

การปรับปรุงการบำรุงรักษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ สำหรับเครื่องปรับอากาศ
แบบแยกส่วน

จักรพงษ์ เพ็งแจ่มแจ้ง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม วิทยาลัยนวัตกรรมการด้านเทคโนโลยีและ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

พ.ศ. 2560

**A Maintenance Improvement Process to Increase the Efficiency in Split
Type Air Conditioning**

Chakkaphong Phengchaemchaeng

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
College of Innovative Technology and Engineering
Dhurakij Pundit University**

2017

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงการบำรุงรักษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน
ชื่อผู้เขียน	จักรพงษ์ เฟื่องแจ่มแจ้ง
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรณัน
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ บุญชัย แซ่ลิว
สาขาวิชา	การจัดการทางวิศวกรรม
ปีการศึกษา	2559

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อลดต้นทุนและเพิ่มผลิตภาพในขั้นตอนการล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ จากการศึกษาวิธีการทำงานของพนักงานทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศของ บริษัท ซีพีรีเทลลิงค์ จำกัด พบว่าในขั้นตอนดังกล่าวใช้พนักงานในการปฏิบัติงานจำนวน 3 คน โดยการทำงานของพนักงานคนที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 54.04 พนักงานคนที่ 2 คิดเป็นร้อยละ 93.15 และพนักงานคนที่ 3 คิดเป็นร้อยละ 53.18 โดยใช้เวลาในการทำงาน 63.05 นาที/เครื่อง ทางผู้วิจัยได้ทำการออกแบบเครื่องทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน โดยสามารถลดขั้นตอนต่างๆ พบว่า สามารถลดการใช้พนักงานจาก 3 คนเหลือ 2 คน สัดส่วนการทำงานของพนักงานคนที่ 1 เท่ากับร้อยละ 89.02 และพนักงานคนที่ 2 เท่ากับร้อยละ 76.84 เวลาในการทำความสะอาดลดลงเหลือ 45.55 นาที/เครื่อง จากเดิม 63.05 นาทีคิดเป็นร้อยละ 27.75 และสามารถลดต้นทุนได้ 93,600 บาท/ปี มีระยะเวลาคืนทุน 0.53 ปี

Thesis Title	A Maintenance Improvement Process to Increase the Efficiency in Split Type Air Conditioning
Author	Chakkaphong Phengchaemchaeng
Thesis Advisor	Assist.Prof.Dr. Suparatchai Vorarat
Co-Advisor	Aj. Bunchai Saesio
Department	Engineering Management
Academic Year	2016

ABSTRACT

This research aims to reduce maintenance costs and increase productivity in the process of cleaning the air conditioning. According to the study of working methods for cleaning air conditioning, it was found that there were 3 staffs working in process. The first staff worked at 54.04%, the second staff at 93.15%, and the third staff at 53.18%. The total used time for one machine is 63.05 minutes. The researcher has designed a modular air condition cleaning which reduces the operation steps and reduced the number of working staffs from 3 to 2. The working percentage for the first staff was 89.02% and the second was 76.84%. The cleaning time is reduce to 45.55 min/machine. Therefore, a 27.75% time reduction is achieved. Meanwhile totally cost reduction from this improvement increasing per year was 93,600 baht and the payback period within 0.53 year.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ โดยได้รับความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจากท่าน ผศ.ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์บุญญชัย แซ่ลิว ผู้ช่วยปรึกษาร่วม ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณและจารึกพระคุณนี้ไว้ในความทรงจำว่า ความสำเร็จในครั้งนี้เกิดขึ้นได้ด้วย ความกรุณาจากท่านอาจารย์ นอกจากนี้ขอขอบคุณคณะกรรมการอันประกอบด้วย อาจารย์ ดร.ณัฐพัชร์ อารีรัชกุลกานต์ และอาจารย์ ดร.ธราธร กุลภัทรนิรันดร์ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือในการแก้ไข และให้คำแนะนำที่มีประโยชน์ที่มีส่วนทำให้งานวิจัยครั้งนี้มีคุณค่ามากยิ่งขึ้น

ในส่วนของโรงงาน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ เจ้าของกิจการ กรรมการผู้จัดการ ผู้จัดการ หน่วยงานต่างๆ ที่กรุณาให้ความเอื้อเฟื้อเพื่อเข้าศึกษาวิจัย ตลอดจนบุคลากรทุกท่านที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งได้ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

คุณค่าและประโยชน์ ที่อาจมีในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้พระคุณของบิดามารดาที่ให้กำเนิดและเลี้ยงดูให้การศึกษา ตลอดจนครูบาอาจารย์และผู้ที่มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนในการวางรากฐานการศึกษาให้แก่ผู้วิจัย

จักรพงษ์ เพ็งแจ่มแจ่ม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ฅ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
1.5 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย.....	5
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 เครื่องปรับอากาศ.....	6
2.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับหลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ.....	6
2.3 ทฤษฎีเกี่ยวข้องกับเครื่องทำความเย็น.....	7
2.4 การดูแล และบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ.....	15
2.5 แผนภูมิกิจกรรมพหุกุณ (Multiple Activity Chart).....	19
2.6 แผนภูมิขบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง (Flow Process Chart).....	22
2.7 การเพิ่มผลิตภาพ (Productivity).....	24
2.8 การประเมินผลประสิทธิภาพการผลิต.....	24
2.9 การแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution).....	25
2.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance).....	27
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	29
3. วิธีการวิจัย.....	31
3.1 ประวัติความเป็นมาของบริษัท.....	31

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.2 สภาพปัญหาที่พบ.....	32
3.3 แนวทางแก้ไขปัญหาแนวคิดการออกแบบเครื่อง.....	37
3.4 ชุดเครื่องล่างทำความสะอาดหลังการออกแบบ.....	42
4. ผลการวิจัย.....	45
4.1 การติดตั้งและวิธีการใช้งานของเครื่อง.....	45
4.2 ผลการทดลอง.....	48
4.3 การทดสอบสมมติฐานเวลาการทำงานของเครื่องล่างทำความสะอาด.....	51
4.4 การทดสอบความแปรปรวนของข้อมูล.....	53
4.5 สรุปผลการทดลอง.....	53
4.6 การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน.....	54
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	55
5.1 ผลการสรุป.....	55
5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้น.....	56
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	56
บรรณานุกรม.....	57
ภาคผนวก	59
ก. ภาพออกแบบ solid work เครื่องล่างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ.....	60
ข. เครื่องล่างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ.....	63
ประวัติผู้เขียน.....	65

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 Flow process chart การล้างเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ส่วนคอยล์เย็นก่อนการปรับปรุง.....	2
1.2 แผนภูมิการปฏิบัติงานทวิคูณ ขั้นตอนการล้างทำความสะอาด เครื่องปรับอากาศ.....	3
1.3 ตารางแสดงการดำเนินโครงการ (Gantt Chart).....	5
3.1 แผนภูมิการปฏิบัติงานทวิคูณ ขั้นตอนการล้างทำความสะอาด เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ส่วนคอยล์เย็นก่อนปรับปรุง.....	34
3.2 ใบบันทึกผลการทดลองการจับเวลากระบวนการ ล้างเครื่องปรับอากาศ ก่อนปรับปรุง.....	36
3.3 ผลการทดสอบ Anova One -way Test เวลาการทำงานก่อนปรับปรุง.....	37
4.1 Flow process chart หลังจากปรับปรุงกระบวนการล้างเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type).....	48
4.2 แผนภูมิการปฏิบัติงานทวิคูณ ขั้นตอนการล้างทำความสะอาด เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ส่วนคอยล์เย็นหลังปรับปรุง.....	50
4.3 ใบบันทึกผลการทดลองการจับเวลากระบวนการ ล้างเครื่องปรับอากาศหลังปรับปรุง.....	51
4.4 ผลการทดสอบ Anova One-way Test เวลาการทำงานหลังปรับปรุง.....	53
4.5 การเปรียบเทียบผลก่อน-หลังการปรับปรุง.....	54
5.1 การเปรียบเทียบผลก่อน-หลังการปรับปรุง.....	55

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 แสดงขั้นตอนการล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ.....	3
2.1 แผนผังการทำงานของระบบปรับอากาศเบื้องต้น.....	7
2.2 การทำงานของระบบทำความเย็น.....	9
2.3 คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ.....	10
2.4 คอมเพรสเซอร์แบบสกรู.....	11
2.5 คอมเพรสแบบกั๊นหอย.....	12
2.6 เครื่องระเหยชนิดท่อและครีป.....	12
2.7 เครื่องระเหยชนิดเปลือกและท่อ.....	13
2.8 อุปกรณ์ลดความดัน (Expansion Valve).....	14
2.9 การทำความสะอาดแผงกรองฝุ่น.....	15
2.10 แผงชุดท่อคอยล์เย็น.....	16
2.11 ใบพัดลมคอยล์เย็นหรือโบลเวอร์.....	17
2.12 ถาดรองรับน้ำทิ้งและท่อน้ำทิ้ง.....	18
2.13 คอยล์ร้อนหรือคอนเด็นซิงยูนิท.....	19
2.14 แผนภูมิกิจกรรมแผนภูมิกิจกรรมพหุคูณ.....	21
2.15 การแจกแจงแบบปกติ.....	25
2.16 ตัวอย่างกราฟกราฟข้อมูล โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Minitab.....	26
3.1 สาขาที่เข้าทำการ pm ในหนึ่งวัน.....	33
3.2 ลักษณะเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งในร้านสะดวกซื้อ.....	33
3.3 การล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศในร้านสะดวกซื้อ.....	34
3.4 กระบวนการล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ ร้าน 7-11/เครื่องปรับอากาศ.....	35
3.5 หุ่นยนต์ทำความสะอาดรูปแบบต่างๆ.....	38
3.6 การออกแบบด้วยโปรแกรม SolidWork.....	38
3.7 อุปกรณ์ชุดครอบล้างเครื่องปรับอากาศส่วนคอยล์เย็น.....	39
3.8 อุปกรณ์ชุดเลื่อนเคลื่อนที่.....	40
3.9 ชุดหัวฉีดน้ำและหัวฉีดลม.....	40

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.10 รถเข็นควบคุม.....	41
3.11 ปืนฉีดน้ำแรงดันสูง.....	41
3.12 ชุดกล่องคอนโทรล.....	42
3.13 แสดงอุปกรณ์ชุดครอบล้างเครื่องปรับอากาศส่วนคอยล์เย็น.....	42
3.14 แสดงชุดสไลด์ชุดหัวฉีดน้ำและหัวฉีดลม.....	43
3.15 แสดงจุดต่อสายควบคุม.....	43
3.16 แสดงชุดสายไฟควบคุมเครื่องล้างเครื่องปรับอากาศ.....	44
3.17 แสดงชุดรถเข็นควบคุมเครื่องล้างเครื่องปรับอากาศ.....	44
4.1 การติดตั้งเครื่องเครื่องล้างเครื่องปรับอากาศกับตัวเครื่องปรับอากาศ.....	45
4.2 กระบวนการทำงานของเครื่อง.....	46
4.3 กระบวนการทำงานของเครื่องและตั้งค่าโปรแกรมการใช้งาน.....	46
4.4 หน้าจอการทำงานของเครื่อง.....	47
4.5 ลักษณะกระบวนการล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ/ ร้าน 7-11 เครื่องปรับอากาศ 1 เครื่อง (หลังปรับปรุง).....	49
4.6 การวิเคราะห์ Normal Test ก่อนปรับปรุง.....	52
4.7 การวิเคราะห์ Normal Test หลังปรับปรุง.....	52

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยตั้งอยู่ในแถบภูมิประเทศเขตร้อนใกล้เส้นศูนย์สูตรทำให้มีอากาศร้อนอบอ้าว เครื่องปรับอากาศจึงได้เข้ามามีบทบาทสำคัญทั้งในอุตสาหกรรม ที่อยู่อาศัยและรวมถึงในอาคาร มีรูปแบบที่หลากหลาย เช่น แบบติดหน้าต่าง (Window Type) แบบแยกส่วน (Split Type) แบบเครื่องชนิดทำน้ำเย็น (Water Chiller) แล้วแต่ลักษณะความต้องการที่นำไปติดตั้งใช้งานตามลักษณะพื้นที่ โดยเครื่องปรับอากาศเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้กำลังไฟฟ้าสูงเมื่อเทียบกับอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ซึ่งปกติแล้วการทำงานของเครื่องปรับอากาศในอาคารสำนักงานค่าของการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศคิดเป็น 60% ของพลังงานที่ใช้ทั้งหมด ถ้าไม่มีการทำนุบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศจากการตรวจสอบพบว่าเมื่อเวลาผ่านไปสิ่งสกปรกหรือฝุ่นละอองจะเกาะแน่นบนแผงคอยล์เย็นทำให้การทำงานของเครื่องปรับอากาศเกิดปัญหาตามมา เช่น คอยล์เย็น เครื่องปรับอากาศทำงานหนักขึ้นเกิดการอุดตัน เพื่อการลดปัญหาดังกล่าวจะต้องมีการทำนุบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศให้อยู่ในคุณภาพที่ดีและพร้อมต่อการใช้งานที่ยาวนานอย่างต่อเนื่อง

จากการศึกษาขั้นตอนการล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ส่วนคอยล์เย็นที่เป็นกรณีศึกษาของ บริษัทซีพี รีเทลลิงท์ จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทประกอบธุรกิจจำหน่ายและให้บริการอุปกรณ์ค้าปลีก ร้านสะดวกซื้อ ที่มีหลากหลายสาขาเป็นจำนวนมาก การบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ส่วนคอยล์เย็นนั้น โดยการล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ส่วนคอยล์เย็น 4 เครื่องต่อสาขา จะใช้เวลานาน เพราะมีการล้างที่ยุ่งยากมีหลายขั้นตอน

ตารางที่ 1.1 Flow process chart การล้างเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ส่วนคอยล์เย็น
ก่อนการปรับปรุง

FLOW PROCESS CHART								
CHART NO.	1	SHEET NO.	OF	SUMMARY				
ACTIVITY	กระบวนการล้างเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ส่วนคอยล์เย็น(ก่อนปรับปรุง)			ACTIVITY	PRESENT	PROPOSE	SAVING	
METHOD : PRESENT / PROPOSES	OPERATION	○	7					
LOCATION :	TRANSPORT	⇒	0					
OPERATOR (s)	DELAY	D	0					
CHART BY.	DATE :	INSPECTION	□	1				
APPROVED BY.	DATE :	STORAGE	▽	0				
		DISTANCE (ม)						
		TIME นาที		62				
DESCRIPTION	TIME นาที	DIST. เมตร	SYMBOL					REM
			○	⇒	D	□	▽	
1. ถอดอะไหล่เครื่องปรับอากาศ	15.13		⊗					
2. นำผ้าใบคลุมเครื่องปรับอากาศ	3.15		⊗					
3. ต่อระบบน้ำฉีด	2.14		⊗					
4. ล้างทำความสะอาดส่วนคอยล์เย็น	20.23		⊗					
5. เป่าแห้งคอยล์เย็น	3.25		⊗					
6. นำผ้าใบคลุมเครื่องปรับอากาศออก	2.35		⊗					
7. ประกอบอะไหล่เครื่องปรับอากาศ	15.25		⊗					
8. ตรวจสอบการทำงานเครื่องปรับอากาศ	1.55					⊗		
รวม	63.05		7	0	0	1	0	

จากตารางที่ 1.1 แสดงถึงขั้นตอนในการล้างเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ส่วนคอยล์เย็นทั้งหมด 8 ขั้นตอนเวลารวม 63.05 นาที ดังต่อไปนี้

- ขั้นตอนการปฏิบัติงาน 7 ขั้นตอน ใช้เวลา 61.15 นาที
- ขั้นตอนการตรวจสอบ 1 ขั้นตอน ใช้เวลา 1.55 นาที

การถอด-ประกอบเครื่อง การล้างอัดฉีดทำความสะอาด เป่าเครื่องให้แห้ง โดยแต่ละขั้นตอนใช้เวลามาก และต้องอาศัยความชำนาญของพนักงาน จากปัญหาดังกล่าวทางบริษัทได้ร่วมกับผู้วิจัย ออกแบบและพัฒนาขั้นตอนกระบวนการทำงานในการล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ และทำการพัฒนาเครื่องล้างทำความสะอาดแบบอัตโนมัติ โดยมีพารามิเตอร์ต่างๆ ในปรับตั้งตามความเหมาะสมในการใช้งาน เพื่อเป็นการลดต้นทุนในกระบวนการทำงาน เพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการทำงานของพนักงาน ดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 แสดงขั้นตอนการล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ

ตารางที่ 1.2 แผนภูมิการปฏิบัติงานทวิคูณ ขั้นตอนการล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ส่วนคอยล์เย็นก่อนปรับปรุง

แผนภูมิกิจกรรม				
กระบวนการทำงาน	เวลา(นาที)	พนักงาน 1	พนักงาน 2	พนักงาน 3
ถอดชิ้นส่วนอะไหล่เครื่องปรับอากาศ	15.13			
นำผ้าใบคลุมเครื่องปรับอากาศ	3.15			
ต่อระบบน้ำฉีด	2.14			
ล้างทำความสะอาดส่วนคอยล์เย็น	20.23			
เป่าแห้งคอยล์เย็น	3.25			
นำผ้าใบคลุมเครื่องปรับอากาศออก	2.35			
ประกอบชิ้นส่วนอะไหล่เครื่องปรับอากาศ	15.25			
ตรวจสอบการทำงานเครื่องปรับอากาศ	1.55			
%เวลาการทำงาน		54.04%	94.15%	53.18%

จากตารางที่ 1.2 แสดงขั้นตอนการล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ ในการล้างเครื่องปรับอากาศหนึ่งเครื่องจะใช้พนักงานทั้งหมด 3 คน/เครื่อง ซึ่งจะใช้เวลาการล้างทั้งหมด 63.05 นาที/เครื่อง ถอดประกอบ 15.13 นาที/เครื่อง ทำการล้างส่วนคอยล์เย็น 20.23 นาที/เครื่องและการประกอบเครื่องปรับอากาศ 15.25 นาที/เครื่อง เปรียบเทียบการทำงานพนักงานคนที่ 1 เท่ากับ 54.04% พนักงานคนที่ 2 เท่ากับ 94.15% และพนักงานคนที่ 3 เท่ากับ 53.18%

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการออกแบบและพัฒนาระบบฉีดล้างเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ส่วนคอยล์เย็น แบบอัตโนมัติ
2. เพื่อศึกษาการออกแบบและพัฒนาระบบเป่าแห้งหลังจากฉีดล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) แบบอัตโนมัติ
3. เพื่อศึกษาแนวทางในการเพิ่มผลผลิตในการล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ในส่วนของคอยล์เย็น
4. เพื่อศึกษาแนวทางในการลดขั้นตอน และเวลาในการทำงานในส่วนของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ในส่วนของคอยล์เย็น

