุ ค่าแรงงาน ค่าอุปกรณ์การผลิต ค่าประกอบ ค่าติดตั้ง ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ผล

กำไร และค่าธรรมเนียมต่างๆ แต่ไม่รวมถึงค่าล่วงเวลา หรือเงินตอบแทนค่าจ้างพิเศษ และราคาชดเชยสำหรับค่าวัสดุ และอุปกรณ์

“ราคาตลาด (Market Price)” หมายถึง ราคาซื้อขายเครื่องจักรที่เกิดขึ้นในตลาด ซึ่งเป็นข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นในอดีต ทันทีที่มีการซื้อขายเกิดขึ้น โดยเป็นราคาของเครื่องจักรที่ตกลงกันระหว่างผู้ซื้อและ/หรือผู้ขายให้กับทรัพย์สินในสภาวการณ์นั้นๆ ซึ่งอาจจะน้อยกว่า เท่ากับ หรือมากกว่ามูลค่าตลาดก็ได้

“มูลค่าตลาด (Market Value)” หมายถึง ประมาณการในรูปของจำนวนเงินซึ่งเครื่องจักรสามารถเปลี่ยนมือกัน ระหว่างผู้ซื้อและผู้ขายที่มีความเต็มใจ โดยปราศจากแรงกดดันให้ซื้อหรือขาย ณ. วันที่ประเมิน โดยทั้งผู้ซื้อและผู้ขายมีความรอบคอบ และมีความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริงของเครื่องจักรตลอดจนปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องเป็นอย่างดีในระดับที่เท่าเทียมกัน

“มูลค่าตลาดที่ใช้งานต่อเนื่อง (Market Value in Continued Use)” หมายถึง ประมาณการในรูปของจำนวนเงิน ซึ่งทรัพย์สินสามารถเปลี่ยนมือกันระหว่างผู้ซื้อและผู้ขายที่มีความเต็มใจและปราศจากแรงกดดันให้ซื้อหรือขาย โดยทั้งผู้ซื้อ และผู้ขายมีความรอบคอบ และมีความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริงของทรัพย์สิน ตลอดจนปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องเป็นอย่างดี ณ. วันที่กำหนดด้วยเงื่อนไขแต่ละฝ่ายได้ตัดสินใจพิจารณาผลตอบแทนตามความพอใจสูงสุดของตน ใช้ระยะเวลาในการเจรจา ซื้อขายในตลาดเสรีได้อย่างพอควร ซึ่งรวมถึงค่าติดตั้งทั้งหมดและสามารถดำเนินการผลิตที่สามารถสร้างรายได้

“มูลค่าตลาดสำหรับเครื่องจักรที่เคลื่อนย้ายได้ (Market Value in Exchange)” หมายถึง ประมาณการในรูปของจำนวนเงินซึ่งทรัพย์สินสามารถเปลี่ยนมือกันระหว่างผู้ซื้อและผู้ขายที่มีความเต็มใจและปราศจากแรงกดดันให้ซื้อหรือขาย โดยทั้งผู้ซื้อและผู้ขายมีความรอบคอบ และมีความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริงของทรัพย์สิน ตลอดจนปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเป็นอย่างดี ณ. วันที่กำหนดด้วยเงื่อนไข แต่ละฝ่ายได้ตัดสินใจพิจารณาผลตอบแทนตามความพอใจสูงสุดของตน ใช้ระยะเวลา ในการเจรจาซื้อขายในตลาดเสรีได้อย่างพอควร โดยพิจารณาการถอดถอนไปยังสถานที่อื่น

“มูลค่าบังคับขาย (Forced Sale Value)” หมายถึง มูลค่าที่ไม่ได้เป็นมูลค่าตลาดตามนิยามที่กำหนดโดยครบถ้วนสมบูรณ์ แต่เป็นมูลค่าภายใต้เงื่อนไขที่ผู้ขายกำหนดระยะเวลาการขายที่สั้นกว่าเวลาปกติเมื่อคำนึงถึงลักษณะสภาวะตลาด ในเวลานั้น หรืออาจหมายถึงความเกี่ยวข้องที่ผู้ขายไม่เต็มใจขาย และผู้ซื้อคนเดียวหรือผู้ซื้อหลายคนซึ่งทำการซื้อโดยรู้ถึง ข้อเสียเปรียบของผู้ขายทรัพย์สินนั้น

“มูลค่าซาก (Scrap Value)” หมายถึง ประมาณการในรูปของจำนวนเงินของเครื่องจักรตามสภาพและที่ตั้งนั้นหลังจากเลิกการใช้งานแล้ว ซึ่งโดยทั่วไปจะมีมูลค่าเฉพาะส่วนที่เป็นวัสดุที่นำมาประกอบเป็นเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ยังพอ ใช้งานได้

“มูลค่าทดแทนใหม่หักค่าเสื่อมราคา (Replacement Cost New Less Depreciation)” หมายถึง มูลค่าต้นทุนทดแทนใหม่หักออกด้วยมูลค่าจากผลรวมของค่าเสื่อมราคาทางกายภาพ ค่าเสื่อมราคาทางประโยชน์ใช้สอยและค่าเสื่อม ราคาทางเศรษฐกิจ

“มูลค่าสุดท้ายหรือมูลค่าเสถียรภาพ (Terminal/Reversionary Value)” หมายถึง มูลค่าของทรัพย์สินเมื่อสิ้นสุดปีสุดท้าย ของการครอบครองสิทธิตามกฎหมายในทรัพย์สินนั้น หรืออาจหมายถึงมูลค่าขายต่อ (Resale Value) ของทรัพย์สิน ณ. เวลานั้น โดยทั่วไปจะคำนวณจากการประมาณรายได้ที่คาดว่าจะได้รับในปีถัดจากปีสุดท้ายของการดำเนินงาน แล้วทำการประเมินมูลค่าด้วยวิธีคิดผลตอบแทนทางตรง

การประเมินมูลค่าเครื่องจักรตามหลักเกณฑ์การประเมินเพื่อกำหนดมูลค่าตลาดโดยวิธีต้นทุน (Cost Approach)

การประเมินโดยใช้วิธีต้นทุนเพื่อกำหนดมูลค่าตลาด (Market Value) เป็นการประมาณต้นทุนของเครื่องจักร ที่จะนำมาเพื่อทดแทนขึ้นใหม่ในปัจจุบัน (Replacement Cost New) หรือต้นทุนสร้างใหม่(Reproduction Cost New) แล้วแต่กรณี แล้วหักด้วยค่าเสื่อมราคาทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วย ค่าเสื่อมราคาทางกายภาพ (Physical Deterioration) ค่าเสื่อมราคาทางการใช้ประโยชน์ (Functional Obsolescence) และค่าเสื่อมราคาทางเศรษฐกิจหรือปัจจัยภายนอก (Economic Obsolescence)

2.1 ผู้ประเมินต้องตรวจสอบและวิเคราะห์อย่างรอบคอบสมเหตุสมผลเกี่ยวกับข้อมูลต้นทุนของเครื่องจักรข้อมูลโครงสร้างต้นทุนของเครื่องจักรที่ค้นหาจากผู้แทนจำหน่ายอื่นและอายุเครื่องจักรจากเอกสารหรือแผ่นป้ายชื่อหรือข้อมูลกำกับเครื่องจักร (Name Plate) ของตัวเครื่องจักร ค่าดัชนีราคา (Price Index) อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ (Exchange Rate) รวมทั้งใช้ข้อมูลต่างๆ ที่มีความน่าเชื่อถือ สามารถอ้างอิงถึงแหล่งที่มาได้ เพื่อหามูลค่าปัจจุบันของเครื่องจักรนั้น

2.2 ผู้ประเมินจะต้องใช้ความระมัดระวังรอบคอบในการกำหนดวิธีการเพื่อการวิเคราะห์ต้นทุนทดแทนใหม่ (Replacement Cost New) หรือต้นทุนสร้างใหม่ (Reproduction Cost New) รวมทั้งปัจจัยการ กำหนดค่าเสื่อมราคา ซึ่งจะต้องให้ความสำคัญกับปัจจัยแวดล้อมที่มีผลต่อมูลค่า

เครื่องจักรอย่างเป็น สาระสำคัญ ได้แก่ อายุการใช้งานมาตรฐาน เทคโนโลยี สภาพการใช้งานและการซ่อมบำรุง ปัจจัยทางเศรษฐกิจของผลผลิตที่เกิดจากเครื่องจักรที่ประเมินเหล่านั้น

2.3 ในการประมาณค่าเสื่อมราคา ต้องพิจารณาถึงการเสื่อมราคาทางกายภาพ การเสื่อมราคาทางประโยชน์ใช้สอยหรือทางเทคโนโลยี และการเสื่อมราคาทางเศรษฐกิจหรือจากปัจจัยภายนอกของเครื่องจักรที่ประเมิน โดยผู้ประเมินจะต้องอธิบายถึงรายละเอียดในการวิเคราะห์ค่าเสื่อมราคาในแต่ละประเภทที่นำมาใช้กับการประเมินเครื่องจักรในแต่ละรายการ พร้อมระบุเหตุผลของการกำหนดที่จะใช้หรือไม่ใช้ ค่าเสื่อมราคาในแต่ละประเภทด้วย

2.4 ในกรณีที่การประเมินมูลค่าเครื่องจักรเป็นการประเมินในลักษณะที่ถือว่าเครื่องจักรเหล่านั้นเป็นส่วนหนึ่ง หรือส่วนควบ หรือสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับทรัพย์สินอสังหาริมทรัพย์ ผู้ประเมินจะต้องอธิบายถึงแนวทางการกำหนดปัจจัยค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักรเหล่านั้น เพื่อวิเคราะห์ถึงมูลค่าตลาด ซึ่งอาจมีอายุการใช้งานแตกต่างไปจากอายุทรัพย์สินอสังหาริมทรัพย์ และถือว่าข้อมูลการวิเคราะห์ค่าเสื่อมราคาในส่วนเครื่องจักรในลักษณะดังกล่าว อาจจะแยกวิเคราะห์ปัจจัยค่าเสื่อมราคาออกจากทรัพย์สิน อสังหาริมทรัพย์ หรือวิเคราะห์ร่วมไปกับทรัพย์สินอสังหาริมทรัพย์นั้นก็ได้

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. เรื่อง การปรับปรุงและพัฒนาระบบซ่อมบำรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตของโรงงานผลิตหม้อแปลงไฟฟ้า (พลาวุธ วงศ์วิวัฒน์; คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) [9]

งานวิจัยฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อปรับปรุงพัฒนาระบบซ่อมบำรุงและสร้างระบบซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับแผนก ERL ซึ่งเป็นแผนกผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้ในเตาอบไมโครเวฟให้เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของโรงงานผลิตหม้อแปลงไฟฟ้า จากการหยุดทำงานเมื่อเครื่องจักรชำรุดเสียหายหรือขัดข้อง โดย[9]เริ่มจากการศึกษาสภาพทั่วไปของแผนก ERL ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องและทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวกับการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันมาประยุกต์ใช้ ในการปรับปรุงและพัฒนาระบบซ่อมบำรุง โดยผู้วิจัยได้แบ่งงานออกเป็น 3 ส่วนได้แก่ การปรับปรุงระบบซ่อมบำรุงของหน่วยงานปัจจุบัน การสร้างระบบซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยสนับสนุนงานซ่อมบำรุงในการปรับปรุงซ่อมบำรุงของหน่วยงานปัจจุบันนั้น ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงานที่สำคัญสร้างระบบโครงสร้างเอกสารและออกแบบเอกสารบางส่วนให้สมบูรณ์ นอกจากนี้ยังได้จัดให้มีการตรวจสอบเครื่องจักรประจำวันของทุกเครื่องจักรในแผนก ERL อีกด้วย งานส่วนที่สองคือการสร้างระบบซ่อมบำรุงรักษาเชิง

ป้องกัน ผู้วิจัยได้สร้างระบบซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้เป็นมาตรฐานและนำมาตรฐานการปฏิบัตินั้นมาใช้กับเครื่องจักร 5 ประเภท ที่สำคัญ ได้แก่ E-Block welding, I-Block welding, Joint welding, Bracket welding และ Terminal crimping งานในส่วนสุดท้ายคือการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยสนับสนุนระบบซ่อมบำรุง โดยผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างโปรแกรม 2 โปรแกรม คือ โปรแกรมควบการเบิกจ่าย Jig และ Tool ใน Store และ โปรแกรมฐานข้อมูลระบบซ่อมบำรุง เพื่อใช้สำหรับบันทึกข้อมูลและดำเนินงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันสะดวกยิ่งขึ้น หลังจากการปรับปรุงเขาพบว่า เวลาสูญเสียเฉลี่ยจากการหยุดทำงานของเครื่องจักรทั้งหมด ลดลงจากประมาณ 1,696.34 Man-hour ต่อเดือนในปี 2542 เหลือประมาณ 1,022.36 Man-hour ต่อเดือนในปี 2543 หรือลดลง 39.73% ซึ่งทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตหม้อแปลงได้ประมาณ 5.90%

2. เรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการบำรุงรักษาบนพื้นฐานของความน่าเชื่อถือ กรณีศึกษา โรงงานผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (กาญจนา จิตรจุน; ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)[10]

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของเครื่องจักร โดยอาศัยหลักการของการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือมาประยุกต์ใช้ เพื่อเพิ่มอัตราความพร้อมใช้งานและเพิ่มความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร โดยมีค่าเวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหายของเครื่องจักรยาวนานขึ้น เป้าหมายของการวิจัยคือ ทำการปรับปรุงให้อัตราความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรให้มากกว่า 80% ทุกเครื่อง โดยการนำระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักรและการวิเคราะห์รูปแบบและผลกระทบของความเสียหาย มาทำการวิเคราะห์ความเสียหายและระดับความเสี่ยง เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาทำการวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่เหมาะสมของแต่ละเครื่องจักรให้เป็นมาตรฐานในการบำรุงรักษา ซึ่งจะก่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด หลังจากที่ได้นำระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักรและการวิเคราะห์รูปแบบและผลกระทบของความเสียหายมาใช้งานในโรงงานตัวอย่าง จากการวิจัยเขาพบว่าสามารถทำให้อัตราความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 82.73% ซึ่งมากกว่าสมมุติฐานที่ตั้งไว้คือ 80% และมีค่าเวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหายของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 63.80% นอกจากนี้ยังมีจำนวนความถี่ในการเกิดความเสียหายลดลงเฉลี่ยเท่ากับ 46.44% และจำนวนชั่วโมงที่เกิดความเสียหายลดลงเฉลี่ยเท่ากับ 7.47%

3. เรื่อง กระบวนการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกโดยใช้แนวทาง R&M (ศรีสิทธิ์ เจียรบุตร; คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)[11]

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกระบวนการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ของโรงงานตัวอย่างในปัจจุบันกับกระบวนการตามแนวทางความเชื่อมั่นในการใช้งาน และความสามารถในการธำรงรักษา (Reliability and Maintainability) (2) เสนอแนวทางปรับปรุงระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามแนวทาง R&M การวิจัยได้ใช้แนวทาง R&M ซึ่งอ้างอิงตามสมาคมวิศวกรยาน และศูนย์วิทยาศาสตร์การผลิตแห่งชาติ (National Center for Manufacturing Sciences, NCMS) ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นแนวทางในการปรับปรุงระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โดยแบ่งออกเป็น 5 ช่วงกิจกรรม ได้แก่ ช่วงแนวคิดและข้อเสนอ ช่วงออกแบบและพัฒนา ช่วงสร้างและติดตั้ง ช่วงใช้งานและสนับสนุน และ ช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก จากนั้นทำการตรวจสอบระบบที่ออกแบบไว้โดยสำรวจความคิดเห็นจากผู้มีส่วนเกี่ยว ข้องกับระบบ ได้แก่ ผู้สร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ผู้ใช้งานแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก รวมถึงผู้เชี่ยวชาญด้านแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก และผู้เชี่ยวชาญด้าน R&M สุดท้ายทำการศึกษาเปรียบเทียบแม่พิมพ์ตัวอย่างที่ออกแบบโดยระบบปัจจุบันและ ระบบ R&M โดยประเมินจากค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์ จากการศึกษาพบว่า การดำเนินงานออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกในปัจจุบันมีความแตกต่างจาก แนวทาง R&M คือ (1) ไม่มีการคำนึงอัตราการขัดข้องเสียหาย ระยะเวลาของการซ่อมคืนสภาพ และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตลอดอายุของแม่พิมพ์ (2) ไม่มีการติดตามผลการใช้งานของผู้ใช้เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาทำการแก้ไขปรับปรุงแม่พิมพ์ สำหรับผลการประเมินระบบที่นำเสนอจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องและผู้เชี่ยวชาญพบ ว่า (1)เห็นด้วยกับระบบที่นำเสนอและสอดคล้องกับแนวทางR&M (2) ระบบที่นำเสนอ มีประโยชน์ในการทำให้แม่พิมพ์ที่ออกแบบและสร้างมีความเชื่อมั่นในการใช้งาน และความสามารถในการธำรงรักษาเพิ่มขึ้น สำหรับการศึกษาเปรียบเทียบแม่พิมพ์ตัวอย่างที่ออกแบบโดยระบบปัจจุบันและระบบ R&M พบว่า (1) ที่รอบการฉีดตั้งแต่ 258,320 ขึ้นไประบบ R&M จะเกิดค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าระบบปัจจุบัน (2) ร้อยละของค่าเสียโอกาสทางการผลิตที่มีค่าเกิน 10% ของมูลค่าปัจจุบัน ระบบ R&M จะเกิดค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าระบบปัจจุบัน (3) ร้อยละของค่าซ่อมเฉลี่ยต่อครั้งที่เพิ่มขึ้น 2% ขึ้นไปจะมีผลทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในระบบปัจจุบันที่สูงกว่าระบบ R&M อย่างมาก

