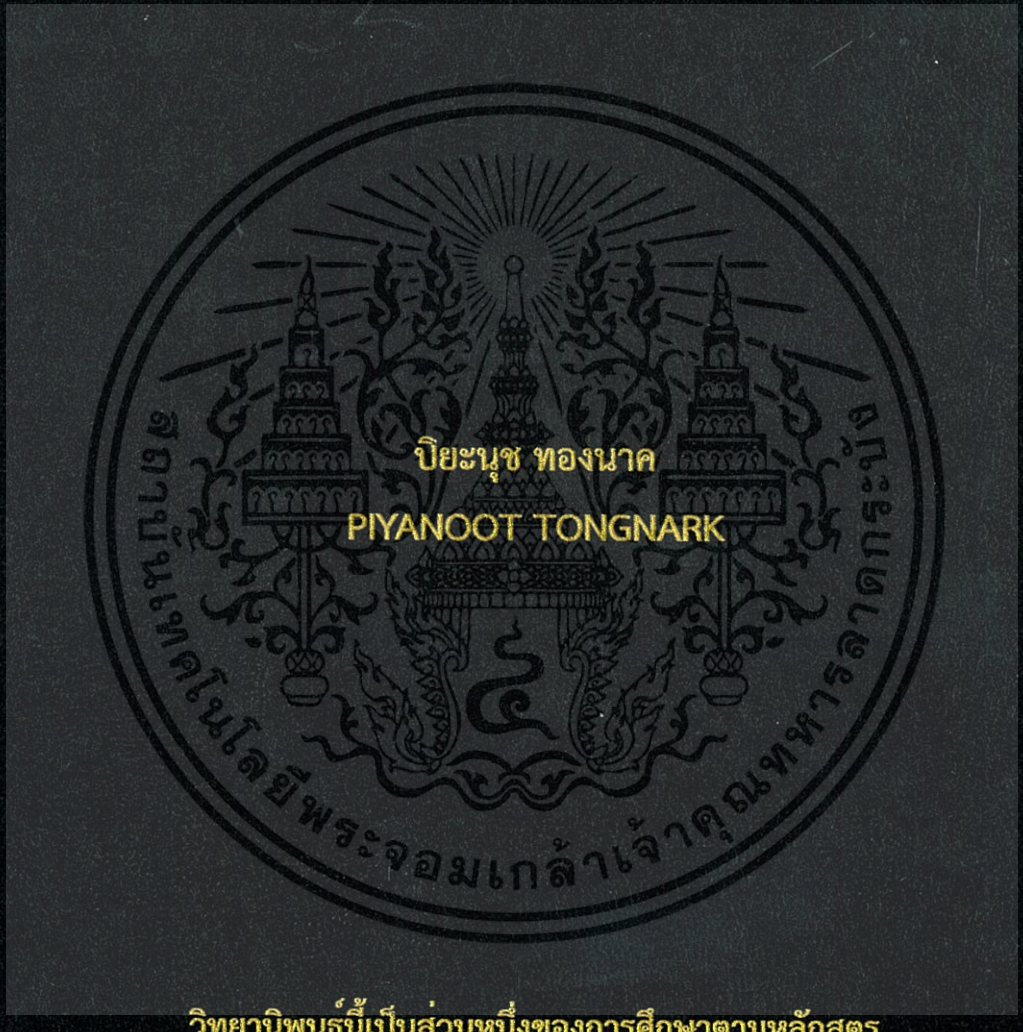
การศึกษาหาปัจจัยที่มีผลต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนขนาด 18,000 บีทียู กรณีศึกษาโรงงานผลิตเครื่องปรับอากาศ

A study of factor for cooling and power the air conditioner split type 18,000 btu. A case study of air condition industry



ปิยะนุช ทองนาค

PIYANOOT TONGNARK

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์
ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2559

KMITL-2016-SC-M-050-001

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาหาปัจจัยที่มีผลต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนขนาด 18,000 บีทียู กรณีศึกษาโรงงานผลิตเครื่องปรับอากาศ

A study of factor for cooling and power the air conditioner split type 18,000 btu. A case study of air condition industry

T145911

ปิยะนุช ทองนาค

PIYANOOT TONGNARK

เลขหมู่ 145911
เลขทะเบียน
วัน.เดือน.ปี 27 มิ.ย. 2560

.b 12433952
.i

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์

ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2559

KMITL-2016-SC-M-050-001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A study of factor for cooling and power the air conditioner split type 18,000 btu. A case study of air condition industry

PIYANOOT TONGNARK

A THESIS SUMMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN APPLIED STATISTICS

DEPARTMENT OF STARISTICS

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2016

KMITL-2016-SC-M-050-001

COPYRIGHT 2016

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ "การศึกษาหาปัจจัยที่มีผลต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ชนิดแยกส่วนขนาด18,000 บีทียู กรณีศึกษาโรงงานผลิตเครื่องปรับอากาศ"
(A STUDY OF FACTOR FOR COOLING AND POWER THE AIR CONDITIONER SPLIT TYPE 18,000 BTU : A CASE STUDY OF AIR CONDITIONER INDUSTRY)

ชื่อนักศึกษา นางสาวปิยะนุช ทองนาค
รหัสประจำตัว 56605073
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาสถิติประยุกต์)
ภาควิชา สถิติ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.วลัยลักษณ์ อัตธีรวงศ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.มนัส ไพฑูรย์เจริญลาภ ประธานกรรมการ ดร.กนกกรรณ์ ลี้โรจนาประภา อาจารย์บัณฑิตประจำ (ในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง) รศ.ดร.พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์ ผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอกสถาบันฯ รศ.ดร.วลัยลักษณ์ อัตธีรวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	

วัน/ เดือน/ ปี ที่สอบ 15 กันยายน พ.ศ. 2559 เวลา 10.00 – 12.00 น.
สถานที่สอบ ณ ห้อง 115 ตึกจุฬาภรณ์ 1

คณะวิทยาศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.ดุษณี ธนะบริพัฒน์)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
วันที่ ๒๕ **เดือน** ตุลาคม **พ.ศ.** ๕๙

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาหาปัจจัยที่มีผลต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนขนาด 18,000 บีทียู กรณีศึกษาโรงงานผลิตเครื่องปรับอากาศ
ชื่อนักศึกษา	นางสาวปิยะนุช ทองนาค
รหัสประจำตัว	56605073
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาสถิติประยุกต์)
ภาควิชา	สถิติ
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ. ดร. วลัยลักษณ์ อัตธีรวงศ์

บทคัดย่อ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศมีการขยายทางธุรกิจสูงขึ้นส่งผลให้คู่แข่งขันมากขึ้น และโรงงานผลิตเครื่องปรับอากาศจึงต้องมีการพัฒนาคุณภาพเครื่องปรับอากาศอยู่เสมอ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาหาปัจจัยที่มีผลต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนขนาด 18,000 บีทียู โดยใช้วิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับเพื่อนำไปวิเคราะห์ตามหลักทฤษฎีถดถอยพหุเพื่อหาปัจจัยร่วมที่มีผลต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ และใช้ฟังก์ชันความพึงพอใจเพื่อหาระดับของแต่ละปัจจัยที่เหมาะสมด้านความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่ได้จากการวิจัยคือคอมเพรสเซอร์รุ่นGJS196PAA ปริมาณสารทำความเย็น 750 กรัม และขนาดคอยล์เย็น P5 1R + P7 1R 744 มล.

คำสำคัญ : การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับ วิเคราะห์ถดถอยพหุ ฟังก์ชันความพึงพอใจ เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนขนาด 18,000 บีทียู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	A study of factor for cooling and power the air conditioner split type 18,000 btu. A case study of air condition industry.
Student Name	Miss Piyanoot Tongnark
Student ID	56605073
Degree	Master of Science in Applied Statistics
Department	Statistics
Year	2016
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Walailak Atthirawong

Abstract

The air conditioner industry has expanded business to be more competitive and the air conditioner factory is requested to always improve the quality of air conditioner. The purpose of this research is to study the cooling and power of the air condition split type 18,000 btu. by using two-level factorial experimental design to multiple regression theory analysis to find factors that affect cooling and power the air conditioner, and use desirability function to determine the desirability level of each appropriate factor of the cooling and power the air conditioner. Appropriate factor of the air conditioner is compressor type GJS196PAA, refrigerant is 750 g and evaporator is P5 1R + P7 1R 744 mm.

Keywords: Two-level factorial experimental design, Multiple regression analysis, Desirability function, Air conditioner split type 18,000 btu.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยบุคคลและการสนับสนุนจากหลายฝ่ายขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.วลัยลักษณ์ อัตธีรวงศ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.มนัส ไพฑูรย์เจริญลาภ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ดร.กนกกรรณ์ ลี้โรจนาประภา และ รศ.ดร.พงษ์ชนัน เหลืองไพบูลย์ ที่กรุณาให้ความรู้และคำแนะนำที่ดีในกระบวนการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ รวมทั้งกรุณาช่วยแก้ไขและตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณหัวหน้างานของข้าพเจ้าที่ให้การสนับสนุนในด้านการศึกษาและการทำวิทยานิพนธ์ รวมไปถึงบริษัทที่ข้าพเจ้าทำงานด้วยที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ข้อมูลอันจำเป็นสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้ายขอขอบคุณครอบครัวที่คอยให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในด้านการศึกษาหาวิชาความรู้ รวมไปถึงเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ที่คอยให้กำลังใจและห่วงใยเสมอมา

ปิยะนุช ทองนาค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญรูปภาพ ..... ช
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 3
1.4 เกณฑ์การตัดสินใจ 4
1.5 วิธีการดำเนินงานวิจัย 4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
1.7 นิยามศัพท์ 5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 หลักการทำความเย็น 6
2.2 หลักการเบื้องต้นเกี่ยวกับการออกแบบการทดลอง 7
2.3 การออกแบบการทดลองแฟคทอเรียลแบบสองระดับ 11
2.4 ทฤษฎีวิเคราะห์ถดถอยพหุ (Multiple Regression Analysis) 14
2.5 ฟังก์ชันความพึงพอใจ (Desirability Function) 16
2.6 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 18
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 22
3.1 ศึกษาสภาพการดำเนินงานของโรงงานกรณีศึกษา 24
3.2 ศึกษาผลงานวิจัยและทฤษฎีที่มีความเกี่ยวข้องกับงานวิจัยครั้งนี้ 24
3.3 รวบรวมข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้า 25
3.4 การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับ 26
3.5 วิเคราะห์ตามหลักทฤษฎีวิเคราะห์ถดถอยพหุ (Multiple Regression Analysis) 30
3.6 หาค่าความพึงพอใจ (Desirability Function) 30
3.7 ทดสอบประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศเพื่อฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์5 (EER) 31
3.8 สรุปผลจากการดำเนินงานวิจัย 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย 32
4.1 การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับ 32
4.2 วิเคราะห์หลักทฤษฎีวิเคราะห์ถดถอยพหุ (Multiple Regression Analysis) 33
4.3 หาค่าความพึงพอใจ (Desirability Function) 36
4.4 ทดสอบประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศเพื่อให้ได้รับการรับรองมาตรฐานประหยัดไฟฟ้า 37
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 39
5.1 สรุปผลการศึกษา 39
5.2 ข้อเสนอแนะ 40