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาออกแบบและพัฒนาเครื่องล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ส่วนคอยล์เย็นของ ร้านสะดวกซื้อ 7-11 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน
2. ศึกษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ยี่ห้อ Carrier รุ่น BAE-56FC-1 ซึ่งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ที่มีการใช้ในร้านสะดวกซื้อ 7-11 จะเป็นรุ่นนี้กว่า 80%
3. ศึกษาเพื่อพัฒนาเครื่องล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ส่วนคอยล์เย็น เพื่อลดต้นทุน และเพิ่มผลผลิตในกระบวนการทำงาน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบแนวทางในการ เพิ่มประสิทธิภาพระบบฉีดล้างเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ส่วนคอยล์เย็น แบบอัตโนมัติ
2. ทราบแนวทางในการ เพิ่มประสิทธิภาพระบบเป่าแห้งหลังจากฉีดล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) แบบอัตโนมัติ

3. ทราบแนวทางในการ เพิ่มประสิทธิภาพในการล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศแบบ แยกส่วน (Split Type) ส่วนคอยล์เย็น

4. ทราบแนวทางในการ ลดขั้นตอน และเวลาในการทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศแบบ แยกส่วน (Split Type) ส่วนคอยล์เย็น

1.5 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีและข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวกับเครื่องปรับอากาศ
2. ศึกษาขั้นตอนการล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ
3. ออกแบบและสร้างเครื่องล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศส่วนคอยล์เย็น
4. ทดสอบประสิทธิภาพเครื่องล้างทำความสะอาดส่วนคอยล์เย็น
5. ประเมินและสรุปผลการวิจัย

ตารางที่ 1.3 แสดงการดำเนินโครงการ (Gantt Chart)

ลำดับ	ขั้นตอนการวิจัย	ระยะเวลา (เดือน)												
		ปี พ.ศ. 2558					ปี พ.ศ. 2559							
		มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.			
1	ศึกษาทฤษฎีและข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวกับเครื่องปรับอากาศ	←→												
2	ศึกษาขั้นตอนการล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ	←→												
3	ออกแบบและสร้างเครื่องล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศส่วนคอยล์เย็น			←→										
4	ทดสอบประสิทธิภาพเครื่องล้างทำความสะอาดส่วนคอยล์เย็น						←→							
5	ประเมินและสรุปผลการวิจัย									←→				

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ รวมไปถึงคุณสมบัติของชิ้นงาน รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เครื่องปรับอากาศ

คือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ปรับอุณหภูมิของอากาศในเคหสถาน เพื่อให้มนุษย์ได้อาศัยอยู่ในสภาพอากาศที่ไม่ร้อนหรือเย็นจนเกินไป เคหสถานที่อยู่บริเวณเขตร้อนชื้นมักมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพื่อลดอุณหภูมิให้เย็นลง ทำงานด้วยหลักการการถ่ายเทความร้อน เมื่อความร้อนถ่ายเทออกไปข้างนอกอากาศภายในห้องจะมีอุณหภูมิลดลง ประเภทของเครื่องปรับอากาศสามารถแบ่งออกตามการใช้งานดังนี้ (www.research-system.siam.edu)

2.1.1 แบบติดหน้าต่าง (Window Type) เป็นแบบที่รวมทุกสิ่งทุกอย่างไว้ในกล่องๆ เดียว และติดแขวนไว้ที่ ช่องหน้าต่าง หรือผนังห้อง เป้าลมเย็นเข้าห้อง โผล่กัน ออกมาระบายความร้อน มีขนาด 8,000 - 30,000 BTU. กินกระแสไฟฟ้าค่อนข้างมากและมีเสียงดังกว่า ทุกระบบ แต่สะดวกในการติดตั้ง สะดวกในการเคลื่อนย้าย ติดตั้งรวดเร็ว

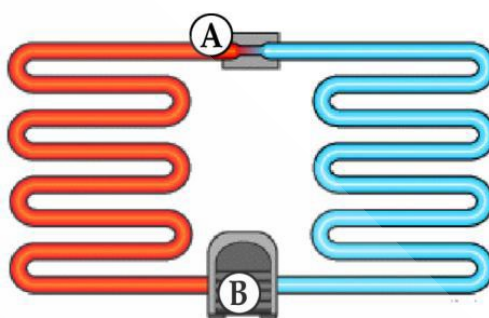
2.1.2 แบบแยกส่วน (Split Type) เป็นแบบที่ได้รับความนิยมมากที่สุด แยกส่วนที่เป่าลมเย็นออกจากตัวเครื่องระบายความร้อน ขนาดตั้งแต่ 1-50 ตัน เครื่องปรับอากาศระบบแยกส่วนนี้ไม่ค่อยมีเสียงดังเพราะเครื่องระบายความร้อน โคนแยกออกไปวางไว้ที่นอกอาคารแต่จะยุ่งยากในการติดตั้งมากกว่าระบบติดหน้าต่าง (Window Type) เพราะต้องคำนึงถึงการเดินท่อระหว่างเครื่อง

2.1.3 แบบเครื่องชนิดทำน้ำเย็น (Water Chiller) ซึ่งใช้น้ำ เป็นตัวกลางในการผลิตความเย็น ใช้สำหรับอาคารใหญ่ๆ มีขนาดตั้งแต่ 100 ตันขึ้นไป มีความยุ่งยากในการติดตั้งแต่จะกินไฟน้อยกว่าชนิดอื่นๆ

2.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับหลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศมีหลักการทำงานเบื้องต้นเหมือนกับเครื่องทำความเย็น แตกต่างกันเพียงแต่เครื่องปรับอากาศไม่มีตัวสูบลวนเท่านั้นซึ่งยังคงใช้หลักการของการระเหยของสารทำความเย็นในการสร้างความเย็น โดยที่อุปกรณ์หรือกลไกในการสร้างวัฏจักรในการระเหย

กลายเป็นไอของฟร็อนในเครื่องปรับอากาศก็จะเหมือนกันกับเครื่องทำความเย็น สารทำความเย็นที่นิยมใช้ในเครื่องปรับอากาศคือสารประกอบประเภทฟลูออโรคาร์บอนมีธาตุองค์ประกอบเช่น คาร์บอนคลอรีนและฟลูออรีน ซึ่งมีชื่อเรียกทั่วไปว่า “ฟร็อน (Freon)” เป็นสารประเภทแอโรซอลที่ไม่ติดไฟมีจุดเดือดต่ำและไม่มีพิษ วัฏจักรในการระเหยการเป็นไอของเครื่องปรับอากาศ ดังภาพที่ 2.1 (พศ.น.อ.ดร.ตระการ ก้าวกลีกรรม, 2558)



ภาพที่ 2.1 แผนผังการทำงานของระบบปรับอากาศเบื้องต้น

2.2.1 คอมเพรสเซอร์ (B) จะอัดก๊าซฟร็อนเย็นให้กลายเป็นก๊าซฟร็อนร้อน โดยอุณหภูมิและความดันจะสูงขึ้นไปทางด้านซ้ายของแผนผัง

2.2.2 ก๊าซที่อัดตัวจนร้อนเมื่อไหลผ่านคอยล์ร้อนจะระบายความร้อนออกเพื่อควบแน่นกลับมาเป็นของเหลว

2.2.3 ฟร็อนเหลวจะไหลผ่านลิ้นขยายตัว (A) เพื่อลดความดันและอุณหภูมิลง

2.2.4 ฟร็อนเหลวความดันต่ำจะไหลผ่านคอยล์เย็น และดูดความร้อนจากบริเวณห้องเข้ามาเพื่อเปลี่ยนสถานะเป็นไอ ห้องจึงเย็นลงก่อนที่จะกลับเข้าคอมเพรสเซอร์เพื่อทำงานตามวงจรอีกครั้งโดยทั่วไปฟร็อนที่ไหลในระบบจะถูกเจือปนด้วยน้ำมันเล็กน้อยน้ำมันดังกล่าวคือน้ำมันที่ใช้หล่อลื่นคอมเพรสเซอร์

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวข้องกับเครื่องทำความเย็น

การทำความเย็น หมายถึงกระบวนการในการดึงความร้อนออกจากสิ่งใดสิ่งหนึ่งมีผลให้อุณหภูมิลดลงโดยปกติจะหมายถึง ขบวนการเก็บรักษาอาหารการขจัดความร้อนจากวัตถุในอุตสาหกรรม ทางเคมี ปิโตรเลียม ปิโตรเคมี และการทำความเย็น และการทำความเย็นในรูปแบบอื่นๆในวงการอุตสาหกรรม เช่น การแช่แข็ง เป็นต้น (www.research-system.siam.edu)

การปรับอากาศ หมายถึง การปรับสถานะอากาศให้ได้ตามเงื่อนไขที่ต้องการ โดยปกติ จะมีความหมายเกินความมากกว่าการทำให้อากาศเย็น แต่จะหมายรวมถึงการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้น การควบคุมคุณภาพ และความสะอาดของอากาศ การควบคุมการไหลเวียนของอากาศ ระดับเสียง ในพื้นที่ปรับอากาศ ทั้งนี้เพื่อจุดประสงค์เฉพาะอย่าง ได้แก่

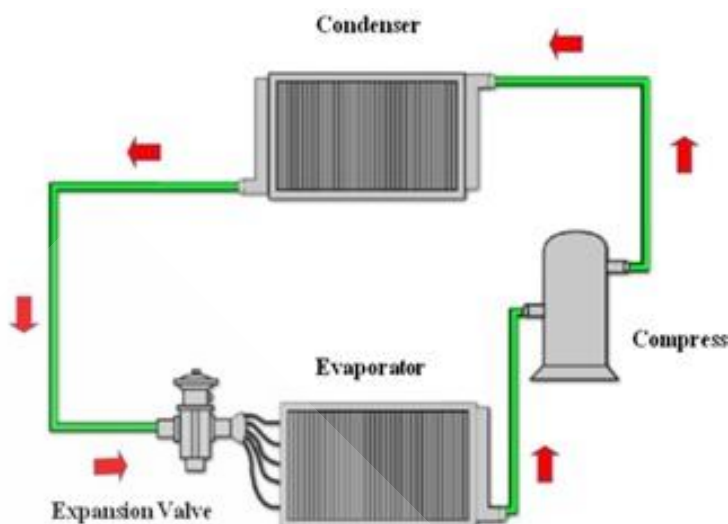
1. เพื่อความสบายต่อผู้อาศัยหรือปฏิบัติงานในบริเวณนั้นๆ โดยความสบาย ที่กล่าวถึงนี้จะ หมายถึงความสบายของคนส่วนใหญ่ทั้งนี้เพราะแต่ละคนจะรู้สึกสบายในสภาวะ อากาศ แตกต่างกัน

2. เพื่อประโยชน์ทางอุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์บางชนิดต้องการความเที่ยงตรงสูงจะมีการ นำระบบปรับอากาศมาช่วย เช่น อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์ อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมผลิตลูกกวาด เป็นต้น

3. เพื่อวัตถุประสงค์พิเศษ เช่น การผลิต และเก็บรักษา การปรับอากาศในห้องผ่าตัด และ ICU ที่ ต้องการความสะอาดสูง การปรับอากาศ ในห้องดมยาสลบที่ต้องการการหมุนเวียน อากาศที่ดี

2.3.1 วงจรทำความเย็น

หลักการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศนั้นก็ คือการนำเอาความร้อนจากที่ ที่ต้องการทำความเย็นในที่หมายถึงภายในอาคารถ่ายเทไปสู่ที่ที่ไม่ต้องการทำความเย็นด้านนอก อาคาร โดยผ่านตัวกลางคือ สารทำความเย็นหรือที่เรียกว่า น้ำยา เริ่มต้นจากคอมเพรสเซอร์ จะทำ หน้าที่ดูดน้ำยาที่เป็นไอ (Vapor) จากเครื่องระเหย (Evaporator) หรือคอยล์เย็น (Cooling Coil) ไอสารทำความเย็นที่ดูดเข้ามาจะมีความดัน ต่ำ และมีอุณหภูมิต่ำด้วย ไอน้ำยาจะถูกดูดเข้า คอมเพรสเซอร์ทางท่อดูด (Suction Line) และตัวคอมเพรสเซอร์จะอัดน้ำยาที่เป็นไอนี้ให้มีความดัน สูงขึ้น และขณะที่ไอมีความดันสูงขึ้นก็จะมีอุณหภูมิสูงขึ้น การที่ไอน้ำยาที่มีความดันสูงขึ้นนี้จะมีผล ให้จุดเดือดสูงขึ้นด้วย จากนั้นไอน้ำยาจะถูกดันออกทางท่อทางส่ง (Discharge Line) และส่งผ่านไป ยังคอนเดนเซอร์ (Condenser) แสดงดังภาพที่ 2.2 (www.research-system.siam.edu)



ภาพที่ 2.2 การทำงานของระบบทำความเย็น (www.research-system.siam.edu)

ตัวคอนเดนเซอร์มีหน้าที่รับเอาไอน้ำยาไว้ และระบายความร้อนออกจากไอน้ำยาผ่านตัวกลางซึ่งปกติคืออากาศ ไอน้ำยาจะมีอุณหภูมิต่ำลงจนควบแน่นเป็นของเหลวแต่ยังคงมีความดันสูง และอุณหภูมิสูง สารทำความเย็นเหลวจะถูกส่งไปอุปกรณ์ลดความดัน (Expansion Valve) ซึ่งมีหน้าที่ลดความดันน้ำยาก่อนเข้าเครื่องระเหย1มีผลให้สารทำความเย็น มีความดันต่ำ และมีอุณหภูมิต่ำ เมื่อไหลเข้าเครื่องระเหย1ก็จะรับความร้อนผ่านตัวกลาง ซึ่งปกติคืออากาศมีผลให้สารทำความเย็นเดือดกลายเป็นไอ ไอสารทำความเย็นที่ออกจาก เครื่องระเหย1 จะมีความดันต่ำ และมีอุณหภูมิต่ำ และไหลกลับเข้าคอมเพรสเซอร์เพื่อทำการเพิ่มความดันต่อไป ระบบการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศจะทำงานวนเวียนเป็นวัฏจักรตลอดเวลาที่คอมเพรสเซอร์ ยังคงทำงานอยู่ และน้ำยาที่มีอยู่ในระบบจะไม่มี การสูญเสียไปไหนเลยนอกเสียจากว่าเกิดการรั่วซึม (Leak) ที่ใดที่หนึ่งเท่านั้น เนื่องจากในระบบทำความเย็นเบื้องต้นนี้ มีทั้งน้ำยาที่อยู่ในสภาพความดันสูง และอุณหภูมิต่ำสูงกับความดันต่ำอุณหภูมิต่ำ จึงมีการแบ่งออกเป็น 2 ทาง

1. ทางด้านสูง (High Side) ซึ่งจะเริ่มจากทางอัดของคอมเพรสเซอร์ ผ่านคอนเดนเซอร์ จนถึง ทางเข้าของอุปกรณ์ลดความดัน ส่วนนี้สารทำความเย็นจะมีทั้งความดัน และอุณหภูมิสูง

2. ทางด้านต่ำ (Low Side) ซึ่งจะเริ่มตั้งแต่ทางออกของอุปกรณ์ลดความดัน ผ่านเครื่องระเหย1จนถึงทางเข้าของคอมเพรสเซอร์ส่วนนี้จะมีทั้งความดัน และอุณหภูมิต่ำ จึงเรียกว่าทาง Low Side ระบบปรับอากาศที่ใช้กันอยู่โดยทั่วๆ ไปจะทำงานเป็นวัฏจักร โดยมักจะมีสิ่งๆ ที่ประกอบกันขึ้นมาเป็นระบบปรับอากาศอยู่หลายสิ่งหลายอย่างด้วยกัน

1.2.1 คอมเพรสเซอร์แบบสกรู (Screw Type)

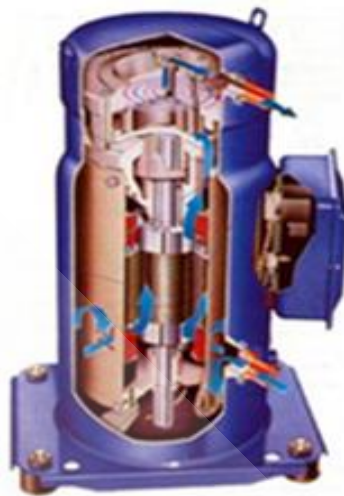
ทำงานโดยอาศัยสกรู 2 ตัว คือสกรูตัวเมีย (Female Rotor) และสกรูตัวผู้ (Male Rotor) โดยสกรูตัวเมียจะอาศัยช่องเกลียวเป็นช่องเก็บน้ำยา ส่วนสกรูตัวผู้จะใช้สันเกลียวรีดน้ำยาออกตามแกนของสกรูทั้งสอง และเนื่องจากต้องใช้น้ำมันหล่อลื่นทำหน้าที่ป้องกันการรั่วระหว่างช่องว่างของเกลียวทั้งสองขณะทำงานจึงมีน้ำมันหล่อลื่นไหลไปกับน้ำยาจำนวนมาก ที่ทางออกของคอมเพรสเซอร์แบบสกรูจึงต้องติดอุปกรณ์แยกน้ำมัน (Oil Separator) ไว้ด้วยเสมอ ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 คอมเพรสเซอร์แบบสกรู (www.research-system.siam.edu)

1.3.1 คอมเพรสเซอร์แบบก้นหอยหรือแบบสโครล์ (Scroll Type)

เป็นคอมเพรสเซอร์แบบใหม่ล่าสุดที่ออกแบบมาใช้งานในระบบทำความเย็นแบบอัดไอ การทำงานจะประกอบไปด้วยชิ้นส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือส่วนที่มีลักษณะเป็นก้นหอยอยู่กับที่และส่วนที่เคลื่อนที่ ซึ่งจะเคลื่อนที่ในลักษณะเฉียงศูนย์ โดยไม่มีการเคลื่อนที่ในลักษณะหมุนรอบแกน (Not Rotate) โดยความดันจะเพิ่มจากภายนอกและถูกอัดมากที่สุดเมื่ออยู่ที่แกนกลาง ลักษณะเคลื่อนไหวเทียบได้กับพายุทอร์นาโด (Tornado) ปัจจุบันนำมาใช้กับระบบปรับอากาศที่ใช้ในที่พักอาศัย ในสำนักงาน รวมทั้งระบบปรับอากาศในรถยนต์ เนื่องจากการทำงานมีการเคลื่อนไหวน้อย ไม่ต้องใช้เส้นทางดูด ทางส่ง จึงทำงานได้เรียบและเงียบกว่า ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 คอมเพรสแบบก้นหอย (www.research-system.siam.edu)

2) เครื่องระเหย (Evaporator)

เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของระบบทำความเย็นทำหน้าที่ดูดซับปริมาณความร้อนจากในบริเวณหรือในเนื้อที่ที่ต้องการทำความเย็น ขณะที่สารทำความเย็นภายในระบบนี้เดือดจะเปลี่ยนสถานะเป็นก๊าซก็จะดูดซับปริมาณความร้อนผ่านผิวท่อทางเดินสารความเย็นเข้าไปยังสารความเย็นในระบบทำให้อุณหภูมิโดยรอบคอยล์เย็นลดลง โดยทั่วไปเครื่องระเหยแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ

1. เครื่องระเหยชนิดท่อและครีป (Finned-Tube Evaporator)
2. เครื่องระเหยชนิดเปลือกและท่อ (Shell and Tube Evaporator)