4. เรื่อง การกำหนดคาบเวลางานเสริมผิวแอสฟัลท์โดยการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของถนน (กชกร โง้วศิริ ; คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)[1]

การกำหนดเกณฑ์สำหรับงานเสริมผิวแอสฟัลท์ในปัจจุบันของกรมทางหลวง พิจารณาจากระยะเวลาและสภาพบริการของสายทางเป็นหลัก ซึ่งที่มาของเกณฑ์การกำหนดคาบเวลาซ่อมบำรุงดังกล่าวมาจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเสื่อมสภาพของวัสดุผิวทางกับระยะเวลาภายใต้น้ำหนักบรรทุกสะสมที่กระทำต่อสายทางดังกล่าว โดยไม่ได้พิจารณาถึงผลกระทบทางด้านเศรษฐศาสตร์ที่มีต่อค่าใช้จ่ายทั้งหมดตลอดอายุการใช้งานของสายทาง ดังนั้นในงานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการวิเคราะห์แบบจำลองที่เกี่ยวข้องสำหรับการคำนวณค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของถนน เพื่อนำมากำหนดคาบการซ่อมบำรุงตามกำหนดเวลาด้วยวิธีเสริมผิวแอสฟัลท์หนา 50 มม. โดยการกำหนดคาบเวลาซ่อมบำรุงที่เหมาะสม พิจารณาจากคาบเวลาที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดตลอดอายุการใช้งานของสายทางในแต่ละลักษณะต่ำสุดเป็นเกณฑ์ แบบจำลองที่เกี่ยวข้องสำหรับการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของสายทางประกอบด้วย แบบจำลองสภาพความเสียหายของผิวทาง แบบจำลองค่าใช้จ่ายงานบำรุงปกติ แบบจำลองค่าใช้จ่ายงานเสริมและบูรณะผิวแอสฟัลท์ และแบบจำลองค่าใช้จ่ายผู้ใช้ถนน โดยแบบจำลองค่าใช้จ่ายงานบำรุงปกติและผู้ใช้ถนน อ้างอิงมาจากงานวิจัยของ JICA และ THAI-RUE ตามลำดับ ในส่วนแบบจำลองค่าใช้จ่ายงานเสริมและบูรณะผิวแอสฟัลท์ พัฒนาโดยใช้ข้อมูลสายทางลาดยางที่อยู่ในความรับผิดชอบของกรมทางหลวง และข้อมูลดัชนีราคาที่เป็นตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงค่าวัสดุและค่าแรงที่เกี่ยวข้อง สำหรับนำมาคาดการณ์แนวโน้มของระดับราคางานในอนาคต จากนั้นจึงนำแบบจำลองดังกล่าวมาคำนวณค่าใช้จ่ายรวมที่ต่ำสุดตลอดอายุการใช้งานของสายทาง สำหรับจัดทำเกณฑ์การกำหนดคาบเวลางานเสริมผิวแอสฟัลท์ต่อไป ผลการวิเคราะห์พบว่า คาบเวลาซ่อมบำรุงตามกำหนดเวลาที่เหมาะสมขึ้นกับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ความลาดชันของภูมิประเทศ ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวัน และสัดส่วนของรถหนัก เมื่อพิจารณาในภาพรวมโดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ซ่อมบำรุงเดิมได้ข้อสรุปว่า สายทางที่มีปริมาณจราจรน้อยกว่า 2,000 คันต่อวัน จะมีคาบเวลาการเสริมผิวแอสฟัลท์ระหว่าง 5-14 ปี ขึ้นกับสัดส่วนรถหนักและสภาพความลาดชันของสายทาง โดยคาบเวลาที่ได้มีระยะเวลานานกว่าเกณฑ์เดิมโดยเฉลี่ยประมาณ 4 ปี ในขณะที่สายทางที่มีปริมาณจราจรมากกว่า 20,000 คันต่อวัน จะมีคาบเวลาระหว่าง 1-3 ปี ซึ่งสั้นกว่าเกณฑ์เดิมโดยเฉลี่ยประมาณ 3 ปี แต่สำหรับกลุ่มสายทางที่มีปริมาณจราจรระหว่าง 2,000-20,000 คันต่อวัน จะมีคาบเวลาแตกต่างจากเกณฑ์เดิมขึ้นกับลักษณะของสายทาง ซึ่งสาเหตุของความแตกต่างมาจาก ผลกระทบของค่าใช้จ่ายผู้ใช้ถนนเทียบกับค่าใช้จ่ายซ่อมบำรุงทางมีสัดส่วนสูงขึ้นเมื่อสายทางมีปริมาณจราจรเพิ่มขึ้น อันส่งผลให้คาบเวลาการเสริมผิวแอสฟัลท์สำหรับสายทางที่มีปริมาณจราจรต่ำซึ่งวิเคราะห์ได้จากงานวิจัยนี้มีคาบเวลานานกว่าเกณฑ์ซ่อมบำรุงเดิมใน

ทางตรงข้ามสำหรับสายทางที่มีปริมาณจราจรสูง ผลกระทบจากค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ถนนจะสูงมาก โดยสถาพความเสียหายของผิวทางที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย จะส่งผลให้ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ถนนทั้งสายทางเพิ่มขึ้นอย่างมาก ทำให้คาบเวลาการซ่อมบำรุงที่วิเคราะห์ได้สั้นกว่าเกณฑ์เดิม เนื่องจากเกณฑ์ที่วิเคราะห์ได้จากงานวิจัยฉบับนี้คำนึงถึงผลกระทบทางด้านเศรษฐศาสตร์เป็นหลัก ทำให้ความเหมาะสมในการใช้งานขึ้นกับแนวทางการกำหนดนโยบาย ของหน่วยงานเพื่อให้เกิดประสิทธิผลสูงสุด โดยควรคำนึงถึงความจำเป็นทางด้านวิศวกรรมและสังคมร่วมด้วย ดังนั้นเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในเชิงปฏิบัติจึงควรพิจารณาปัจจัยสำคัญประการอื่นที่เกี่ยวข้องในการวางแผนซ่อมบำรุง สำหรับนำมาประกอบการตัดสินใจให้เหมาะสมกับสถานการณ์

5. เรื่อง การประเมินวัฏจักรชีวิตและต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากสบู่ดำ (ชลธิชา สุทธิบุตร; ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่) [12]

เนื่องจากราคาน้ำมันเชื้อเพลิงในตลาดโลกยังมีแนวโน้มปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลกระทบต่อประเทศไทยทั้งในภาคการขนส่ง อุตสาหกรรมและเกษตรกรรม เนื่องจากประเทศไทยยังต้องอาศัยน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานภาคการผลิตแนวทางในการรับมือที่สามารถทำได้ทางหนึ่งก็คือการหาแหล่งพลังงานทดแทนในประเทศ ดังนั้นสูบ่ดำ หรือ Jatropha curcas Linn. จึงถูกเลือกในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เนื่องจากน้ำมันจากเมล็ดสบู่ดำสามารถผลิตเป็นไบโอดีเซลและนำไปใช้กับเครื่องยนต์ได้เพราะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลหลายประการ แต่การได้มาของไบโอดีเซลสบู่ดำนั้นจำเป็นต้องคำนึงถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากในการผลิตนั้นอาศัยปัจจัยหลายประการ ทั้งทรัพยากรหรือพลังงานและในการผลิตยังอาจก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมขึ้นอีกด้วยดังนั้นก่อนตัดสินใจเลือกใช้ไบโอดีเซลสบู่ดำให้มีประสิทธิภาพจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาถึงการผลิตไบโอดีเซลสบู่ดำในทุกช่วงกระบวนการ โดยในการศึกษาวิจัยนี้ใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต(Life Cycle Assessment) มาวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากสบู่ดำ โดยแบ่งการศึกษาและเปรียบเทียลผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตเป็นสามช่วงกระบวนการ ได้แก่ กระบวนการทางการเกษตร การผลิตไบโอดีเซลสบู่ดำ (Trans-esterification)และการนำไปใช้ โดยผลที่ได้จากการศึกษาพบว่า LCA ของไบโอดีเซลสบู่ดำเป็น 5.80E-3 Pt โดยกระบวนการทางการเกษตรก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดรองลงมาคือ การนำไปใช้และการผลิตไบโอดีเซลตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับวัฏจักรชีวิตของน้ำมันดีเซลพบว่า ในขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลสบู่ดำนั้นก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่า

ขั้นตอนการผลิตน้ำมันดีเซล 47.12 เปอร์เซ็นต์ แต่ในทางกลับกัน ในการใช้งานไบโอดีเซลสบู่ดำนั้นก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าการใช้งานน้ำมันดีเซล และเมื่อทำการวิเคราะห์ต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตโดยเทคนิค LCC (Life Cycle Costing) พบว่าต้นทุนในการดำเนินการทั้งในการเกษตรและในการผลิตไบโอดีเซลนั้นเป็นมูลค่ามากที่สุด ในขณะที่ราคาต่อลิตรของการผลิตไบโอดีเซลสบู่ดำนั้นยังสูงกว่าราคาจำหน่ายน้ำมันดีเซลในปัจจุบัน โดยมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนในการผลิตไบโอดีเซลสบู่ดำคิดเป็น 29.09 บาทต่อลิตร ในกรณีที่ไม่ได้รวมต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมและคิดเป็น 33.72 บาทต่อลิตร เมื่อมีการรวมต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมเข้าด้วยดังนั้นในการที่จะเลือกใช้หรือลงทุนผลิตไบโอดีเซลจากสบู่ดำ จึงจำเป็นต้องศึกษาหากระบวนการที่เหมาะสม โดยพิจารณาปัจจัยและมุมมองทางด้านอื่นร่วมด้วย เพื่อหากระบวนการที่เหมาะสม ลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น และลดต้นทุนในการผลิตให้ต่ำลง

6. การกำหนดหลักเกณฑ์ และวิธีการประเมินราคาเครื่องจักร (Machine Appraisal) (สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน; ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)[13]

ในการประเมินราคาเครื่องจักรตามมาตรฐานสากล ประกอบไปด้วยหลักเกณฑ์ 3แนวทาง คือ 1. Cost Approach ในการประเมินจะยึดถือราคาต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับเครื่องจักรเป็นหลัก 2.Income/Benefit Approachในการประเมินจะยึดถือรายได้ที่เครื่องจักรนั้นสามารถทำให้เกิดขึ้นได้ หักออกด้วยต้นทุนทั้งหมดที่ต้องใช้ไปกับเครื่องจักรนั้น 3. Market Approach เป็นวิธีการประเมินที่จะยึดถือกลไกของตลาดเป็นสิ่งสำคัญ ดังนั้น ราคาที่ได้จากการประเมินจะเปลี่ยนแปลงขึ้น-ลงตามสภาพของตลาด วิธีต้นทุน (Cost Approach) การประเมินราคาเครื่องจักรด้วยวิธีนี้ จะยึดหือต้นทุนการได้มาของเครื่องจักรหักออกด้วยค่าเสื่อมราคา ซึ่งถ้าเป็นเครื่องจักรใหม่ที่ซื้อมาต้นทุนก็เป็นราคาซื้อเครื่องจักร ส่วนถ้าเป็นเครื่องจักรที่มีการสร้างขึ้นเองเพื่อใช้งานของตนเองนั้นการคิดต้นทุนก็เกิดจากค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกิดขึ้น และส่งผลการได้มาซึ่งเครื่องจักรนั้น ซึ่งในทางปฏิบัติแล้ว ค่าใช้จ่ายต่างๆ นั้นควรเป็นค่าใช้จ่ายที่มีนัยสำคัญ

$$V_{n(เก่า)} = P_{ใหม่} + O\&M_{ใหม่(LCCใหม่)} - O\&M_{เก่า(LCCN-n)}$$

เมื่อ $Vn(เก่า)$ คือ ราคาหรือมูลค่าของอุปกรณ์ที่ประเมินในปีที่ n

$P_{ใหม่}$ คือ ราคาของอุปกรณ์ใหม่ที่เทียบเท่ากับอุปกรณ์ที่ต้องการประเมิน

$O\&M_{ใหม่(LCCใหม่)}$ คือ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษาอุปกรณ์ใหม่เฉลี่ยเท่ากันทุกๆปี ตลอดอายุของทรัพย์สิน

$O\&M_{เก่า(LCCN\text{-}n)}$ คือ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่ต้องการประเมินเฉลี่ยเท่ากันทุกๆปีตลอดอายุการใช้งานที่เหลือ

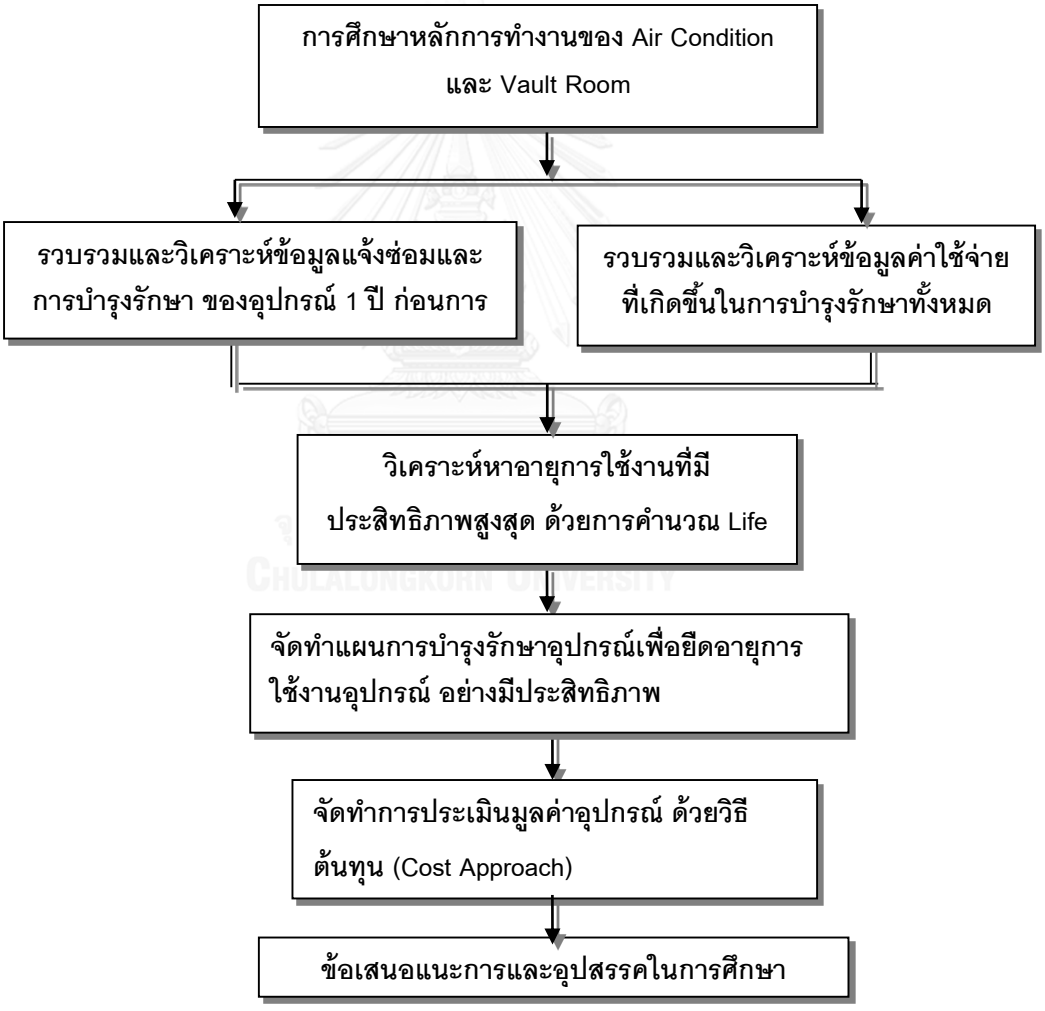
โดยมีข้อเด่นและข้อด้อยตามแนวทาง Cost Approach ดังนี้ ข้อเด่น 1. สามารถใช้งานได้ทั่วไป 2. สะท้อนให้เห็นเรื่องสภาพ และประสิทธิภาพของเครื่องจักร 3. ได้ราคาเครื่องจักรจากมูลค่าที่แท้จริง 4.สามารถนำมาบริหารเรื่องต้นทุนการผลิตได้ 5. สามารถนำมาใช้ในการจัดการบำรุงรักษาได้ข้อด้อย 1. ต้องมีเครื่องจักรในท้องตลาดที่สามารถเทียบเท่ากับเครื่องจักรที่จะทำการประเมินราคา2. ต้องมีความรู้ทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพอสมควร 3. ต้องรู้ค่าปัจจัยต่างๆมากมายเช่นราคาต้นทุนดำเนินงานและบำรุงรักษาสภาพเครื่องจักรต้องมีความน่าเชื่อถือ 4. ต้องมีสารสนเทศและข้อมูลของเรื่องต่างๆ เช่นประวัติของเครื่องจักร ข้อมูลการบำรุงรักษา 5. ไม่สามารถประเมินมูลค่าของเครื่องจักรที่มีอายุเกินกว่าอายุการใช้งาน หรือบางกรณีที่อาจจะได้ค่าติดลบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานของอุปกรณ์ Vault Room และ Air Conditioner ในร้านสะดวกซื้อ กับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตลอดอายุการใช้งาน โดยผลลัพธ์ของการศึกษา เพื่อหาอายุใช้งานของอุปกรณ์ Vault Room และ Air Conditioner ในร้านสะดวกซื้อให้มีประสิทธิภาพที่สูงที่สุด และมูลค่าอุปกรณ์ของร้านสะดวกซื้อ