เอกสารอ้างอิง 41
ภาคผนวก 43
ประวัติผู้เขียน 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนกรณี 3 ปัจจัย..... 13
3.1 การรวบรวมข้อมูลของปัจจัยที่มีผลต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้า..... 25
3.2 จำแนกระดับของปัจจัยที่มีผลต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ..... 27
3.3 กำหนดผลตอบสนองของงานวิจัยที่มีผลต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ... 28
3.4 ระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลองเบื้องต้น..... 28
3.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับ..... 30
4.1 การทดสอบความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ..... 32
4.2 ผลของการวิเคราะห์สมการถดถอยความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระที่มีผลต่อความเย็น..... 34
4.3 ผลของการวิเคราะห์สมการถดถอยความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระที่มีผลต่อกำลังไฟฟ้า.... 35
4.4 ปัจจัยที่เหมาะสมมาทำการทดสอบความเย็นและกำลังไฟฟ้า..... 38
5.1 ปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตามคือความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ..... 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนขนาด 18,000 บีทียู	2
1.2 แผนภูมิแท่งแสดงจำนวนเครื่องปรับอากาศจากข้อร้องเรียนของลูกค้าแต่ละสาเหตุ	3
2.1 หลักการทำงานความเย็นของเครื่องปรับอากาศ	7
2.2 แบบจำลองทั่วไปของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆในกระบวนการ	8
2.3 ลำดับขั้นตอนของการออกแบบแผนการทดลอง	10
2.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน	12
3.1 แผนผังแสดงลำดับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	23
3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อหาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย	27
4.1 สภาวะที่เหมาะสมจากการประมวลผล	36
4.2 สภาวะที่เหมาะสมจากการปรับค่าปัจจัยใหม่	37
5.1 สภาวะที่เหมาะสมของปัจจัยจากการหาค่าความพึงพอใจ	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สำหรับเครื่องปรับอากาศจัดว่าเป็นสินค้าที่มีความจำเป็นในประเทศที่อยู่เขตร้อน เนื่องจากเป็นสิ่งอำนวยความสะดวกเรื่องของการให้ความเย็นสบายภายในบ้านและด้วยสภาพภูมิอากาศของประเทศที่มีฤดูร้อนยาวนานกว่า จึงทำให้ผู้บริโภคหันมาสนใจเลือกซื้อเครื่องปรับอากาศที่ช่วยคลายร้อนภายในบ้านมากขึ้นและเนื่องด้วยเครื่องปรับอากาศเป็นสินค้าที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก จึงทำให้อุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศมีการเติบโตที่สูงและการแข่งขันกันมากขึ้น ผู้บริโภคจึงมีทางเลือกซื้อเครื่องปรับอากาศหลากหลายยี่ห้อ ด้วยเหตุนี้ทุกๆบริษัทต้องหันมาให้ความสำคัญของประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศและสร้างความพึงพอใให้กับลูกค้า เพื่อให้ลูกค้าสนใจและคิดจะเลือกซื้อสินค้าของโรงงานกรณีศึกษาและสิ่งสำคัญที่โรงงานผลิตเครื่องปรับอากาศต้องคำนึงมีดังต่อไปนี้

1) ขนาดบีทียู (BTU) ของเครื่องปรับอากาศให้เหมาะกับขนาดของห้องที่ผู้บริโภคจะเลือกใช้งาน BTU ย่อมาจาก British Thermal Units ซึ่งหมายถึงขนาดทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศที่มีหน่วยคือ 1 ตันความเย็นเท่ากับ 12,000 บีทียู เรียกว่าเป็นค่าที่แสดงประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศในการนำพาความร้อนออกจากห้องในเวลา 1 ชั่วโมง ผู้บริโภคควรเลือกขนาดบีทียูให้เหมาะสมกับขนาดของห้องเพราะถ้าหากเลือกที่ขนาดของเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่เกินไปก็จะทำให้คอมเพรสเซอร์ต้องตัดปอยเป็นการสิ้นเปลืองค่าไฟ ก็เช่นเดียวกับการเลือกเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดเล็กเกินไปก็จะทำให้คอมเพรสเซอร์ทำงานตลอดเวลาเพื่อรักษาระดับความเย็นให้คงที่ทำให้สิ้นเปลืองค่าไฟเช่นกัน

2) ฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 คือเพื่อทำให้ผู้บริโภคมั่นใจการเลือกเครื่องปรับอากาศที่ไม่กินไฟฟ้ามาก แต่ให้ความเย็นได้เท่ากัน ทั้งนี้หากเครื่องปรับอากาศที่ผู้บริโภคชอบมีขนาดบีทียูที่เท่ากันและมีฉลากเบอร์ 5 เหมือนกันผู้บริโภคควรเลือกเครื่องปรับอากาศที่มีค่า EER มากกว่า เพราะจะกินไฟน้อยกว่าโดยค่า EER คือ Energy Efficiency Ratio เป็นค่าที่บอกประสิทธิภาพด้านพลังงานซึ่งสามารถดูได้จากเอกสารแนะนำสินค้านั้นๆ

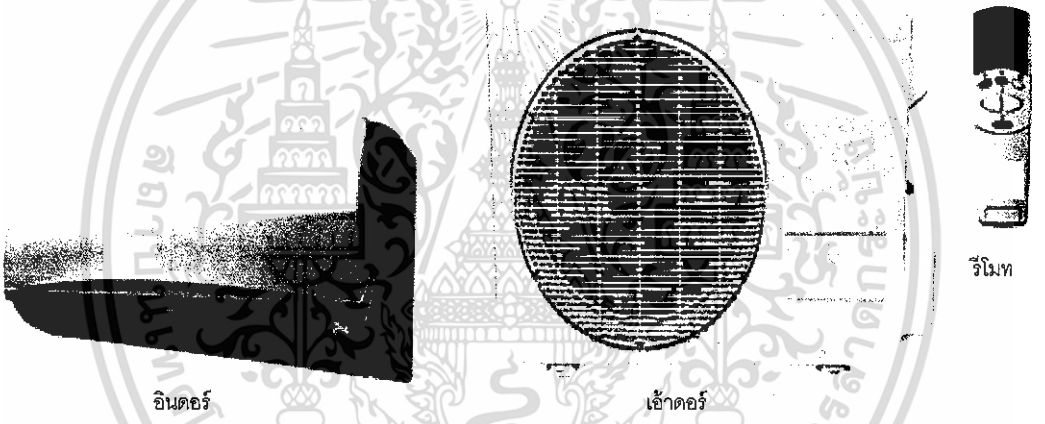
3) ด้านอายุการใช้งานการติดตั้งและบริการหลังการขาย ซึ่งเป็นการสร้างความน่าเชื่อถือให้กับโรงงานผลิตเครื่องปรับอากาศ ด้านการบริการติดตั้งโดยช่างผู้ชำนาญการและมีบริการหลังการขายที่ดีรวมทั้งการรับประกันต่างๆ ซึ่งเป็นส่วนที่มีความสำคัญอย่างมากเช่นกัน

เนื่องด้วยโรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตเครื่องปรับอากาศอยู่ในประเภทอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องปรับอากาศที่ผลิตคือเป็นเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนสำหรับใช้ภายในบ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนจะมีขนาดบีทียูตั้งแต่ 9,000-24,000 บีทียู แต่ละขนาดบีทียูที่ต่างกันนั่นก็มาจากการใช้งานแต่ละห้องไม่เท่ากัน เพื่ออำนวยความสะดวกสบายได้อย่างลงตัวตามขนาดห้องที่ต้องการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ดังรูปที่ 1.1 เป็นแบบที่ได้รับความนิยมมากที่สุด ตัวเครื่องแบ่งเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่อยู่ภายในห้องเรียกว่า แฟนคอยล์ยูนิตหรือเรียกว่าอินดอร์ ประกอบไปด้วยท่อรูเล็กหรือวาล์วระเหยสารทำความเย็น คอยล์เย็น พัดลมแบบหอยโข่งและแผ่นกรองอากาศและอีกส่วนหนึ่งจะติดตั้งภายนอกห้องเรียกว่า คอนเดนซิงยูนิตหรือเอ้าดอร์ ที่มีคอมเพรสเซอร์ ที่ทำหน้าที่ขับเคลื่อนสารทำความเย็นทำให้ภายในห้องมีอุณหภูมิสูงขึ้น เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนนี้จะเป็นที่นิยมเนื่องจากมีเสียงเงียบกว่าแต่จะยุ่งยากในการติดตั้งมากกว่าแบบติดหน้าต่าง เพราะต้องคำนึงถึงการเดินท่อระหว่างเครื่องที่แยกส่วนด้วยประหยัดไฟกว่า เพราะมีการทดสอบมาตรฐานประหยัดไฟเบอร์ 5



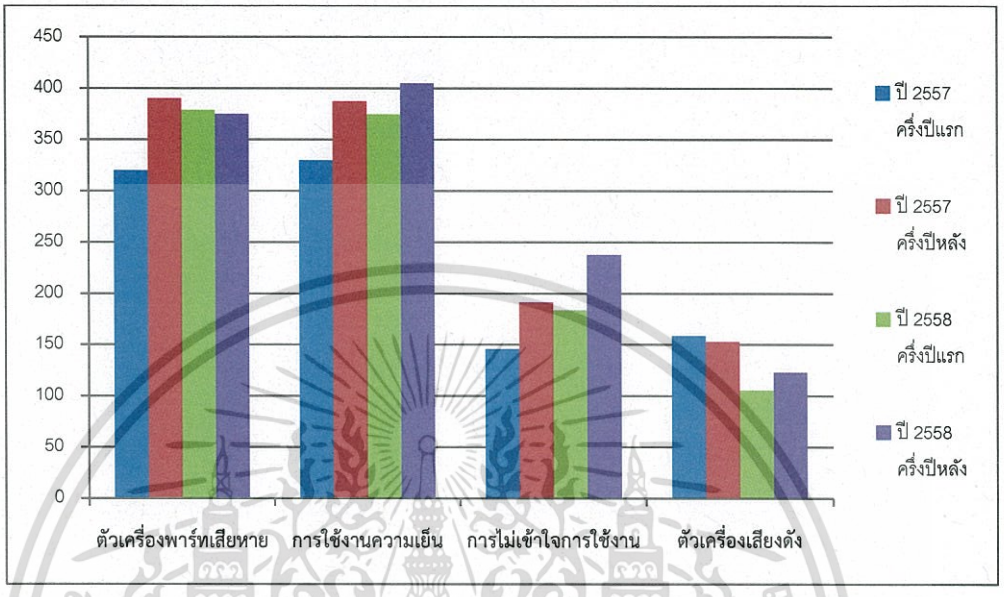
รูปที่ 1.1 เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนขนาด 18,000 บีทียู

ในการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศสิ่งที่โรงงานและผู้ที่เกี่ยวข้องจะต้องคำนึงถึงเป็นลำดับสำคัญคือทำอย่างไรให้เครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพการใช้งานเรื่องความเย็นสบายตามขีดความสามารถของขนาดบีทียูของเครื่องปรับอากาศที่กำหนดและจะต้องใช้งานแล้วประหยัดไฟฟ้าด้วย

จากข้อมูลการร้องเรียนของลูกค้าย้อนหลังตั้งแต่ปี 2557-2558 ของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งแสดงดังรูปที่ 1.2 พบว่าลูกค้ามีการร้องเรียนเกี่ยวกับปัญหาประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนขนาด 18,000 บีทียู ด้านประสิทธิภาพความเย็นอย่างต่อเนื่อง จากแผนกด้านคุณภาพของโรงงานกรณีศึกษารับคำร้องเรียนจากลูกค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 1.2 พบว่าเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนที่มีปัญหาเรื่องความเย็นมีจำนวนสูงสุด ซึ่งจากข้อมูลการร้องเรียนของลูกค้าที่มีมาอย่างต่อเนื่องในเรื่องของประสิทธิภาพการใช้เครื่องปรับอากาศ ทำให้ผู้วิจัยกับทางโรงงานกรณีศึกษามีความประสงค์จะปรับปรุงและพัฒนาความเย็นและประหยัดไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ



รูปที่ 1.2 แผนภูมิแท่งแสดงจำนวนเครื่องปรับอากาศจากข้อร้องเรียนของลูกค้าแต่ละสาเหตุ

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาปัจจัยและระดับของแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ทำการศึกษาเฉพาะโรงงานผลิตเครื่องปรับอากาศที่เป็นกรณีศึกษาเท่านั้น

2. ทำการศึกษาเฉพาะเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนขนาด 18,000 บีทียู

3. ใช้คอมเพรสเซอร์ 2 รุ่นคือ GJS208PAA และ GJS196PAA เท่านั้น เนื่องจากเป็นคอมเพรสเซอร์ที่ใช้ทำความเย็นให้สำหรับเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนขนาด 18,000 บีทียู

4. ใช้ปริมาณสารทำความเย็นที่ 750 กรัม และ 800 กรัมเท่านั้น เนื่องจากเป็นตัวสารที่ทางโรงงานระบุให้ใช้กับเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนขนาด 18,000 บีทียู

5. ขนาดคอยล์เย็นที่ขนาด P5 2R +P7 1R 744mm. และ P5 1R +P7 1R 744mm. เนื่องจากเป็นขนาดเฉพาะที่ทางโรงงานเลือกใช้กับเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนขนาด 18,000 บีทียู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 เกณฑ์การตัดสินใจ

ในงานวิจัยนี้จะทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลชนิดสองระดับเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนขนาด 18,000 บีทียู โดยทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับ จากนั้นนำไปวิเคราะห์ตามหลักทฤษฎีวิเคราะห์ถดถอยพหุ (Multiple Regression Analysis) เพื่อหาปัจจัยร่วมที่มีอิทธิพลร่วมกันของตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตามคือความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศและหาค่าความพึงพอใจ (Desirability Function) เพื่อให้ได้ระดับปัจจัยที่เหมาะสมของความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

1.5 วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาสภาพของโรงงาน
2. ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
3. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลปัจจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับตัวแปรตาม
4. ออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับ
5. วิเคราะห์ตามหลักทฤษฎีวิเคราะห์ถดถอยพหุ (Multiple Regression Analysis)
6. หาค่าความพึงพอใจจากฟังก์ชันความพึงพอใจ (Desirability Function)
7. นำไปทดสอบประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศเพื่อให้ได้ฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 (EER)
8. สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้แนวทางการปรับปรุงการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนขนาด 18,000 บีทียู

2. ทำให้ได้ระดับของปัจจัยที่เหมาะสมให้กับทางโรงงานเพื่อนำไปใช้ทดสอบความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในการผลิตเครื่องปรับอากาศครั้งต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 นิยามศัพท์

บีทียู (BTU) คือ British Thermal Units หมายถึง ขนาดทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศที่มีหน่วยคือ 1 ตันความเย็นเท่ากับ 12,000 บีทียู เรียกว่าเป็นค่าที่แสดงประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

ค่า EER คือ Energy Efficiency Ratio เป็นค่าที่บอกประสิทธิภาพด้านพลังงานของการใช้พลังงานไฟฟ้า หากสินค้าที่ได้รับการยอมรับว่ามีประสิทธิภาพด้านพลังงานจะมีฉลากเบอร์ 5 กำกับเพื่อเป็นการบ่งบอกถึงว่าเครื่องปรับอากาศนี้มีประสิทธิภาพด้านการประหยัดไฟฟ้า ซึ่งค่า EER นี้จะได้ก็ต่อเมื่อมีการทดสอบจากทางหน่วยงาน กฟผ. ที่ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศด้านพลังงานแล้วนั้น

เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนคือเป็นเครื่องปรับอากาศที่มี 2 ส่วนคืออินดอร์ (Indoor) จะเป็นส่วนที่ติดกับฝาผนังภายในบ้านที่เป็นตัวปล่อยความเย็นทำให้พื้นที่ภายในบ้านเย็นสบายกับส่วนที่ 2 คือเอ้าดอร์ (Outdoor) จะติดตั้งนอกบ้านคือจะเป็นส่วนนำพาความเย็นเข้าสู่บ้าน

คอมเพรสเซอร์คือหัวใจของระบบเครื่องปรับอากาศทำหน้าที่อัดสารทำความเย็นหรือที่เรียกว่าน้ำยาแอร์ในสถานะที่เป็นไอส่งไปตามท่อน้ำยาแอร์ที่เป็นท่อทองแดงไปยังเครื่องควบแน่นที่ทำหน้าที่ควบแน่นสารทำความเย็นที่มีแรงดันสูงและอยู่สถานะเป็นไอหรือก๊าซโดยการระบายความร้อนออกจากน้ำยาแอร์ด้วยพัดลมระบายอากาศที่เรามองเห็นได้จากตัวเครื่องภายนอกอาคาร

ปริมาณสารทำความเย็นหรือเรียกทั่วไปว่าน้ำยาแอร์ซึ่งใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนที่อยู่ตามบ้าน เป็นสารจำพวก CFCs (Chloro Fluoro Carbons) ซึ่งมีคุณสมบัติไม่มีพิษ ไม่มีกลิ่นและความถ่วงจำเพาะของสารในสถานะก๊าซจะหนักกว่าอากาศโดยที่สารเหล่านี้จะมีจุดเดือดที่ต่ำกว่าสารทั่วไปจึงถูกนำมาใช้ในการทำความเย็น โดยที่สารทำความเย็นที่มีจุดเดือดต่ำจะถูกใช้ในการทำความเย็นที่อุณหภูมิต่ำและสารทำความเย็นที่มีจุดเดือดสูงจะถูกใช้ทำความเย็นที่อุณหภูมิสูง ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน สำหรับชนิดบ้านที่นิยมใช้กันมากที่สุดสำหรับเครื่องปรับอากาศบ้านคือ R-22 (Freon-22) โดยมีจุดเดือดอยู่ที่ -28 องศาฟาเรนไฮน์

ขนาดคอยล์เย็นหรือ Evaporator คือส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งในตัวอาคารที่เราสามารถมองเห็นได้ คอยล์เย็นแบบขยายตัวโดยตรงทำหน้าที่ของคอยล์เย็นคือทำให้น้ำยาแอร์เดือดภายในท่อและทำให้ของไหลที่ผ่านด้านนอกท่อเย็นตัวลง ซึ่งภายในคอยล์เย็นจะมีท่อที่ติดตั้งครีบระบายความร้อนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการทำความเย็น

ชูชาติ อารีจิรานุสรณ์ (ม.ป.ป.) ได้กล่าวถึงการทำความเย็นคือเป็นการทำให้ความร้อนที่มีอยู่ถูกถ่ายเทออกไปซึ่งเป็นผลให้เกิดความเย็นขึ้นมาแทนที่ หลักการคร่าวๆของเครื่องทำความเย็นโดยเริ่มจากเครื่องอัด (Compressor) จะทำหน้าที่อัดแก๊สของสารทำความเย็น (Refrigerant) ทำให้เป็นของเหลวในคอนเดนเซอร์ (Condenser) หรือคอยล์ร้อนและส่งผ่านหลอดรูเล็ก (Capillary Tube) ไปยังท่อที่โตกว่าในเครื่องระเหย (Evaporator) หรือคอยล์เย็น ทำให้ความดันของของเหลวลดลงจนเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ ซึ่งความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (Latent Heat of Vaporization) ของสารทำความเย็นได้รับมาจากวัตถุต่างๆที่อยู่ใกล้เครื่องระเหย โดยวิธีการนำความร้อนเป็นการนำพาความร้อนหรือการแผ่รังสีความร้อน หลังจากนั้นแก๊สความดันต่ำของสารทำความเย็นจะถูกดูดโดยเครื่องอัดและอัดออกไปยังเครื่องควบแน่นเพื่อให้ความร้อนที่ได้รับมาถูกถ่ายเทออกไป หลังจากนั้นสารทำความเย็นจะเข้าไปรับความร้อนที่เครื่องระเหยใหม่อีกครั้งเป็นวัฏจักร

หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศจะประกอบไปด้วย (http://www.108air.com) มี 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) คอมเพรสเซอร์หรือเครื่องอัด (Compressor) มีหน้าที่ดูดไอด้วยแรงดันต่ำ ซึ่งเกิดจากการระเหยภายในคอยล์เย็นทำการอัดไอด้วยแรงดันสูงที่อุณหภูมิสูงขึ้นเพื่อส่งไประบายความร้อนต่อไป