ภาพที่ 2.6 เครื่องระเหยชนิดท่อและครีป (www.research-system.siam.edu)

1.1 เครื่องระเหยชนิดท่อและครีป (Finned-Tube Evaporator) มีโครงสร้างและหลักการทำงานเหมือนกันกับคอนเดนเซอร์คือมีท่อและครีปอะลูมิเนียมบางเป็น โครงสร้างหลัก ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแต่ทำงานในลักษณะตรงข้ามกันคือคอนเดนเซอร์ ทำหน้าที่ระบายความร้อนให้กับอากาศแต่เครื่องระเหยดูดความร้อนจากอากาศที่ผ่าน ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.7 เครื่องระเหยชนิดเปลือกและท่อ (www.research-system.siam.edu)

1.2 เครื่องระเหยชนิดเปลือกและท่อ (Shell and Tube Evaporator) มีโครงสร้างและหลักการทำงานเหมือนกับที่ใช้เป็นคอนเดนเซอร์ นิยมใช้กับระบบปรับอากาศแบบใช้น้ำเย็น โดยเรียกเครื่องระเหย ชนิดนี้ว่า เครื่องทำน้ำเย็น ซึ่งมีทั้งที่เป็นเครื่องทำน้ำเย็น แบบแห้ง และแบบเปียก ดังภาพที่ 2.7

3) คอนเดนเซอร์ (Condenser)

คอนเดนเซอร์หรืออุปกรณ์ควบแน่นทำหน้าที่ระบายความร้อนในสถานะก๊าซที่มีความดันสูงและอุณหภูมิสูงที่ถูกอัดตัวส่งมาจากคอมเพรสเซอร์เพื่อให้อัดตัวเป็นน้ำเหลวในคอนเดนเซอร์ด้วยการระเหยความร้อนออก การจำแนกคอนเดนเซอร์ตามวิธีการระบายความร้อนสามารถแบ่งออกได้ 3 แบบดังนี้

1. การระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Condenser)
2. การระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Condenser)
3. การระบายด้วยน้ำและอากาศ (Water and Air Cooled Condenser)

1.1 การระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Condenser) คอนเดนเซอร์ชนิดนี้จะใช้อากาศเป็นตัวกลางในการระบายความร้อนออกจากน้ำยาเพื่อให้ น้ำยาในสถานะก๊าซกลั่นตัวเป็นของเหลวตามปกติแล้วคอนเดนเซอร์ชนิดนี้มักจะทำด้วยท่อทองแดงหรือท่อเหล็กมีครีปเป็นตัวช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการระบายความร้อนออกจากน้ำยา ภายในคอนเดนเซอร์แบ่งออกได้เป็นแบบใช้อากาศหมุนเวียนอากาศโดยรอบคอนเดนเซอร์จะมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศปกติจึงลอยตัวสูงขึ้น

ส่วนอากาศที่เย็นกว่าจะไหลเข้ามาแทนที่จึงระบายความร้อนออกจากผิวของคอนเดนเซอร์แบบมีพัดลมช่วย คอนเดนเซอร์ชนิดนี้จะใช้พัดลม หรือ โบลเวอร์ช่วยในการเพิ่มปริมาณลมที่ผ่านผิวของคอนเดนเซอร์จึงช่วยลดขนาดรูปร่างของคอนเดนเซอร์ลงได้มากขึ้น

1.2 การระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Condenser) คอนเดนเซอร์ชนิดนี้จะใช้น้ำเป็นตัวกลางในการระบายความร้อนออกจากน้ำยาโดยผ่านหอผึ่งลมเย็น (Cooling Tower) เพื่อให้ น้ำยา กลั่นตัวเป็นน้ำยาเหลว และที่เช่นเดียวกันคอนเดนเซอร์ทั้งสองชนิดนี้จะรับความร้อนที่ถูกคายออกจากน้ำยาในสถานะก๊าซเพื่อการกลั่นตัวเป็นน้ำยาเหลว ทำให้อุณหภูมิของอากาศหรือน้ำที่ใช้เป็นตัวกลางมีอุณหภูมิสูงขึ้น

1.3 การระบายด้วยน้ำและอากาศ (Water and Air Cooled Condenser) คอนเดนเซอร์ชนิดนี้จะใช้ทั้งอากาศ และน้ำเป็นตัวกลางในการระบายความร้อนออกจากน้ำยาเพื่อให้ น้ำยา ในสถานะก๊าซในคอนเดนเซอร์กลั่นตัวเป็นน้ำยาเหลว โดยการฉีดน้ำเย็นให้เป็นฝอยผ่านลงบนคอนเดนเซอร์ อากาศนี้จะสวนทางกับสเปรย์น้ำตกลงมาผ่านอิลิมิเนเตอร์ซึ่งเป็นอุปกรณ์ป้องกันไม่ให้สเปรย์ติดอกไปกับอากาศ ซึ่งน้ำบางส่วนจะระเหยตัวขณะที่ได้รับความร้อนจากแผงคอนเดนเซอร์ ทำให้สเปรย์น้ำที่ตกกลับลงมาในถังนั้นมีอุณหภูมิต่ำลง

4) อุปกรณ์ลดความดัน (Expansion Valve)

ทำหน้าที่ควบคุมอัตราการไหลของสารทำความเย็นก่อนเข้าอีวาพอเรเตอร์ ซึ่งมีหลักการในการทำงาน คือการลดพื้นที่หน้าตัดลงเพื่อลดความดัน จะควบคุมอัตราการไหลของสารทำความเย็นตามความต้องการของระบบปรับอากาศ ซึ่งผลที่ตามมาคือความดันจะลดลง และสถานะจะเปลี่ยนจากแก๊สอุณหภูมิสูงความดันสูงให้เป็นฝอยละออง และความดันลดลงจนสามารถเปลี่ยนเป็นไอได้ แต่ที่บริเวณทางออกของอุปกรณ์ลดความดัน ยังไม่เป็นไอ มีลักษณะดังรูปที่ 2.8

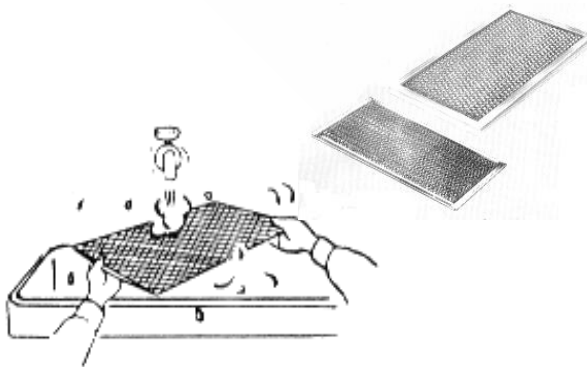


ภาพที่ 2.8 อุปกรณ์ลดความดัน (www.research-system.siam.edu)

2.4 การดูแล และบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศทุกแบบ จะสามารถแบ่งส่วนประกอบของเครื่องออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนที่อยู่ภายในอาคาร (Indoor) เรียกว่า ชุดคอยล์เย็น หรือ แพนคอยล์ยูนิต และส่วนที่อยู่ภายนอกอาคาร (Outdoor) เรียกว่า ชุดคอยล์ร้อน หรือคอนเดนซิ่งยูนิต ซึ่งการทำงานของแต่ละส่วนก็จะมีลักษณะการทำงานที่คล้ายชื่อ คือ ชุดคอยล์เย็นก็จะมีหน้าที่สร้างความเย็น ส่วนชุดคอยล์ร้อนก็มีหน้าที่สร้างความร้อนออกมา และเครื่องปรับอากาศแต่ละชุดยังมีส่วนประกอบย่อยต่างๆ ซึ่งแต่ละส่วนประกอบของเครื่องต้องได้รับการดูแลบำรุงรักษาให้ถูกต้อง เหมาะสมกับสภาพการใช้งานคอยล์เย็น หรือแพนคอยล์ยูนิต เป็นตัวที่ติดตั้งอยู่ภายในห้องหรือภายในอาคาร มีส่วนประกอบย่อยที่จำเป็นต้องดูแลบำรุงรักษาและทำความสะอาดคือ (<http://medi.moph.go.th>)

2.4.1 แผงกรองฝุ่น หรือฟิลเตอร์ ในเครื่องปรับอากาศทุกเครื่องจำเป็นต้องมีฟิลเตอร์ ฟิลเตอร์จะทำหน้าที่เป็นด่านแรกที่กรองอากาศโดยจะดักจับฝุ่นและสิ่งสกปรก ที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศไม่ให้ผ่านเข้าไปยังตัวแผงชุดท่อคอยล์เย็น และเป่าเข้าสู่บรรยากาศภายในห้องได้อีก ฟิลเตอร์โดยทั่วไปมีใช้กันอยู่หลายชนิด โดยส่วนใหญ่แล้วจะขึ้นอยู่กับขนาด และรูปแบบของเครื่อง เช่น แบบใยสังเคราะห์สีขาวหรือดำลักษณะคล้ายเส้นด้ายในลอนมีขอบเป็น โครงพลาสติก แบบใยสังเคราะห์สีดำโครงขอบเป็นเหล็กเส้นลวด แบบเส้นใยอลูมิเนียมถัก เป็นต้น จึงจำเป็นต้องดูแลทำความสะอาดฟิลเตอร์อยู่เสมอ เพื่อไม่ให้ฟิลเตอร์อุดตันไปด้วยฝุ่นละอองและสิ่งสกปรกต่างๆ เพราะถ้าฟิลเตอร์อุดตันจะทำให้ลมไม่สามารถหมุนเวียนผ่านคอยล์เย็นได้ ซึ่งจะทำให้เครื่องปรับอากาศไม่เย็น มีน้ำแข็งเกาะที่ตัวคอยล์เย็น และอาจมีน้ำหยดจากตัวเครื่องได้ เมื่อน้ำแข็งที่เกาะอยู่ การล้างฟิลเตอร์ควรทำความสะอาดฟิลเตอร์ทุกๆ หนึ่งเดือน หรือสามเดือน วิธีการล้างฟิลเตอร์โดยใช้น้ำแรงๆ ฉีดที่ด้านหลังของฟิลเตอร์ (ด้านที่ไม่ได้รับฝุ่น) ให้ฝุ่นและสิ่งสกปรกหลุดออก หรือถ้าฟิลเตอร์เป็นแบบเส้นใยอลูมิเนียมถัก แบบเส้นใยในลอน ก็อาจใช้แปรงที่มีขนนุ่ม เช่น แปรงสีฟันหรือแปรงทาสีช่วยขัดฝุ่นด้วยก็ได้ ดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 การทำความสะอาดแผงกรองฝุ่น (<http://medi.moph.go.th>)

2.4.2 แผงขดท่อคอยล์เย็น คือตัวสร้างความเย็น มีรูปร่างเป็นเส้นท่อขดไปมาตามความยาวของเครื่อง และจะมีแผ่นครีบอลูมิเนียมบางๆ หุ้มขดท่อเหล่านั้นอยู่ แผงขดท่อจะมองเห็นได้อย่างชัดเจนเมื่อถอดหน้ากากส่งลม หรือหน้ากากรับลมกลับของเครื่องออก ดังภาพที่ 2.10 แผงขดท่อนี้จะมีฝุ่นผงขนาดเล็กที่สามารถผ่านการกรองของฟิลเตอร์เข้ามาได้ เมื่อใช้งานไปนานๆ ฝุ่นเหล่านี้จะจับตัวกันหนาขึ้น และอากาศจะไม่สามารถผ่านได้ ซึ่งจะทำให้เครื่องปรับอากาศมีผลเช่นเดียวกันกับฟิลเตอร์ตัน จึงควรมีการล้างทำความสะอาดขดท่อและแผ่นอลูมิเนียม



ภาพที่ 2.10 แผงขดท่อคอยล์เย็น (<http://medi.moph.go.th>)

วิธีล้างทำความสะอาดให้ใช้แปรงสีฟัน หรือแปรงทาสี บัดเอาฝุ่น ที่เกาะยึดติดอยู่ให้ออกก่อนด้วยการลากแปรงลงตามแนวท่อของแผ่นครีบอลูมิเนียม แล้วจึงค่อยเอาน้ำฉีดหรือลาดเพื่อให้ฝุ่นที่หลุดหลุดตามน้ำออกมา แต่เนื่องจากฝุ่นละอองที่จับอยู่เป็นเวลานานๆ จะมีความเหนียวมาก บางครั้งอาจจำเป็นต้องใช้น้ำยาเคมีช่วยในการขจัดคราบสกปรกออก น้ำยาเคมีที่ใช้ต้องเป็นแบบที่ใช้กับเครื่องปรับอากาศซึ่งจะต้องไม่เป็นอันตรายต่อคน และไม่ทำลายวัสดุที่เป็นส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศ เช่น แผ่นอลูมิเนียม ท่อทองแดง หรือพลาสติก ในการเอาน้ำฉีดน้ำยาเคมีที่ใช้ต้องเป็นแบบที่ใช้กับเครื่องปรับอากาศ หรือลาดต้องระมัดระวังอย่าให้น้ำกระเด็นเปียกอุปกรณ์ไฟฟ้าของเครื่อง

2.4.3 ไบพัตลมคอยล์เย็นหรือโบลเวอร์ เป็นตัวขับเคลื่อนให้เกิดการเคลื่อนที่ของลม โดยได้กำลังมาจากมอเตอร์ไฟฟ้า ดังภาพที่ 2.11 ฝุ่นผงขนาดเล็กที่เล็ดลอดมาจากการดักจับของแผงกรองอากาศบางส่วน จะมาจับอยู่ที่ไบพัตลม ทำให้ร่องดักลมของไบพัตลมอุดตันไม่สามารถดักลมได้เต็มที่ การเกิดในลักษณะเช่นนี้จะทำให้ปริมาณลมเย็น ที่ออกไปจากคอยล์เย็นลดลง จึงต้องเสียเวลาในการเดินเครื่องปรับอากาศนานขึ้น เพื่อให้ได้อุณหภูมิของห้องเท่าเดิม ซึ่งมีผลทำให้เสียค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้น นอกจากฝุ่นที่เกาะตามไบพัตลมจะทำให้พัตลมส่งลมเย็นออกมาได้น้อยแล้ว อาจจะทำให้

เกิดเสียงดังที่ตัวชุดคอยล์เย็นขึ้นได้ เนื่องจากฝุ่นที่จับอยู่จะไปเพิ่มน้ำหนักให้กับใบพัด ทำให้ใบพัดเสียการสมดุลในตัวเอง และเมื่อมอเตอร์หมุนจะเกิดการสั่นสะเทือนจากแรงเหวี่ยงและเกิดเสียงดังขึ้นได้ การล้างทำความสะอาดใบพัด ควรล้างทำไปพร้อมกับการล้างทำความสะอาดแผงคอยล์เย็น



ภาพที่ 2.11 ใบพัดลมคอยล์เย็นหรือโบลเวอร์ (<http://medi.moph.go.th>)

2.4.4 ถาดรองรับน้ำทิ้งและท่อน้ำทิ้ง เป็นอุปกรณ์สำหรับรองรับน้ำที่เกิดจากการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำของไอน้ำในอากาศภายในห้อง น้ำที่เกิดขึ้นนี้จะไหลไปรวมกันที่ถาดรองรับน้ำและถูกระบายทิ้งโดยผ่านทางท่อน้ำทิ้ง ที่ถาดรองรับน้ำทิ้งนี้ถ้าไม่ได้รับการดูแลหรือทำความสะอาด เป็นเวลานาน จะทำให้เกิดเมือกขาวใสคล้ายวุ้น น้ำที่ขังอยู่ในถาดรองรับน้ำทิ้งเป็นเวลานานนี้

เมื่อรวมกับฝุ่นละอองต่างๆ ที่เกาะอยู่ตามถาดรับ ก็อาจเป็นแหล่งอาหาร หรือเป็นแหล่งสะสม ของเชื้อโรค เชื้อรา และทำให้เชื้อโรค เชื้อราเหล่านี้ เจริญเติบโตและแพร่กระจายสู่ผู้ปฏิบัติงาน หรือผู้พักอาศัย ภายในห้อง และภายในอาคารได้ การทำความสะอาดถาดน้ำทิ้งโดยการใส่แปรงที่มีขนแข็งขัดถู หรือการถอดออกมาล้าง ส่วนท่อน้ำทิ้งทำได้โดยการใช้เครื่องเป่าลมเป่าลมเข้าไปตามท่อน้ำ หรือใช้น้ำที่มีแรงดันเล็กน้อยฉีดเข้าไปภายในท่อ ดังภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 ถาดรองรับน้ำทิ้งและท่อน้ำทิ้ง (http://medi.moph.go.th)

วิธีการล้างทำความสะอาดถาดรองรับน้ำและท่อน้ำทิ้ง ควรทำไปพร้อมกับการทำความสะอาดแผงขดท่อคอยล์เย็นและใบพัดลม และควรตรวจดูแนวท่อน้ำทิ้งด้วยว่ามีลักษณะโค้งงอ (ตกท้องช้าง) หรือไม่ ถ้ามีต้องทำการแก้ไข เพราะท่อน้ำทิ้งช่วงที่โค้งงอตกท้องช้าง จะเป็นแหล่งที่รวมของน้ำและสิ่งสกปรก ซึ่งจะทำให้ท่อน้ำทิ้งอุดตัน และจะทำให้มีน้ำหยดจากบริเวณที่ท่อตกท้องช้างได้ เนื่องจากไอน้ำในอากาศกระทบท่อที่น้ำเย็นขังอยู่

2.4.5 คอยล์ร้อนหรือคอนเด็นซึ่งยูนิท เป็นตัวที่ติดตั้งอยู่ภายนอกห้อง หรือภายนอกอาคาร ภายในชุดคอยล์ร้อนจะมีส่วนประกอบหลักอยู่สามส่วน คือ คอมเพรสเซอร์ มอเตอร์พัดลมพร้อมใบพัดลม และแผงขดท่อกับครีบอลูมิเนียม ดังภาพที่ 2.13 ชุดคอยล์ร้อนจะมีหน้าที่นำเอาความร้อนจากภายในห้องมาระบายออกทิ้งไป ดังนั้นลมที่เป่าออกมาจากคอยล์ร้อนจึงเป็นลมร้อน การดูแลบำรุงรักษาคอยล์ร้อน จึงต้องทำให้เกิดการระบายความร้อนได้ดี โดยไม่มีวัสดุสิ่งของใดๆ มาปิดบังทิศทางของการระบายของลม และดูแลไม่ให้มีฝุ่นหรือสิ่งอื่นๆ มาปิดบัง โดยเฉพาะที่แผงขดท่อและแผ่นอลูมิเนียมของคอยล์ร้อน เพราะสิ่งเหล่านี้จะเป็นตัวขวางกั้นไม่ให้ลมเข้าไปรับความร้อนจากชุดคอยล์ร้อนได้ ระยะห่างระหว่างชุดคอยล์ร้อนกับสิ่งกีดขวางที่ยอมรับได้ จะถูกกำหนดโดยข้อกำหนดเฉพาะในการติดตั้งของเครื่องปรับอากาศแต่ละรุ่น ซึ่งรวมถึงการเผื่อพื้นที่ว่างเพื่อการดูแลซ่อมบำรุงด้วย ถ้าคอยล์ร้อนสกปรก หรือมีสิ่งของมาปิดบังช่องทางการระบายลมทำให้ความร้อนไม่สามารถระบายออกมาได้แล้ว จะทำให้เครื่องปรับอากาศไม่มีความเย็น หรือเย็นน้อย กินกระแสไฟฟ้ามากกว่าปกติ และอาจทำให้คอมเพรสเซอร์เสียหายได้ การทำความสะอาดฝุ่นละอองที่เกาะอยู่ตามชุดคอยล์ร้อน สามารถใช้น้ำฉีดล้างได้แต่ต้องระวังอย่าให้น้ำกระเด็นเข้าไปเปียก