กรอบแนวคิดในการดำเนินการวิจัย



รูปที่ 3.1 กรอบการศึกษา

1. ศึกษาหลักการทำงานของ Air Conditioner และ Vault Room

เพื่อนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ แยกแยะ ข้อมูล เพื่อใช้เป็นความรู้พื้นฐานในการ หาแนวทางป้องกัน แก้ไข และ บำรุงรักษาอุปกรณ์ทั้ง 2 ได้อย่างถูกวิธี โดยศึกษาในเรื่องของ อายุการใช้งานของอุปกรณ์ทั้ง 2 ตามที่กำหนดมาในคู่มือ และ อะไหล่หรือชิ้นส่วนที่มีความสำคัญต่อการทำงานของระบบในอุปกรณ์ทั้ง 2 โดยนำความรู้ความเข้าใจที่ได้มาใช้ในรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจริงที่เกิดขึ้น 2 ขั้นตอน คือ

1. รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลแจ้งซ่อมและการบำรุงรักษา ของอุปกรณ์ 1 ปี ก่อนการ Renovate

เป็นการรวบรวมข้อมูล เพื่อการศึกษาข้อมูลการแจ้งอาการเสียของอุปกรณ์ทั้ง 2 ชนิด ย้อนหลัง 1 ปี ก่อนการ Renovate ของร้านสาขา จากนั้นทำการสรุปปัญหาและอาการเสียที่เกิดขึ้น และวิเคราะห์หาสาเหตุ โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิในการจำแนก พร้อมทั้ง ใช้ผังพาเรโตในการจำแนกอาการเสียที่เกิดขึ้น เพื่อการวิเคราะห์หาสาตุและแนวทางการแก้ไข และป้องกัน

ชื่อผู้ติดต่อ/	รหัสร้าน	ชื่ออุปกรณ์	หมายเลข S	อาการ	Failing Co	CATEGOR	ประเภทของ	กลุ่มย่อยของ	PRODUCT	PRODUCT	เลขที่ทรัพย์	คำอธิบายอาการ	FRONT_SI	FRONT_SI	FRONT_SI	SALE_ARI	SALE_ARI	SAL
เพ็ญศรี	B0691	AIR # 3_CI	B0691	น้ำหยด	คอยล์เย็น	EQUIPMEI	AIR COND	เครื่องเย็น	AIR COND	เครื่องเย็น		น้ำหยด // แอร์3*บ่อดักไม่เต็ม*						
เพ็ญศรี	B0691	AIR # 1_CI	B0691	น้ำหยด	คอยล์เย็น	EQUIPMEI	AIR COND	เครื่องเย็น	AIR COND	เครื่องเย็น		*ดักบ่อดักแล้ว*						
พิมศรี	B0691	AIR # 1_CI	B0691	ไม่ทำงาน	ระบบสารร	EQUIPMEI	AIR COND	เครื่องเย็น	AIR COND	เครื่องเย็น		เบอร์1 ทำงานดีดๆดับๆ						
ชัชวาลย์	B0691	AIR # 1_CI	B0691	น้ำหยด		EQUIPMEI	AIR COND	เครื่องเย็น	AIR COND	เครื่องเย็น		-						
เพ็ญศรี	B0691	AIR # 1_CI	B0691	น้ำหยด	ระบบสารร	EQUIPMEI	AIR COND	เครื่องเย็น	AIR COND	เครื่องเย็น		เบอร์1 มีน้ำหยดที่ตัวเครื่อง						
ชัชวาลย์	B0691	AIR # 1_CI	B0691	น้ำหยด	ระบบโครง	EQUIPMEI	AIR COND	เครื่องเย็น	AIR COND	เครื่องเย็น		เบอร์1 มีน้ำหยดที่ตัวเครื่อง						
สุภัทร	B0691	AIR # 1_CI	B0691	ไม่เย็น	มอเตอร์คอ	EQUIPMEI	AIR COND	เครื่องเย็น	AIR COND	เครื่องเย็น		มีแต่ลมออก						
เพ็ญศรี	B0691	AIR # 2_CI	B0691	น้ำหยด	ระบบโครง	EQUIPMEI	AIR COND	เครื่องเย็น	AIR COND	เครื่องเย็น		น้ำหยด/ดักบ่อดักไม่หาย						
จันทิมา	B2776	AIR # 2_CI	2#B2776	ไม่เย็น	ระบบสารร	EQUIPMEI	AIR COND	เครื่องเย็น	AIR COND	เครื่องเย็น		30 องศา						
เฉลิมชัย	B2776	AIR # 3_CI	3#B2776	ไม่เย็น	ระบบสารร	EQUIPMEI	AIR COND	เครื่องเย็น	AIR COND	เครื่องเย็น		ซ่อมเจอ						
มนตรี	B2776	AIR # 3_CI	3#B2776	ไม่เย็น	มอเตอร์คอ	EQUIPMEI	AIR COND	เครื่องเย็น	AIR COND	เครื่องเย็น		pm						
มาลี	B2776	AIR # 2_CI	2#B2776	เสียงดัง	ระบบไฟฟ้	EQUIPMEI	AIR COND	เครื่องเย็น	AIR COND	เครื่องเย็น		ฟินเดอร์มีรอยไหม้+เครื่องไม่ทำงานแต่มีเสียงไฟข้อดในเครื่อง/คุณพลลรับทราบเนื่องจากล						
กรุงธน	B3005	AIR # 1_CI	1#B3005	ไม่เย็น	ระบบสารร	EQUIPMEI	AIR COND	เครื่องเย็น	AIR COND	เครื่องเย็น		T=30						
พรรษวัฒน	B3005	AIR # 1_CI	1#B3005	ไม่เย็น	ระบบไฟฟ้	EQUIPMEI	AIR COND	เครื่องเย็น	AIR COND	เครื่องเย็น		ไม่เย็น / ซ่อมเจอ						
สุชัญญา	B3005	AIR # 1_CI	1#B3005	ไม่เย็น	ระบบสารร	EQUIPMEI	AIR COND	เครื่องเย็น	AIR COND	เครื่องเย็น		ไม่เย็น 31 องศา						
สุชัญญา	B3005	AIR # 3_CI	3#B3005	เสียงดัง	ระบบโครง	EQUIPMEI	AIR COND	เครื่องเย็น	AIR COND	เครื่องเย็น		เสียงดังที่ตัวเครื่อง						
สิริรัย์	B3005	AIR # 2_CI	2#B3005	น้ำหยด	ระบบโครง	EQUIPMEI	AIR COND	เครื่องเย็น	AIR COND	เครื่องเย็น		fa ก้อนโทร						
กรุงธน	B3005	AIR # 2_CI	2#B3005	เสียงดัง		EQUIPMEI	AIR COND	เครื่องเย็น	AIR COND	เครื่องเย็น		แอร์2 มีเสียงดัง						
ชนิษฐา	B3005	AIR # 2_CI	2#B3005	เสียงดัง	ระบบไฟฟ้	EQUIPMEI	AIR COND	เครื่องเย็น	AIR COND	เครื่องเย็น		คอยล์ร้อน เสียงดัง						
กรุงธน	B03005	AIR # 2_CI	2#	น้ำหยด	ระบบโครง	EQUIPMEI	AIR COND	เครื่องเย็น	AIR COND	เครื่องเย็น								
ชลธิชา	B3475	AIR # 2_CI	2#B3475	น้ำรั่ว	ระบบโครง	EQUIPMEI	AIR COND	เครื่องเย็น	AIR COND	เครื่องเย็น		ตัวที่ 2 น้ำรั่ว // บ่อดักไม่เต็ม						
กิตติมา	B3475	AIR # 2_CI	2#B3475	น้ำหยด	ระบบไฟฟ้	EQUIPMEI	AIR COND	เครื่องเย็น	AIR COND	เครื่องเย็น		ที่ตัวเครื่อง						

รูปที่ 3.2 ข้อมูลการแจ้งซ่อมของ Air Conditioner ของร้านสาขา (บางส่วน)

ชื่อร้าน	ชื่อผู้ติดต่อ/Wc	รหัสร้าน	ชื่ออุปกรณ์	หมายเลข Serial	อาการ	Failing Component	CATEGORY	ประเภทของอุปกรณ์	กลุ่มย่อยของอุป	PRODUCT_CLASS
ประชาชื่น 37(NFC	ชัชวาลย์	B0691	ห้องเย็น (VAULT ROOM) ANTHON	B0691	หัก	โครงสร้างตู้	EQUIPMENT	VAULT	เครื่องเย็น	VAULT
ประชาชื่น 37(NFC	เพ็ญศรี	B0691	ห้องเย็น (VAULT ROOM) ANTHON	B0691	ปิดไม่สนิท	โครงสร้างตู้	EQUIPMENT	VAULT	เครื่องเย็น	VAULT
ประชาชื่น 37(NFC	เพ็ญศรี	B0691	ห้องเย็น (VAULT ROOM) ANTHON	B0691	ไม่ทำงาน	มอเตอร์คอยล์ร้อน	EQUIPMENT	VAULT	เครื่องเย็น	VAULT
ประชาชื่น 37(NFC	พรทิพย์	B0691	ห้องเย็น (VAULT ROOM) ANTHON	B0691	หลอดไฟดับ	ระบบไฟฟ้า	EQUIPMENT	VAULT	เครื่องเย็น	VAULT
ประชาชื่น 37 (BN	สุพักตร์	B00691	ห้องเย็น VAULT ROOM		ไม่เย็น	ระบบสารทำความเย็น	EQUIPMENT	VAULT	เครื่องเย็น	VAULT
โพธิ์ทอง (วัดโพธิ์ท	จันทิมา	B2776	ห้องเย็น (VAULT ROOM) ANTHON	B2776	หลอดไฟดับ	ระบบไฟฟ้า	EQUIPMENT	VAULT	เครื่องเย็น	VAULT
โพธิ์ทอง (วัดโพธิ์	จินตหรา	B2776	ห้องเย็น (VAULT ROOM) ANTHON	B2776	ไม่ทำงาน	คอยล์ร้อน	EQUIPMENT	VAULT	เครื่องเย็น	VAULT
โพธิ์ทอง (วัดโพธิ์	จินตหรา	B2776	ห้องเย็น (VAULT ROOM) ANTHON	B2776	ไม่เย็น		EQUIPMENT	VAULT	เครื่องเย็น	VAULT
โพธิ์ทอง (วัดโพธิ์	ธนพล	B2776	ห้องเย็น (VAULT ROOM) ANTHON	B2776	หลอดไฟดับ	ระบบไฟฟ้า	EQUIPMENT	VAULT	เครื่องเย็น	VAULT
แยกท่าทอง (นค	มงคล	B3005	ห้องเย็น (VAULT ROOM) ANTHON	B3005	ไม่เย็น	คอยล์ร้อน	EQUIPMENT	VAULT	เครื่องเย็น	VAULT
แยกท่าทอง (นค	สมเกรียติ	B3005	ห้องเย็น (VAULT ROOM) ANTHON	B3005	น้ำรั่ว	โครงสร้างตู้	EQUIPMENT	VAULT	เครื่องเย็น	VAULT
แยกท่าทอง (นค	กรุงธน	B3005	ห้องเย็น (VAULT ROOM) ANTHON	B3005	น้ำหยด	อื่นๆ	EQUIPMENT	VAULT	เครื่องเย็น	VAULT
แยกท่าทอง (นค	ชนิษฐา	B3005	ห้องเย็น VAULT ROOM 6 บาน		น้ำรั่ว		EQUIPMENT	VAULT	เครื่องเย็น	VAULT
ยูเฮาส์ (EFB1)	กิตติมา	B3475	ห้องเย็น (VAULT ROOM) ANTHON	B3475	หลุด	โครงสร้างตู้	EQUIPMENT	VAULT	เครื่องเย็น	VAULT
ยูเฮาส์ (EFB1)	วีระพล หาพิกุ	B3475	ห้องเย็น (VAULT ROOM) ANTHON	B3475	หลอดไฟดับ	ระบบไฟฟ้า	EQUIPMENT	VAULT	เครื่องเย็น	VAULT
ยูเฮาส์ (EFC)	กิ่ม	B3475	ห้องเย็น (VAULT ROOM) ANTHON	B3475	หลอดไฟดับ	ระบบไฟฟ้า	EQUIPMENT	VAULT	เครื่องเย็น	VAULT
ยูเฮาส์ (EFC)	ดารุณี	B3475	ห้องเย็น (VAULT ROOM) ANTHON	B3475	หลุด	โครงสร้างตู้	EQUIPMENT	VAULT	เครื่องเย็น	VAULT
ยูเฮาส์ (EFC)	กิตติมา	B3475	ห้องเย็น (VAULT ROOM) ANTHON	B3475	น้ำหยด	อื่นๆ	EQUIPMENT	VAULT	เครื่องเย็น	VAULT
ยูเฮาส์ (EFC)	กิ่ม	B3475	ห้องเย็น (VAULT ROOM) ANTHON	B3475	หลอดไฟดับ	ระบบไฟฟ้า	EQUIPMENT	VAULT	เครื่องเย็น	VAULT
เจริญกรุง 70 (WC)	ศักดิ์ดา แก้วบัล	B4674	ห้องเย็น (VAULT ROOM) ANTHON	B4674	ปิดไม่สนิท	โครงสร้างตู้	EQUIPMENT	VAULT	เครื่องเย็น	VAULT
เจริญกรุง 70 (WC	วรรณิสา	B4674	ห้องเย็น (VAULT ROOM) ANTHON	B4674	หลอดไฟดับ	ระบบไฟฟ้า	EQUIPMENT	VAULT	เครื่องเย็น	VAULT
ประชาชื่น 37(NFC	เพ็ญศรี	B0691	ห้องเย็น (VAULT ROOM) ANTHON	B0691	ไม่ทำงาน	มอเตอร์คอยล์ร้อน	EQUIPMENT	VAULT	เครื่องเย็น	VAULT

รูปที่ 3.3 ข้อมูลการแจ้งซ่อมของ Vault Room ของร้านสาขา (บางส่วน)

2. รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการบำรุงรักษาทั้งหมด

รวบรวมข้อมูลการการบำรุงรักษาของอุปกรณ์ทั้ง 2 ชนิด เมื่อพบว่ามีการแจ้งซ่อมในแต่ละครั้ง จากนั้นทำการจัดหมวดหมู่ของค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทั้งหมดเป็น ต้นทุนต่างๆ เพื่อทำการคำนวณต้นทุนที่เกิดขึ้น ซึ่งได้แก่ ต้นทุนที่ใช้ในการดำเนินการ, ต้นทุนในการซ่อมบำรุงรักษา และต้นทุนเชื้อเพลิงหรือพลังงาน ให้เป็น จำนวนเงินที่รับ หรือ จ่ายเท่าๆกันทุกๆช่วงเวลา(A) ด้วยสมการ

$$A = P\left(\frac{i(1+i)^{n}}{(1+i)^{n}-1}\right)$$

และ แปลงมูลค่าซาก ให้เป็นจำนวนเงินอนาคต หรือ มูลค่าสุดท้าย (F) ด้วยสมการ

$$F = P(1+i)^{n}$$

บนสมมติฐานที่ว่า 1. อัตราดอกเบี้ย (‘i) = 20%

2. ค่าเสื่อมราคา แต่ละปีลดลงในอัตราที่คงที่

2 วิเคราะห์หาอายุการใช้งานที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ด้วยการคำนวณ Life Cycle Costing

นำต้นทุนทุกหมวดหมู่ที่เปลี่ยนเป็น ค่า A และค่า F เรียบร้อยแล้วนั้น นำมาคำนวณหาค่า LCC จากสมการ

$$LCC = C_C + C_O + C_M + C_F - S$$

เมื่อ C_c = ต้นทุนคงที่

C_o = ต้นทุนที่ใช้ในการดำเนินการ (บาท)

C_M = ต้นทุนในการซ่อมบำรุง (บาท)

C_F = ต้นทุนเชื้อเพลิงหรือพลังงาน (บาท)

S = มูลค่าซาก (บาท)

3 จัดทำแผนการบำรุงรักษา Vault Room **และ** Air Conditioner **เพื่อยืดอายุของเครื่องจักรและอุปกรณ์ อย่างมีประสิทธิภาพ**

โดยอาศัยหลักการการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) เพื่อหยุดความเสียหาย ด้วยการจัดทำกิจกรรมทั้ง 8 กิจกรรม ซึ่งในขั้นตอนนี้นอกจากจะได้แผนการบำรุงรักษาแล้วนั้น ยังทำให้ได้แผนการประหยัดพลังงานในร้านสะดวกซื้อ ได้อีกด้วย เพราะเป็นการนำเอาข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลการแจ้งซ่อม มาทำการสร้างมาตรฐานการบำรุงรักษาเพื่อป้องกันแก้ไขปัญหาอาการเสียที่เกิดขึ้น ดังนั้นจึงทำให้เราทราบว่า ปัญหาใดเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อเรื่องการใช้พลังงานสิ้นเปลืองมากที่สุด

4 จัดทำการประเมินมูลค่าอุปกรณ์ ด้วยวิธีต้นทุน (Cost Approach)

ผู้วิจัยได้นำมาตรฐานการประเมินมูลค่าเครื่องจักรและอุปกรณ์ มาใช้ในการหามูลค่าอุปกรณ์ดังกล่าวของร้านสะดวกซื้อ ซึ่งผู้วิจัยเลือกที่จะใช้วิธีต้นทุน (Cost Approach) เพราะสามารถใช้งานได้ทั่วไป และสะท้อนให้เห็นเรื่องสภาพ ประสิทธิภาพของอุปกรณ์รวมทั้ง ยังได้ราคาเครื่องจักรจากมูลค่าที่แท้จริงพร้อมกับสามารถนำข้อมูลมาใช้ในเรื่องของต้นทุนและการจัดการการบำรุงรักษาได้อีกด้วย โดยข้อมูลที่ใช้งานการหามูลค่าของเครื่องจักรประกอบไปด้วย