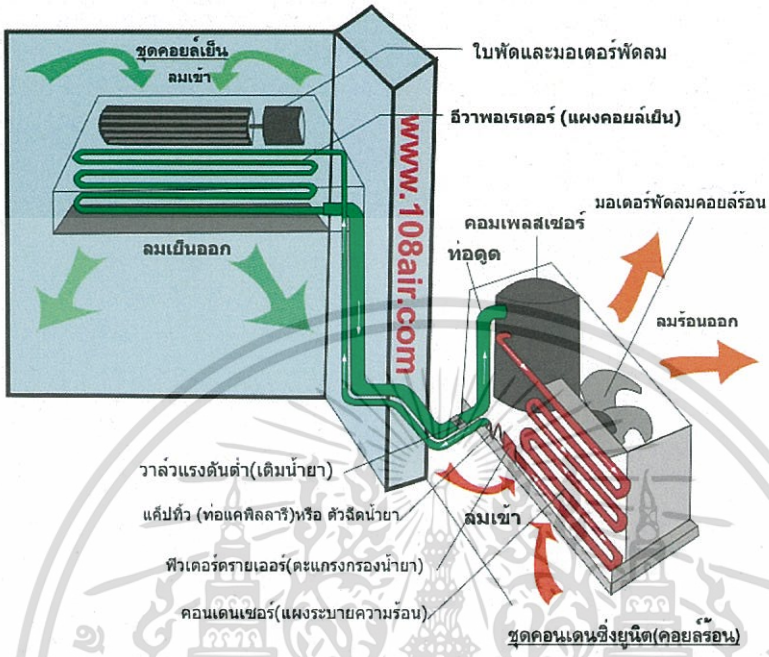
2) คอยล์เย็น (Evaporator) คือเครื่องระเหย ทำหน้าที่ดูดความร้อนจากภายในห้อง โดยมีมอเตอร์พัดลมเป็นตัวดูดเข้ามาผ่านช่องที่เรียกว่า Retum Air ซึ่งมี Fillter เป็นตัวกรองฝุ่นให้ก่อนแล้วความร้อนที่ถูกดูดเข้ามานั้นจะมาสัมผัสกับคอยล์เย็นซึ่งจะมีน้ำยาแอร์หรือของเหลว ซึ่งอุณหภูมิติดลบจะวิ่งอยู่ในท่อจะเกิดการระเหยเป็นไอที่แรงดันต่ำ

3) คอยล์ร้อน (Condenser) หรือเครื่องควบแน่นทำหน้าที่รับไอร้อนที่ถูกคอมเพรสเซอร์อัดจนร้อนและมีอุณหภูมิสูงเข้ามาในแผงพื้นที่ของมัน จากไอที่มีอุณหภูมิสูงเมื่อมาเจอกับอากาศภายในห้องซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าความร้อนจึงถูกถ่ายเทออกไป โดยไอร้อนนั้นจะควบแน่นกลายเป็นของเหลว (แรงดันสูง – อุณหภูมิสูง) แต่มีมอเตอร์พัดลมเป็นตัวช่วยระบายความร้อนออกไปให้เร็วขึ้น เมื่อเป็นของเหลวแล้วก็สามารถกลับมารับความร้อนภายในห้องได้อีก แต่ของเหลวนั้นยังมีอุณหภูมิสูงอยู่จึงต้องทำให้อุณหภูมินั้นลดลงก่อน

4) ท่อลดแรงดัน (Capillary Tube) มีลักษณะรูเล็กมาก ทำหน้าที่ลดแรงดันของน้ำยาแอร์ (ของเหลว) จากที่ถูกระบายความร้อนแล้วยังมีอุณหภูมิสูง แรงดันสูง เมื่อมาเจอท่อลดแรงดันทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเหลวนั้นผ่านได้น้อย ทำให้ของเหลวนั้นมีอุณหภูมิลดลงและแรงดันก็ลดลง น้ำยาแอร์ (ของเหลว) ไหลมาพอดีเหมาะสมกับพื้นที่ของคอยล์เย็นเพื่อที่จะมารับความร้อนในห้องอีกครั้งเป็นวัฏจักรต่อไป ดังรูปที่ 2.1 แสดงถึงหลักการทำงานความเย็นของเครื่องปรับอากาศโดยทั่วไป



รูปที่ 2.1 หลักการทำงานความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

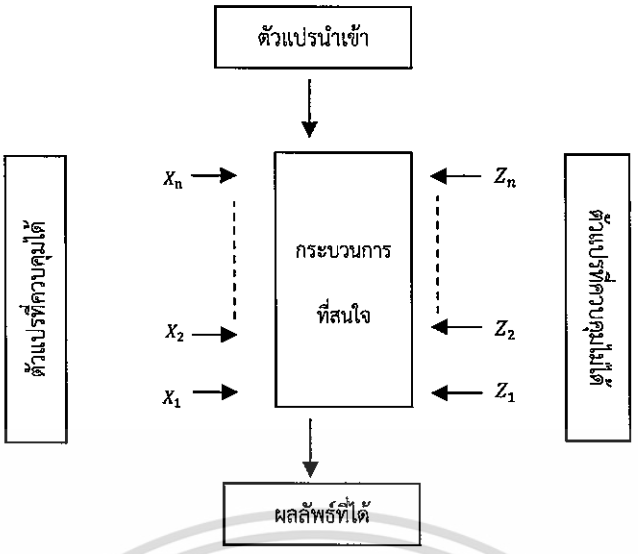
ที่มา : บริษัท 108 แอร์ดอทคอม (http://www.108air.com)

2.2 หลักการเบื้องต้นเกี่ยวกับการออกแบบการทดลอง

2.2.1 หลักการออกแบบการทดลอง

พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์ และประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา (2551) ได้กล่าวว่า การออกแบบแผนการทดลอง (Experimental Design or Design of Experiments) คือการทดสอบเพียงครั้งเดียวหรือต่อเนื่อง โดยทำการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรนำเข้า (Input Variable) ในระบบหรือกระบวนการที่สนใจศึกษา เพื่อที่จะทำให้สามารถสังเกตและชี้ถึงสาเหตุต่างๆที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์ที่ได้ (Outputs or Responses) จากกระบวนการหรือระบบนั้น โดยตัวแปรนำเข้าจะถูกจัดแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือกลุ่มที่ควบคุมได้เรียกว่า “ตัวแปรหรือปัจจัยที่ควบคุมได้” (Controllable Variables or Factors) ที่สามารถออกแบบได้และกลุ่มที่ไม่สามารถควบคุมได้เรียกว่า “ตัวแปรหรือปัจจัยที่รบกวนระบบ (Uncontrollable or Noise Variables Factors) ดังรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แบบจำลองทั่วไปของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆในกระบวนการ

ที่มา : ปรับปรุงจาก พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์ และประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา (2551)

2.2.2 ปัจจัยในการผลิต แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

1) ปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable Factors) คือปัจจัยที่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได้ในกระบวนการ ซึ่งเป็นผลดีต่อการทดลองเพราะโดยส่วนใหญ่ผู้ทำการทดลองต้องการกำหนดค่าต่างๆ ที่คิดว่ามีผลต่อค่าตอบสนองที่สนใจ

2) ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrollable Factors) ปัจจัยที่ไม่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได้ในกระบวนการ อันเนื่องมาจากสภาพภูมิอากาศหรืออาจจะเป็นด้านต้นทุนค่าใช้จ่ายในการควบคุมสูงมาก เป็นต้น ซึ่งอาจจะเป็นปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการอย่างมาก ผู้วิจัยจึงควรพยายามจำกัดปัจจัยลักษณะนี้เพื่อเปลี่ยนเป็นปัจจัยที่ควบคุมได้จึงจะเป็นประโยชน์ต่อการทดลอง

2.2.3 วัตถุประสงค์ของการออกแบบการทดลอง

หาตัวแปรที่มีผลต่อค่าตอบสนอง Y มากที่สุด โดยการกำหนดค่า X ที่ทำให้ค่า Y ใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการมากที่สุดหรือกำหนดค่า X เพื่อทำให้ค่า Y มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด

2.2.4 หลักในการทดลอง

การออกแบบการทดลองเป็นกระบวนการวางแผนของการทดลอง ซึ่งข้อมูลในการทดลองนั้นจะถูกวิเคราะห์ด้วยวิธีทางสถิติจนทำให้ได้ข้อสรุปของวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยหลักการในการออกแบบการทดลอง มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) การทดลองซ้ำ (Replication) คือการทดลองซ้ำในแต่ละข้อมูลเพื่อกำจัดผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ออกไปการทดลองซ้ำมีความสำคัญ 2 ประการคือเพื่อการประมาณค่าความผิดพลาดของการทดลองและเพื่อการประมาณค่าเฉลี่ยนั้นให้มีความแม่นยำมากขึ้น

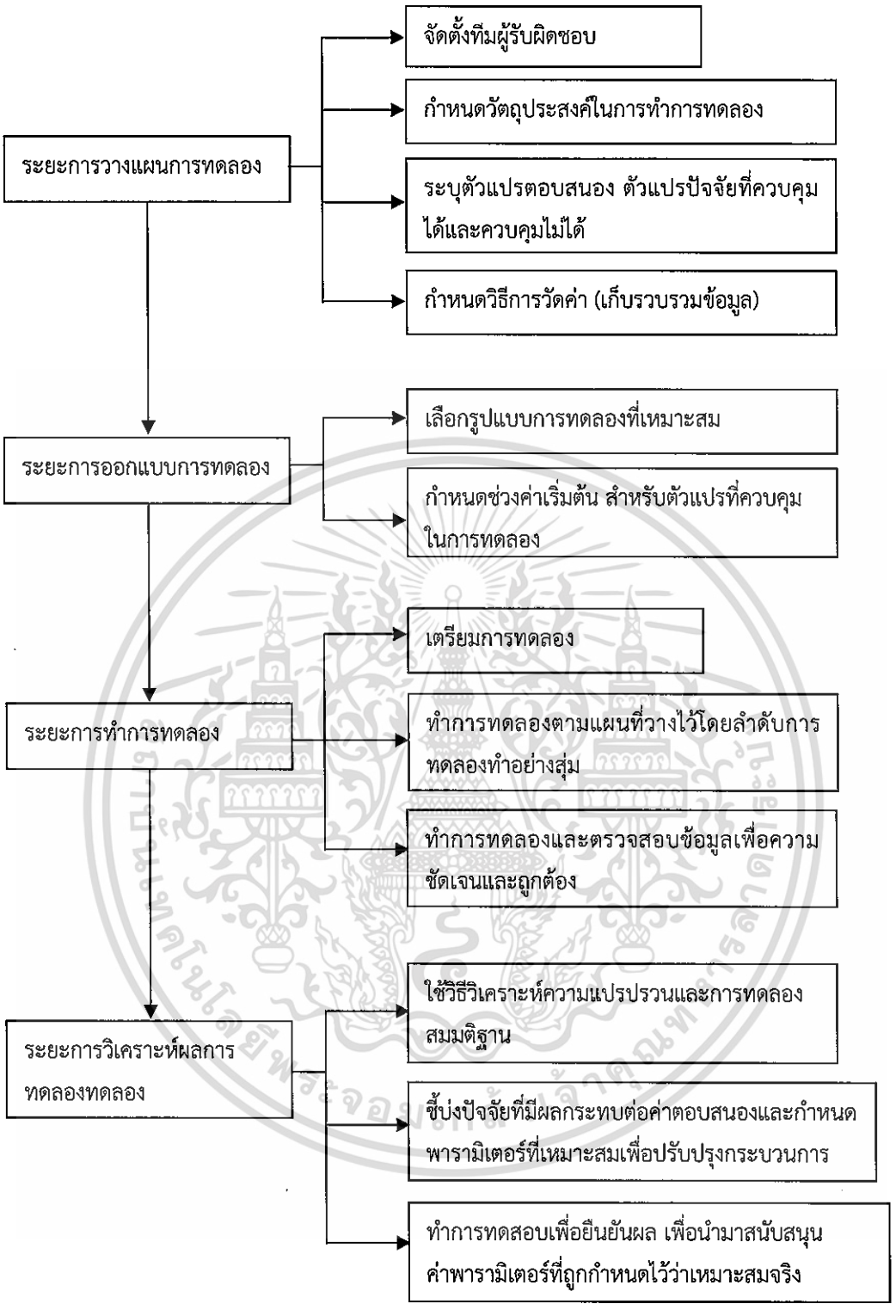
2) การทดลองแบบสุ่ม (Randomization) คือการให้โอกาสในการเก็บข้อมูลของข้อมูลแต่ละตัวให้เท่ากันเพื่อกระจายผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ให้กับข้อมูลทุกระดับในการทดลอง