อุปกรณ์ไฟฟ้าได้ ระยะเวลาในการล้างทำความสะอาดคอยล์ร้อนควรถูกล้างทุก 6 เดือน หรือทุก 12 เดือน



ภาพที่ 2.13 คอยล์ร้อนหรือคอนเดนซิ่งยูนิต (<http://medi.moph.go.th>)

2.5 แผนภูมิกิจกรรมพหุคูณ (Multiple Activity Chart) (<https://www.slideshare.net>)

ใช้แสดงความสัมพันธ์ของการทำงานของพนักงานหลายคนซึ่งต้องทำงานเกี่ยวข้งกัน หรือคนงานหลายคนซึ่งทำงานร่วมกันในบริเวณเดียวกันหรือต้องใช้เครื่องจักรร่วมกันอาจเป็นการศึกษาการทำงานของคนเดียวซึ่งทำงานสัมพันธ์กับเครื่องจักรหรือต้องดูแลเครื่องจักรหลายเครื่องพร้อมกัน โดยมีจุดมุ่งหมายในการวิเคราะห์ลงบนแผนภูมินี้ ก็เพื่อวิเคราะห์กิจกรรมที่ทำร่วมกันและแยกทำ เพื่อลดเวลาดำรงงานของพนักงานและเครื่องจักรลง หรือเพิ่มผลิตภาพในการทำงาน

การวิเคราะห์แผนภูมิในลักษณะนี้ อาจกระทำได้ใน 2 รูปแบบ คือ

1. วิเคราะห์โดยใช้แกนของเวลา: Man-Machine Chart
2. วิเคราะห์ในลักษณะของกิจกรรมที่ทำโดยใช้สัญลักษณ์ทั้ง 5 ตัวของการวิเคราะห์

กระบวนการ: Gang Process Chart

แผนภูมิคน-เครื่องจักร (Man-Machine Charts) (วันชัย ริจิรวนิช, 2551)

เป็นแผนภูมิแสดงการทำงานของคนที่ร่วมกับเครื่องจักร ซึ่งอาจมีตั้งแต่หนึ่งคนกับหนึ่งเครื่องขึ้นไปจุดมุ่งหมายเพื่อดูสัดส่วนการเสียเวลาคอยของคนหรือของเครื่องจักรหรือเพื่อศึกษาว่าควรต้องมีการลดหรือเพิ่มจำนวนคนในการทำงานหรือไม่ แสดงดังรูปที่ 2.14

แสดงในลักษณะของ Bar chart และตารางสรุปเวลาการทำงาน โดยจะใช้กราฟแท่งระบายสี หรือทำสัญลักษณ์แทนกิจกรรมแต่ละประเภท ดังนี้



กิจกรรมร่วม



กิจกรรมอิสระ



การว่างงาน/การคอย

กิจกรรมร่วม คือ กิจกรรมซึ่งพนักงานต้องทำร่วมกับเครื่องจักร หรือร่วมกับพนักงานคนอื่นจึงไม่สามารถโยกย้ายสับเปลี่ยนโดยอิสระได้ เช่น การหยิบถอดชิ้น งานออกจากเครื่อง การตั้งเครื่อง สำหรับเครื่องจักรหมายถึงเวลา ทั้งที่เดินเครื่องและว่างงานที่ต้องรับการควบคุมจากพนักงาน

กิจกรรมอิสระ คือ กิจกรรมที่แต่ละบุคคลหรือแต่ละเครื่องจักร ทำงานเป็นอิสระแก่กัน โดยไม่ขึ้นต่อกัน ดังนั้น จึงเป็นกิจกรรมที่โยกย้ายสับเปลี่ยนตำแหน่งได้ เช่น การเตรียมชิ้นงาน หรือ การตรวจสอบ สำหรับเครื่องจักร หมายถึงเวลาในการเดินเครื่อง

การว่างงาน คือ เมื่อพนักงานไม่มีกิจกรรม หรือเมื่อเครื่องจักรไม่ได้มีการเดินเครื่องผลิตชิ้นงาน

แนวทางการวิเคราะห์

1) ทำการบันทึกเวลาของกิจกรรมแต่ละประเภทของพนักงาน หรือเครื่องจักร โดยแยกเป็นกิจกรรมร่วม กิจกรรมอิสระ หรือการว่างงาน ซึ่งการบันทึกเวลานี้อาจเป็นเวลาเฉลี่ยซึ่งยังไม่ต้องละเอียดมากนัก

2) ทำการบันทึกเวลาของกิจกรรมเหล่านั้นบนแผนภูมิกิจกรรมร่วม โดยแยกบันทึกของแต่ละคนหรือแต่ละเครื่องจักร กิจกรรมที่บันทึกควรให้ครบ วัฏจักรของการทำงานหนึ่งๆ

3) วิเคราะห์กิจกรรมการทำงานต่างๆ อย่างละเอียด เพื่อศึกษาว่ากิจกรรมอิสระใดบ้างที่สามารถสลับเปลี่ยนเพื่อให้ลดการคอยงานลง หรือลดขั้นตอนการทำงานบางอย่างลงเพื่อให้เวลาการทำงานเร็วขึ้น

4) พัฒนาวิธีการทำงานใหม่ และบันทึกกิจกรรมต่างๆ ลงบนแผนภูมิกิจกรรมร่วม เพื่อเก็บไว้เป็นมาตรฐานของการปฏิบัติงานต่อไป

5) คำนวณหา % การทำงานของพนักงานและเครื่องจักร

$$\% \text{ การทำงาน} = \frac{\text{เวลาที่มีการทำงาน}}{\text{รอบเวลารอบในการทำงาน}} \times 100$$

ประโยชน์ใช้งานของแผนภูมิคนกับเครื่อง
 ประโยชน์ของการใช้แผนภูมินี้ เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการทำงานร่วมกัน
 ระหว่างพนักงานหลายคน หรือการทำงานของพนักงานร่วมกับเครื่องจักร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ
 ลดรอบเวลาของการทำงานลง
 เพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน
 ลดการเสียเวลารอคอย

แผนภูมิกิจกรรมพหุคูณ						
MULTIPLE ACTIVITY CHART						
แผนก :				แผนก/ผู้ใช้ที่ :		
กิจกรรม :		(1) เครื่องจักร		% การทำงาน		
เครื่องมือ :		(2) คนทำงาน		ปัจจุบัน	หลังปรับปรุง	เดิม
		(3)				
		(4)				
ผู้สำรวจ :		<input type="checkbox"/> ปัจจุบัน <input type="checkbox"/> หลังปรับปรุง				
กิจกรรมโดย :		วันที่				
คน				เครื่องจักร		
ลูกค้า	เวลา (วินาที)	เสมือน	เวลา (วินาที)	เครื่องบด กาแฟ	เวลา (วินาที)	
1. ขอรื้อกาแฟ	5	ฟังคำสั่งซื้อ	5	ว่าง	5	
2. คอย	15	หยิบกาแฟผงใส่ เครื่อง และ ตั้งเครื่องบด	15	คอยเพื่อให้อุณหภูมิเครื่อง	15	
3. คอย	21	ว่างขณะที่เครื่องบด กาแฟทำงาน	21	บดกาแฟ	21	
4. คอย	12	ปิดเครื่อง เอากาแฟ ใส่ถุงให้ลูกค้า	12	คอยเพื่อให้อุณหภูมิกาแฟออก	12	
5. รับกาแฟจาก คนขาย จ่ายเงิน & รอทอน	17	ส่งกาแฟให้ลูกค้ารอ ลูกค้าจ่ายเงินรับเงิน และทอน	17	ว่าง	17	

ภาพที่ 2.14 แผนภูมิกิจกรรมแผนภูมิกิจกรรมพหุคูณ

2.6 แผนภูมิขบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง (Flow Process Chart) (วันชัย ริจิรวณิช, 2551)

แผนภูมิขบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง คือแผนภูมิขบวนการผลิตที่กำหนดการเคลื่อนย้ายตามลำดับก่อนหลังของผลิตภัณฑ์หรือแนวของการทำงาน โดยการบันทึกเหตุการณ์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นด้วยการใช้สัญลักษณ์ที่เหมาะสม


การจัดทำแผนภูมิขบวนการผลิตต่อเนื่อง ก็กระทำเช่นเดียวกับแผนภูมิขบวนการผลิตอย่างสังเขปทุกประการ ยกเว้นแต่ว่านอกจากสัญลักษณ์แสดงการปฏิบัติงาน และตรวจสอบแล้วได้เพิ่มสัญลักษณ์แสดงการขนถ่าย การรอและที่เก็บเพิ่มขึ้นเท่านั้น แม้ว่าแผนภูมิขบวนการผลิตต่อเนื่องจะมีอยู่หลายประเภท แต่สัญลักษณ์ที่ใช้จะเหมือนกันทุกอย่าง และแนวทางการสร้างแผนภูมิประเภทต่างๆ ก็คล้ายคลึงกันมาก โดยที่นิยมปฏิบัติกันมา แผนภูมิขบวนการผลิตต่อเนื่องประเภทนั้นคำกริยาที่ใช้จะเป็น “การกระทำ” ของผู้ปฏิบัติงานต่อวัสดุหรือเครื่องจักร


ส่วนแผนภูมิขบวนการผลิตต่อเนื่องประเภทวัสดุและเครื่องจักรนั้น คำกริยาที่ใช้เป็น “การถูกกระทำ” ของวัสดุหรือเครื่องจักรโดยตรงโดยทั่วไปแผนภูมิขบวนการผลิตทั้งสามประเภทมักจะใช้แบบฟอร์มเดียวกันพิมพ์อยู่ในรูปของแผนภูมิ ตัวพาดหัวรวมกันทั้งสามประเภท คือเขียนว่า “แผนภูมิขบวนการผลิตต่อเนื่องประเภทคน/วัสดุ/เครื่องจักร” เวลาใช้กับประเภทใดประเภทหนึ่งก็ขีดฆ่าชื่ออีก 2 ประเภท ออกไปเนื่องจากมีรายละเอียดมากกว่า จึงทำให้แผนภูมิขบวนการผลิตต่อเนื่องไม่สามารถแสดงการปฏิบัติงานต่อแผ่นของแผนภูมิได้มากเหมือนแผนภูมิขบวนการผลิตอย่างสังเขป แผนภูมิขบวนการผลิตต่อเนื่อง จะแยกการกระทำงานบนสายงานของผลิตออกเป็นส่วนที่สำคัญๆ หลายส่วนแต่ละส่วนจะแสดงการทำงานนั้นๆ บนแผนภูมิละเอียดแยกจากกัน สัญลักษณ์ของแผนภูมิขบวนการผลิตการบันทึกข้อเท็จจริงเกี่ยวกับงาน หรือการปฏิบัติงานในแผนภูมิการผลิตสามารถทำได้ง่ายกว่าการบันทึกข้อความทั่วไปมาก การบันทึกในแผนภูมิจะใช้สัญลักษณ์มาตรฐานเพียง 1 ชุด ซึ่งจะมีอยู่ 5 สัญลักษณ์ สามารถคลุมไปถึงการกระทำหรือเหตุการณ์ต่างๆ ที่ปรากฏโดยทั่วไปขณะปฏิบัติงานในโรงงานหรือสำนักงานได้หมด สัญลักษณ์ที่ใช้บันทึกนี้ จะยังผลให้เกิดความสะดวกเป็นแบบของตัวเลขที่สามารถเข้าใจได้แจ่มแจ้งประหยัดเวลาอย่างมาก ในการบ่งบอกถึงเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นตามลำดับในการปฏิบัติงานการทำงานที่เด่นในขบวนการผลิตมีอยู่ 2 ชนิด การปฏิบัติงานและการตรวจสอบงานสามารถแสดงได้ดังสัญลักษณ์ดังต่อไปนี้




คือ สัญลักษณ์แทนการปฏิบัติงานสัญลักษณ์นี้บ่งบอกถึงขั้นตอนที่สำคัญในขบวนการผลิต ในวิธีการหรือในแนวทางการปฏิบัติงานโดยทั่วไปแล้วจะต้องบอกถึงการปรับปรุงแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงรูปของชิ้นส่วน วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ในขณะที่ทำการปฏิบัติงานสัญลักษณ์ของการปฏิบัติงานใช้ได้ทั้งงานในโรงงานและงานในห้องทำงาน เช่น การทำงานของเสมียน

การปฏิบัติงานจะเริ่มขึ้นเมื่อได้รับหรือส่งข่าวสารหรือข้อมูลแล้ว หรือในขณะที่กำลังทำการวางแผนงานหรือกำลังคำนวณอยู่

 คือ สัญลักษณ์แทนการตรวจสอบงาน สัญลักษณ์นี้บ่งบอกถึงการตรวจสอบคุณภาพของงาน หรือตรวจสอบปริมาณของงานความแตกต่างระหว่างงานทั้งสองนี้เห็นได้ชัดตั้งแต่การปฏิบัติงานเป็นการกระทำต่อวัสดุ ชิ้นส่วนหรืองานบริหารในขั้นตอนต่างๆ ก่อนจะเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป การกระทำนี้อาจเป็นการแปลงรูปร่างลักษณะ (เช่น ในกรณีการกลึงหรือกัดผิวโลหะของชิ้นส่วน) หรืออาจเป็นการเปลี่ยนส่วนผสมทางเคมี (เช่น ในกรณีของการปฏิบัติงานในสายงานการผลิตแบบต่อเนื่อง) เป็นต้น การปฏิบัติงานอาจกล่าวได้ว่า คือการเตรียมการทำงานในขั้นตอนต่างๆ ซึ่งจะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปในเวลาอันใกล้การตรวจสอบงาน ไม่เกี่ยวข้องกับการกระทำใดๆ ต่อวัสดุในขั้นตอนต่างๆ ก่อนจะได้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป การตรวจสอบเป็นเพียงการพิสูจน์ว่าการปฏิบัติงานต่างๆ ที่ผ่านมามีทั้งหมดนี้ถูกต้องตรงกับคุณภาพและปริมาณของงานที่กำหนดเอาไว้โดยทั่วไปแล้วเราต้องการมองให้เป็นเค้าโครงร่างของการปฏิบัติงานให้ละเอียดชัดกว่าการใช้สัญลักษณ์เพียง 2 อัน ดังกล่าวมานี้ ด้วยเหตุนี้ จึงต้องใช้สัญลักษณ์ใหม่อีก 3 สัญลักษณ์ ดังข้างล่างนี้

 คือ สัญลักษณ์แทนการขนถ่าย สัญลักษณ์นี้จะบ่งบอกการเคลื่อนไหวของคนงาน วัสดุ หรือเครื่องจักรจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง การขนถ่ายจะเกิดขึ้นเมื่อมีการเคลื่อนย้ายสิ่งของ หรือคนจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งนี้ยกเว้นการเคลื่อนไหวซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงาน หรือเกิดขึ้นเนื่องจากการปฏิบัติงาน ณ หน่วยปฏิบัติงานหรือการปฏิบัติงานขณะทำการตรวจสอบงาน สัญลักษณ์นี้จะใช้ต่อเมื่อมีการขนถ่ายวัสดุที่เกิดขึ้นตัวอย่างเช่น ขนถ่ายวัสดุขึ้นรถขนถ่ายวัสดุลงจากรถ ขนถ่ายวัสดุเข้าที่เก็บ

D คือ สัญลักษณ์แทนที่เก็บพักชั่วคราวหรือการรอสัญลักษณ์บ่งบอกถึงการรอที่เกิดขึ้นในลำดับขั้นตอนของเหตุการณ์ ตัวอย่างเช่น งานที่รอคอยอยู่ระหว่างการปฏิบัติงานของหน่วยที่ต่อเนื่องกัน หรือสิ่งต่างๆ ที่ทิ้งไว้ข้างๆ ชั่วคราวโดยไม่มีการลงบันทึกจนกว่าต้องการให้เป็นต้น ตัวอย่างของงานที่ใช้สัญลักษณ์นี้ได้แก่ งานที่กองไว้บนพื้นของโรงงานระหว่างหน่วยงานปฏิบัติงานหนึ่งกับหน่วยงานปฏิบัติงานต่อไป กล่องที่รอคอยการบรรจุ ชิ้นส่วนที่รอเพื่อที่จะนำไปเก็บในกล่อง หรือจดหมายที่รอคอยการลงชื่อ เป็นต้น

 คือ สัญลักษณ์แทนที่เก็บพักถาวรสัญลักษณ์นี้บ่งบอกถึงที่เก็บพักที่ควบคุมได้ วัสดุจะถูกส่งเข้ามาเก็บไว้หรือถูกจ่ายออกไปโดยมีแบบการควบคุมอย่างเป็นทางการ หรืออีกนัย

หนึ่งก็คือที่เก็บพลังสำหรับเป็นที่อ้างอิงเท่านั้นสัญลักษณ์นี้จะปรากฏขึ้นเมื่อมีการนำเอาสิ่งของมาเก็บไว้ เพื่อป้องกันการถูกขโมยออกไปโดยไม่เป็นทางการ ความแตกต่างระหว่างที่เก็บพัสดุกับที่เก็บพัสดุ หรือการรอกก็มีเพียงว่าแบบฟอร์มของใบรับส่งของอย่างเป็นทางการจะต้องใช้เมื่อมีการนำวัสดุเข้า หรือออกจากที่เก็บพัสดุแต่ไม่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการนำวัสดุเข้าหรือออกจากที่เก็บพัสดุ

2.7 การเพิ่มผลิตภาพ (Productivity) (วันชัย ริจิรวนิช, 2551, น.21)

นิยามที่เป็นที่ยอมรับกันของคำว่า productivity หรือผลิตภาพ คือ อัตราส่วนของปริมาณผลผลิตที่ได้ (output) ต่อปริมาณสิ่งที่ใส่เข้าไป (Input) ในการดำเนินการผลิตนั้นๆ เช่น วัตถุดิบ, แรงงาน, เครื่องจักร เป็นต้น กล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือขีดความสามารถในการผลิตของปัจจัยการผลิตหน่วยหนึ่งว่าจะก่อให้เกิดผลผลิตได้เท่าใด หรือเขียนเป็นสมการเชิงนิยามได้ดังนี้

$$\text{ผลิตภาพ (Productivity)} = \text{output} / \text{input}$$

2.8 การประเมินผลประสิทธิภาพการผลิต (วันชัย ริจิรวนิช, 2551)