1 ราคาของอุปกรณ์ใหม่ที่เทียบเท่ากับอุปกรณ์เดิม

2 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษาเครื่องใหม่

3 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษาเครื่องเดิม

และเป็นการประเมินราคาอุปกรณ์บนสมมติฐานที่ว่า

- อายุการใช้งานอุปกรณ์ใหม่ เท่ากับ 10 ปี
- ราคาอุปกรณ์ใหม่ที่เทียบเท่ากับอุปกรณ์เก่า Vault Room เท่ากับ 439,040.00 บาท และ Air Conditioner เท่ากับ 45,900.00 บาท
- อัตราดอกเบี้ย เท่ากับ 10%
- อัตราค่าไฟฟ้า แต่ละปีเพิ่มขึ้นในอัตราที่คงที่

โดยใช้สมการ[5]

$$V_{n(เก่า)} = P_{ใหม่} + O\&M_{ใหม่(LCCใหม่)} - O\&M_{เก่า(LCCN-n)}$$

เมื่อ $V_{n(เก่า)}$ คือ ราคาหรือมูลค่าของอุปกรณ์ที่ประเมินในปีที่ n

$P_{ใหม่}$ คือ ราคาของอุปกรณ์ใหม่ที่เทียบเท่ากับอุปกรณ์ที่ต้องการประเมิน

$O\&M_{ใหม่(LCCใหม่)}$ คือ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษkอุปกรณ์ใหม่เฉลี่ยเท่ากันทุกๆปี ตลอดอายุของทรัพย์สิน

$O\&M_{เก่า(LCCN-n)}$ คือ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่ต้องการประเมินเฉลี่ยเท่ากันทุกๆปี ตลอดอายุการใช้งานที่เหลือ

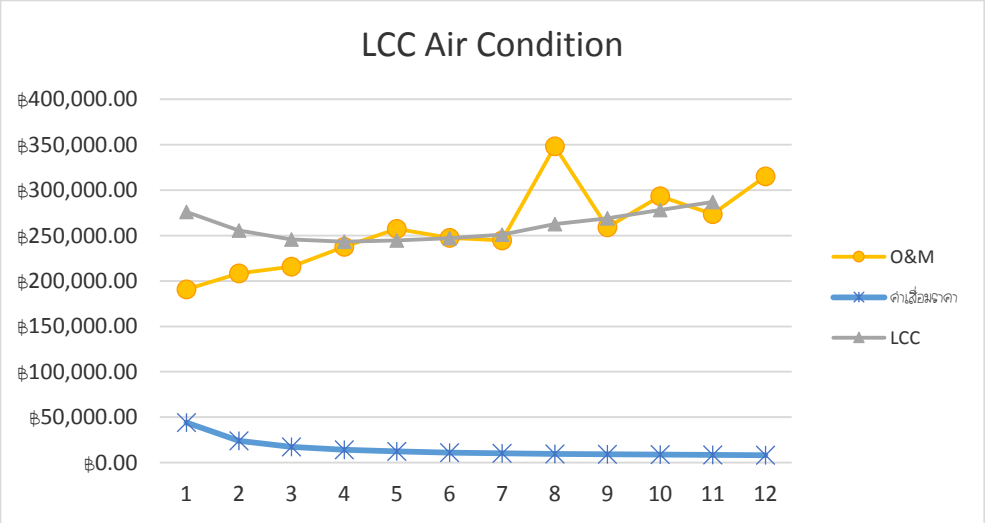
บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 ผลการวิจัยการจัดทำแผนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ Vault Room และ เครื่องปรับอากาศ เพื่อการใช้งานให้มีประสิทธิภาพ

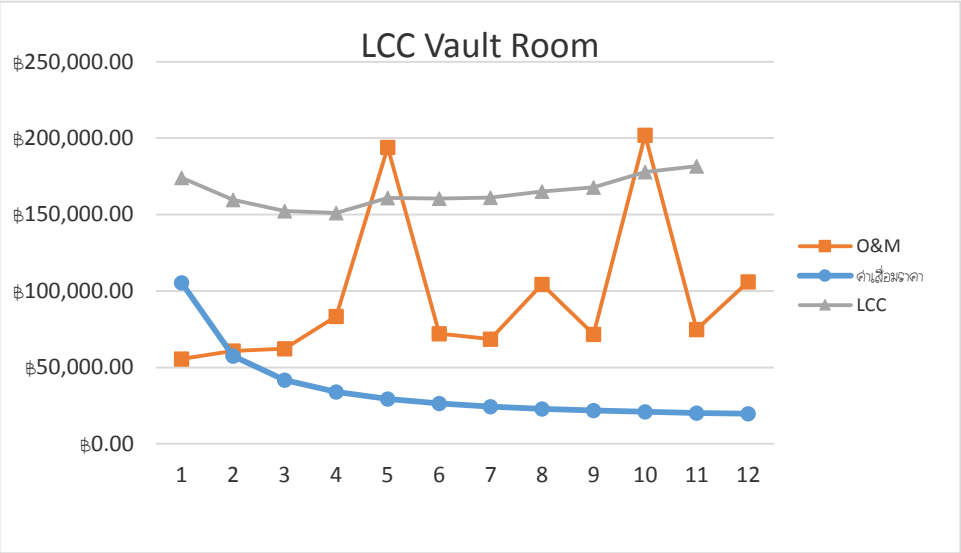
จากการศึกษาวิจัยเรื่องการจัดทำแผนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ Vault Room และเครื่องปรับอากาศ เพื่อการใช้งานให้มีประสิทธิภาพนั้น ผู้ทำการวิจัยได้ทำการวิเคราะห์หาอายุการใช้งานของอุปกรณ์ในร้านสะดวกซื้อ คือ Vault Room และ Air Conditioner เพื่อหาว่าอายุการใช้งานที่ใช้อยู่ในปัจจุบันของอุปกรณ์ทั้ง 2 อย่างนั้น มีการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ ซึ่งผลจากการวิจัยในเรื่องนี้ พบว่า อายุการใช้งานที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้การใช้งานมีประสิทธิภาพ ของ Vault Room คือ 5 ปี และ Air Conditioner คือ 5 ปี ถึงจะทำให้มีค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด ดังรูปที่ 4.1 และ4.2 แสดง ค่า LCC ทั้ง 12 ปีที่มีการใช้งาน ของอุปกรณ์ Vault Room และ Air Conditioner ตามลำดับโดยมีรายละเอียดค่าใช้จ่ายต่างๆ ดังตารางที่ 4-1 โดยทำการพิจารณาหาค่า A จากสูตร

$$A = P\left(\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}\right)$$

(A/P, i%, n) เมื่อ i = 20%, n = 12 ตามลำดับ



รูปที่ 4.1 ค่า LCC ของอุปกรณ์ Vault Room ทั้ง 12 ปี ที่ได้จากการคำนวณ



รูปที่ 4.2 ค่า LCC ของอุปกรณ์ Air Conditioner ทั้ง 12 ปี ที่ได้จากการคำนวณ

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดค่าใช้จ่ายต่างๆ พิจารณาจาก (A/P, i%, n) เมื่อ i = 20% , n = 12

ปีที่	(A/P,20%,n)		O&M P=A(A/P,20%,n)		ค่าซาก F=A(A/F,20%,n)		ค่าเสื่อมราคา		LCC P=A(A/P,20%,n)	
	Air Condition	Vault Room	Air Condition	Vault Room	Air Condition	Vault Room	Air Condition	Vault Room	Air Condition	Vault Room
1	1.20000	1.20000	228,796.84	66,724.81	-	-	44,064.00	105,369.60	฿327,433.01	฿206,513.29
2	0.65455	0.65455	124,799.14	36,395.60	-	-	24,035.08	57,474.73	฿276,020.50	฿174,087.22
3	0.47473	0.47473	98,980.30	28,826.59	-	-	17,432.09	41,685.09	฿255,455.74	฿159,735.45
4	0.38629	0.38629	83,327.44	24,065.93	-	-	14,184.57	33,919.35	฿245,533.44	฿152,376.61
5	0.33438	0.33438	79,397.26	27,886.70	-	-	12,278.43	29,361.24	฿243,192.95	฿151,042.67
6	0.30	0.30	77,359.23	58,341.14	1,812.78	1,208.52	11,042.07	26,404.74	฿244,742.95	฿160,954.13
7	0.28	0.28	68,621.03	19,983.78	1,393.56	929.04	10,186.86	24,359.70	฿247,263.89	฿160,532.26
8	0.26061	0.26061	63,736.96	17,881.09	1,090.98	727.32	9,569.60	22,883.64	฿251,101.27	฿161,239.11
9	0.24808	0.24808	86,406.86	25,877.36	865.44	576.96	9,109.50	21,783.41	฿262,509.45	฿165,167.36
10	0.23852	0.23852	61,775.84	17,118.25	693.36	462.24	8,758.45	20,943.96	฿269,051.85	฿167,770.83
11	0.2311	0.2311	67,787.53	46,659.48	559.80	373.20	8,485.99	20,292.43	฿278,179.49	฿177,938.07
12	0.22526	0.22526	61,591.62	16,877.55	454.68	303.12	8,271.55	19,779.63	฿286,784.73	฿181,630.61

และจากการศึกษาเรื่องอายุการใช้งานทำให้เราพบว่าอายุการใช้งานของ Vault Room และ Air Conditioner นั้น มีอายุการใช้งานที่ไม่สอดคล้องกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์ค่า LCCซึ่งอายุการใช้งาน ณ. ปัจจุบันนี้ มีอายุสั้นกว่า คือ 5 ปี(ทั้ง 2 อุปกรณ์) ซึ่งเมื่อทำการหาสาเหตุที่ทำให้อุปกรณ์ดังกล่าวมีอายุการใช้งานที่สั้น นั่นคือ อาการเสียที่เกิดขึ้นจากการใช้งานและบำรุงรักษาไม่ทั่วถึง ที่เกิดขึ้นกับ เครื่องปรับอากาศ และห้องเย็น ในร้านสะดวกซื้อนั้น จึงทำให้ ค่าLCC ของอุปกรณ์ Vault Room และ Air Conditioner มีค่าต่ำสุดที่ 5 ปี ทั้ง 2 อุปกรณ์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำ

การรวบรวมข้อมูลอาการเสียที่เกิดขึ้น จัดทำเป็นผังพาเรโต เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการหาปัญหาที่ต้องได้รับการป้องกันและแก้ไข โดยคิดเป็น ร้อยละ ตามรูปที่ 4.3 และ 4.4 มีรายละเอียดดังนี้

4.1. อาการเสียที่เกิดขึ้นกับเครื่องปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศไม่เย็น คิดเป็นร้อยละ 45.45

เครื่องปรับอากาศน้ำหยด คิดเป็นร้อยละ 36.36

เครื่องปรับอากาศเสียงดัง คิดเป็นร้อยละ 12.12

เครื่องปรับอากาศไม่ทำงาน คิดเป็นร้อยละ 6.06

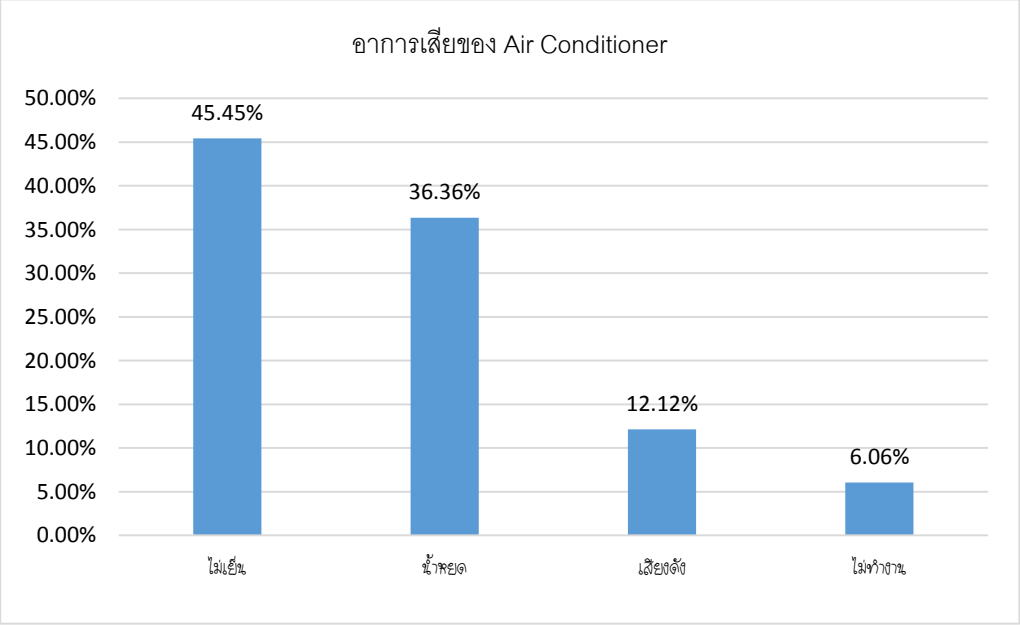
4.2 อาการเสียที่เกิดขึ้นกับห้องเย็น

ห้องเย็นหลอดไฟดับ คิดเป็นร้อยละ 33.33

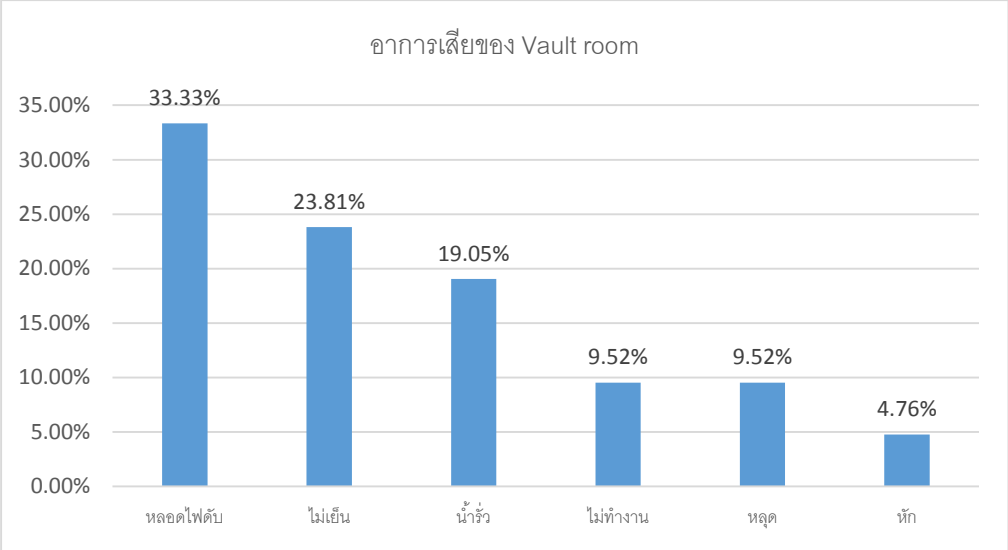
ห้องเย็นไม่เย็น คิดเป็นร้อยละ 23.81

ห้องเย็นน้ำรั่ว คิดเป็นร้อยละ 19.05

ห้องเย็นไม่ทำงาน คิดเป็นร้อยละ 9.52



รูปที่ 4.3 อาการเสียที่เกิดขึ้นกับเครื่องปรับอากาศ เมื่อคิดเป็นร้อยละ



รูปที่ 4.4 อาการเสียที่เกิดขึ้นกับ Vault Room เมื่อคิดเป็นร้อยละ

จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการจัดระดับความรุนแรงของอาการเสียที่เกิดขึ้น เมื่อพิจารณาจากผลกระทบที่ส่งผลต่อสินค้าและการบริการเป็นหลัก ซึ่งได้แบ่งระดับความรุนแรงออกเป็น 3 ระดับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ระดับ 1 หมายถึง ปัญหาที่ส่งผลทำให้ร้านสาขาไม่สามารถขายสินค้าหรือบริการได้ ต้องได้รับการแก้ไขทันที

ระดับ 2 หมายถึง ปัญหาที่ยังไม่ส่งผลทำให้ร้านสาขาไม่สามารถขายสินค้าหรือบริการได้ แต่ส่งผลทำให้ สินค้าและบริการได้รับความเสียหายบางส่วน ต้องได้รับการแก้ไขและปรับปรุงเพื่อป้องกันการหยุดทำงาน

ระดับ 3 หมายถึง ปัญหาที่ไม่ส่งผลทำให้สินค้าได้รับความเสียหาย ร้านสาขายังคงสามารถขายสินค้าและบริการได้ตามปกติ ต้องได้รับการตรวจสอบเพื่อการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

จากการจัดระดับความรุนแรงของอาการเสียที่เกิดขึ้น ทำให้สามารถแบ่งระดับของอาการเสียที่เกิดขึ้นได้ดังตารางที่ 4.2 และ 4.3

ตารางที่ 4.2 ระดับความรุนแรงของปัญหาที่เกิดกับ Air Conditioner ที่มีผลต่อสินค้าและบริการ

อาการเสียของ Air	% เมื่อเทียบกับอาการเสียทั้งหมด	ระดับความรุนแรงของอาการเสียที่มีผลต่อสินค้าและบริการ
ไม่เย็น	45.45%	2
น้ำหยด	36.36%	2
เสียงดัง	12.12%	3
ไม่ทำงาน	6.06%	1
Grand Total	**100%**	

ตารางที่ 4.3 ระดับความรุนแรงของปัญหาที่เกิดกับ Vault Room ที่มีผลต่อสินค้าและบริการ

อาการเสียของ Vault	% เมื่อเทียบกับอาการเสียทั้งหมด	ระดับความรุนแรงของปัญหาที่มีผลต่อสินค้าและบริการ
หลอดไฟดับ	33.33%	3
ไม่เย็น	23.81%	2
น้ำรั่ว	19.05%	2
ไม่ทำงาน	9.52%	1
หลุด	9.52%	2
หัก	4.76%	2
Grand Total	100%	