3) การบล็อก (Blocking) คือการจัดกลุ่มทำการเก็บข้อมูลเป็นช่วงเพื่อลดผลจากปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ทำให้การทดลองนั้นมีความเที่ยงตรงมากขึ้น การบล็อกส่วนใหญ่เกิดขึ้นกับวัสดุที่ใช้ในการทดลองนั้นไม่มีความสม่ำเสมอ จึงจำเป็นต้องแยกเอาผลของวัสดุที่แตกต่างกันออกไปจะสนใจผลการทดลองที่เกิดขึ้นในแต่ละบล็อกเท่านั้น

2.2.5 การออกแบบการทดลอง

การออกแบบแผนการทดลองมีความสำคัญในการประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการผลิตและลดการเปลี่ยนแปลงในระบบ ทำให้ผลลัพธ์ใกล้และตรงเป้าหมายมากขึ้น แนวทางในการพัฒนาที่แน่นอนทำให้ช่วยลดเวลาในการพัฒนากระบวนการหรือระบบอื่นๆและทำให้ค่าใช้จ่ายและเวลาโดยรวมในการพัฒนาต่ำลง ระยะการออกแบบแผนการทดลองสามารถแบ่งได้เป็น 4 ช่วงระยะและในแต่ละช่วงระยะจะมีกิจกรรมดังรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ลำดับขั้นตอนของการออกแบบแผนการทดลอง

ที่มา : ปรับปรุงจาก พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์ และประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา (2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การออกแบบการทดลองแฟคทอเรียลแบบสองระดับ

พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์ และประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา (2551) ได้กล่าวไว้ว่า การทดลองแฟคทอเรียลคือการทดลองที่นิยมใช้กันอย่างมากในการออกแบบการทดลอง เนื่องจากสามารถศึกษาปัจจัยได้หลายปัจจัยพร้อมกัน โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือศึกษาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยหรือที่เรียกว่า “อันตรกิริยา” (Interactions) เช่น กรณีศึกษา 3 ปัจจัย คือปัจจัย a, b และ c ผลกระทบที่เกิดขึ้นสามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภทคือ

1. ผลกระทบหลักหรือผลกระทบปัจจัยเดี่ยว (Main Effects) คือผลกระทบกรณีที่สนใจพิจารณาปัจจัยเดี่ยว ได้แก่ ผลกระทบของปัจจัย a ผลกระทบของปัจจัย b และผลกระทบของปัจจัย c

2. ผลกระทบร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย (Two-Factors or 2-Way Interactions) คือผลกระทบที่เกิดจากการพิจารณาปัจจัยพร้อมกันเป็นคู่ (ครั้งละ 2 ปัจจัย) ได้แก่ ผลกระทบของปัจจัยร่วม (อันตรกิริยา) ab, bc และ ac

3. ผลกระทบร่วม 3 ปัจจัย (Three-Factors or 3-Way Interactions) คือผลกระทบที่เกิดจากการพิจารณาปัจจัยสามปัจจัยพร้อมกัน ในที่นี้ได้แก่ ผลกระทบร่วม abc

2.3.1 การทดลองแฟคทอเรียล

การทดลองแฟคทอเรียล แบ่งออกได้เป็นสองกรณีหลัก คือการทดลองแฟคทอเรียลเต็มรูป (Full Factorial Experiment) และการทดลองแฟคทอเรียลบางส่วน (Fractional Factorial Experiment) จำนวนการทดลอง (Runs: N) แปรผันตามผลคูณของจำนวนระดับปัจจัยทุกปัจจัยหรือเท่ากับผลคูณของระดับปัจจัยทุกปัจจัยคูณกับจำนวนครั้งที่ทำซ้ำ (N = จำนวนวิธีปฏิบัติทั้งหมดที่เป็นไปได้ คูณจำนวนครั้งที่ทำการทดลองซ้ำ) ถ้าทำการศึกษา 10 ปัจจัย แต่ละปัจจัยที่ 2 ระดับ จำนวนการทดลอง (ไม่ทำการทดลองซ้ำ) = 2^{10} = 1,024 การทดลอง โดยทั่วไปจึงนิยมศึกษาปัจจัยเพียงที่ 2 ระดับและ 3 ระดับเท่านั้นและเรียกแผนการทดลองว่า 2^k และ 3^k การทดลองแฟคทอเรียลเต็มรูปการทดลอง 2^{k-p} และ 3^{k-p} การทดลองแฟคทอเรียลบางส่วนตามลำดับ

ซึ่งวัตถุประสงค์หลักของการใช้การทดลองแฟคทอเรียลนั้นคือการสำรวจศึกษาผลกระทบร่วม (อันตรกิริยา) ระหว่างปัจจัย

ข้อดีของการทดลองเชิงแฟคทอเรียล (Factorial Experiment) มี 3 ประการคือ

1. ผู้ทดลองสามารถศึกษาผลกระทบปัจจัยหลัก (Main Effect) และผลกระทบร่วมของปัจจัยหรืออันตรกิริยาระหว่างปัจจัยได้พร้อมกันในการทดลอง ซึ่งแตกต่างจากการออกแบบการทดลองแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุ่มสมบูรณ์ในแต่ละกลุ่ม (Complete Randomized Block Design: RBD) ซึ่งทำการวิเคราะห์สองปัจจัยแต่ไม่สามารถพิจารณาผลกระทบร่วมกันได้

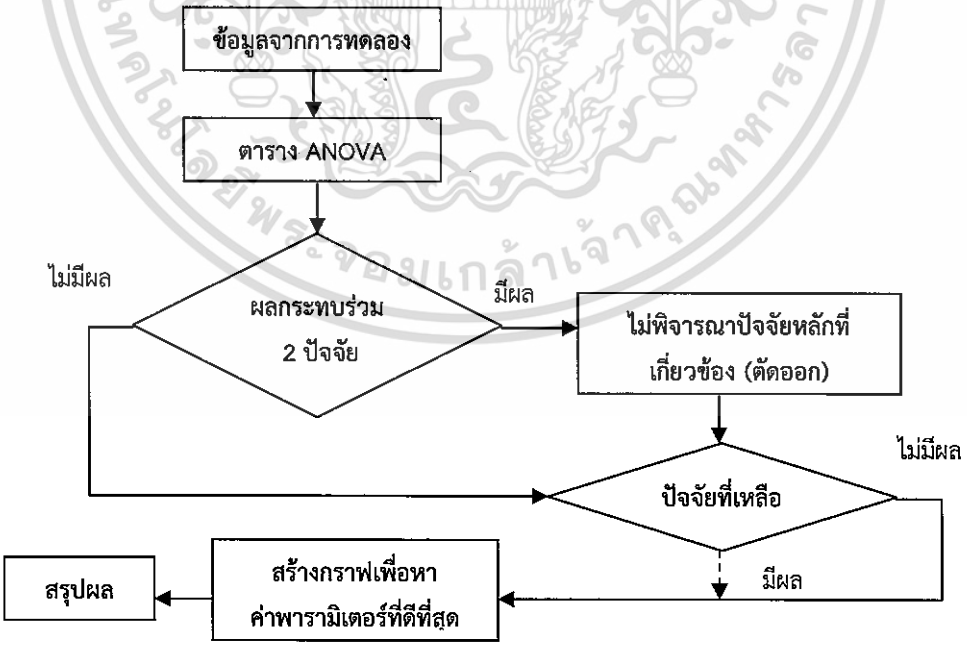
2. กรณีที่ไม่พบผลกระทบร่วม (อันตรกิริยา) ผู้ทดลองสามารถใช้ผลยืนยันได้ว่าในการทดลองมีแต่ปัจจัยหลักหรือผลกระทบหลักเท่านั้นที่มีผล เมื่อทดลองครั้งต่อไปจะสามารถลดจำนวนการทดลองลงโดยใช้วิธีการเปลี่ยนค่าปัจจัยครั้งละ 1 ปัจจัย (One-Factor at a Time) ได้

3. กรณีที่พบผลกระทบร่วม (Interactions) ก็จะทำให้ผู้ทดลองสามารถทราบถึงรูปแบบและอิทธิพลของผลกระทบนั้นเพื่อจะได้แนวทางในการควบคุมให้ได้จุดที่เหมาะสม

2.3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความแปรปรวน

1. ในการวิเคราะห์ผลด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) กรณีการทดลองแฟคทอเรียลเต็มรูป (2^k , 3^k หรืออื่นๆ) นั้น จะทำการพิจารณาอันตรกิริยา (ผลกระทบร่วม) ก่อนเสมอ ซึ่งในกรณีที่ทำการวิเคราะห์มากกว่า 2 ปัจจัยและถ้าผลกระทบร่วมมีนัยสำคัญ (p-value < α) จะไม่ทำการพิจารณาปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้องกับเทอมผลกระทบร่วม (ปัจจัยร่วม) นั้น โดยสามารถอธิบายขั้นตอนการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ ดังรูปที่ 2.4 และสามารถทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้กรณี 3 ปัจจัย ดังตารางที่ 2.1