ประสิทธิภาพทางวิศวกรรม หมายถึง ค่าอัตราส่วนของผลงานที่ได้ต่อหน่วยหรือของงานที่ใช้ไป ความสำเร็จในงานวิศวกรรมสามารถวัดประสิทธิภาพได้จากผลงานการออกแบบทางวิศวกรรม เพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต หรือโครงการวิศวกรรมนั้น ที่มีอยู่เดิมหรือว่าจะเป็นผลงานด้านวิศวกรรม เราสามารถวิเคราะห์โครงการด้านวิศวกรรมเพื่อกำหนดคุณค่าหรือผลได้รวมถึงการตัดสินใจในลักษณะต่างๆ ที่เพื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายที่ต้องลงทุนไปเพื่อให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์นั้นๆ

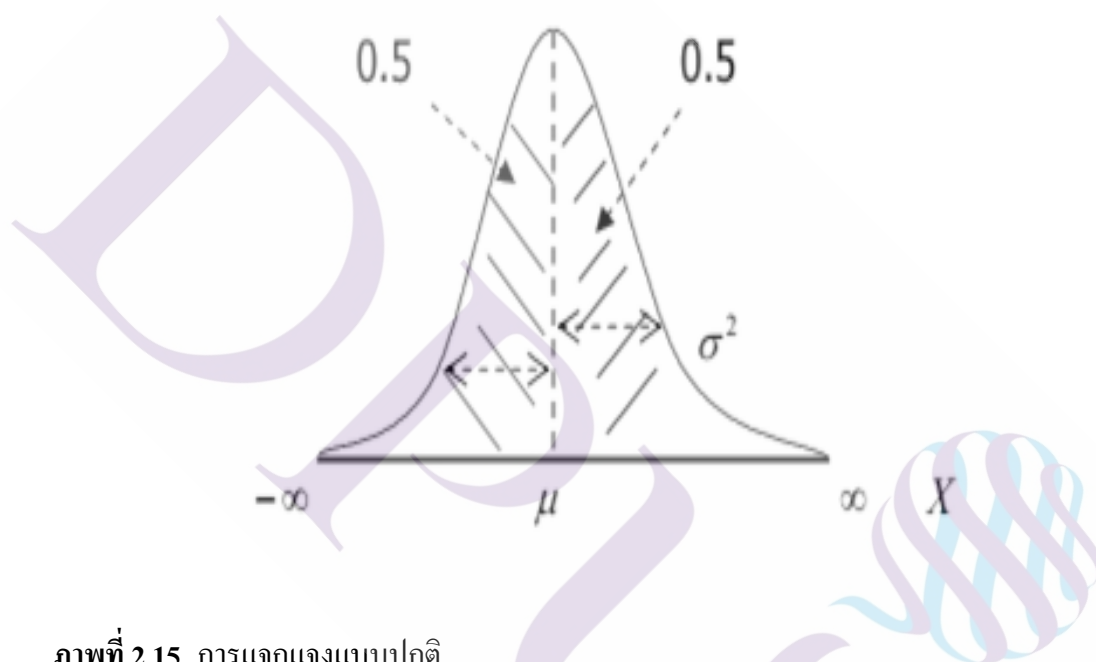
ในที่นี้กล่าวถึงเฉพาะการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ เป็นการเปรียบเทียบอัตราส่วนของชนิดกิจกรรมหรือส่วนต่างที่เกิดขึ้นหลังการปรับปรุง สามารถทราบประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงได้จากการคำนวณดังสมการ

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{ปรับปรุง} - \text{ก่อนการปรับปรุง}}{\text{ก่อนการปรับปรุง}} \times 100$$

2.9 การแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution) (ชิตาเดียว มยุรีสุวรรณค์, 2553)

การแจกแจงแบบปกติ หรือการแจกแจงแบบเกาส์ (Normal or Gaussiandistribution) สามารถใช้ได้กับข้อมูล สถานการณ์ และปรากฏการณ์ต่างๆ ได้หลากหลาย เช่น น้ำหนัก ส่วนสูง อายุการใช้งาน ค่าใช้จ่าย ความเร็ว คะแนนสอบ และปริมาณผลผลิตการเกษตร เป็นต้น

รูปแบบการแจกแจงแบบปกติ แสดงด้วย เส้นโค้งความน่าจะเป็น ที่มีพื้นที่ใต้เส้นโค้งทั้งหมดเป็น 1 ลักษณะของเส้นโค้งปกติเป็นรูประฆังคว่ำ มีจุดศูนย์กลางที่ค่าเฉลี่ย และสมมาตรรอบค่าเฉลี่ย ซึ่งทำให้ ค่าเฉลี่ย มัชฐานและฐานนิยม อยู่ที่จุดเดียวกัน ดังภาพที่ 2.15



ภาพที่ 2.15 การแจกแจงแบบปกติ

วิธีการทดสอบ Normality สามารถช่วยให้เราตัดสินใจได้ว่า Data ที่เก็บตัวอย่างมา จะมีการกระจายแบบปกติหรือไม่ เรียกกราฟแบบนี้ว่า เชนิคุณภาพ (Qualitative) ซึ่งก็ให้ผลที่ถูกต้องได้เช่นกัน แต่บางครั้งการตัดสินใจต้องการความแม่นยำ จึงจำเป็นต้องเห็นข้อมูลเชิงปริมาณมาช่วยในการตัดสินใจ เราจำเป็นต้องใช้โปรแกรม Minitab ที่ออกแบบมาไว้สำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติโดยตรง โปรแกรม Minitab จะให้ค่า P-Value ซึ่งเป็นการสรุปผลการทดสอบสมมติฐานที่ว่า

H_0 : ข้อมูลมาจากการจับเวลาที่มีการกระจายแบบปกติ.

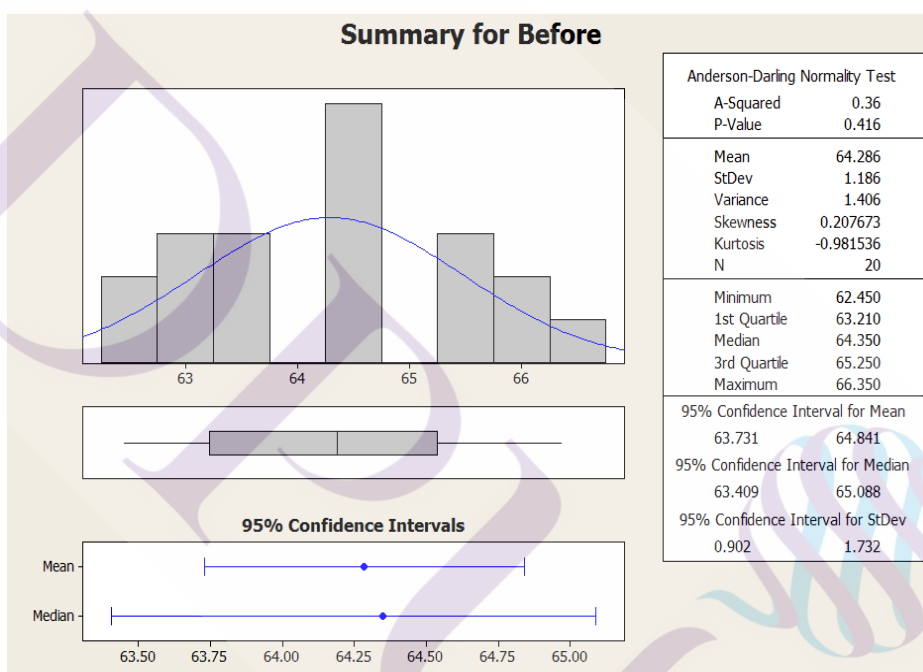
H_1 : ข้อมูลไม่ได้มาจากการจับเวลาที่มีการกระจายแบบปกติ

และ

$$H_0 : \sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 \sigma_N$$

H_1 : มีอย่างน้อยที่ 1 σ ที่แตกต่างจากค่าอื่น

ถ้าเรายอมรับความผิดพลาดที่ 5% (สมมติฐาน = 0.05) เมื่อค่า P-Value > สมมติฐาน เราจึงยอมรับสมมติฐาน H_0 : Data is normal distributed ตัวอย่างกราฟข้อมูล โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Minitab ดังภาพที่ 2.16



ภาพที่ 2.16 ตัวอย่างกราฟกราฟข้อมูล โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Minitab

ถ้าเรายอมรับความผิดพลาดที่ 5% (สมมติฐาน = 0.05) เมื่อ P-Value > สมมติฐาน เราจึงยอมรับสมมติฐาน H_0 : Data is normal distributed จะเห็นว่าโปรแกรม Minitab จะเพิ่มส่วนที่เป็นการวิเคราะห์หรือพิสูจน์ในเชิงปริมาณหรือตัวเลข เพิ่มขึ้นมา เพื่อให้ง่ายในการตัดสินใจ

2.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ ANOVA One-way Test (<https://sites.google.com>) ผู้วิเคราะห์จำเป็นต้องทำการทดสอบข้อมูลการกระจายแบบปกติ (Normality test) ว่าข้อมูลทุกข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ และทดสอบความแตกต่างของค่าความผันแปร (Homogeneities of Variance Test) เพื่อให้แน่ใจว่า ไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีข้อกำหนดของ ANOVA ดังนี้ (<https://sites.google.com>)

1) ข้อมูลของทุกๆ ประชากร จะต้องมีการกระจายของข้อมูลแบบปกติ (Normal distribution) เท่านั้น

2) ค่าความผันแปร (Variation) ของข้อมูล แต่ละประชากรจะต้องไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เท่านั้น

การตั้งสมมติฐาน ของ ANOVA One-way Test จะเป็นดังนี้

H_o : ค่ากลางของประชากร (กระบวนการ) ไม่แตกต่างกัน

H_a : อย่างน้อยเพียง 2 ประชากรมีความแตกต่างกัน

หรือสามารถเขียนสมมติฐาน ได้ดังนี้

H_o : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_k$

H_a : At least 2 of μ_i 's are different.

ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (α) = 0.05

การหาค่า Grand average คือการให้ค่าน้ำหนักหรืออัตราส่วนของ Sample size เทียบกับ Total sample size และค่าเฉลี่ยแต่ละค่า ตามสมการนี้

$$\bar{\bar{x}} = \left(\frac{n_1}{n}\right)\bar{x}_1 + \left(\frac{n_2}{n}\right)\bar{x}_2 + \left(\frac{n_k}{n}\right)\bar{x}_k$$

เราสามารถหาค่า Between-samples variation จากสมการ

$$SSTr = n_1(\bar{x}_1 - \bar{\bar{x}})^2 + n_2(\bar{x}_2 - \bar{\bar{x}})^2 + n_k(\bar{x}_k - \bar{\bar{x}})^2$$

เราสามารถหาค่า Within-samples variation จากสมการ

$$SSE = (n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2 + \dots + (n_k - 1)S_k^2$$

และเมื่อนำ SSTr มารวมกันกับ SSE เรียกว่า Sum square total ดังสมการ

$$SST = SSTr + SSE$$

เมื่อ SST คือ ผลรวมทั้งหมด ดังนั้น $df = n-1$ โดยที่ n คือผลรวมของจำนวนตัวอย่าง(ข้อมูล) ทั้งหมดจาก ทุกๆ Level และ SSTr คือผลรวม ระหว่าง Level ดังนั้น $df = k-1$ โดยที่ k คือจำนวน Level และ SSE คือผลรวมที่เกิดจาก ทุกๆข้อมูลของทุก Level ดังนั้น $df = n-k$ เราต้องหาค่า Degree of freedom เพราะเราต้องการหาค่าเฉลี่ยของแต่ละพจน์ในสมการ ดังสมการ

$$MSTr = \frac{SSTr}{k - 1}$$

$$MSE = \frac{SSE}{n - k}$$

MSTr : Mean square for treatments (Between-sample)

MSE : Mean square error (Within-sample)

อัตราส่วนระหว่าง MSTr กับ MSE คือค่า สถิติที่ใช้ทดสอบ ANOVA (Test statistic) ซึ่งเราเรียกว่า F

$$F = \frac{MSTr}{MSE}$$

สรุปตาราง ANOVA Table ดังนี้

Source of Variation	df	SS	MS	F
Between samples (Treatments)	k-1	SSTr	MSTr	MSTr/MSE
Within samples (Error)	n-k	SSE	MSE	
Total variation	n-1	SST		

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธีรพล ตันสัจจา (2544 : บทคัดย่อ) งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการบริหารอาคาร ในส่วนของงานระบบในอาคาร โดยจะมุ่งเน้นทำการศึกษาในส่วนของงานจัดการบำรุงรักษา เครื่องปรับอากาศแบบ Package Water Cooled (Package Water Cooled Air Conditioning System) เนื่องจากในอาคารสูง โดยทั่วไปที่ใช้เครื่องปรับอากาศแบบ Package Water Cooled จะมีเครื่องปรับอากาศเป็นจำนวนมาก และมักจะประสบปัญหาในการบำรุงรักษามากที่สุด ซึ่งถ้าไม่มีการจัดการ และการ วางตารางเวลาในการทำการบำรุงรักษาที่ดีแล้ว จะทำให้เกิดปัญหาตามมา และ จะเกิดผลกระทบต่อผู้ใช้งาน โดยตรงทันที ในการจัดการบำรุงรักษาดังกล่าว ถ้าไม่มีการจัดการที่ดี จะทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการ ปฏิบัติการ และการบำรุงรักษาสูง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาถึง ระบบการจัดการ และ บริหารการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศในอาคารสูงของกรุงเทพมหานคร โดยทำการสำรวจ และศึกษาข้อมูลของอาคาร จำนวน 11 อาคาร ที่ใช้เครื่องปรับอากาศแบบ Package Water Cooled ซึ่งได้แบ่งส่วนของงานวิจัยออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 จะเป็นการศึกษา การจัดการ การบำรุงรักษาระบบปรับอากาศของอาคารที่ปฏิบัติอยู่ในปัจจุบัน และส่วนที่ 2 จะเป็นการ สํารวจเพื่อให้ทราบถึง การให้ลำดับความสำคัญในการทำการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ โดยมีปัจจัยที่เป็นตัวบ่งชี้ เพื่อใช้ในการเลือกลำดับความสำคัญที่จะทำการบำรุงรักษาก่อน หรือหลัง ซึ่งจะมีปัจจัยที่ทำการสำรวจ 4 ปัจจัย คือ 1. ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ 2. ค่าใช้จ่ายในการ บำรุงรักษา 3. ผลกระทบต่อผู้ใช้งาน 4. ความยากง่ายในการบำรุงรักษา โดยสามารถนำผลการวิจัยนี้ ใช้ประกอบการพิจารณาในการจัดลำดับของงาน ในการทำการ บำรุงรักษาของเครื่องปรับอากาศ แต่ละเครื่องได้

สมจินต์ พวงเจริญชัย (2550) ปัจจุบันเครื่องปรับอากาศส่วนใหญ่จะใช้ระบบระบาย ความร้อนด้วยอากาศ โดยใช้แผงคอนเดนเซอร์ในการระบายความร้อน จากการศึกษาพบว่าเมื่อเวลา ผ่านไปสิ่งสกปรกหรือฝุ่นละอองดังกล่าวจะเกาะแน่นบริเวณครีระบายความร้อน ทำให้ ความสามารถในการระบายความร้อนของแผงคอนเดนเซอร์ลดน้อยลง ทำให้สิ้นเปลืองการใช้ พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น จึงได้ออกแบบเครื่องทำความสะอาดแผงคอนเดนเซอร์ โดยใช้มอเตอร์ แบบปรับความเร็วรอบ ได้ติดตั้งเข้ากับตัวชุดเกลิยวหมุนเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ขึ้นลงของชุดแผง หัวฉีดและใช้โซลินอยด์วาล์วมาเป็นตัวควบคุมการจ่ายน้ำในการทำความสะอาด เพื่อใช้ในการล้าง ทำความสะอาดแผงคอนเดนเซอร์ จากการศึกษาทดสอบการทำงานของเครื่องทำความสะอาดแผงคอนเดนเซอร์ พบว่า เครื่องทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ มีความสามารถทำงานได้เป็นอย่างดี โดยก่อนการ ล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ มีความสามารถในการทำความเย็นเฉลี่ยเท่ากับ 34,179 Btu/hr สัมประสิทธิ์สมรรถนะเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 2.62 และประสิทธิภาพการให้ความเย็นเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 8.9

Btu/hr.Watt และหลังจากการทำความสะอาดแผงคอนเดนเซอร์เครื่องปรับอากาศมีความสามารถในการทำความเย็นเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 39ม766 Btu/hr สัมประสิทธิ์สมรรถนะเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 3.12 และประสิทธิภาพการทำความเย็นเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 10.7 Btu/hr.Watt และเมื่อเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ก่อนการล้างและหลังการล้างทำความสะอาดแผงคอนเดนเซอร์นั้น จะทำให้เครื่องปรับอากาศสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพและช่วยยืดอายุการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งความสามารถในการระบายความร้อนของแผงคอนเดนเซอร์ นั้นขึ้นอยู่กับความสะอาดของแผงคอนเดนเซอร์นั่นเอง

จิปาถะ วิจัย (2553) โครงการวิจัยอุตสาหกรรมนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาสูญเสียจากการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ของเครื่อง บรรจุน้ำมันอัตโนมัติ IWKA รุ่น TFS 10 และมุ่งเน้นเพื่อลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากการปรับตั้งเครื่องจักร และการปรับแต่งเครื่องจักร ทั้งนี้แนวทางในการลดความสูญเสียเนื่องจากการปรับตั้ง เครื่องซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ กิจกรรมการล้างและฆ่าเชื้ออุปกรณ์ และกิจกรรมการตั้งเครื่อง โดยทำการวิเคราะห์ด้วยหลักการ 5W 1H เพื่อให้เข้าใจปัญหาและมองเห็นแนวทางการแก้ปัญหา และนำหลักการ Single Minute Exchange of die (SMED) ซึ่งเป็นหลักการในการลดเวลาสูญเสียของการ ปรับตั้งชิ้นงานมาประยุกต์ใช้ปรับปรุงการทำงาน ส่วนแนวทางในการลดความสูญเสียในการปรับ แต่งเครื่องจักร จากการศึกษาพบว่า การปรับแต่งเกิดจากปัญหาหลุดแตกอ้า จึงได้ดำเนินการศึกษา และวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา โดยวิเคราะห์ทำไม-ทำไม พบว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปัญหา หลุดแตกอ้า คือ ความสูงของ Hot Air ของขนาด Seal Ring HotAir และ Clamp ล็อคหัว Hot Air ไม่แน่น โดยผู้วิจัยได้ทำการแก้ปัญหที่เกิดขึ้น ผลจากการทำโครงการวิจัยอุตสาหกรรมในครั้งนี้ คือภาย หลังการปรับปรุงสามารถลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรลงร้อยละ 63.05 ของเวลาก่อนปรับปรุง และลดเวลาการปรับแต่งเครื่องจักรเพื่อแก้ไขปัญหาหลุดแตกอ้าจากร้อยละ 20.49 เหลือร้อยละ 5.01 ของปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมด

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

จากทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ที่กล่าวมาในบทที่ 2 สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อให้สอดคล้อง และเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ในบทนี้จะกล่าวถึงข้อมูลเบื้องต้นของกระบวนการล้างเครื่องปรับอากาศและปัญหา