จากตารางที่ 4.2 และ 4.3 ทำให้เราสามารถทราบถึงปัญหาที่จะต้องทำการหาทางป้องกันเพื่อไม่ให้ปัญหาที่มีความรุนแรงเกิดขึ้นต่อร้านสาขา นั่นคือ ปัญหาเรื่องน้ำรั่ว น้ำหยด และ เรื่องความเย็น โดยปัญหาดังกล่าวเรียกได้ว่าเป็นสัญญาณเตือนของอาการอุปกรณ์ไม่ทำงาน นั่นเอง

จากปัญหาดังกล่าวเมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่บันทึกการแจ้งซ่อม พบว่า มีอะไหล่บางส่วนที่ได้รับการบำรุงรักษาไม่ทั่วถึง จึงเป็นสาเหตุให้อุปกรณ์ทั้ง 2 อย่างนั้นมีอายุการใช้งานน้อยกว่า จุดLCC ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องทำการยืดอายุการใช้งานอุปกรณ์ทั้ง 2 ด้วยการบำรุงรักษาอุปกรณ์ดังกล่าวให้ทั่วถึง โดยผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อหา อะไหล่หรือชิ้นส่วนที่ส่งผลต่ออายุการใช้งาน ดังตารางที่ 4.4 และ ตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ปัญหา ชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องและการแก้ไข ของ Air Conditioner

ปัญหา	ชิ้นส่วนเครื่องจักรที่เกี่ยวข้อง	วิเคราะห์ปัญหา	การแก้ไข
ไม่เย็น	ท่อน้ำยา (ท่อทองแดง)	ขาดการตรวจสอบ	เติมสารทำความเย็น,เปลี่ยนท่อ capillary tube (อุปกรณ์ฉีดน้ำยา)
	Condensing Unit coilร้อน	เสื่อมสภาพ	เปลี่ยน Motor Coil ร้อน
	Coil เย็น	เสื่อมสภาพ	เปลี่ยน Motor Coil เย็น
น้ำหยด	Coil เย็น	ขาดการตรวจสอบ	ท่อระบายน้ำทิ้งตัน
เสียงดัง	Coil เย็น	สึกหรอ	เปลี่ยน Motor Fan Coil เสื่อมสภาพ
	Condensing Unit	สึกหรอ	Motor พัดลม Coil ร้อน เสื่อมสภาพ
ไม่ทำงาน	Compressor	เสื่อมสภาพ	Motor พัดลม Coil ร้อน+เย็น เสื่อมสภาพ
	Coil เย็น	เสื่อมสภาพ	Motor Coil เสื่อมสภาพ

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์ปัญหา ชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องและการแก้ไข ของ Vault Room

ปัญหา	ชิ้นส่วนเครื่องจักรที่เกี่ยวข้อง	วิเคราะห์ปัญหา	การแก้ไข
หลอดไฟดับ	หลอดไฟ	เสื่อมสภาพ	เปลี่ยนหลอดไฟ
ไม่เย็น	ท่อน้ำยา (ท่อทองแดง)	ขาดการตรวจสอบ	เติมสารทำความเย็น,เปลี่ยนท่อ capillary tube(อุปกรณ์ฉีดน้ำยา)
	Condensing Unit coilร้อน	เสื่อมสภาพ	เปลี่ยน Motor Coil ร้อน
	Coil เย็น	เสื่อมสภาพ	เปลี่ยน Motor Coil เย็น
	แผงวงจร Electronic E2 Board	การใช้งานไม่ถูกวิธี	ให้ความรู้เกี่ยวกับหน้าที่ของแผงวงจร Electronic E2 Board
	Sensor ในแผงวงจร Electronic E2 Board	เสื่อมสภาพ	เปลี่ยน Sensor
น้ำรั่ว	Coil เย็น	ขาดการตรวจสอบ	ท่อระบายน้ำทิ้งตัน
ไม่ทำงาน	Compressor	เสื่อมสภาพ	Motor พัดลม Coil ร้อน+เย็น เสื่อมสภาพ
	Coil เย็น	เสื่อมสภาพ	Motor Coil เสื่อมสภาพ
หลุด	ขอบยางประตู	เสื่อมสภาพ	เปลี่ยนขอบยางรอบบานประตู
หัก	แผ่นรองชั้นอะคิลิคใส	การใช้งานไม่ถูกวิธี	ให้ความรู้เกี่ยวกับการดูแลรักษา และ การใช้งานที่ถูกต้อง

จากการพิจารณาข้อมูลในตารางที่ 4.2 ถึง 4.5 พบว่า ร้านสะดวกซื้อเกิดปัญหาการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างสิ้นเปลือง โดยผู้วิจัยทำการพิจารณาจาก ข้อมูลในตารางที่ 4.2 และ 4.3 พบว่าอาการเสียที่แจ้งซ่อมว่า ไม่เย็น นั่นหมายความว่า อุปกรณ์นั้นๆมีการทำงานอย่างไร้ประสิทธิภาพ คือ มีการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อเปลี่ยนเป็นความเย็นออกมาแต่ อุปกรณ์ทั้ง 2 ชนิดนี้ กลับไม่มีความเย็นปล่อยออกมา ซึ่งทำให้เห็นว่า ร้านสะดวกซื้อ จะต้องใช้พลังงานไฟฟ้า เพิ่มมากขึ้นในการทำให้อุปกรณ์เหล่านี้ ปล่อยความเย็นออกมา โดยเมื่อทำการพิจารณาในตารางที่ 4.4 และ 4.5 พบว่าสาเหตุการเกิดปัญหา ไม่เย็นนั้น เกิดจากการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์เพราะขาดการ

ตรวจสอบ และ การบำรุงรักษาไม่ถูกวิธี ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้จัดทำแผนการบำรุงรักษา Vault Room และ Air Conditioner สำหรับร้านสะดวกซื้อ เพื่อใช้ในการประหยัดพลังงาน โดย ลดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยไม่จำเป็น นั่นเอง

จากการรวบรวมข้อมูลจากคู่มือการใช้งาน ทำให้เราทราบอายุการใช้งานของอะไหล่หรือชิ้นส่วน ที่มีความสำคัญต่ออายุการใช้งานของอุปกรณ์ Air Conditioner และ Vault Room ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 อายุการใช้งานของอะไหล่ส่วนต่างๆของอุปกรณ์ Air Conditioner และ Vault Room

ลำดับที่	รายการ	อายุการใช้งาน (ปี)	
		Vault Room	Air Conditioner
1	Compressor	8	8
2	แผงรังผึ้ง Coil ร้อน	8	8
3	ท่อน้ำยา (ท่อทองแดงรั่ว)	6	6
4	แผงวงจร Electronic E2 Board	5	
5	ขอบยางประตู	5	
6	แผ่นรองชั้นอะคิลิคใส	5	
7	Sensor ในแผงวงจร Electronic E2 Board	5	
8	น้ำยา R22	4	4
9	Motor พัดลม Coil เย็น	4	4
10	ฟิวเตอร์ใน Coil เย็น ของAir		4
11	Motor Coil ร้อน	4	4

ซึ่งผลการการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า อะไหล่หรือชิ้นส่วนต่างๆในตารางที่ 12 นั้น มีความสำคัญต่อระบบการทำงานของอุปกรณ์ทั้ง 2 อย่าง จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องได้รับการดูแลตรวจสอบตรวจเช็ค จากหน่วยงานที่ทำหน้าที่บำรุงรักษาอุปกรณ์อย่างสม่ำเสมอ และถูกวิธี ซึ่งได้จัดทำ มาตรฐานการบำรุงรักษาอุปกรณ์ โดยมีทั้งหมด 3 มาตรฐาน ซึ่งประกอบไปด้วย

มาตรฐานการบำรุงรักษา Air Conditioner

1. ตรวจเช็คความผิดปรกติของเครื่องขณะทำงาน เช่น อาการสั่นคลอนของชิ้นส่วนต่างๆ เสียงดังจากการทำงานของ Compressor หรือพัดลม
2. ตรวจเช็คตำแหน่งของ Thermostat และวาง Thermometer ทวนสอบในตำแหน่งเดียวกับหาง Sensor เปรียบเทียบค่าที่อ่านได้กับ Display ของเครื่องต้องต่างกันไม่เกิน $\pm 1^{\circ}C$
3. ตรวจเช็คและทำความสะอาดชุดระบายความร้อนของตัวเครื่อง
4. เป่าทำความสะอาดท่อน้ำทิ้งและถาดน้ำทิ้ง
5. ตรวจเช็คสภาพและล้างทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศ
6. ตรวจเช็คสภาพสายไฟและระบบไฟฟ้าของตัวเครื่องให้ทำงานตรงตามมาตรฐานอุปกรณ์
7. ตรวจเช็คการกินกระแสของตัวเครื่องเทียบกับพิกัดกระแสที่ระบุ โดยต้องต่างกันไม่เกิน 20%
8. ตรวจเช็คกระแสไฟฟ้ารั่วไหลลงโครงโดยใช้ไขควง test ไฟแตะส่วนที่เป็นโลหะ หากมีกระแสไฟฟ้ารั่วไหลหลอด ไฟในไขควงจะติดแต่ถ้าไม่มีกระแสไฟฟ้ารั่วไหลหลอดไฟในไขควงจะไม่ติด

มาตรฐานการบำรุงรักษา Vault Room

1. ตรวจเช็คการทำงานโดยรวมของเครื่อง เช่น เสียงจากการทำงาน อุณหภูมิภายในห้องแช่
2. ตรวจเช็คตำแหน่งของ Thermostat และวาง Thermometer ทวนสอบในตำแหน่งเดียวกับหาง Sensor เปรียบเทียบค่าที่อ่านได้กับ Display ของเครื่องต้องต่างกันไม่เกิน $\pm 1^{\circ}C$
3. ตรวจเช็คและทำความสะอาดชุดระบายความร้อนของตัวเครื่อง
4. เป่าทำความสะอาดท่อน้ำทิ้งและถาดน้ำทิ้ง
5. ตรวจเช็คสภาพและทำความสะอาดแผงคอยล์เย็น
6. ตรวจเช็คสภาพสายไฟและระบบไฟฟ้าของตัวเครื่องให้ทำงานตรงตามมาตรฐานอุปกรณ์
7. ตรวจเช็คการกินกระแสของตัวเครื่องเทียบกับพิกัดกระแสที่ระบุ โดยต้องต่างกันไม่เกิน 20%
8. ตรวจเช็คสภาพขอบยางและการสั่นคลอนของประตู
9. ตรวจเช็คกระแสไฟฟ้ารั่วไหลลงโครงโดยใช้ไขควง test ไฟแตะส่วนที่เป็นโลหะ หากมีกระแสไฟฟ้ารั่วไหลหลอด ไฟในไขควงจะติดแต่ถ้าไม่มีกระแสไฟฟ้ารั่วไหลหลอดไฟในไขควงจะไม่ติด
10. ตรวจเช็คกระแสไฟฟ้าเข้า และ ออกที่แผงวงจร E2 Board

11. ตรวจเช็ค Code อักษรและตัวเลขที่แสดงบนแผงวงจร E2 Board

12. ตรวจเช็คอุณหภูมิภายในห้องแช่เย็นภายหลังการบำรุงรักษาเครื่อง

มาตรฐานการบำรุงรักษาระบบทำความเย็น โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

ชุด Condensing Unit

1.ตรวจเช็คมอเตอร์และใบลมระบายความร้อน

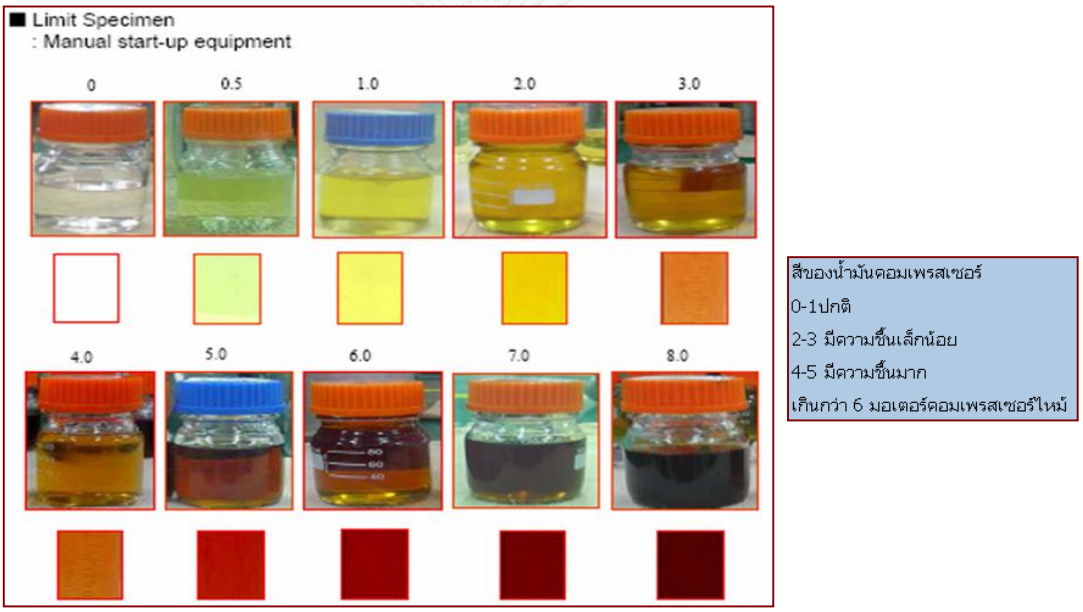
- ตรวจสอบสภาพกายภาพของมอเตอร์ การผุกร่อน ชำรุดเสียหายในจุดต่างๆ
- ตรวจสอบกราวด์ของขดลวดสเตเตอร์
- ตรวจเช็คค่าความต้านทานของขดลวดมอเตอร์เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน
- ตรวจเช็คลูกปืนและใบพัดของมอเตอร์ โดยการหมุนมอเตอร์แล้วสังเกตุสิ่งผิดปกติ เช่น เสียง , ความราบเรียบในการหมุน , ระยะรุนของมอเตอร์เป็นต้น
- ตรวจสอบ Capacitor Run
- ทดสอบการทำงานพร้อมกับวัดค่าการกินกระแสไฟฟ้าเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

2.ตรวจเช็ค Compressor

- ตรวจเช็คสภาพทางกายภาย รวมทั้งขั้วหลัก หากพบรอยสนิมหรือคราบเกลือคราบความชื้น ให้ขัดทำความสะอาดด้วยน้ำอุ่น
- ตรวจเช็คสภาพและระดับน้ำมันหล่อลื่นจากช่องกระจกของ Compressor ถ้าระดับน้ำมันมีน้อยกว่าที่กำหนดต้องเติมน้ำมันเพิ่ม หรือสีของสภาพน้ำมันนั้นอยู่ในช่วง เบอร์ 4 ถึง 5 ตามรูปที่ 33 ต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำมันใหม่
- ตรวจสอบค่าความต้านทานของขดลวดมอเตอร์ Compressor เปรียบเทียบกับ

  ค่ามาตฐาน กรณีนี้เป็นมอเตอร์ 3 เฟส ให้เปรียบเทียบค่าความต้านขดลวดทั้งสามขดต้องมีค่าเท่ากัน

รูปที่ 4.5 ช่องกระจกดูสภาพและระดับ ของน้ำมันหล่อลื่น



รูปที่ 4.6 ตัวอย่างสภาพน้ำมันหล่อลื่น จาก ร้านสะดวกซื้อ

3.ตรวจเช็คสภาพรังผึ้งระบายความร้อน

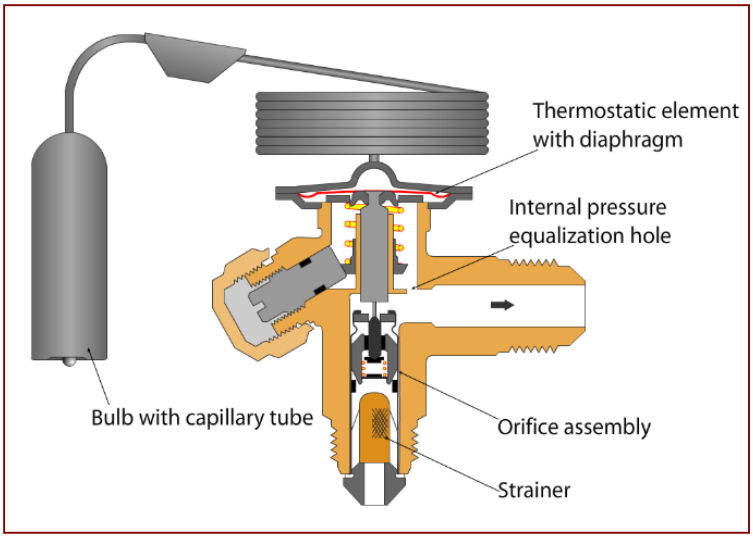
- ใช้ปั้มน้ำแรงดันสูงฉีดน้ำเปล่า (ไม่ผสมสารเคมี) ทำความสะอาดแผงรังผึ้ง และเฟรมภาพนอกและในเพื่อชำระล้างสิ้งสกปรกต่างๆออก ถ้ามีคราบสกปรกติดแน่นให้ใช้แปรงพลาสติกขัดทำความสะอาด แล้วเป่าลมให้แห้ง
- ถ้าแผ่นฟินที่แผงระบายความร้อนล้ม ต้องใช้หวีฟินปรับแต่งให้แผ่นฟินตั้งตรงตามเดิม

- ในขั้นตอนการตัดระบบจะมีการปิดวาล์วบล็อกสารทำความเย็นไว้ในชุด Condensing Unit แต่ถ้ามีการเปิดระบบ เพื่อถอดอุปกรณ์หรือเพื่อเปลี่ยนถ่านน้ำมันหล่อลื่น หลังจากดำเนินการเสร็จแล้วต้องบรรจุก๊าซไนโตรเจนแรงดัน 120 psig เพื่อป้องกันความชื้นเข้าระบบ