2. การทดลองแฟคทอเรียลเต็มรูป (Full Factorial) จะทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี ANOVA ได้ก็ต่อเมื่อมีการทำการทดลองซ้ำเท่านั้น (Replicate (n) > 1)



รูปที่ 2.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน
ที่มา : พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์ และประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา (2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนกรณี 3 ปัจจัย

แหล่งที่มา (Source)	องศาเสรี (df)	ผลบวกกำลังสอง (SS)	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง (MS)	ค่าสถิติ F
a	a – 1	SS_a	MS_a	$F_a=\frac{MS_a}{MSE}$
b	b – 1	SS_b	MS_b	$F_b=\frac{MS_b}{MSE}$
c	c – 1	SS_c	MS_c	$F_c=\frac{MS_c}{MSE}$
ab	(a-1)(b-1)	SS_{ab}	MS_{ab}	$F_{ab}=\frac{MS_{ab}}{MSE}$
ac	(a-1)(c-1)	SS_{ac}	MS_{ac}	$F_{ac}=\frac{MS_{ac}}{MSE}$
bc	(b-1)(v-1)	SS_{bc}	MS_{bc}	$F_{bc}=\frac{MS_{bc}}{MSE}$
abc	(a-1)(b-1)(c-1)	SS_{abc}	MS_{abc}	$F_{abc}=\frac{MS_{abc}}{MSE}$
ค่าผิดพลาด	abc(n-1)	SS_E	MS_{abc}	
ทั้งหมดที่ปรับแล้ว	abcn – 1	SST	MS_E	

ที่มา : พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์ และประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา (2551)

โดยที่

$$SS_T = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{c}\sum_{l=1}^{n} y_{ijkl}^2 - \frac{y^2_{...}}{abcn}$$

$$SS_a = \sum_{i=1}^{a}\frac{y_{i...}^2}{bcn} - \frac{y^2_{...}}{abcn}$$

$$SS_b = \sum_{j=1}^{b}\frac{y^2_{j...}}{abcn} - \frac{y^2_{...}}{abcn}$$

$$SS_c = \sum_{k=1}^{c}\frac{y_{k...}^2}{abcn} - \frac{y^2}{abcn}$$

$$SS_{ab} = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\frac{y^2_{ij.}}{cn} - \frac{y^2_{...}}{abcn} - SS_a - SS_b$$

$$SS_{ac} = \sum_{i=1}^{a}\sum_{k=1}^{c}\frac{y_{i.k}^2}{bn} - \frac{y^2_{...}}{abcn} - SS_a - SS_c$$

$$SS_{bc} = \sum_{j=1}^{b}\sum_{j=1}^{c}\frac{y_{.jk}^2}{an} - \frac{y^2_{...}}{abcn} - SS_b - SS_c$$

$$SS_{abc} = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{c}\frac{y_{ijk.}^2}{an} - \frac{y^2_{...}}{abcn} - SS_a - SS_b - SS_c - SS_{ac} - SS_{bc} - SS_{ab}$$

$$SS_E = SS_T - SS_{subtotals(abc)}$$

โดยที่ $SS_{subtotals(abc)} = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{c}\frac{y_{ijk.}^2}{n} - \frac{y^2_{...}}{abcn}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ทฤษฎีวิเคราะห์ถดถอยพหุ (Multiple Regression Analysis)

ทรงศิริ แต้สมบัติ (2548) ได้กล่าวไว้ว่า รูปแบบการวิเคราะห์ถดถอยพหุหรือรูปแบบการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุคือ เป็นในส่วนของปัจจัยที่มีผลต่อความผันแปรของตัวแปรตามอาจจะมีมากกว่าหนึ่งปัจจัย กรณีที่มีตัวแปรที่เกี่ยวข้องหลายตัวแปรการวิเคราะห์การถดถอยจะกำหนดตัวแปรหนึ่งที่สนใจศึกษาความผันแปรเป็นตัวแปรตาม ส่วนตัวแปรที่เหลือแทนปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรที่สนใจศึกษาเป็นตัวแปรอิสระ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระจะทำตามรูปแบบการถดถอยที่กำหนดขึ้น ตัวอย่างเช่น กรณีมีตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร ได้แก่ X_1 X_2 X_3 รูปแบบการถดถอยเชิงเส้นตรงคือ

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$$

เรียกรูปแบบนี้ว่ารูปแบบการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ (Multiple Linear Regression Model) และเรียก β_j ว่าค่าสัมประสิทธิการถดถอยบางส่วน (Partial Refression Coefficient) เนื่องจาก β_j เป็นค่าที่อธิบายว่าเมื่อ X_i มีค่าเพิ่มขึ้นหนึ่งหน่วย Y มีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ β_j หน่วย เมื่อค่าของตัวแปรอิสระอื่นคงที่ โดยทั่วไปจะเรียกค่าสัมประสิทธิการถดถอยแทนค่าสัมประสิทธิการถดถอยบางส่วน

ข้อสมมติของรูปแบบที่เกี่ยวกับความคลาดเคลื่อนที่ i จะไม่ต่างจากข้อสมมติของรูปแบบการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบง่าย กล่าวคือ ε_i มีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ย 0 และค่าความแปรปรวน σ^2 ε_i และ ε_j สำหรับ $i \neq j$ มีการแจกแจงที่เป็นอิสระกันทำให้ COV(ε_i, ε_j) = 0 สำหรับ $i \neq j$ นั่นคือ $\varepsilon_i \sim$ Nid(0, σ^2) จากข้อสมมติของความคลาดเคลื่อน ε_i สรุปได้ว่าลักษณะการแจกแจงของ Y เมื่อ $X_1 = X_{1i}$, $X_2 = X_{2i}$ และ $X_3 = X_{3i}$ เป็นแบบปกติที่เป็นอิสระกันมีค่าเฉลี่ย $\beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i}$ และความแปรปรวนคงที่เท่ากับ σ^2 นั่นคือ $Y_i \sim$ Nid($\beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i}$, σ^2) ข้อสมมติอื่นนอกเหนือจากข้อสมมติเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อน ε_i ได้แก่ รูปแบบการถดถอยเขียนได้เป็นฟังก์ชันเส้นตรงของพารามิเตอร์ (β_j) และตัวแปรอิสระในรูปแบบเป็นอิสระกัน สำหรับตัวแปรอิสระ k ตัวแปรรูปแบบการถดถอยเชิงเส้นตรงและข้อสมมติของรูปแบบจะเป็นในทำนองเดียวกันกับกรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร

การวิเคราะห์การถดถอยกรณีที่ตัวแปรอิสระมากกว่าหนึ่งตัวแปรมีความซับซ้อนกว่ากรณีหนึ่งตัวแปรอิสระทั้งในการประมาณแบบจุด การประมาณแบบช่วงและการทดสอบสมมติฐาน ดังนั้นการวิเคราะห์การถดถอยกรณีตัวแปรอิสระมากกว่าหนึ่งตัวแปรจึงทำกับรูปแบบการถดถอยเชิงเส้นตรงในเทอมเมตริกซ์ทำนองเดียวกับการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบง่ายที่ได้กล่าวมา รูปแบบการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบง่ายเป็นกรณีหนึ่งของรูปแบบการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุที่มี k = 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดรูปแบบการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุกรณี k ตัวแปรอิสระแบบเมตริกซ์เป็น $Y = X\beta + \varepsilon$ เมื่อ Y เป็นเวคเตอร์แถวตั้งของค่าสังเกตขนาด n ที่มีสมาชิกที่ i เป็น Y_i , β เป็นเวคเตอร์แถวตั้งของพารามิเตอร์ขนาด $k+1$ ที่มีสมาชิกที่ j เป็น β_j, ε เป็นเวคเตอร์แถวตั้งของความคลาดเคลื่อนขนาด n ที่มีสมาชิกที่ i เป็น ε_i และ X เป็นเมตริกซ์ขนาด $nx(k+1)$ ที่มี X_{ji} เป็นค่าสังเกตที่ i ของตัวแปรอิสระ X_i สำหรับ $i = 1, \dots, n$ และ $j = 1, \dots, k$ โดย

$$Y = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix}, X = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & .. & X_{k1} \\ \vdots & .. & .. & .. \\ \vdots & .. & .. & .. \\ 1 & X_{1n} & .. & X_{kn} \end{bmatrix}, \beta = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix} \text{ และ } \varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_3 \end{bmatrix}$$

ข้อสมมติของรูปแบบการถดถอยที่เกี่ยวกับเวคเตอร์ของความคลาดเคลื่อน ε ได้แก่ $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I)$ นั่นคือ ε มีการแจกแจงแบบปกติหพุที่มีเวคเตอร์ของค่าเฉลี่ย 0 และเมตริกซ์ของความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมของ ε

$$V(\varepsilon) = \sigma^2 I = \begin{bmatrix} \sigma^2 & 0 & 0 \\ 0 & \vdots & 0 \\ 0 & 0 & \sigma^2 \end{bmatrix}$$

จากข้อสมมติของเวคเตอร์ของความคลาดเคลื่อน ε ได้ว่า $Y \sim N(X\beta, \sigma^2)$ นั่นคือ $E(Y) = X\beta$ และ $V(Y) = V(\varepsilon) = \sigma^2 I$

เป็นที่ทราบกันว่าการวิเคราะห์การถดถอยมีประโยชน์ในการศึกษาและวิจัยมากมาย อย่างไรก็ตามผู้วิจัยต้องคำนึงถึงปัญหาที่เกิดจากการวิเคราะห์การถดถอย เพราะถ้าเกิดปัญหาดังกล่าวจะมีผลทำให้การอธิบายผลจากการวิเคราะห์ไม่ถูกต้อง ปัญหาที่พบอาจจะมีหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งปัญหา ได้แก่ ความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน ความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนไม่คงที่ รูปแบบการถดถอยที่กำหนดไม่ถูกต้อง ขาดตัวแปรอิสระที่สำคัญในรูปแบบการถดถอย ตัวแปรอิสระในรูปแบบการถดถอยมีความสัมพันธ์กัน ค่าของตัวแปรตามและ/หรือค่าของตัวแปรอิสระบางค่าผิดปกติและมีค่าที่มีอิทธิพล ดังนั้นเพื่อให้การวิเคราะห์การถดถอยเป็นไปอย่างถูกต้อง ก่อนการนำผลการวิเคราะห์ไปใช้ควรมีการตรวจสอบว่าเกิดปัญหาใดปัญหาหนึ่งในการวิเคราะห์การถอถอยเป็นไปอย่างถูกต้อง ก่อนการนำผลวิเคราะห์ไปใช้ควรมีการตรวจสอบว่าเกิดปัญหาหนึ่งในการวิเคราะห์การถดถอยหรือไม่ การตรวจสอบทำได้จากการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนทั้งจากการพล็อตหรือจากการทดสอบสมมติฐานจากการพล็อต เช่น การพล็อตค่าความคลาดเคลื่อน การพล็อตการถดถอยบางส่วน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ฟังก์ชันความพึงพอใจ (Desirability Function)