3.1 ประวัติความเป็นมาของบริษัท

บริษัท ซีพีรีเทลลิงค์ จำกัด เริ่มก่อตั้งขึ้นในประเทศไทย เมื่อวันที่ 1 มกราคม 2535 โดยเป็นบริษัทลูกของบริษัท ซีพี ออลล์ จำกัด (มหาชน) บริษัทในเครือเจริญโภคภัณฑ์ โดยประกอบธุรกิจจำหน่ายและให้บริการ อุปกรณ์ค้าปลีกร้านสะดวกซื้อมีนิมาร์ท International Fast Food and Beverage Chain Store โรงแรม ร้านอาหาร ธนาคาร มหาวิทยาลัย ร้านกาแฟ เป็นต้น เป็นผู้นำในด้านธุรกิจด้วยการมุ่งเน้นลูกค้าและตลาดเป็นสำคัญ รวมทั้งให้ความสำคัญกับการเรียนรู้และพัฒนาพนักงาน ปรับปรุงระบบการบริหารจัดการต่างๆ อย่างต่อเนื่อง ได้การรับรองมาตรฐาน ISO 9000:2001 และ มอก. 14001 เป็นตัวแทนจำหน่ายสินค้าและอุปกรณ์ที่หลากหลาย ครอบคลุมครบครันสำหรับธุรกิจค้าปลีกร้านสะดวกซื้อ เต็มเปี่ยมด้วยศักยภาพสูงสุดในทุกๆ ด้านที่จะตอบสนองความต้องการของลูกค้าไม่ว่าจะในด้านความพร้อมของสินค้าที่สามารถส่งต่อถึงลูกค้าได้ทันทีหรือในด้านบริการหลังการขาย ที่ให้บริการ ตลอด 7 วัน 24 ชั่วโมง จึงถือได้ว่าบริษัท ซีพีรีเทลลิงค์ จำกัด เป็นผู้นำในการจัดจำหน่ายสินค้าและให้บริการอุปกรณ์ค้าปลีกแบบครบวงจร

งานบริการหลังการขายของบริษัท ซีพีรีเทลลิงค์ จำกัด ยังเป็นอีกบริษัทหนึ่งที่มีความพร้อมปฏิบัติงานด้านงานบำรุงรักษามีทีมงานที่มีคุณภาพและมีความพร้อม เช่น งานบำรุงระบบเครื่องปรับอากาศ เครื่องทำกาแฟ อุปกรณ์ทำความเย็นต่างๆ เป็นต้น การดูแลรักษาระบบปรับอากาศเป็นงานด้านหนึ่งที่บริษัทให้ความสำคัญเป็นอย่างมากกับการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศของร้านสะดวกซื้อ 7-eleven ซึ่งมี 8000 สาขาทั่วประเทศ



ที่ตั้งโรงงาน	ที่ตั้งสำนักงานใหญ่ 159/30 หมู่ 3 ถนนวิภาวดีรังสิต แขวงตลาดบางเขน เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ 10210
ชื่อบริษัทฯ	บริษัท ซีพีรีเทลลิงค์ จำกัด
ประเภทกิจการ	ธุรกิจการค้าและจัดจำหน่าย
ปีก่อตั้งบริษัทฯ	พ.ศ. 2535
ได้รับการรับรอง	มาตรฐาน ISO 9000:2001 มอก . 14001

3.2 สภาพปัญหาที่พบ

ธุรกิจบริการที่ต้องเปิดกิจการตลอด 24 ชั่วโมงจำเป็นที่จะต้อง มีระบบการซ่อมบำรุง ที่มีมาตรฐานและสม่ำเสมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งธุรกิจประเภทร้านค้าสะดวกซื้อ ที่จะมีลูกค้ามาใช้ บริการอยู่เสมอตลอดทั้งวัน ระบบปรับอากาศเป็นอีกระบบหนึ่งที่ต้องได้รับการดูแลเป็นอย่างดี

ซึ่งการดูแลรักษาระบบปรับอากาศ บริษัท ซีพีรีเทลลิงค์ จำกัด เป็นอีกบริษัทที่มีความ พร้อมและรับงานบำรุงรักษาระบบปรับอากาศของร้านสะดวกซื้อ 7-eleven การเข้า PM ทุกอุปกรณ์ รวมการล้างเครื่องปรับอากาศในกระบวนการเฉลี่ย 3 สาขา/วัน มี 4 เครื่อง/สาขา โดยมีร้านสะดวก ซื้อทั่วประเทศเฉลี่ย 8,000 สาขา โดยการล้างใหญ่กำหนดล้าง 1 ครั้ง/สาขา/ปี ภายใน 1 ปี ทางบริษัท มีแผนเข้าทำความสะอาดทั้งหมด 32,000 เครื่อง ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 สาขาที่เข้าทำการบำรุงรักษาในหนึ่งวัน

ดังนั้นเพื่อให้การบริการเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ครอบคลุมและมีมาตรฐานที่สูง จึงทำให้มีพนักงานทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศจำนวนมาก การล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องใช้เวลานานเพราะมีหลายขั้นตอน ทั้งการถอด-ประกอบเครื่อง ล้างอัดฉีดทำความสะอาดเป่าเครื่องให้แห้ง โดยแต่ละขั้นตอนใช้เวลามาก และต้องอาศัยความชำนาญของพนักงาน โดยบ่อยครั้งพนักงานที่มีความชำนาญได้ลาออกไป ทำให้ต้องอบรมพนักงานใหม่ และเกิดความไม่ต่อเนื่องของงาน อีกทั้งคุณภาพของการล้างจะขึ้นอยู่กับความเอาใจใส่ของพนักงานเป็นสำคัญ ดังภาพที่ 3.2 และภาพที่ 3.3 ตามลำดับ



ภาพที่ 3.2 ลักษณะเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งในร้านสะดวกซื้อ



ภาพที่ 3.3 การล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศในร้านสะดวกซื้อ

ตารางที่ 3.1 แผนภูมิการปฏิบัติงานที่คูณขั้นตอนการล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ส่วนคอยล์เย็นก่อนปรับปรุง

แผนภูมิกิจกรรม				
กระบวนการทำงาน	เวลา (นาที)	พนักงาน 1	พนักงาน 2	พนักงาน 3
ถอดชิ้นส่วนอะไหล่เครื่องปรับอากาศ	15.13			
นำผ้าใบคลุมเครื่องปรับอากาศ	3.15			
ต่อระบบน้ำฉีด	2.14			
ล้างทำความสะอาดส่วนคอยล์เย็น	20.23			
เป่าแห้งคอยล์เย็น	3.25			
นำผ้าใบคลุมเครื่องปรับอากาศออก	2.35			
ประกอบชิ้นส่วนอะไหล่เครื่องปรับอากาศ	15.25			
ตรวจสอบการทำงานเครื่องปรับอากาศ	1.55			
% เวลาการทำงาน		54.04%	94.15%	53.18%

จากตารางที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ ในการล้างเครื่องปรับอากาศหนึ่งเครื่องจะใช้พนักงานทั้งหมด 3 คน/เครื่อง ซึ่งจะใช้เวลาการล้างทั้งหมด 63.05 นาที/เครื่อง ถอดประกอบ 15.13 นาที/เครื่อง ทำการล้างส่วนคอยล์เย็น 20.23 นาที/เครื่องและการประกอบเครื่องปรับอากาศ 15.25 นาที/เครื่อง เปอร์เซ็นต์การทำงานพนักงานคนที่ 1 เท่ากับ 54.04% พนักงานคนที่ 2 เท่ากับ 94.15% และพนักงานคนที่ 3 เท่ากับ 53.18%



ภาพที่ 3.4 กระบวนการล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศร้าน 7-11/เครื่องปรับอากาศ 1 เครื่อง

จากภาพที่ 3.4 แสดงขั้นตอนการทำงานดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 พนักงานคนที่ 1 พนักงานคนที่ 2 และพนักงานคนที่ 3 ถอดชิ้นส่วนอะไหล่เครื่องปรับอากาศ

ขั้นตอนที่ 2 พนักงานคนที่ 2 และ 3 นำแผ่นผ้าใบรองรับน้ำคลุมเครื่องปรับอากาศ

ขั้นตอนที่ 3 พนักงานคนที่ 1 ต่อระบบปั้มน้ำแรงดันสูงและติดตั้งหัวฉีดน้ำ

ขั้นตอนที่ 4 พนักงานคนที่ 2 นำหัวฉีดน้ำแรงดันสูงล้างทำความสะอาดส่วนคอยล์เย็น

- ขั้นตอนที่ 5 พนักงานคนที่ 2 นำเครื่องเป่าแห้งเป่าไล่น้ำที่ตกค้างในตัวคอยล์เย็น
- ขั้นตอนที่ 6 พนักงานคนที่ 2 นำผ้าใบคลุมเครื่องปรับอากาศออก
- ขั้นตอนที่ 7 พนักงานคนที่ 1 พนักงานคนที่ 2 และพนักงานคนที่ 3 ประกอบชิ้นส่วนอะไหล่
เครื่องปรับอากาศโดยจะมีพนักงานหนึ่งคนอยู่ด้านล่างและสองคนอยู่บนบันได
- ขั้นตอนที่ 8 พนักงานคนที่ 1 ทำการตรวจสอบการทำงานเครื่องปรับอากาศ

ตารางที่ 3.2 ไบบันทึกผลการทดลองการจับเวลากระบวนการล้างเครื่องปรับอากาศ ก่อนปรับปรุง

ไบบันทึกการจับเวลางานทั้งกระบวนการ				
ชื่อผลิตภัณฑ์ : เครื่องปรับอากาศ	กระบวนการ : ขั้นตอนการทำงาน หุ่นยนต์ล้างทำความสะอาด เครื่องปรับอากาศ		ผู้บันทึกข้อมูล นายจักรพงษ์ เพ็งแจ่มแจ้ง	
ชื่อผลิตภัณฑ์ : เครื่องปรับอากาศ	หน่วยเป็นนาที			
ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
63.05	65.25	64.35	63.15	66.08
ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10
63.47	64.56	62.45	64.36	65.25
ครั้งที่ 11	ครั้งที่ 12	ครั้งที่ 13	ครั้งที่ 14	ครั้งที่ 15
63.39	64.55	66.05	66.35	62.55
ครั้งที่ 16	ครั้งที่ 17	ครั้งที่ 18	ครั้งที่ 19	ครั้งที่ 20
63.14	64.28	65.54	63.55	64.35

จากตารางที่ 3.2 เป็นการเก็บผลการทดลองทางผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน
ของชุดข้อมูล ที่ได้จากการจับเวลา

การกำหนดสมมุติฐาน

$$H_0 : \mu = 64.28$$

$$H_1 : \mu \neq 64.28$$

ตารางที่ 3.3 ผลการทดสอบ Anova One -way Test เวลาการทำงานก่อนปรับปรุง

Source	DF	SS	MS	F	P
Time	17	488.5	28.7	0.33	0.927
Error	2	176.5	88.3	-	-
Total	19	665.0	-	-	-

S = 9.394

R-Sq = 73.46%

R-Sq (adj) = 0.00%

จากตารางที่ 3.3 ค่าความน่าจะเป็น หรือ P-Value ที่โปรแกรมคำนวณได้ มีค่าเท่ากับ 0.927 มีค่ามากกว่า ค่าระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ ที่กำหนด แสดงว่าข้อมูลในแต่ละกลุ่มมีความแปรปรวน หรือ การกระจายที่ไม่แตกต่างกัน ยอมรับสมมติฐานหลัก H_0 คือ เวลาที่ใช้ในการทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศนั้นไม่แตกต่างกัน

3.3 แนวทางแก้ไขปัญหาแนวคิดการออกแบบเครื่อง

แนวทางการแก้ปัญหาหนึ่งคือการประยุกต์ใช้ระบบกึ่งอัตโนมัติเข้ามาช่วยเสริมการทำงาน เพื่อลดเวลาการทำความสะอาด โดยคาดว่าจะสามารถลดเวลาได้กว่า 50% ลดความเสี่ยงของพนักงานที่จะต้องปีนบันไดระหว่างการปฏิบัติหน้าที่ เพิ่มมาตรฐานการทำความสะอาดให้เทียบเคียงกันทุกครั้ง โดยไม่ขึ้นกับสภาพของพนักงาน

ในปัจจุบันมีการพัฒนาหุ่นยนต์เพื่อใช้ในภารกิจต่างๆ ทั้งด้านการทหาร การสำรวจสภาพภูมิประเทศ การแพทย์ หรือแม้กระทั่งการเพิ่มความสะดวกสบายในการใช้ชีวิตประจำวัน หุ่นยนต์ทำความสะอาดนับเป็นหุ่นยนต์ประเภทหนึ่งที่ได้รับการพัฒนามาในหลายๆรูปแบบเช่น หุ่นยนต์ทำความสะอาดพื้นบ้านของบริษัท Evolution Robotics หุ่นยนต์ทำความสะอาดกระจก Windoro ของนักวิจัยจากสถาบัน Pohang Institute of Intelligent Robotics (PIRO) หุ่นยนต์ทำความสะอาดท่อส่งลมของระบบปรับอากาศจากสถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ดังแสดงในภาพที่ 1 (ก) 1(ข) และ 1(ค) ในภาพที่ 3.5 ตามลำดับ

		
<p>1(ก) หุ่นยนต์ทำความสะอาด พื้นบ้าน Mint Robot Mob and Duster</p>	<p>1(ข) หุ่นยนต์ทำความสะอาด กระจก Windoro</p>	<p>1(ค) หุ่นยนต์ทำความสะอาด ท่อส่งลมในระบบปรับ อากาศ</p>

ภาพที่ 3.5 หุ่นยนต์ทำความสะอาดรูปแบบต่างๆ

สำหรับการทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศส่วนคอยล์เย็น ในลักษณะของ
โครงการวิจัยนี้ โดยสรุปตัวเครื่องล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศเป็นลักษณะกระบะพับขึ้น
รูปกว้าง 35 cm. สูง 40 cm. ยาว 150 cm. ทำด้วยอลูมิเนียมที่มีน้ำหนักเบาติดตั้งชุดรางสไลด์ชุด
หัวฉีดน้ำแรงสูง และติดตั้งระบบเป่าแห้ง เข้าไปในตัวกระบะ โดยใช้ในการเขียนแบบด้วยโปรแกรม
SolidWork เพื่อเป็นต้นแบบ ดังภาพที่ 3.6



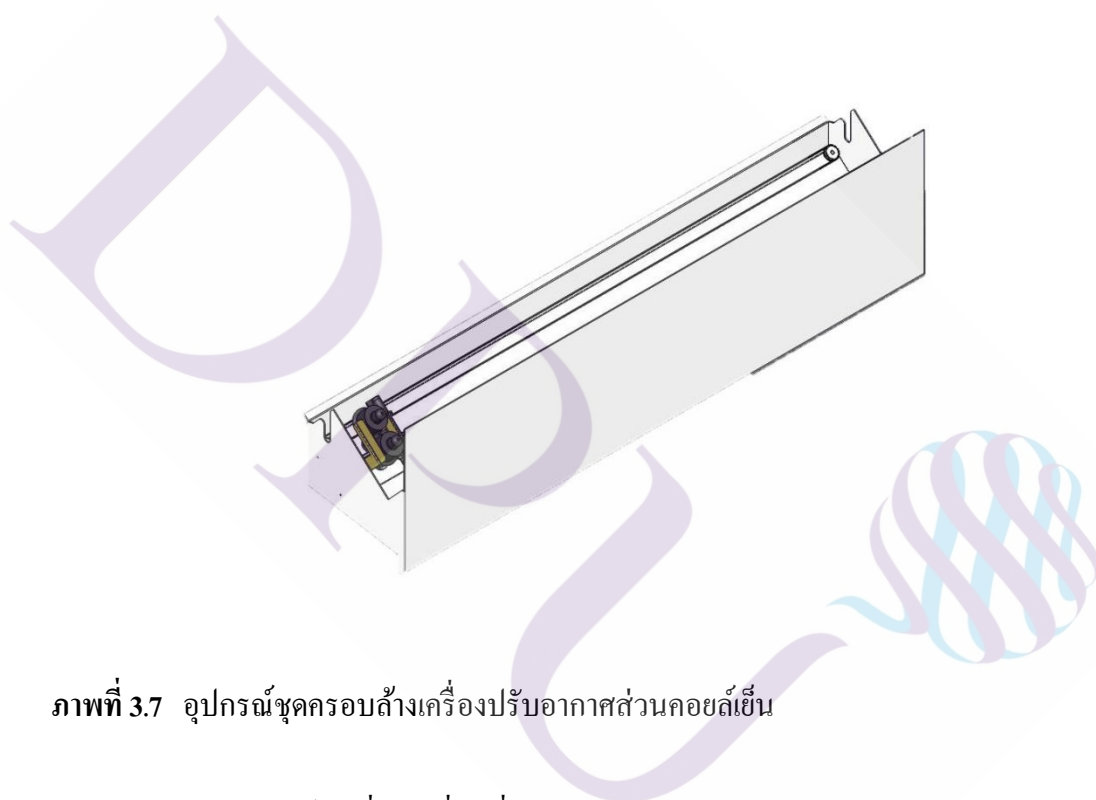
ภาพที่ 3.6 การออกแบบด้วยโปรแกรม SolidWork

3.3.1 ลักษณะของตัวเครื่องล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ

ลักษณะของตัวเครื่องล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศส่วนคอยล์เย็นแบ่งออกเป็น

1) อุปกรณ์ชุดครอบเครื่องปรับอากาศส่วนคอยล์เย็น

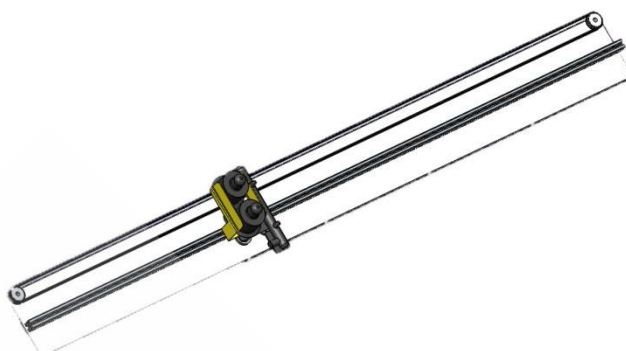
เนื่องจากเครื่องปรับอากาศถูกติดตั้งอยู่ที่สูง อุปกรณ์ชุดครอบล้างเครื่องปรับอากาศส่วนคอยล์เย็น จะต้องออกแบบให้มีน้ำหนักเบา ลักษณะ โครงสร้างที่ใช้จึงเป็นอลูมิเนียม มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและเจาะรูน้ำทิ้งไว้ด้านล่างตัวกระบะเพื่อใช้ต่อกับสายยางระบายน้ำเสีย ขณะล้างทำความสะอาด รวมทั้งที่ตัวกระบะจะติดตั้งชุดล็อกไว้สำหรับยึดติดเข้ากับส่วนของเครื่องปรับอากาศ ดังภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 อุปกรณ์ชุดครอบล้างเครื่องปรับอากาศส่วนคอยล์เย็น