รูปที่ 4.7 การใช้หวีฟินปรับแต่งให้แผ่นฟินตั้งตรงตามเดิม ในกรณีที่ ถ้าแผ่นฟินที่แผงระบายความร้อนล้ม

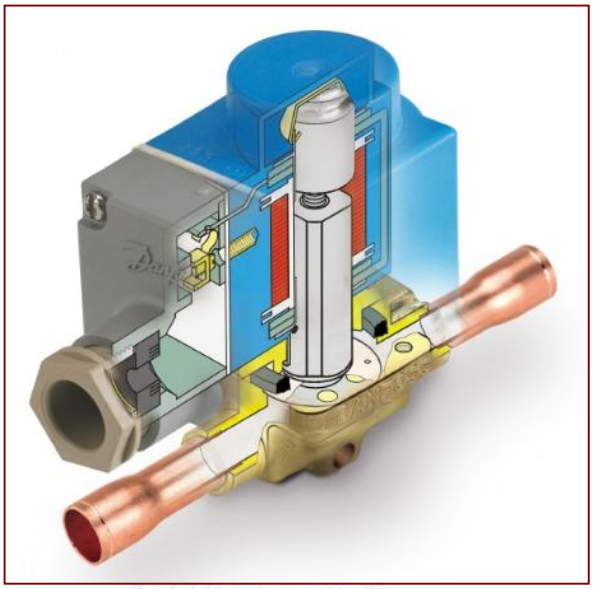
4.งานปรับปรุงอุปกรณ์ระบบสารทำความเย็น

- ถอดเอ็กแพนชั้นวาล์วออกจากระบบท่อ แล้วถอดล้างทำความสะอาด Strainer ด้วย R-141b



รูปที่ 4.8 ตำแหน่งของ Strainer

- ตรวจเช็คการทำงานของ Coils Solenoid Valve และล้างทำความภายในท่อของ Valve ด้วย R-141b



รูปที่ 4.9 Coils Solenoid Valve และ ภายในท่อของ Valve

- ตรวจเช็คสภาพของ Sight glasses กระจกด้านหน้าต้องไม่มีรอยแตกร้าว ใสสามารถมองสารทำความเย็นได้อย่างชัดเจน แถบสีสำหรับดูความชื้นตองมีสภาพที่สามารถดูความชื้นได้อย่างชัดเจน / ล้างทำความสะอาดทั้งภายนอกและภายในด้วย R-141b

รูปที่ 4.10 สภาพของ Sight glasses กระจกด้านหน้าต้องไม่มีรอยแตกร้าว ใสสามารถมองสารทำความเย็นได้อย่างชัดเจน

จากมาตรฐานการบำรุงรักษาที่ได้จัดทำขึ้น ผู้วิจัยจึงได้จัดทำแผนการบำรุงรักษาอะไหล่หรือชิ้นส่วน โดยใช้ทฤษีการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ซึ่งมีการแบ่งกิจกรรมการบำรุงรักษาเป็นทั้งหมด 8 กิจกรรม ดังนี้ คือ

1.	การทำความสะอาด (Cleaning)	แทนด้วย CL
2.	การหล่อลื่น (Lubricate)	แทนด้วย L
3.	การตรวจเช็ค (Inspection)	แทนด้วย I
4.	การตรวจวัด (Measurement)	แทนด้วย M
5.	การปรับแต่ง (Adjustment)	แทนด้วย AD
6.	การใช้งานอย่างถูกวิธี (Use)	แทนด้วย U
7.	การเปลี่ยนชิ้นส่วนที่สึกหรอหรือชำรุด (Replacement)	แทนด้วย RE
8.	อื่นๆ (Other)	แทนด้วย O

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.7แผนการบำรุงรักษาสำหรับอุปกรณ์ Air Condition(เครื่องปรับอากาศ)

ลำดับที่	รายการ	การบำรุงรักษา Air Conditioner เดือนที่											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Compressor	CL,I,AD,RE	CL,I,AD,RE	CL,I,AD,RE	CL,I,AD,RE	CL,I,AD,RE	CL,I,AD,RE	CL,I,AD,RE	CL,I,AD,RE	CL,I,AD,RE	CL,I,AD,RE	CL,I,AD,RE	**CL,I,AD,RE**
2	Coil เย็น	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	**CL,I,M**
3	แผงรังผึ้ง Coil ร้อน	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	**CL**
4	Condensing Unit	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	**CL,I,M**
5	ท่อน้ำยา (ท่อทองแดงรั่ว)	I,AD	I,AD	I,AD	I,AD	I,AD	I,AD	I,AD	I,AD	I,AD	I,AD	I,AD	**I,AD**
10	น้ำยา R22	M,AD	M,AD	M,AD	M,AD	M,AD	M,AD	M,AD	M,AD	M,AD	M,AD	M,AD	**M,AD**
11	Motor พัดลม Coil เย็น	I,AD,RE	I,AD,RE	I,AD,RE	I,AD,RE	I,AD,RE	I,AD,RE	I,AD,RE	I,AD,RE	I,AD,RE	I,AD,RE	I,AD,RE	**I,AD,RE,L**
12	ฟิวเตอร์ในCoil เย็น ของ Air Conditioner	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	**CL**
13	Motor พัดลม Coil ร้อน	I,RE	I,RE	I,RE	I,RE	I,RE	I,RE	I,RE	I,RE	I,RE	I,RE	I,RE	**I,L,RE**

***** อักษร ตัวหนา หมายถึง การบำรุงรักษารายปี *****

โดยหลักการพิจารณาจัดกิจกรรมการบำรุงรักษานั้น ได้จัดทำเป็นแผนการบำรุงรักษา ที่กำหนดความถี่ในการทำกิจกรรมนั้น ตาม ตารางที่ 4.7 และ 4.8

ตารางที่ 4.8 แผนการบำรุงรักษาสำหรับอุปกรณ์ Vault Room

ลำดับที่	รายการ	การบำรุงรักษา Vault Room เดือนที่											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Compressor	CL,I,AD,RE	CL,I,AD,RE	CL,I,AD,RE	CL,I,AD,RE	CL,I,AD,RE	CL,I,AD,RE	CL,I,AD,RE	CL,I,AD,RE	CL,I,AD,RE	CL,I,AD,RE	CL,I,AD,RE	**CL,I,AD,RE**
2	Coil เย็น	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	**CL,I,M**
3	แผงรังผึ้ง Coil ร้อน	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	**CL**
4	Condensing Unit	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	CL,I,M	**CL,I,M**
5	ท่อน้ำยา (ท่อทองแดงรั่ว)	I,AD	I,AD	I,AD	I,AD	I,AD	I,AD	I,AD	I,AD	I,AD	I,AD	I,AD	**I,AD**
6	แผงวงจร Electronic E2 Board	I,RE	I,RE	I,RE	I,RE	I,RE	I,RE	I,RE	I,RE	I,RE	I,RE	I,RE	**I,RE**
7	ขอบยางประตู	CL,I,RE	CL,I,RE	CL,I,RE	CL,I,RE	CL,I,RE	CL,I,RE	CL,I,RE	CL,I,RE	CL,I,RE	CL,I,RE	CL,I,RE	**CL,I,RE**
8	แผ่นรองชั้นอะคิลิคใส	CL,I,RE	CL,I,RE	CL,I,RE	CL,I,RE	CL,I,RE	CL,I,RE	CL,I,RE	CL,I,RE	CL,I,RE	CL,I,RE	CL,I,RE	**CL,I,RE**
9	Sensor ในแผงวงจร Electronic E2 Board	I,RE	I,RE	I,RE	I,RE	I,RE	I,RE	I,RE	I,RE	I,RE	I,RE	I,RE	**I,RE**
10	น้ำยา R22	M,AD	M,AD	M,AD	M,AD	M,AD	M,AD	M,AD	M,AD	M,AD	M,AD	M,AD	**M,AD**
11	Motor พัดลม Coil เย็น	I,AD,RE	I,AD,RE	I,AD,RE	I,AD,RE	I,AD,RE	I,AD,RE	I,AD,RE	I,AD,RE	I,AD,RE	I,AD,RE	I,AD,RE	**I,AD,RE,L**
13	Motor พัดลม Coil ร้อน	I,RE	I,RE	I,RE	I,RE	I,RE	I,RE	I,RE	I,RE	I,RE	I,RE	I,RE	**I,L,RE**

*** อักษร ตัวหนา หมายถึง การบำรุงรักษารายปี ***

ตารางที่ 4.9 Check Sheet ในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ Air Conditioner และ Vault Room ในแต่ละเดือน

ลำดับ	ขั้นตอนในการตรวจเช็ค	อุปกรณ์				
		Air Conditioner				Vault Room
		No.1	No.2	No.3	No.4	
Coil เย็น						
1	ตรวจเช็คความผิดปรกติของเครื่องขณะทำงาน					
	พิจารณาลักษณะทางกายภาพ					
	- มีเสียงผิดปรกติ ในขณะทำงานหรือไม่	ไม่	มี	ไม่	ไม่	ไม่
	- โครงสร้างเป็นสนิมหรือไม่	มี	มี	มี	มี	มี
	- มีการสั่นคลอนของน๊อตหรือไม่	ไม่	มี	ไม่	ไม่	ไม่
	- มีคราบสกปรก คราบตะกรัน หรือไม่	มี	มี	ไม่	ไม่	มี
	- โครงสร้างมีการหลุดลอกของสีหรือไม่	มี	มี	มี	มี	มี
2	ตรวจเช็คตำแหน่งของ Thermostat และวาง Thermometer ทวนสอบในตำแหน่งเดียวกับหาง Sensor เปรียบเทียบค่าที่อ่านได้กับ Display ของเครื่องต้องต่างกันไม่เกิน 1°C	✓	✓	✓	✓	✓
3	ตรวจเช็คและทำความสะอาดชุดระบายความร้อนของตัวเครื่อง	✓	✓	✓	✓	✓
4	เป่าทำความสะอาดท่อน้ำทิ้งและถาดน้ำทิ้ง	✓	✓	✓	✓	✓
5	ตรวจเช็คสภาพและล้างทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศ	✓	✓	✓	✓	✓
6	ตรวจเช็คสภาพสายไฟและระบบไฟฟ้าของตัวเครื่องให้ทำงานตรงตามมาตรฐานอุปกรณ์	✓	✓	✓	✓	✓

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับ	ขั้นตอนในการตรวจเช็ค	อุปกรณ์				
		Air Conditioner				Vault
		No.1	No.2	No.3	No.4	Room
7	ตรวจเช็คการกินกระแสของตัวเครื่องเทียบกับพิกัดกระแสที่ระบุ โดยต้องต่างกันไม่เกิน 20%	✓	✓	✓	✓	✓
8	ตรวจเช็คกระแสไฟฟ้ารั่วไหลลงโครงโดยใช้ไขควง test ไฟแตะส่วนที่เป็นโลหะ หากมีกระแสไฟฟ้ารั่วไหลหลอด ไฟในไขควงจะติดแต่ถ้าไม่มีกระแสไฟฟ้ารั่วไหลหลอดไฟในไขควงจะไม่ติด	✓	✓	✓	✓	✓
9	ตรวจเช็คสภาพขอบยางและการสั่นคลอนของประตู	-	-	-	-	✓
10	ตรวจเช็คอุณหภูมิภายในห้องแช่เย็นภายหลังการบำรุงรักษาเครื่อง	-	-	-	-	✓
ระบบทำความเย็น						
11	ตรวจเช็คความผิดปรกติของมอเตอร์ขณะทำงาน การผุกร่อน ชำรุดเสียหาย ในจุดต่างๆ เสียง , ความราบเรียบในการหมุน เป็นต้น	✓	✓	✓	✓	✓
	พิจารณาลักษณะทางกายภาพ					
	- มีเสียงผิดปรกติ ในขณะทำงานหรือไม่	ไม่	มี	ไม่	ไม่	ไม่
	- โครงสร้างเป็นสนิมหรือมีการผุกร่อนหรือไม่	มี	มี	มี	มี	มี
	- มีการสั่นคลอนของน๊อตหรือไม่	มี	ไม่	มี	มี	ไม่
	- มีคราบสกปรก คราบตะกรัน หรือไม่	มี	มี	มี	มี	มี
	- โครงสร้างมีการหลุดลอกของสีหรือไม่	มี	มี	มี	มี	มี

ลำดับ	ขั้นตอนในการตรวจเช็ค	อุปกรณ์				
		Air Conditioner				Vault
		No.1	No.2	No.3	No.4	Room
13	ตรวจสภาพแผงรังผึ้ง ใช้ปั้มน้ำแรงดันสูง ฉีดน้ำเปล่า (ไม่ผสมสารเคมี) ทำความสะอาดแผงรังผึ้งและเฟรมภาพนอกและในเพื่อชำระล้างสิ้งสกปรกต่างๆ	✓	✓	✓	✓	✓
14	ตรวจสอบสภาพถาดน้ำทิ้ง ล้างทำความสะอาดด้วยปั้มแรงดันสูง ถ้ามีรอยสนิมให้ใช้กระดาษทรายขัดแล้วพ้นสีทับซึ่งต้องเป็นสีเดียวกันกับสีเดิม ให้เรียบร้อย	✓	✓	✓	✓	✓
15	ภายในท่อของ Unit Cooler จะมีน้ำมันหล่อลื้น จะต้องทำการล้างท่อด้วยสาร R-141b จนภายนั้นสะอาด โดยในการล้างทำความสะอาดนั้นควรนำแผ่นฟิตตเตอร์สีขาวกรองสาร R-141b ด้านทางออก ถ้าแผ่นฟิตเตอร์เป็นสีขาวและไม่มีเศษสิ่งสกปรก นั้นแสดงว่าภายท่อมีความสะอาดแล้ว จากนั้นให้ทำการเชื่อมวาล์วศร แล้วทำสูญญากาศเพื่อบรรจุไนโตรเจนแรงดัน 120 psig เพื่อเป็นการตรวจสอบรั่วและป้องกับสิ่งสกปรกเข้าภายในท่อ	✓	✓	✓	✓	✓
16	ตรวจเช็คกระแสไฟฟ้าเข้า และ ออกที่แผงวงจร E2 Board	-	-	-	-	✓
17	ตรวจเช็ค Code อักษรและตัวเลขที่แสดงบนแผงวงจร E2 Boar	-	-	-	-	ไม่

ตารางที่ 4.10 Check Sheet ในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ Air Conditioner และ Vault Room ในรอบรายปีและ Overhaul

ลำดับ	ขั้นตอนในการตรวจเช็ค	อุปกรณ์				
		Air Conditioner				Vault Room
		No.1	No.2	No.3	No.4	
Coil เย็น						
1	ตรวจเช็คความผิดปรกติของเครื่องขณะทำงาน					
	พิจารณาลักษณะทางกายภาพ					
	- มีเสียงผิดปรกติ ในขณะทำงานหรือไม่	มี	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่
	- โครงสร้างเป็นสนิมหรือไม่	มี	มี	มี	มี	มี
	- มีการสั่นคลอนของน๊อตหรือไม่	ไม่	ไม่	มี	ไม่	ไม่
	- มีคราบสกปรก คราบตะกรัน หรือไม่	มี	มี	ไม่	ไม่	มี
	- โครงสร้างมีการหลุดลอกของสีหรือไม่	มี	มี	มี	มี	มี
3	ตรวจเช็คและทำความสะอาดชุดระบายความร้อนของตัวเครื่อง	✓	✓	✓	✓	✓
4	เป่าทำความสะอาดท่อน้ำทิ้งและถาดน้ำทิ้ง	✓	✓	✓	✓	✓
5	ตรวจเช็คสภาพและล้างทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศ	✓	✓	✓	✓	✓

ลำดับ	ขั้นตอนในการตรวจเช็ค	อุปกรณ์				
		Air Conditioner				Vault Room
		No.1	No.2	No.3	No.4	
6	ตรวจเช็คสภาพสายไฟและระบบไฟฟ้าของตัวเครื่องให้ทำงานตรงตามมาตรฐานอุปกรณ์	✓	✓	✓	✓	✓
7	ตรวจเช็คการกินกระแสของตัวเครื่องเทียบกับพิกัดกระแสที่ระบุ โดยต้องต่างกันไม่เกิน 20%	✓	✓	✓	✓	✓
8	ตรวจเช็คกระแสไฟฟ้ารั่วไหลลงโครงโดยใช้ไขควง test ไฟแตะส่วนที่เป็นโลหะ หากมีกระแสไฟฟ้ารั่วไหลหลอด ไฟในไขควงจะติด	✓	✓	✓	✓	✓
9	ตรวจเช็คสภาพขอบยางและการสั่นคลอนของประตู	-	-	-	-	✓
10	ตรวจเช็คอุณหภูมิภายในห้องแช่เย็นภายหลังการบำรุงรักษาเครื่อ	-	-	-	-	✓
ระบบทำความเย็น						
11	ตรวจเช็คความผิดปรกติของมอเตอร์ขณะทำงาน การผุกร่อน ชำรุดเสียหาย ในจุดต่างๆ เสียง , ความราบเรียบในการหมุน เป็นต้น					✓
	พิจารณาลักษณะทางกายภาพ					

ลำดับ	ขั้นตอนในการตรวจเช็ค	อุปกรณ์				
		Air Conditioner				Vault Room
		No.1	No.2	No.3	No.4	
11	- มีการสั่นคลอนของน๊อตหรือไม่					มี
	- มีคราบสกปรก คราบตะกรัน หรือไม่					มี
	- โครงสร้างมีการหลุดลอกของสีหรือไม่					มี
12	ทดสอบการทำงานพร้อมกับวัดค่าการกินกระแสไฟฟ้าเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน					✓
13	ตรวจสภาพแผงรังผึ้ง ใช้ปั้มน้ำแรงดันสูงฉีดน้ำเปล่า ทำความสะอาดแผงรังผึ้งและเฟรม					✓
14	ตรวจสอบสภาพถาดน้ำทิ้ง ล้างทำความสะอาดด้วยปั้มแรงดันสูง ถ้ามีรอยสนิมให้ใช้กระดาษทรายขัดแล้วพ้นสีทับซึ่งต้องเป็นสีเดียวกันกับสีเดิม ให้เรียบร้อย					✓