Myers and Montgomery (2002) ได้กล่าวไว้ว่า วิธีการฟังก์ชันความพึงพอใจ (Desirability Function) นี้เป็นหนึ่งในวิธีการที่เป็นที่นิยมมากที่สุดในการทำ Optimization ของ Multi-Response Surface สมมติให้ผลลัพธ์ที่ต้องการ p ตัวในวิธีนี้สำหรับทุก Transfer Function $y_i(x) = f(x_1 x_2,...,x_k)$ โดยที่ $i = 1,...,p$ ฟังก์ชันความพึงพอใจ $d_i = d_i(y_i) = d_i(y_i(x))$ จะกำหนดค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ให้กับค่าที่เป็นไปได้ของ y_i โดยที่ $d_i(y_i) = 0$ สำหรับ "ค่าที่ไม่ต้องการมากที่สุด" ของ y_i และ $d_i(y_i) = 1$ สำหรับ "ค่าที่ต้องการมากที่สุด" ของ y_i เมื่อ $d_i(y_i)$ เป็นฟังก์ชันความพึงพอใจของผลลัพธ์ที่ต้องการ y_i ค่าเฉลี่ยทางเรขาคณิตจากความพึงพอใจ D ทุกตัวจะถูกใช้แทนความพึงพอใจรวม สำหรับทั้ง Multiple-Response Problem : $D = (d_1(y_1)\, d_2(y_2) \dots d_p((y_p))^{\frac{1}{p}}$

อาจกล่าวได้ว่าความพึงพอใจ D ทั้งหมด (Overall Desirability D) ที่มากกว่าควรแสดงถึงความพึงพอใจที่สูงกว่าสำหรับผลลัพธ์ทั้งหมด (Overall Satisfaction for All Response) สำหรับแต่ละฟังก์ชันความพึงพอใจ $d_i(y_i)$ นิยามของมันจะขึ้นอยู่กับหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาสำหรับแต่ละ y_i ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ประเภทคือ

1. ยิ่งมากยิ่งดี (The Larger, The Better) ในกรณีนี้การทำให้มากที่สุด (Maximization) ของ y_i เป็นผลลัพธ์ที่ต้องการมากที่สุดและ $d_i(y_i)$ ถูกนิยามดังต่อไปนี้

$$d_i(y_i) = 0 \qquad y_i \le L_i$$

$$d_i(y_i) = \left[\frac{y_i - L_i}{U_i - L_i}\right]^{x_i} \qquad L_i \le y_i \le U_i$$

$$d_i(y_i) = 1 \qquad y_i \ge U_i$$

เมื่อ L_i คือขอบเขตด้านล่างสำหรับ y_i, U_i เป็นขอบเขตด้านบนสำหรับ y_i และ W_i เป็นน้ำหนักสำหรับ y_i ค่า W_i ยิ่งมากเมื่อเทียบกับตัวแปรน้ำหนักอื่นๆ ก็แสดงว่าบทบาทของ $d_i(y_i)$ ยิ่งมีความสำคัญในความพึงพอใจรวม (Overall Desirability D)

2. ยิ่งน้อยยิ่งดี (The Smaller, The Better) ในกรณีนี้การทำให้น้อยที่สุด (Minimization) ของ y_i เป็นผลลัพธ์ที่ต้องการมากที่สุด ฟังก์ชัน $d_i(y_i)$ ถูกกำหนดดังต่อไปนี้

$$d_i(y_i) = 1 \qquad y_i \le L_i$$

$$d_i(y_i) = \left[\frac{U_i - y_i}{U_i - L_i}\right]^{x_i} \qquad L_i \le y_i \le U_i$$

$$d_i(y_i) = 0 \qquad y_i \ge U_i$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เมื่อ L_i คือขอบเขตด้านล่างสำหรับ y_i, U_i เป็นขอบเขตด้านบนสำหรับ y_i และ W_i เป็นน้ำหนักสำหรับ y_i

3. ค่ากลางคือค่าที่ดีที่สุด (Nominal-The-Best) ในกรณีนี้มีค่าเป้าหมาย T_i สำหรับ y_i ค่าผลลัพธ์ที่ต้องการมากที่สุดคือ $y_i = T_i$ ฟังก์ชัน $d_i(y_i)$ ถูกนิยามดังนี้

$$d_i(y_i) = 0 \qquad y_i \le L_i$$

$$d_i(y_i) = \left[\frac{y_i - L_i}{T_i - L_i}\right]^{x_i} \qquad L_i \le y_i \le T_i$$

$$d_i(y_i) = \left[\frac{y_i - U_i}{T_i - U_i}\right]^{x_i} \qquad L_i \le y_i \le U_i$$

$$d_i(y_i) = 0 \qquad y_i \ge U_i$$

เมื่อ L_i คือขอบเขตด้านล่างสำหรับ y_i, U_i เป็นขอบเขตด้านบนสำหรับ y_i และ W_i เป็นน้ำหนักสำหรับ y_i

4. แบบมีข้อจำกัด (Constraint) ในกรณีนี้จะเป็นที่พึงพอใจตราบเท่าที่ y_i อยู่ภายในข้อจำกัดหรือขอบเขต Constraint $L_i \le y_i \le U_i$ ฟังก์ชัน $d_i(y_i)$ จะถูกกำหนดดังนี้

$$d_i(y_i) = 0 \qquad y_i \le L_i$$

$$d_i(y_i) = 1 \qquad L_i \le y_i \le U_i$$

$$d_i(y_i) = 0 \qquad y_i \ge U_i$$

เมื่อ L_i คือขอบเขตด้านล่างสำหรับ y_i, U_i เป็นขอบเขตด้านบนสำหรับ y_i

145911

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พิชญ์พิมน กาญจนสุทธิแสง (2556) งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการรวบรวมเทคนิคการออกแบบและการวิเคราะห์การทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์และการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลชนิดสองระดับ รวมทั้งการวิเคราะห์ถดถอยเชิงพหุชนิดเส้นตรงและตัวแบบทางคณิตศาสตร์ โดยมีเป้าหมายในการปรับปรุงคุณภาพของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์สำหรับรถยนต์ ซึ่งอาจก่อให้เกิดความล้มเหลวของระบบการทำงานของแผงวงจรไฟฟ้าที่ใช้ในการส่องสว่างยานยนต์ได้ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยอัตราการกัดและขนาดเส้นลายวงจรโดยขนาดของเส้นลายวงจรแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ขนาดเส้นลายวงจรด้านบนและขนาดเส้นลายวงจรด้านล่าง ซึ่งเงื่อนไขการทำงานปัจจุบันพบว่าลักษณะทางกายภาพดังกล่าวยังมีค่าด้อยกว่าข้อกำหนดของลูกค้าอันส่งผลให้ต้องทำการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยจำนวนตัวอย่างและความถี่ที่สูง ทำให้ค่าใช้จ่ายในด้านต้นทุนการผลิต เวลาและแรงงานคนที่ต้องสูญเสียไป เนื่องจากการผลิตและการตรวจสอบมีค่าใช้จ่ายในระดับสูง

ในการพัฒนากระบวนการดังกล่าวใช้การออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์และการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลชนิดสองระดับ ได้ถูกนำมาใช้ในการกำหนดปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขั้นตอนต่อมาได้มีการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุชนิดเส้นตรง ในรูปแบบของวิธีการปีนลงด้วยทางที่ชันที่สุดหรือสมการวัตถุประสงค์ของปัญหาเพื่อใช้ในการสร้างตัวแบบการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับค่าผลตอบสนองที่มีข้อจำกัดเชิงเส้นตรงที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ ผลจากการทดลองพบว่าตัวแบบดังกล่าวสามารถปรับปรุงขนาดเส้นลายวงจรได้ดีขึ้นทั้งด้านบนและด้านล่าง โดยค่าเฉลี่ยตัวอย่างของเส้นลายวงจรด้านบนเปลี่ยนแปลงจาก 0.074 เป็น 0.078 มิลลิเมตรและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวอย่างลดลงจาก 0.0017 เป็น 0.0012 มิลลิเมตร และในส่วนของขนาดเส้นลายวงจรด้านล่างค่าเฉลี่ยตัวอย่างเปลี่ยนแปลงจาก 0.0026 เป็น 0.0021 มิลลิเมตรและ Cpk เพิ่มขึ้นจาก 0.85 เป็น 1.25

โสภิดา ท้วมมี (2550) ได้ทำการศึกษาข้อมูลในอดีตของกระบวนการผลิตพลาสติกพีวีซีแผ่นมีปริมาณของเสียประเภทเม็ดพีวีซีไม่หลอมละลายที่เกิดขึ้นบนผิวผลิตภัณฑ์ 54.66% ของปัญหาของเสียทั้งหมด ซึ่งคิดเป็นมูลค่าประมาณ 1,561,716 บาทต่อปี ทำให้เกิดการเก็บผลิตภัณฑ์เข้าคลังเพื่อรอการนำกลับมาผลิตใหม่ ส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นผู้ทำการวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ที่จะลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านข้อกำหนดการตรวจสอบประเภทเม็ดพีวีซีไม่หลอมละลายที่เกิดขึ้นบนผิวผลิตภัณฑ์ โดยประยุกต์ใช้หลักการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยที่น่าจะมีผลต่อการเกิดเม็ดพีวีซีไม่หลอมละลายที่เกิดขึ้นบนผิวผลิตภัณฑ์และเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมด้วยเทคนิคพื้นผิวตอบสนอง ผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าที่อุณหภูมิในการหลอม PVC Compound ที่ Mixing Roll 180 องศาเซลเซียลและปริมาณเศษพีวีซีแผ่นที่นำกลับมาหลอมใหม่ที่ Mixing Roll 30 กิโลกรัม/Batch จะทำให้ค่าจำนวนจุดบกพร่องประเภทเม็ดพีวีซีไม่หลอมละลายที่เกิดขึ้นบนผิวผลิตภัณฑ์ 1 ตารางเมตร อยู่ในช่วงที่ต้องการคือไม่เกิน 10 จุดต่อตาราเมตร ซึ่งทำให้สามารถลด