1) อุปกรณ์ชุดเลื่อนเคลื่อนที่

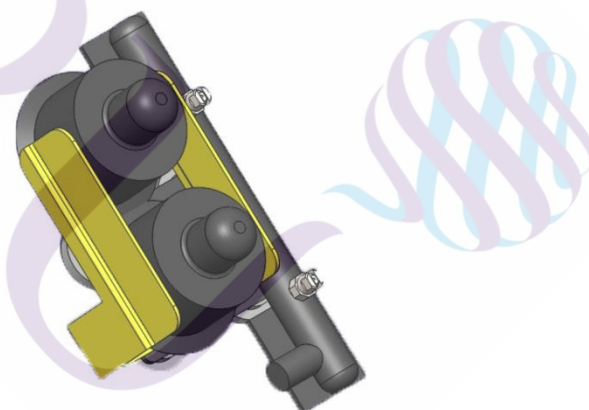
อุปกรณ์ชุดเลื่อนถูกออกแบบไว้สำหรับใช้ยึดชุดหัวฉีดแรงดันสูงและชุดเป่าลมแห้งให้เคลื่อนที่ไปมาในลักษณะเป็นแนวเส้นตรง แสดงดังภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 อุปกรณ์ชุดเลื่อนเคลื่อนที่

1) ชุดหัวฉีดน้ำและหัวฉีดลม

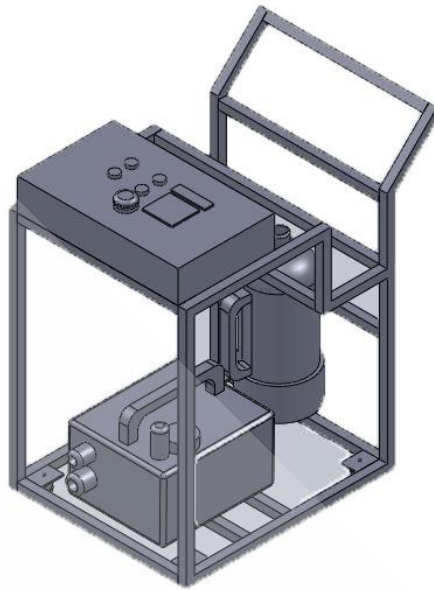
เครื่องเป่าลมแรงดันสูงไว้สำหรับเป่าแห้งหลังจากขั้นตอนฉีดล้างเสร็จเพื่อเป่าคอยล์เย็น เครื่องปรับให้แห้ง ดังภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 ชุดหัวฉีดน้ำและหัวฉีดลม

3.3.2 ชุดรถเข็นควบคุม

ชุดรถเข็นควบคุมออกแบบให้มีไว้สำหรับรองรับอุปกรณ์ อาทิเช่น ปืนฉีดน้ำแรงดันสูง เครื่องเป่าลมรวมไปถึงกล่องวงจรควบคุมและสั่งการ โดยจะออกแบบให้มีลักษณะกระทัดรัด และสามารถเข็นในพื้นที่แคบๆ ได้อย่างสะดวก ดังภาพที่ 3.10 ชุดรถเข็นควบคุมประกอบด้วย



ภาพที่ 3.10 รัดเซ็นควบคุม

1) ปั๊มฉีดน้ำแรงดันสูง ไว้สำหรับต่อเข้ากับชุดหัวฉีดน้ำเพื่อฉีดล้างทำความสะอาดในส่วนของคุณยเย็น ดังภาพที่ 3.11



ภาพที่ 3.11 ปั๊มฉีดน้ำแรงดันสูง

2) ชุดกล่องคอนโทรลไว้สำหรับสั่งงานชุดระบบเครื่องฉีดน้ำและเครื่องเป่าลมและมีการใช้โปรแกรมในการสั่งการทำงานและมีสวิทซ์คียบอร์ดไว้สำหรับสั่งงานรอบการทำงานของแต่ละระบบและจะมีสัญญาณเสียงเตือน เมื่อระบบทำงานเสร็จ แสดงดังภาพที่ 3.12



ภาพที่ 3.12 ชุดกล่องคอนโทรล

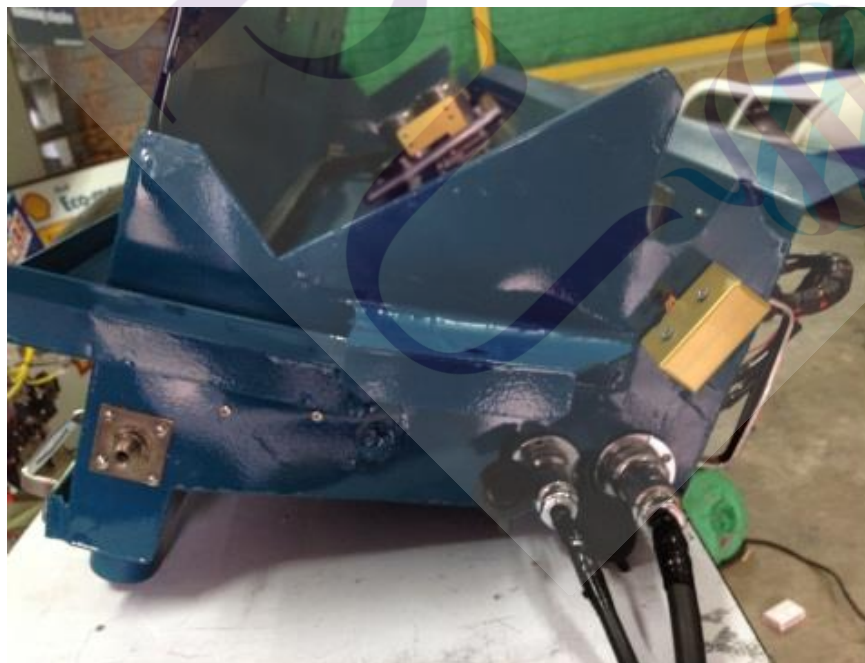
3.4 ชุด เครื่องล้างทำความสะอาดหลังการออกแบบ



ภาพที่ 3.13 แสดงอุปกรณ์ชุดครอบล้างเครื่องปรับอากาศส่วนคอยล์เย็น



ภาพที่ 3.14 แสดงชุดสไลด์ชุดหัวฉีดน้ำและหัวฉีดลม



ภาพที่ 3.15 แสดงจุดต่อสายควบคุม



ภาพที่ 3.16 แสดงชุดสายไฟควบคุมเครื่องล้างเครื่องปรับอากาศ



ภาพที่ 3.17 แสดงชุดรถเข็นควบคุมเครื่องล้างเครื่องปรับอากาศ

บทที่ 4

ผลการวิจัย

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการติดตั้ง วิธีการใช้งานเครื่องล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ส่วนคอยล์เย็น การสรุปผลการทดลองจากการศึกษาวิธีการทำงาน การบันทึกเวลางานย่อยเพื่อหาเวลาในการทำงานของการล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ส่วนคอยล์เย็น ซึ่งจะพิจารณาจากจำนวนตัวอย่างที่เก็บ และการวิเคราะห์สมมติฐานเวลาในการทำงาน โดยใช้การทดสอบความแปรปรวนของชุดข้อมูล

4.1 การติดตั้งและวิธีการใช้งานของเครื่อง

4.1.1 การติดตั้งเครื่องเครื่องล้างเครื่องปรับอากาศกับตัวเครื่องปรับอากาศ

นำเครื่องล้างเครื่องปรับอากาศขึ้นยึดกับกับตัวโครงของเครื่องปรับอากาศจะยึดติดโดยชุดล๊อคที่อยู่ด้านข้างทั้งสองด้าน ทำการติดตั้งสายคอนโทรลควบคุมกับรถเข็นควบคุม ดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 การติดตั้งเครื่องเครื่องล้างเครื่องปรับอากาศกับตัวเครื่องปรับอากาศ

4.1.2 ส่วนของชุดควบคุมประกอบด้วย



ภาพที่ 4.2 กระบวนการทำงานของเครื่อง

4.1.3 วิธีการใช้เครื่องและตั้งค่าโปรแกรมการใช้งาน

ขั้นตอน	อุปกรณ์	การแสดงผลที่หน้าจอ/หมายเหตุ
1. ON Breaker		เครื่องพร้อมทำงาน - หน้าจอแสดงผล 2 บรรทัด
2. กดหมายเลขควบคุมการทำงาน (ตัวอย่าง) 2.1 ลม = 5 รอบ 2.2 น้ำ = 10 รอบ 2.3 ลม = 5 รอบ		- หน้าจอแสดงผล กระพริบ เพื่อให้กำหนดค่าที่ต้องการ
3. กดปุ่ม เริ่ม การทำงาน		- หน้าจอแสดงผลค่าที่ตั้ง 2 บรรทัด

ภาพที่ 4.3 กระบวนการทำงานของเครื่องและตั้งค่าโปรแกรมการใช้งาน

จากภาพที่ 4.3 เมื่อโยกสวิตช์ในตำแหน่ง On เครื่องจะ Reset ตัวเองให้อยู่ในตำแหน่งเริ่มต้น พร้อมการใช้งาน พนักงานจะเริ่มตั้งค่ารอบการทำงานของหัวฉีดน้ำและพัดลมเป่าแห้ง จากนั้นพนักงานกดสวิตช์ Start เพื่อให้เครื่องสั่งทำความสะอาดทำงาน โดยเครื่องจะทำงานตามรอบจนครบจำนวนครั้งที่ตั้งค่าไว้

4.1.4 แผนควบคุมระบบการทำงานของเครื่องล้างเครื่องปรับอากาศ ประกอบด้วย

สวิตช์เปิด-ปิดเครื่อง

สวิตช์ Start เริ่มการทำงานของเครื่อง

สวิตช์ฉุกเฉิน จะหยุดการทำงานของเครื่องเมื่อเกิดปัญหา

ลำโพง ไว้สำหรับส่งเสียงเตือนเมื่อเครื่องทำงานเสร็จ

หน้าจอตัวเลขแสดง จำนวนครั้งของน้ำและพัดลมเป่าแห้ง

ไฟแสดงผลการทำงานสีแดง คือสถานะเครื่องหยุดทำงาน

ไฟแสดงผลการทำงานสีเขียว คือสถานะเครื่องกำลังทำงาน

พิวส์ตัดการทำงานกรณีเกิดลัดวงจรภายในระบบ



ภาพที่ 4.4 หน้าจอการทำงานของเครื่อง

4.2 ผลการทดลอง

4.2.1 ขั้นตอนการทำงานของพนักงาน หลังปรับปรุง

ตารางที่ 4.1 Flow process chart หลังจากปรับปรุงกระบวนการล้างเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type)

FLOW PROCESS CHART								
CHART NO. 1 SHEET NO. OF		SUMMARY						
ACTIVITY : กระบวนการล้างเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ส่วนคอยล์เย็น(ก่อนปรับปรุง)		ACTIVITY	PRESENT	PROPOSE	SAVING			
METHOD : PRESENT / PROPOSES		OPERATION ○	7					
LOCATION :		TRANSPORT ⇨	0					
OPERATOR (s)		DELAY D	0					
CHART BY. DATE :		INSPECTION □	1					
APPROVED BY. DATE :		STORAGE ▽	0					
		DISTRANCE (ม)						
		TIME นาที	62					
DESCRIPTION	TIME นาที	DIST. เมตร	SYMBOL					REM
			○	⇨	D	□	▽	
1. ถอดอะไหล่เครื่องปรับอากาศ	15.23		✖					
2. นำเครื่องทำความสะอาดปรับอากาศติดตั้ง	3.24		✖					
3. ต่อระบบน้ำจืด	3.25		✖					
4. ล้างทำความสะอาดส่วนคอยล์เย็น	3				✖			
5. เป่าแห้งคอยล์เย็น	2				✖			
6. นำเครื่องทำความสะอาดปรับอากาศออก	2.04		✖					
7. ประกอบอะไหล่เครื่องปรับอากาศ	15.34		✖					
8. ตรวจสอบการทำงานของเครื่องปรับอากาศ	1.45					✖		
รวม	45.55		7	0	0	1	0	

จากตารางที่ 4.1 แสดงถึงขั้นตอนในการล้างเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ส่วนคอยล์เย็นทั้งหมด 8 ขั้นตอนเวลารวม 45.55 นาที ดังต่อไปนี้

- ขั้นตอนการปฏิบัติงาน 7 ขั้นตอน ใช้เวลา 44.10 นาที
- ขั้นตอนการตรวจสอบ 1 ขั้นตอน ใช้เวลา 1.45 นาที

4.2.2 ลักษณะกระบวนการเครื่องล้างเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ส่วนคอยล์เย็น



ภาพที่ 4.5 ลักษณะกระบวนการล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศร้าน 7-11 / เครื่องปรับอากาศ 1 เครื่อง (หลังปรับปรุง)

จากภาพที่ 4.5 แสดงขั้นตอนการปฏิบัติงาน

- ขั้นตอนที่ 1 พนักงาน 1 และ 2 ถอดชิ้นส่วนอะไหล่เครื่องปรับอากาศ
- ขั้นตอนที่ 2 พนักงาน 1 และ 2 นำเครื่องทำความสะอาดปรับอากาศติดตั้ง
- ขั้นตอนที่ 3 พนักงาน 1 กดสวิทช์ Start เครื่องทำงาน
- ขั้นตอนที่ 4 พนักงาน 1 และ 2 นำเครื่องทำความสะอาดปรับอากาศออก
- ขั้นตอนที่ 5 พนักงาน 1 และ 2 ประกอบชิ้นส่วนอะไหล่เครื่องปรับอากาศ
- ขั้นตอนที่ 6 พนักงาน 1 ตรวจสอบการทำงานเครื่องปรับอากาศ

ตารางที่ 4.2 แผนภูมิการปฏิบัติงานทวิคูณ ขั้นตอนการล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ส่วนคอยล์เย็นหลังปรับปรุง

แผนภูมิกิจกรรม				
กระบวนการทำงาน	เวลา (นาที)	พนักงาน 1	พนักงาน 2	เครื่อง ล้าง
ถอดชิ้นส่วนอะไหล่เครื่องปรับอากาศ	15.23			
นำเครื่องทำความสะอาดปรับอากาศติดตั้ง	3.24			
ต่อระบบน้ำและระบบไฟฟ้า	3.25			
ล้างทำความสะอาดส่วนคอยล์เย็น	3			
เป่าแห้งคอยล์เย็น	2			
นำเครื่องทำความสะอาดปรับอากาศออก	2.04			
ประกอบชิ้นส่วนอะไหล่เครื่องปรับอากาศ	15.34			
ตรวจสอบการทำงานเครื่องปรับอากาศ	1.45			
% เวลาการทำงาน		89.02%	76.84%	10.98%

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นว่าเมื่อนำเครื่องล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ส่วนคอยล์เย็นมาใช้ในการปฏิบัติงานนั้น สามารถใช้พนักงานในการปฏิบัติเพียง 2 คน และลดเวลาในการล้างเครื่องปรับอากาศ 45.55 นาที/เครื่อง

ตารางที่ 4.3 ใบบันทึกผลการทดลองการจับเวลากระบวนการล้างเครื่องปรับอากาศหลังปรับปรุง

ใบบันทึกการจับเวลางานทั้งกระบวนการ					
ชื่อผลิตภัณฑ์ : เครื่องปรับอากาศ	กระบวนการ : ขั้นตอนการทำงานหุ่นยนต์ ล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ			ผู้บันทึกข้อมูล นายจักรพงษ์ เพ็งแจ่มแจ้ง	
ชื่อผลิตภัณฑ์ : เครื่องปรับอากาศ	หน่วยเป็นนาที				
ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
48.24	45.25	47.35	46.1	46.08	
ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	
48.26	44.56	45.45	47.36	45.25	
ครั้งที่ 11	ครั้งที่ 12	ครั้งที่ 13	ครั้งที่ 14	ครั้งที่ 15	
46.3	44.55	47.41	46.35	47.25	
ครั้งที่ 16	ครั้งที่ 17	ครั้งที่ 18	ครั้งที่ 19	ครั้งที่ 20	
45.14	48.27	45.54	48.45	44.56	

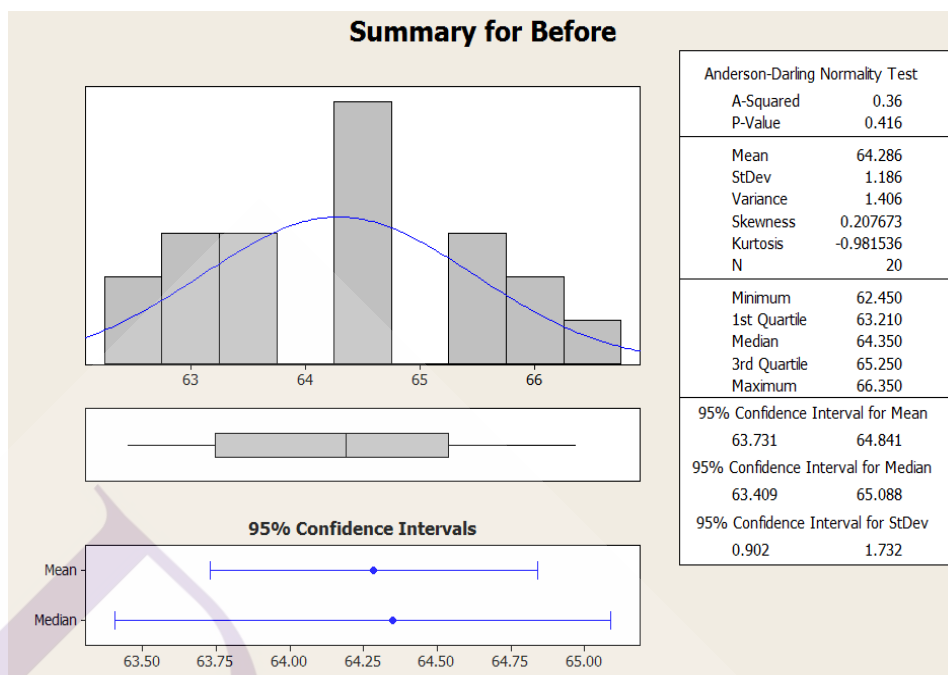
จากตารางที่ 4.3 ใบบันทึกผลการทดลองการจับเวลา ทางผู้วิจัยได้ทำการบันทึกการจับเวลางานย่อยของการใช้เครื่องล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ เริ่มศึกษาเวลาจากพนักงานคนที่ 1, 2 และ 3 ทำการถอดชิ้นส่วนเครื่องปรับอากาศ และใช้เครื่องล้างเครื่องปรับอากาศ จนถึงการล้างและประกอบชิ้นส่วนเครื่องปรับอากาศเข้าที่