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับ	ขั้นตอนในการตรวจเช็ค	อุปกรณ์				
		Air Conditioner				Vault Room
		No.1	No.2	No.3	No.4	
15	ในท่อของ Unit Cooler จะมีน้ำมันหล่อลื่น จะต้องทำการล้างท่อด้วยสาร R-141b โดยทำความสะอาดแผ่นฟิตตเตอร์สีขาวด้านทางออก ถ้าแผ่นฟิตเตอร์เป็นสีขาวและไม่มีเศษสิ่งสกปรก แสดงว่าภายท่อมีความสะอาด จากนั้นให้ทำการเชื่อมวาล์วศร แล้วทำสูญญากาศเพื่อบรรจุ N2 แรงดัน 120 psig	✓	✓	✓	✓	✓
16	ตรวจเช็คกระแสไฟฟ้าเข้าและ ออกที่แผงวงจร E2 Board	-	-	-	-	✓
17	ตรวจเช็ค Code อักษรและตัวเลขที่แสดงบนแผงวงจร E2 Boar	-	-	-	-	ไม่แสดง
18	Condensing Unit ตรวจเช็คมอเตอร์และใบลมระบายความร้อน ตรวจสอบกราวด์ของขดลวดสเตเตอร์	✓	✓	✓	✓	✓
19	Condensing Unit ตรวจเช็คค่าความต้านทานของขดลวดมอเตอร์เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน	✓	✓	✓	✓	✓

ลำดับ	ขั้นตอนในการตรวจเช็ค	อุปกรณ์				
		Air Conditioner				Vault Room
		No.1	No.2	No.3	No.4	
20	Condensing Unit ตรวจเช็คลูกปืนและใบพัดของมอเตอร์โดยการหมุนมอเตอร์แล้วสังเกตุสิ่งผิดปกติ เช่น เสียง , ความราบเรียบในการหมุน , ระยะรุนของมอเตอร์ เป็นต้น	✓	✓	✓	✓	✓
21	Condensing Unit ตรวจสอบ Capacitor Run	✓	✓	✓	✓	✓
22	Compressor ตรวจสอบค่าความต้านทานของขดลวดมอเตอร์Compressor เปรียบเทียบกับค่ามาตฐาน กรณีนี้เป็นมอเตอร์ 3 เฟส ให้เปรียบเทียบค่าความต้านขดลวดทั้งสามขดต้องมีค่าเท่ากัน	✓	✓	✓	✓	✓
24	ตรวจเช็คสภาพรังผึ้งระบายความร้อนในวาล์วบล็อกสารทำความเย็นในชุด Condensing Unit ถ้ามีการเปิดระบบ เพื่อถอดอุปกรณ์หรือเปลี่ยนถ่านมันหล่อลื่น	✓	✓	✓	✓	✓

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับ	ขั้นตอนในการตรวจเช็ค	อุปกรณ์				
		Air Conditioner				Vault Room
		No.1	No.2	No.3	No.4	
25	งานปรับปรุงอุปกรณ์ระบบสารทำความเย็น ถอดเอ็กแพนชั้นวาล์วออกจากระบบท่อ แล้วถอดล้างทำความสะอาด Strainer ด้วย R-141b	✓	✓	✓	✓	✓
26	งานปรับปรุงอุปกรณ์ระบบสารทำความเย็น ตรวจเช็คการทำงานของ Coils Solenoid Valve และล้างทำความภายในท่อของ Valve ด้วย R-141b	✓	✓	✓	✓	✓
27	ตรวจเช็คสภาพของ Sight glasses กระจกด้านหน้าต้องใสสามารถมองสารทำความเย็นได้และแถบสีสำหรับดูความชื้นต้องสามารถดูความชื้นได้อย่างชัดเจน	✓	✓	✓	✓	✓

จากตารางที่ 4.9 และ 4.10 ทำให้ได้วิธีการบำรุงรักษาที่ถูกต้อง เพื่อยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ Air Conditioner และ Vault Room ในร้านสะดวกซื้อ โดยขั้นตอนที่กำหนดใน Check Sheet แต่ละขั้นตอนนั้น ได้มาจากการวิเคราะห์หาสาเหตุ ที่ทำให้อุปกรณ์ดังกล่าว มีอายุการใช้งานที่น้อย

4.2 ผลการวิจัยการประเมินมูลค่าอุปกรณ์ของร้านสะดวกซื้อ

ในงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยทำการเลือกการประเมินมูลค่าอุปกรณ์ของร้านสะดวกซื้อ ด้วยวิธีต้นทุน เพราะวิธีนี้สามารถสะท้อนให้เห็นถึงสภาพ และประสิทธิภาพของอุปกรณ์ ทั้งยังสามารถใช้งานได้ทั่วไป โดยได้ราคาเครื่องจักรและอุปกรณ์จากมูลค่าที่แท้จริง พร้อมทั้งยังสามารถนำข้อมูลที่ได้มาใช้งานในเรื่องของการบริหารต้นทุนและการบำรุงรักษาเครื่องจักร

4.1.1 ราคาของอุปกรณ์ใหม่ที่เทียบเท่ากับอุปกรณ์เดิม

ตารางที่ 4.11 ราคา สำหรับ อุปกรณ์ Vault Room และ Air Conditioner ใหม่ ที่เทียบเท่าของร้านสะดวกซื้อ

No.	รายการ	ระบบไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า (วัตต์ / ชม.)	ราคา (บาท.)
1	เครื่องปรับอากาศ 40,944 BTU (Carrier เบอร์ 5)	3P	3500	45,900.00
2	ห้อง Vault 4 ประตู คอยล์ร้อนรุ่น ZX	3P	2450	439,040.00

โดยการประเมินราคาอุปกรณ์ตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่า

1. อายุการใช้งานอุปกรณ์ เท่ากับ 10 ปี
2. การซื้ออุปกรณ์เป็นการกู้ยืมเงิน 100% โดยอัตราดอกเบี้ยในขณะที่กู้ยืมเท่ากับ 10%
3. ราคาของอุปกรณ์ใหม่ที่เทียบเท่ากับอุปกรณ์เก่า Air Conditioner เท่ากับ เครื่องละ 45,900 บาท ดังนั้นใน 1 สาขา จึงมีค่าเท่ากับ 183,600 บาท และ Vault Room เท่ากับ 439,040 บาท

4.1.2 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษาเครื่องใหม่

ผลการรวบรวมข้อมูล O&M ซึ่งประกอบไปด้วย ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ, ค่าไฟฟ้า, ค่าอุปกรณ์เครื่องมือ และค่าบำรุงรักษาอุปกรณ์ ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.12 จากนั้นนำค่า O&Mใหม่ ไปคำนวณหาค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษาอุปกรณ์ใหม่เฉลี่ยเท่ากันทุกๆปีตลอดอายุของทรัพย์สิน ($O\&M_{ใหม่(LCCใหม่)}$)

ตารางที่ 4.12 รายละเอียดค่าใช้จ่ายต่างๆที่ใช้ในการคำนวณหาค่า O&Mใหม่

ปีที่	O&M ใหม่	
	Air Condition	Vault Room
1	฿173,427.14	฿104,902.81
2	฿188,525.34	฿110,804.97
3	฿192,483.54	฿112,647.13
4	฿199,641.74	฿114,489.29
5	฿210,264.94	฿156,036.45
6	฿204,358.14	฿118,173.61
7	฿207,796.34	฿120,015.77
8	฿211,754.54	฿121,857.93
9	฿215,712.74	฿123,700.09
10	฿229,535.94	฿164,727.25

4.1.3 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษาเครื่องเดิม

ผลการรวบรวมข้อมูล O&M เก่า ดังตารางที่ 4.13 และจากนั้นก็นำค่า O&M เก่าที่ได้มาทำการคำนวณค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่ต้องการประเมินเฉลี่ยเท่ากันทุกๆ ปี ตลอดอายุการใช้งานที่เหลือ

ตารางที่ 4.13 รายละเอียดค่าใช้จ่ายต่างๆที่ใช้ในการคำนวณหาค่า O&M เก่า

ปีที่	O&M เก่า	
	Air Condition	Vault Room
1	฿190,565.90	฿55,604.01
2	฿208,399.95	฿60,722.08
3	฿215,614.01	฿62,300.16
4	฿237,348.06	฿83,398.23
5	฿257,157.11	฿194,011.31
6	-	-
7	-	-
8	-	-
9	-	-
10	-	-

และเมื่อนำค่าที่ได้ มาใส่ในสมการการหาราคาหรือมูลค่าของอุปกรณ์ที่ประเมินในปีที่ n ($V_{n(เก่า)}$)จะทำให้เราได้ทราบราคาหรือมูลค่าของอุปกรณ์ที่ทั้ง 2 ชนิด คือ Vault Room และ Air Conditioner สำหรับร้านสะดวกซื้อ ที่ทำการประเมินในปีที่ n ซึ่งสามารถดูผลการวิเคราะห์ราคาจากได้จากตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ราคาของ Air Conditioner สำหรับร้านสะดวกซื้อที่ทำการประเมินในปีที่ n

ปีที่	Air Conditioner		
	O&M ใหม่	O&M เก่า	มูลค่าเฉลี่ย
1	214,473.24	219,112.00	38,799.39
2	229,571.44	236,946.05	30,306.98
3	233,529.64	244,160.11	25,305.26
4	240,687.84	265,894.16	18,132.66
5	251,311.04	285,703.22	10,610.34
6	245,404.24	-	
7	248,842.44	-	
8	252,800.64	-	
9	256,758.84	-	
10	270,582.04	-	

ตารางที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์ราคาของ Vault Room สำหรับร้านสะดวกซื้อที่ทำการประเมินในปีที่ n

ปีที่	Vault Room		
	O&M ใหม่	O&M เก่า	มูลค่าเฉลี่ย
1	162,014.80	62,716.00	137,543.71
2	167,916.96	67,834.07	135,106.53
3	169,759.12	69,412.15	133,819.83
4	171,601.28	90,510.22	128,633.37
5	213,148.44	201,123.30	107,422.10
6	175,285.60	-	
7	177,127.76	-	
8	178,969.92	-	
9	180,812.08	-	
10	221,839.24	-	

ผลการวิเคราะห์ราคาของ Vault Room และ Air Conditioner เมื่อมีอายุการใช้งานที่ทำให้มีประสิทธิภาพการใช้งานสูงสุดสำหรับร้านสะดวกซื้อคือ 5 ปี เราจะพบว่า Vault Room มีค่าเท่ากับ107,422.10 บาท/Store และ Air Conditioner มีค่าเท่ากับ 10,610.34 บาท/Store (4เครื่อง) ซึ่งคิดเฉลี่ยเป็น2,652.59 บาท/เครื่อง นั่นเอง

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้มี 2 ข้อได้แก่

5.1.1 จัดทำแผนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ Vault Room และ เครื่องปรับอากาศ เพื่อการใช้งานให้มีประสิทธิภาพ โดยผลการวิจัย พบว่า อายุการใช้งานของอุปกรณ์เมื่อทำการวิเคราะห์ ด้วยวิธีการคำนวณค่า LCC (Life Cycle Cost) พบว่า Vault Room มีอายุการใช้งานให้มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ 5 ปี และ Air Conditioner มีอายุการใช้งาน ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด คือ 5 ปี โดยผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่ออายุการใช้งาน พบว่า การบำรุงรักษาเป็นหัวใจหลักในการทำให้อุปกรณ์มีอายุการใช้งานที่มีประสิทธิภาพสูง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการจัดทำมาตรการบำรุงรักษาอุปกรณ์ Vault Room และ Air Conditioner สำหรับร้านสะดวกซื้อ พร้อมจัดทำแผนการบำรุงรักษาและ Check Sheet เพื่อเป็นการยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ โดยในผลการวิจัยในวัตถุประสงค์ข้อนี้ ทำให้ได้รับแผนการประหยัดพลังงานเพิ่มขึ้นมาอีก 1 อย่าง

5.1.2 ประเมินมูลค่าอุปกรณ์ของร้านสะดวกซื้อ โดยผลการวิจัย พบว่า มูลค่าอุปกรณ์ ณ. อายุการใช้งานที่มีประสิทธิภาพสูงสุด มีมูลค่าของ Vault Room เท่ากับ 107,422.10 บาท/Store และ Air Conditioner มีค่าเท่ากับ 10,610.34 บาท/Store (4เครื่อง) ซึ่งคิดเฉลี่ยเป็น 2,652.59 บาท/เครื่อง ซึ่งในการประเมินมูลค่าอุปกรณ์ของร้านสะดวกซื้อ ในงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยเลือกที่จะใช้วิธีต้นทุนมาใช้ในการประเมินมูลค่าอุปกรณ์ เพราะวิธีนี้สามารถสะท้อนให้เห็นถึงสภาพ และประสิทธิภาพของอุปกรณ์ ทั้งยังสามารถใช้งานได้ทั่วไปโดยได้ราคาเครื่องจักรและอุปกรณ์จากมูลค่าที่แท้จริง พร้อมทั้งยังสามารถนำข้อมูลที่ได้มาใช้งานในเรื่องของการบริหารต้นทุนและการบำรุงรักษาเครื่องจักร ได้อีกด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 งานวิจัยนี้ มุ่งเน้น การสร้างองค์ความรู้ในการนำทฤษฎีการคำนวณหาค่า LCC และการประเมินมูลค่าอุปกรณ์ด้วยวิธี Cost Approach โดยนำมาใช้ในการหาอายุการใช้งานพร้อมหามูลค่าของอุปกรณ์ในร้านสะดวกซื้อ ซึ่งในงานวิจัยนี้ ได้ทำการวิเคราะห์อายุของอุปกรณ์ในร้านสะดวกซื้อจำนวน 2 อย่างคือ Vault Room และ Air Conditioner ซึ่งหากต้องการทราบอายุการใช้งานของอุปกรณ์ชนิดใดสำหรับร้านสะดวกซื้อ สามารถนำเนื้อหาในงานวิจัยนี้ไปเป็นแบบจำลองในการจัดทำ อายุการใช้งานและการประเมินมูลค่าของอุปกรณ์สำหรับร้านสะดวกซื้ได้ต่อไปรวมทั้งยังสามารถนำแผนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ทั้ง 2 ที่อยู่ในงานวิจัยนี้ไปใช้งานได้จริง เพื่อเป็นการยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ นั่นเอง

5.2.2 ในการคำนวณค่า Life Cycle Cost (LCC) และ การประเมินมูลค่าด้วยวิธีต้นทุน Cost Approach จะต้องทำการรวบรวมข้อมูลค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งจะต้องทำการศึกษาข้อมูลการใช้งาน ข้อมูลด้านเทคนิค รวมถึงข้อมูลด้านการเงิน ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ที่ทำการศึกษา มิเช่นนั้น ค่าที่ได้จะไม่สามารถวิเคราะห์ผลได้ทำให้อย่างสัมพันกัน และผู้วิจัยจำเป็นจะต้องทำการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผลใหม่อีกครั้ง

5.2.3 ในการจัยครั้งต่อไป ควรจะทำการวิเคราะห์การนำแผนการบำรุงรักษาไปปฏิบัติ เพราะอาจจะทำให้พบปัญหาการใช้งานใหม่เกิดขึ้นอีก หรือ อาจทำให้ได้แผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่เหมาะสมกับร้านสะดวกซื้อมากกว่างานวิจัยฉนับนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

1. กฤษณะกำชัย, ว., ระบบทำความเย็น (*Refrigeration System)*.
2. พรเฉลิมพงศ์, ผ.ด.พ.พ.ผ.ด.พ. and ศ.ด.น.ร.ศ.ด.น. รัตนาปนนท์, ห้องเย็น คือ อะไร *?* 2557.
3. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, เอกสารเผยแพร่ ภาคบ้านอยู่อาศัย หมวดที่ *4 :* ระบบปรับอากาศ (*Air Conditionering)*.
4. อ่วมอ้อ, ธ., การบำรุงรักษาตามแผน. 2552.
5. ต้นทุนตลอดอายุ.
6. สรญา ยงประยูร, น.เ.แ.ว.ร., การวิเคราะห์มูลค่าตลอดช่วงการใช้งานของระบบปรับอากาศแบบดูดกลืนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ *Life Cycle Cost Analysis of Solar Absorption Cooling System.* 2550.
7. THONGSUKHOWONG, A., *Cost Planning for the Product Life-Cycle,and TQM*. 2557.
8. สำนักงานคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์, มาตรฐานและจรรยาบรรณวิชาชีพการประเมินมูลค่าโรงงาน เครื่องจักรและอุปกรณ์. p. 5-7,11.
9. วงศ์วิวัฒน์, พ., การปรับปรุงและพัฒนาระบบซ่อมบำรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตของโรงงานผลิตหม้อแปลงไฟฟ้า, in คณะวิศวกรรมศาสตร์ 2543, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
10. จิตรจุน, ก., การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการบำรุงรักษาบนพื้นฐานของความน่าเชื่อถือ กรณีศึกษา โรงงานผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรกล, in วิศวกรรมอุตสาหการ. 2550, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
11. เจียรบุตร, ศ., กระบวนการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกโดยใช้แนวทาง *R&M* in วิศวกรรมศาสตร์. 2545, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
12. สุทธิบุตร, ช., การประเมินวัฏจักรชีวิตและต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากสบู่ดำ in วิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ 2550, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
13. รัตนเกื้อกังวาน, ส., การกำหนดหลักเกณฑ์ และวิธีการประเมินราคาเครื่องจักร (*Machine Appraisal)*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก.

แบบฟอร์มตาราง Check Sheet การเข้าบำรุงรักษา อุปกรณ์ Vault room และ Air Conditioner แบบรายเดือน และรายปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.1 Check Sheet ในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ Air Conditioner และ Vault Room ในแต่ละเดือน

ลำดับ	ขั้นตอนในการตรวจเช็ค	อุปกรณ์				
		Air Conditioner				Vault Room
		No.1	No.2	No.3	No.4	
Coil เย็น						
1	ตรวจเช็คความผิดปรกติของเครื่องขณะทำงาน					
	พิจารณาลักษณะทางกายภาพ					
	- มีเสียงผิดปรกติ ในขณะทำงานหรือไม่					
	- โครงสร้างเป็นสนิมหรือไม่					
	- มีการสั่นคลอนของน๊อตหรือไม่					
	- มีคราบสกปรก คราบตะกรัน หรือไม่					
	- โครงสร้างมีการหลุดลอกของสีหรือไม่					
2	ตรวจเช็คตำแหน่งของ Thermostat และวาง Thermometer ทวนสอบในตำแหน่งเดียวกับหาง Sensor เปรียบเทียบค่าที่อ่านได้กับ Display ของเครื่องต้องต่างกันไม่เกิน 1°C					
3	ตรวจเช็คและทำความสะอาดชุดระบายความร้อนของตัวเครื่อง					
4	เป่าทำความสะอาดท่อน้ำทิ้งและถาดน้ำทิ้ง					
5	ตรวจเช็คสภาพและล้างทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศ					
6	ตรวจเช็คสภาพสายไฟและระบบไฟฟ้าของตัวเครื่องให้ทำงานตรงตามมาตรฐานอุปกรณ์					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับ	ขั้นตอนในการตรวจเช็ค	อุปกรณ์				
		Air Conditioner				Vault
		No.1	No.2	No.3	No.4	Room
7	ตรวจเช็คการกินกระแสของตัวเครื่องเทียบกับพิกัดกระแสที่ระบุ โดยต้องต่างกันไม่เกิน 20%					
8	ตรวจเช็คกระแสไฟฟ้ารั่วไหลลงโครงโดยใช้ไขควง test ไฟแตะส่วนที่เป็นโลหะ หากมีกระแสไฟฟ้ารั่วไหลหลอด ไฟในไขควงจะติดแต่ถ้าไม่มีกระแสไฟฟ้ารั่วไหลหลอดไฟในไขควงจะไม่ติด					
9	ตรวจเช็คสภาพขอบยางและการสั่นคลอนของประตู					
10	ตรวจเช็คอุณหภูมิภายในห้องแช่เย็นภายหลังการบำรุงรักษาเครื่อง					
ระบบทำความเย็น						
11	ตรวจเช็คความผิดปรกติของมอเตอร์ขณะทำงาน การผุกร่อน ชำรุดเสียหาย ในจุดต่างๆ เสียง , ความราบเรียบในการหมุน เป็นต้น					
	พิจารณาลักษณะทางกายภาพ					
	- มีเสียงผิดปรกติ ในขณะทำงานหรือไม่					
	- โครงสร้างเป็นสนิมหรือมีการผุกร่อนหรือไม่					
	- มีการสั่นคลอนของน๊อตหรือไม่					
	- มีคราบสกปรก คราบตะกรัน หรือไม่					
	- โครงสร้างมีการหลุดลอกของสีหรือไม่					

ลำดับ	ขั้นตอนในการตรวจเช็ค	อุปกรณ์				
		Air Conditioner				Vault
		No.1	No.2	No.3	No.4	Room
13	ตรวจสภาพแผงรังผึ้ง ใช้ปั้มน้ำแรงดันสูง ฉีดน้ำเปล่า (ไม่ผสมสารเคมี) ทำความสะอาดแผงรังผึ้งและเฟรมภาพนอกและในเพื่อชำระล้างสิ้งสกปรกต่างๆ					
14	ตรวจสอบสภาพถาดน้ำทิ้ง ล้างทำความสะอาดด้วยปั้มแรงดันสูง ถ้ามีรอยสนิมให้ใช้กระดาษทรายขัดแล้วพ้นสีทับซึ่งต้องเป็นสีเดียวกันกับสีเดิม ให้เรียบร้อย					
15	ภายในท่อของ Unit Cooler จะมีน้ำมันหล่อลื้น จะต้องทำการล้างท่อด้วยสาร R-141b จนภายนั้นสะอาด โดยในการล้างทำความสะอาดนั้นควรนำแผ่นฟิตตเตอร์สีขาวกรองสาร R-141b ด้านทางออก ถ้าแผ่นฟิตเตอร์เป็นสีขาวและไม่มีเศษสิ่งสกปรก นั้นแสดงว่าภายท่อมีความสะอาดแล้ว จากนั้นให้ทำการเชื่อมวาล์วศร แล้วทำสูญญากาศเพื่อบรรจุไนโตรเจนแรงดัน 120 psig เพื่อเป็นการตรวจสอบรั่วและป้องกับสิ่งสกปรกเข้าภายในท่อ					
16	ตรวจเช็คกระแสไฟฟ้าเข้า และ ออกที่แผงวงจร E2 Board					
17	ตรวจเช็ค Code อักษรและตัวเลขที่แสดงบนแผงวงจร E2 Boar					

ตารางที่ 5.2 Check Sheet ในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ Air Conditioner และ Vault Room ในรอบรายปีและ Ovehaul

ลำดับ	ขั้นตอนในการตรวจเช็ค	อุปกรณ์				
		Air Conditioner				Vault Room
		No.1	No.2	No.3	No.4	
Coil เย็น						
1	ตรวจเช็คความผิดปรกติของเครื่องขณะทำงาน					
	พิจารณาลักษณะทางกายภาพ					
	- มีเสียงผิดปรกติ ในขณะทำงานหรือไม่					
	- โครงสร้างเป็นสนิมหรือไม่					
	- มีการสั่นคลอนของน็อตหรือไม่					
	- มีคราบสกปรก คราบตะกรัน หรือไม่					
	- โครงสร้างมีการหลุดลอกของสีหรือไม่					
3	ตรวจเช็คและทำความสะอาดชุดระบายความร้อนของตัวเครื่อง					
4	เป่าทำความสะอาดท่อน้ำทิ้งและถาดน้ำทิ้ง					
5	ตรวจเช็คสภาพและล้างทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศ					
6	ตรวจเช็คสภาพสายไฟและระบบไฟฟ้าของตัวเครื่องให้ทำงานตรงตามมาตรฐานอุปกรณ์					

ลำดับ	ขั้นตอนในการตรวจเช็ค	อุปกรณ์				
		Air Conditioner				Vault Room
		No.1	No.2	No.3	No.4	
7	ตรวจเช็คการกินกระแสของตัวเครื่องเทียบกับพิกัดกระแสที่ระบุ โดยต้องต่างกันไม่เกิน 20%					
8	ตรวจเช็คกระแสไฟฟ้ารั่วไหลลงโครงโดยใช้ไขควง test ไฟแตะส่วนที่เป็นโลหะ หากมีกระแสไฟฟ้ารั่วไหลหลอดไฟในไขควงจะติด					
9	ตรวจเช็คสภาพขอบยางและการสั่นคลอนของประตู					
10	ตรวจเช็คอุณหภูมิภายในห้องแช่เย็นภายหลังการบำรุงรักษาเครื่อ					
ระบบทำความเย็น						
11	ตรวจเช็คความผิดปรกติของมอเตอร์ขณะทำงาน การผุกร่อน ชำรุดเสียหาย ในจุดต่างๆ เสียง , ความราบเรียบในการหมุน เป็นต้น					
	พิจารณาลักษณะทางกายภาพ					
	- มีเสียงผิดปรกติ ในขณะทำงานหรือไม่					
	- โครงสร้างเป็นสนิมหรือมีการผุกร่อนหรือไม่					
	- มีการสั่นคลอนของน็อตหรือไม่					
	- มีคราบสกปรก คราบตะกรัน หรือไม่					

ลำดับ	ขั้นตอนในการตรวจเช็ค	อุปกรณ์				
		Air Conditioner				Vault Room
		No.1	No.2	No.3	No.4	
	- โครงสร้างมีการหลุดลอกของสีหรือไม่					
12	ทดสอบการทำงานพร้อมกับวัดค่าการกินกระแสไฟฟ้าเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน					
13	ตรวจสภาพแผงรังผึ้ง ใช้ปั๊มน้ำแรงดันสูงฉีดน้ำเปล่า ทำความสะอาดแผงรังผึ้งและเฟรม					
14	ตรวจสอบสภาพถาดน้ำทิ้ง ล้างทำความสะอาดด้วยปั๊มแรงดันสูง ถ้ามีรอยสนิมให้ใช้กระดาษทรายขัดแล้วพ้นสีทับซึ่งต้องเป็นสีเดียวกันกับสีเดิมให้เรียบร้อย					
15	ในท่อของ Unit Cooler จะมีน้ำมันหล่อลื่น จะต้องทำการล้างท่อด้วยสาร R-141b โดยทำความสะอาดแผ่นฟิตเตอร์สีขาวด้านทางออก ถ้าแผ่นฟิตเตอร์เป็นสีขาวและไม่มีเศษสิ่งสกปรกแสดงว่าภายท่อมีความสะอาด จากนั้นให้ทำการเชื่อมวาล์วศร แล้วทำสูญญากาศเพื่อบรรจุ N2แรงดัน 120 psig					
16	ตรวจเช็คกระแสไฟฟ้าเข้า และ ออกที่แผงวงจร E2 Board					

ลำดับ	ขั้นตอนในการตรวจเช็ค	อุปกรณ์				
		Air Conditioner				Vault
		No.1	No.2	No.3	No.4	Room
17	ตรวจเช็ค Code อักษรและตัวเลขที่แสดงบนแผงวงจร E2 Boar					
18	Condensing Unit ตรวจเช็คมอเตอร์และใบลมระบายความร้อน ตรวจสอบกราวด์ของขดลวดสเตเตอร์					
19	Condensing Unit ตรวจเช็คค่าความต้านทานของขดลวดมอเตอร์เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน					
20	Condensing Unit ตรวจเช็คลูกปืนและใบพัดของมอเตอร์ โดยการหมุนมอเตอร์แล้วสังเกตุสิ่งผิดปกติ เช่น เสียง , ความราบเรียบในการหมุน , ระยะรุนของมอเตอร์ เป็นต้น					
21	Condensing Unit ตรวจสอบ Capacitor Run					
22	Compressor ตรวจสอบค่าความต้านทานของขดลวดมอเตอร์ Compressor เปรียบเทียบกับ ค่ามาตฐาน กรณีนี้เป็นมอเตอร์ 3 เฟส ให้เปรียบเทียบค่าความต้านขดลวดทั้งสามขดต้องมีค่าเท่ากัน					

ลำดับ	ขั้นตอนในการตรวจเช็ค	อุปกรณ์				
		Air Conditioner				Vault Room
		No.1	No.2	No.3	No.4	
23	ตรวจเช็คสภาพรังผึ้งระบายความร้อน ถ้าแผ่นฟินที่แผงระบายความร้อนล้ม ต้องใช้หวีฟินปรับแต่งให้แผ่นฟินตั้งตรงตามเดิม					
24	ตรวจเช็คสภาพรังผึ้งระบายความร้อน ในวาล์วบล็อกสารทำความเย็นในชุด Condensing Unit ถ้ามีการเปิดระบบเพื่อถอดอุปกรณ์หรือเปลี่ยนถ่านน้ำมันหล่อลื่น หลังดำเนินการเสร็จแล้วต้องบรรจุก๊าซไนโตรเจนแรงดัน 120 psig					
25	งานปรับปรุงอุปกรณ์ระบบสารทำความเย็น ถอดเอ็กแพนชั้นวาล์วออกจากระบบท่อ แล้วถอดล้างทำความสะอาด Strainer ด้วย R-141b					
26	งานปรับปรุงอุปกรณ์ระบบสารทำความเย็น ตรวจเช็คการทำงานของ Coils Solenoid Valve และล้างทำความภายในท่อของ Valve ด้วย R-141b					
27	ตรวจเช็คสภาพของ Sight glasses กระจกด้านหน้าต้องใสสามารถมองสารทำความเย็นได้และแถบสีสำหรับดูความชื้นต้องสามารถดูความชื้นได้อย่างชัดเจน					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข.

ตารางรายละเอียดค่า Operate & Maintenance

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางภาคผนวกข.1 ค่าใช้จ่าย Operate & Maintenance ของเครื่องจักรเก่า

(O&M) เก่า	ค่าแรง		ค่าไฟ		ค่าEquipment		ค่าMaintanance(PM)		Total O&M เก่า	
ปีที่	Air Condition	Vault Room	Air Condition	Vault Room	Air Condition	Vault Room	Air Condition	Vault Room	Air	Vault
1	53.90	38.01	190,512.00	55,566.00	-	-	-	-	฿190,565.90	฿55,604.01
2	53.90	38.01	197,726.05	57,144.07	-	-	10,620.00	3,540.00	฿208,399.95	฿60,722.08
3	53.90	38.01	204,940.11	58,722.15	-	-	10,620.00	3,540.00	฿215,614.01	฿62,300.16
4	53.90	38.01	212,154.16	60,300.22	14,520.00	19,520.00	10,620.00	3,540.00	฿237,348.06	฿83,398.23
5	53.90	38.01	219,368.22	61,878.30	17,250.00	88,850.00	20,485.00	43,245.00	฿257,157.11	฿194,011.31
6	53.90	38.01	226,582.27	63,456.37	10,000.00	5,000.00	10,620.00	3,540.00	฿247,256.17	฿72,034.38
7	53.90	38.01	233,796.33	65,034.45	-	-	10,620.00	3,540.00	฿244,470.22	฿68,612.45
8	53.90	38.01	241,010.38	66,612.52	96,520.00	34,120.00	10,620.00	3,540.00	฿348,204.28	฿104,310.53
9	53.90	38.01	248,224.44	68,190.60	-	-	10,620.00	3,540.00	฿258,898.33	฿71,768.60
10	53.90	38.01	255,438.49	69,768.67	17,250.00	88,850.00	20,485.00	43,245.00	฿293,227.39	฿201,901.68
11	53.90	38.01	262,652.54	71,346.74	-	-	10,620.00	3,540.00	฿273,326.44	฿74,924.75
12	53.90	38.01	269,866.60	72,924.82	24,520.00	24,520.00	20,620.00	8,540.00	฿315,060.50	฿106,022.83

ตารางภาคผนวกข.2 ค่าใช้จ่าย Operate & Maintenance ของเครื่องจักรใหม่ ที่เทียบเท่าของเดิม

(O&M) ใหม่	ค่าแรง		ค่ารื้อถอนติดตั้ง		ค่าไฟ		ค่าEquipment		ค่าMaintanance(PM)		Total O&M ใหม่	
ปีที่	Air Condition	Vault Room	Air Condition	Vault Room	Air Condition	Vault Room	Air Condition	Vault Room	Air Condition	Vault Room	Air Condition	Vault Room
1	53.90	38.01	34,000.00	40,000.00	139,373.24	64,864.80	-	-	-	-	฿173,427.14	฿104,902.81
2	53.90	38.01	34,000.00	40,000.00	143,331.44	66,706.96	520.00	520.00	10,620.00	3,540.00	฿188,525.34	฿110,804.97
3	53.90	38.01	34,000.00	40,000.00	147,289.64	68,549.12	520.00	520.00	10,620.00	3,540.00	฿192,483.54	฿112,647.13
4	53.90	38.01	34,000.00	40,000.00	151,247.84	70,391.28	3,720.00	520.00	10,620.00	3,540.00	฿199,641.74	฿114,489.29
5	53.90	38.01	34,000.00	40,000.00	155,206.04	72,233.44	520.00	520.00	20,485.00	43,245.00	฿210,264.94	฿156,036.45
6	53.90	38.01	34,000.00	40,000.00	159,164.24	74,075.60	520.00	520.00	10,620.00	3,540.00	฿204,358.14	฿118,173.61
7	53.90	38.01	34,000.00	40,000.00	163,122.44	75,917.76		520.00	10,620.00	3,540.00	฿207,796.34	฿120,015.77
8	53.90	38.01	34,000.00	40,000.00	167,080.64	77,759.92		520.00	10,620.00	3,540.00	฿211,754.54	฿121,857.93
9	53.90	38.01	34,000.00	40,000.00	171,038.84	79,602.08		520.00	10,620.00	3,540.00	฿215,712.74	฿123,700.09
10	53.90	38.01	34,000.00	40,000.00	174,997.04	81,444.24			20,485.00	43,245.00	฿229,535.94	฿164,727.25

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวปรัชภรณ์ เจนสาริกา เกิดเมื่อวันที่ 23 มิถุนายน 2529 ที่อยู่ 595/5 หมู่ที่ 7 หมู่บ้านสามัคคีสุข ต.หนองปลิง อ.เมืองนครสวรรค์ จ.นครสวรรค์ 60000 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต จากมหาวิทยาลัยศิลปากร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ เมื่อปีการศึกษา 2552 และเข้าศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน ณ สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2556

ประวัติการทำงาน ปี 2552 บริษัท EndoThai จำกัด มหาชน ดำรงตำแหน่ง Sub Leader Section Production Technology

ปี 2554 บริษัท แดรี่พลัส จำกัด(กลุ่มบริษัท ดัชมิลล์ จำกัด) ดำรงตำแหน่ง Super visor Section Warehouse

ปี 2555 บริษัท ซีพี ออล์ จำกัด มหาชน ดำรงตำแหน่ง Purchaser Engineer Section Purchaser

ปี 2557 บริษัท แกรนด์ เบส โกลว์ จำกัด ดำรงตำแหน่ง Plan manager

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University