4.3 การทดสอบสมมติฐานเวลาการทำงานของเครื่องล้างทำความสะอาด

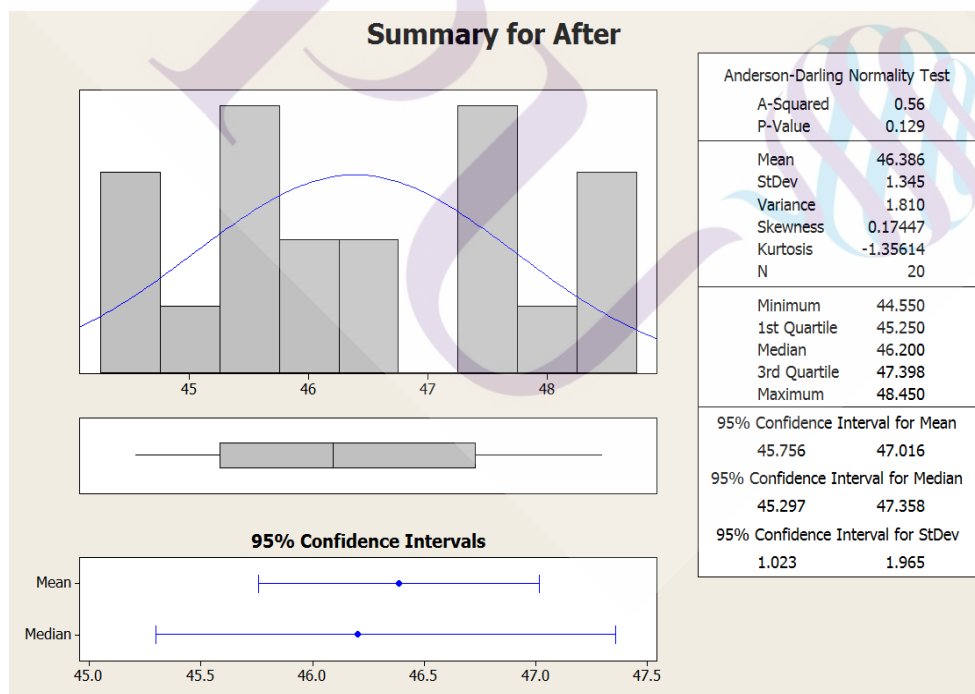
จากผลการคำนวณหาจำนวนตัวอย่างการทดลอง (Sample size) จำนวน 20 ชุดข้อมูล ทางผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Minitab โดยกำหนดค่าความเชื่อมั่นที่ 95% ค่า P – Value เท่ากับ 0.05 สมมติฐานฐานที่ใช้ในการทดลอง

H_0 : ข้อมูลมาจากการจับเวลาที่มีการกระจายแบบปกติ

H_1 : ข้อมูลมาจากการจับเวลาที่มีการกระจายไม่ปกติ



ภาพที่ 4.6 การวิเคราะห์ Normal Test ก่อนปรับปรุง



ภาพที่ 4.7 การวิเคราะห์ Normal Test หลังปรับปรุง

จากภาพที่ 4.6 และภาพที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ค่า P- Value ที่ได้จากการเก็บข้อมูล 20 ชุดข้อมูลโดยค่าของ P- Value ทั้งก่อนปรับปรุงเท่ากับ 0.416 และหลังปรับปรุง เท่ากับ 0.129 ซึ่งมากกว่า 0.05 ค่าสมมติฐานฐานที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งยอมรับสมมติฐานหลัก ดังนั้นข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ มีการแจกแจงแบบปกติ ที่ค่าความเชื่อมั่น 95% โดยค่าเฉลี่ยก่อนปรับปรุงเท่ากับ 64.286 และหลังปรับปรุง เท่ากับ 46.386 นาที

4.4 การทดสอบความแปรปรวนของชุดข้อมูล

จากการเก็บผลการทดลองทางผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของชุดข้อมูล ที่ได้จากการจับเวลา

การกำหนดสมมติฐาน

$$H_0 : \mu = 46.38$$

$$H_1 : \mu \neq 46.38$$

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบ Anova One-way Test เวลาการทำงานหลังปรับปรุง

Source	DF	SS	MS	F	P
Time	17	548.5	32.3	0.55	0.805
Error	2	116.5	58.3	-	-
Total	19	665.0	-	-	-

S = 9.394

R-Sq = 73.46%

R-Sq (adj) = 0.00%

จากตารางที่ 4.4 ค่าความน่าจะเป็น หรือ P-Value ที่โปรแกรมคำนวณได้ มีค่าเท่ากับ 0.805 มีค่ามากกว่า ค่าระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ ที่กำหนด แสดงว่าข้อมูลในแต่ละกลุ่มมีความแปรปรวน หรือ การกระจายที่ไม่แตกต่างกัน

4.5 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองจะพบว่าผลการทดลองที่ทางผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของชุดข้อมูลจำนวน 20 ชุดข้อมูล ที่ได้จากการจับเวลานั้น สรุปได้ว่าข้อมูลแต่ละค่า นั้นไม่ต่างกันดังนั้นสามารถนำข้อมูลไปใช้ได้

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบผลก่อน-หลังการปรับปรุง

รายละเอียด	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ผลต่าง	%ผลต่าง
ลดต้นทุนแรงงาน (บาท/วัน)	900	600	300	33.3%
ลดเวลาการทำงาน (นาทิต่อเครื่อง)	63.05	45.55	17.5	27.75%

จากตารางที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าสามารถลดการใช้พนักงาน จาก 3 คนเหลือ 2 คน ต้นทุนของพนักงานวันละ 300 บาท ลดลง 1 คน เท่ากับ 300 บาท/วัน หรือ 7800 บาท/เดือน เวลาการทำงานลดลง จาก 63.05 นาที/เครื่อง เหลือ 45.55 นาที/เครื่อง คิดเป็น -27.25%

4.6 การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน

การลงทุนและค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษาเพื่อให้เครื่องล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนได้ดังต่อไปนี้

ระยะเวลาคืนทุน

$$\begin{aligned} \text{ระยะเวลาคืนทุน} &= \text{เงินลงทุน/ผลประโยชน์} \\ &= 0.53 \text{ ปี} \end{aligned}$$

ระยะเวลาคืนทุนของเครื่องล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศที่ 0.53 ปี

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษากระบวนการทำงานการล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน และรวบรวมข้อมูลกระบวนการทำงานรวมถึงลักษณะโครงสร้างโดยรวมของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน จากการศึกษาปัญหาที่พบในกระบวนการทำงาน นำมาเป็นแนวคิดการออกแบบและสร้างเครื่องล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ส่วนคอยล์เย็น

ผู้วิจัยได้นำเสนอและออกแบบเครื่องล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ส่วนคอยล์เย็นที่สามารถนำไปใช้งานได้จริง ซึ่งทางผู้วิจัยได้ให้บริษัทในกรณีศึกษาเป็นผู้ใช้งาน เป็นผลทำให้ลดกระบวนการทำงานลดเวลาการทำงานได้มากขึ้น และสามารถลดพนักงานลงได้ 1 คน และสามารถสร้างความมั่นใจในเรื่องความสะอาดและความปลอดภัยในที่สูงได้ จากผลการดำเนินการสร้างเครื่องล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ส่วนคอยล์เย็น หลังจากนำไปใช้งานเรียบร้อยแล้ว สามารถนำข้อมูลมาใช้ในการสรุปผลการดำเนินงาน ดังนี้

5.1 ผลการสรุป

จากที่ผู้วิจัยได้ศึกษาและออกแบบเครื่องล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ส่วนคอยล์เย็น สามารถได้เครื่องล้างทำความสะอาดที่มีประสิทธิภาพโดยสามารถฉีดน้ำล้างทำความสะอาดคอยล์เย็นและเป่าลมแห้งได้อย่างอัตโนมัติและมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 5.1 การเปรียบเทียบผลก่อน-หลังการปรับปรุง

	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ผลต่าง	%ผลต่าง
ลดต้นทุนแรงงาน (บาท/วัน)	900	600	300	33.3%
ลดเวลาการทำงาน (นาที/เครื่อง)	63.05	45.55	17.5	27.75%

จากผลการทดลองพบว่า เครื่องล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ส่วนคอยล์เย็น ที่ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบนั้น สามารถลดการใช้พนักงานจาก 3 คน เหลือ 2 คน จากผลการวิเคราะห์ระยะเวลาในการคืนทุน 0.53 ปี เปอร์เซ็นต์การทำงานพนักงาน คนที่ 1 เท่ากับ 89.02% พนักงานคนที่ 2 เท่ากับ 76.84% และพบว่าเวลากระบวนการล้าง เครื่องล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ส่วนคอยล์เย็นลดลง 27.75% จาก 63.05 นาที/เครื่อง เหลือ 45.55 นาที/เครื่อง

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้น

5.2.1 การใช้งานเครื่องล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศพบว่าพัดลมแรงสูงทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ เนื่องจากการใช้ เครื่องล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศติดต่อกันเป็นเวลานาน และมีคราบฝุ่นหลงเหลือติดสะสมที่ตัวพัดลมจึงทำให้เกิดความผิดปกติ ส่งผลให้เป่าคอยล์เย็นไม่แห้งตามที่ต้องการ

5.2.2 กระบะเครื่องล้างทำความสะอาดปรับอากาศถูกทำด้วยอลูมิเนียม จึงส่งผลให้น้ำหนักมาก

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ในส่วนของการออกแบบตัวเครื่องทางผู้วิจัยได้ทำการเลือกใช้วัสดุประเภท อลูมิเนียม ทำให้เครื่องมีน้ำหนักค่อนข้างมาก ในการพัฒนาครั้งต่อไป ควรที่จะเปลี่ยนวัสดุที่มีน้ำหนักเบา ส่วนของตัวกระบะให้เป็น โดยเลือกใช้วัสดุชนิดอื่นๆ เช่น คาร์บอนไฟเบอร์ ABS เป็นต้น

5.3.2 เครื่องล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ส่วนคอยล์เย็น ควรมีการบำรุงรักษาตัวเครื่องอย่างสม่ำเสมอเพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์เสียหาย

5.3.3 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) โดยทั่วไปจะถูกติดตั้งบนที่สูงการขึ้นนำเครื่องล้างทำความสะอาดไปปฏิบัติงานควรระมัดระวัง



บรรณานุกรม

ภาษาไทย

การดูแล และบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ. สืบค้นเมื่อ จาก [/medi.moph.go.th/education/ebooking/doc/8828.doc](http://medi.moph.go.th/education/ebooking/doc/8828.doc)

เครื่องปรับอากาศ. สืบค้นเมื่อ จาก www.research-system.siam.eduimagescoopA...2.pdf
<https://www.slideshare.net>

จิราพิสิฐ ไชยอารีกุล. (2553). *การลดเวลาสูญเสียจากการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ของเครื่องบรรจุหลอดอัตโนมัติ* (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ธิดาเดียว มยุรีสุวรรณค์. (2553). *สถิติสำหรับวิศวกรรม และวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ธีรพล ต้นสัจจา. (2544). *กรณีศึกษาเรื่องระบบการจัดการการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศชนิด Package Water Cooled ในการบริหารอาคาร* (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

นายฉลอง สีแก้วสีว. *statistics*. สืบค้นเมื่อ 10 จาก <https://sites.google.com/site/mystatistics01/chapter5/1-way-anova>

ผศ.น.อ.ดร.ตระการ ก้าวศิริกรม. *การทำความเย็น (Refrigeration)*. สืบค้นจาก www.ebooks.in.thdownload6444/การทำความเย็น

รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม. (2550). *Industrial Work Study*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท็อป. 254-259.

วันชัย ริจิรวณิช. (2551). *การศึกษางานหนักการ และกรณีศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุภชัย ตระกูลทรัพย์ทวี. (2547). *Solid Works Advanced Part and Assembly*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

ศุภชัย นาทะพันธ์. (2541). *การควบคุมคุณภาพ (Quality Control)* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.

สมจินต์ พ่วงเจริญชัย. (2550). *เครื่องล้างทำความสะอาดแผงคอนเดนเซอร์* (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

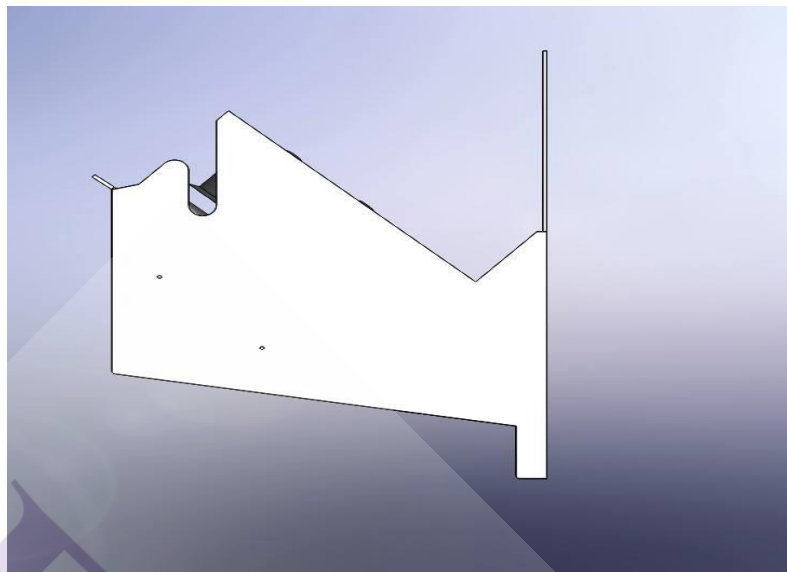


ภาคผนวก

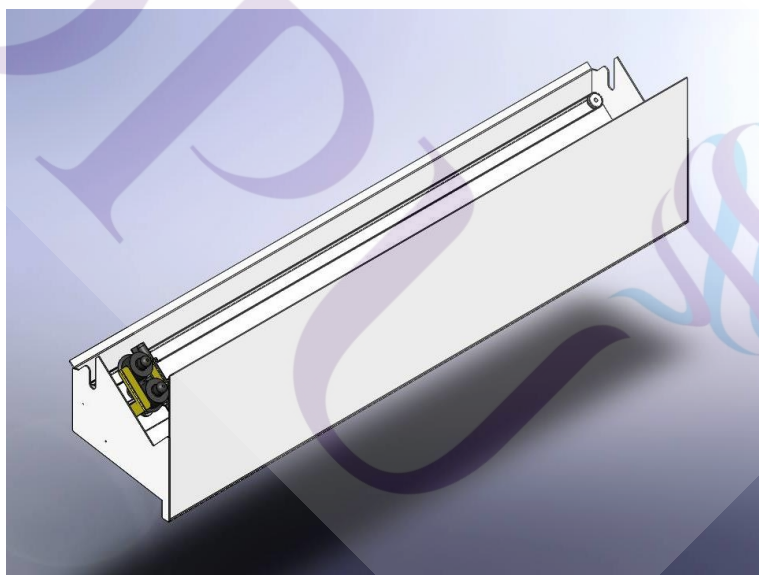
ภาคผนวก ก

รูปออกแบบ solid work เครื่องล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ

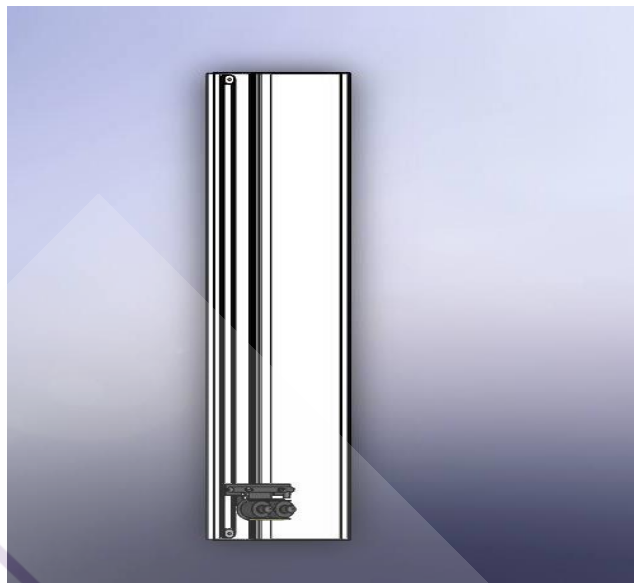




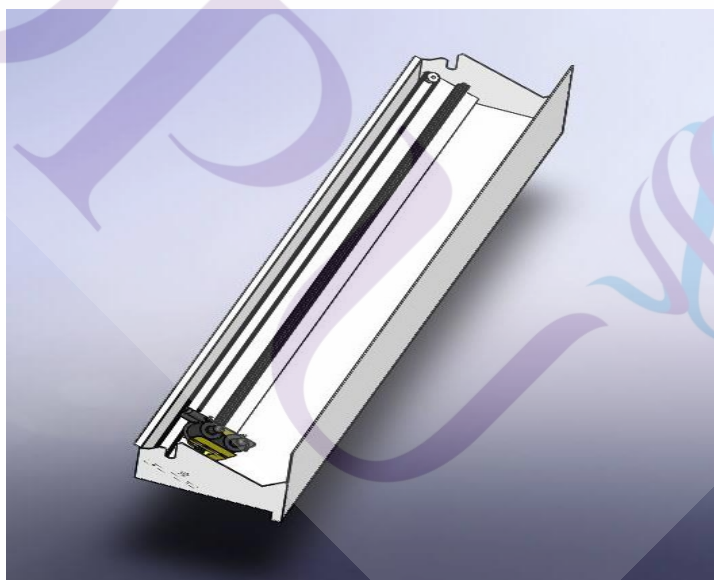
ภาพที่ 1 เครื่องล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศด้านข้าง



ภาพที่ 2 เครื่องล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศด้านหน้า



ภาพที่ 3 เครื่องล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศด้านบน



ภาพที่ 4 เครื่องล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ Isometric

ภาคผนวก ข

เครื่องล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ





ภาพที่ 5 เครื่องล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ



ภาพที่ 6 รถเข็นควบคุมเครื่องล้างทำความสะอาด

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	จักรพงษ์ เฟื่องแจ่มแจ้ง
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2554 ปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	พนักงานช่างแก้ไขไฟฟ้าขัดข้อง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดตราด
ประสบการณ์ รางวัลหรือทุนการศึกษา	ทุนเรียนในระดับ ปริญญาตรี ทุนเรียนในระดับ ปริญญาโท
ผลงานที่ผ่านมา	พ.ศ. 2554 - รางวัลชนะเลิศการแข่งขันหุ่นยนต์ ABU Robocon 2011 ระดับประเทศไทย - รางวัลชนะเลิศ ABU Asia-Pacific Robot Contest 2011 Thailand พ.ศ. 2555 - รางวัลชนะเลิศการแข่งขันหุ่นยนต์ TPA Robocon 2012 ระดับอุดมศึกษาชิงแชมป์ ประเทศไทย - รางวัลชนะเลิศการแข่งขันหุ่นยนต์ ABU Robocon 2012 ระดับประเทศไทยเป็นตัวแทนประเทศไทยไปแข่งขันที่ประเทศฮ่องกง - รางวัลรองชนะเลิศอันดับ 2 และ Best Design ABU Asia-Pacific Robot Contest Hong Kong 2012 พ.ศ. 2556 - รางวัลชนะเลิศการแข่งขันหุ่นยนต์ ABU Robocon 2013 ระดับประเทศไทยตัวแทน ประเทศไทยไปแข่งขันที่ประเทศเวียดนาม พ.ศ. 2557 - รางวัลชนะเลิศการแข่งขันหุ่นยนต์ ABU Robocon 2014 ระดับประเทศไทยตัวแทน ประเทศไทยไปแข่งขันที่ประเทศอินเดีย - รางวัลรองชนะเลิศอันดับ 2 และ Best Design ABU Asia-Pacific Robot Contest India 2014