เอกสารนี้ถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ห้ามมิให้ผู้ใดนำไปใช้ประโยชน์ในทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านข้อกำหนดการตรวจสอบประเภทเม็ดพีวีซีไม่หลอมละลายที่เกิดขึ้นบนผิวผลิตภัณฑ์ลงได้ 73.08 เปอร์เซ็นต์

วิชุฎา สัตยารัฐ (2554) ได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตตัวเก็บประจุที่มักจะเกิดปัญหาขั้วลบกับลีดเฟรมไม่ยึดติดกันทำให้คุณภาพของการเก็บประจุได้ค่าไม่ตรงตามมาตรฐาน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยตัวแปรที่มีผลกระทบต่อค่าแรงยึดติดด้านขั้วลบและหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตตัวเก็บประจุโดยหลักการการออกแบบการทดลอง โดยหลักการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบมาใช้ในการวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อแรงยึดติดด้านขั้วลบของตัวเก็บประจุ ใช้วิธีการออกแบบการทดลองแบบ 2^k แฟคทอเรียล ในการคัดเลือกปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อแรงยึดติดด้านขั้วลบพบปัจจัยที่มีผลกระทบต่อแรงยึดติดด้านขั้วลบของตัวเก็บประจุคือเวลา อุณหภูมิในการอบกาวและปริมาณกาวที่ใช้ยึดติดขั้วลบและใช้ 3^k แฟคทอเรียลและทฤษฎีพื้นผิวตอบสนองในการหาค่าที่ดีที่สุดสำหรับเป็นสภาวะการผลิตที่เหมาะสม โดยพบว่าค่าแรงยึดติดขั้วลบของตัวเก็บประจุสูงขึ้น 20% ปริมาณของเสียลดลง 93.03% และการร้องเรียนของลูกค้าลดลง

อดุลย์ จิตรอารี (2555) ได้ทำการศึกษาโดยทำการออกแบบการทดลองเพื่อการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเสียรูปในการจำลองกระบวนการฉีดชิ้นส่วนพลาสติกเอบีเอส โดยนำเทคนิคการออกแบบการทดลองมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการจำลองกระบวนการฉีดพลาสติกด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Moldex3D โดยทำการศึกษาปัจจัยเบื้องต้นทั้งหมด 8 ปัจจัย ได้แก่ อัตราการฉีด แรงดันฉีด ระยะเปลี่ยนการฉีดเป็นฉีดย้ำ เวลาฉีดย้ำ แรงดันฉีดย้ำ อุณหภูมิแม่พิมพ์และเวลาในการหล่อเย็น จากการจำลองกระบวนการฉีดซึ่งผู้วิจัยได้เลือกทดลองตามแผนการทดลองแฟคทอเรียลบางส่วน 2^{8-4} พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลคืออัตราการฉีด เวลาฉีดย้ำ อุณหภูมิหลอมเหลวพลาสติกและเวลาหล่อเย็น จากนั้นจึงนำปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัยมาวิเคราะห์พื้นผิวตอบสนองเพื่อหาค่าที่เหมาะสมด้วยแผนการทดลองแบบส่วนผสมกลาง พบว่าได้ค่าระดับของปัจจัยที่ทำให้ค่าการเสียรูปของชิ้นส่วนต่ำที่สุดเท่ากับ 3.97 มิลลิเมตร เพื่อกำหนดให้อัตราการฉีดที่ 58% เวลาฉีดย้ำที่ 6 วินาที อุณหภูมิหลอมเหลวพลาสติกที่ 221 องศาเซลเซียลและเวลาหล่อเย็นที่ 55 วินาที เมื่อนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้มาจำลองกระบวนการฉีดโดยโปรแกรม Moldex3D พบว่าได้ค่าการเสียรูปของชิ้นส่วนเท่ากับ 3.93 มิลลิเมตรและเมื่อนำค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวมาทำการทดลองฉีดจริง พบว่าได้ค่าการเสียรูปสูงสุดของชิ้นส่วนเฉลี่ยเท่ากับ 4 มิลลิเมตร ซึ่งจากการทดสอบทางสถิติผลลัพธ์ที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% เมื่อนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากผลการทดลองมาปรับใช้กับกระบวนการผลิตพบว่าสัดส่วนของเสียที่เกิดจากการเสียรูปของชิ้นส่วนเกินมาตรฐานกำหนดเท่ากับ 3.3% จากข้อมูลดังกล่าวเมื่อนำมาเปรียบเทียบเกณฑ์สัดส่วนของเสียที่โรงงานกรณีศึกษายอมรับได้ที่ 5% ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงบรรลุวัตถุประสงค์ เนื่องจากสามารถใช้เป็นแนวทางวิเคราะห์ปัญหาการเสียรูปของชิ้นส่วนและนำผลที่ได้ไปปรับใช้กับกระบวนการผลิตจริงต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิทูลย์ ภักดีศรี (2556) ได้ทำการศึกษาปัจจัยการทำงานที่มีผลต่อการปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของพัดลมดูดของเครื่องดักกรองฝุ่นแบบถุงกรองและหาระดับที่เหมาะสมของปัจจัยที่ส่งผลให้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของพัดลมดูดมีค่าต่ำสุด โดยมีค่าปัจจัยสภาวะการทำงานที่ใช้ศึกษาทั้งหมด 6 ปัจจัย ประกอบไปด้วย ค่าความดันตกคร่อมถุงกรอง (A) ความเร็วลมในท่อลมดูด (B) ความเร็วลมภายในตัวเครื่องดักฝุ่น (C) แรงดันลมยิงทำความสะอาด (D) ระยะเวลาในการยิงทำความสะอาดถุง (E) ช่วงห่างในการยิงทำความสะอาดแต่ละช่วง (F) และมีตัวแปรตอบสนองคือปริมาณกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ขับพัดลมดูด (Y) ในการศึกษาใช้โปรแกรม Minitab 15 ในการศึกษาวิจัยโดยมีวิธีการออกแบบการทดลอง 2 แบบ คือแบบ 2^k Full Factorial Design และแบบ Response Surface Method (RSM) ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อตัวแปรตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญประกอบด้วย ค่าความดันตกคร่อมถุงกรอง (A) ความเร็วลมในท่อลมดูด (B) และอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A กับ B วิธีการที่นำมาใช้ในการพิจารณาคือการเปรียบเทียบค่าความเชื่อมั่นที่คาดว่าจะเกิดขึ้น (p-value) ของค่าปัจจัยกับค่าความเสี่ยงหรือค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้ที่กำหนด α โดยกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 5% (α = 0.05) หากค่าความเชื่อมั่นที่คาดว่าจะเกิดขึ้นของปัจจัยมีค่าน้อยกว่าค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้ให้ถือว่าปัจจัยนั้นมีผลต่อตัวแปรตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาของแบบจำลองการทดลองทั้งสองแบบพบว่า แบบแรกสมการถดถอยที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปัจจัยสภาวะการทำงานกับค่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของพัดลมดูดคือ Y = 33.7 – 0.339A + 1.14B + 0.0147A*B เมื่อนำสมการมาหาค่าสภาวะการทำงานที่ส่งผลให้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของพัดลมดูดมีค่าต่ำสุด โดยใช้ฟังก์ชั่น Solver ในโปรแกรม Microsoft Offices Excel พบว่าค่าของปัจจัยคือค่าความดันตกคร่อมถุงกรอง (A) เท่ากับ 15 มิลลิบาร์และค่าความเร็วลมในท่อลมดูด (B) เท่ากับ 18 เมตรต่อวินาที ซึ่งจะทำให้ค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าของพัดลมดูดต่ำสุดเท่ากับ 53.1 แอมแปร์และแบบที่สองมีสมการถดถอยคือ Y = 58.21 + 0.201A – 1.32B – 0.013A*B + $0.013A^2$ + $0.613B^2$ ค่าปัจจัยประกอบด้วย ค่าความดันตกคร่อมถุงกรอง (A) เท่ากับ 7.38 มิลลิบาร์และค่าความเร็วลมในท่อลมดูด (B) เท่ากับ 16.75 เมตรต่อวินาทีและค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าของพัดลมดูดเท่ากับ 53.16 แอมแปร์ เมื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ของทั้งสองวิธีพบว่าค่าสภาวะปัจจัยซึ่งประกอบด้วยค่าความเร็วในท่อลมดูด (B) มีค่าใกล้เคียงกันแต่ค่าความดันตกคร่อมถุงกรอง (A) นั้นมีค่าต่างกันค่อนข้างสูง เนื่องจากปัจจัยดังกล่าวนั้นไม่ได้ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญกับผลตอบสนองและในทางปฏิบัติจริงค่าของปัจจัย A นั้นส่งผลต่อปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ของพัดลมดูดน้อยมาก ส่วนผลของค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าของพัดลมดูดของทั้งสองแบบนั้นมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยปริมาณกระแสไฟฟ้าก่อนทำการศึกษามีค่า เท่ากับ 57.7 แอมแปร์ ดังนั้นหากต้องการปรับค่าสภาวะการทำงานเพื่อวัตถุประสงค์ด้านการประหยัด ค่าสภาวะปัจจัยตามแนวทางของ RSM ถือว่ามีความเหมาะสมและทำให้ผลการประหยัดด้านพลังงานเท่ากับ 7.87 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ก่อนทำปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พรรณทิพย์ แสงสุขเอี่ยม และ ราตรี ซุ่ยหิรัญ (2558) ได้ทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีย้อมจากกลีบดอกอัญชัน โดยศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้อง 3 ตัวแปร ได้แก่ ระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด (X_1) คือ 45, 60, 90 และ 120 นาที อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด (X_2) คือ 29, 60, 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียล และปริมาณกลีบดอกอัญชัน (X_3) คือ 0.5, 1, 1.5 และ 2 กรัม จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง (RSM) ได้ปัจจัยค่ามุม 8 จุดและปัจจัยค่าแกน 5 ระดับ (1.682, 1, 0, -1 และ -1.682) นำข้อมูลที่วิเคราะห์ด้วย RSM มาออกแบบการทดลองแบบประสมกลาง (CCD) ซึ่งประมวลผลด้วยโปรแกรม RGui 386 version 3.20 การประมวลผลข้อมูลทำให้ได้แผนการทดลองที่เหมาะสมในการศึกษาการสกัดสีย้อมจากกลีบดอกอัญชัน 20 แผนการทดลอง จากนั้นทำการทดลอง เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีย้อมคือ $Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_1X_2 + b_5X_2X_3 + b_6X_1X_3 + b_7X_1^2 + b_8X_2^2 + b_9X_3^2$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.94 สภาวะที่มีค่าการดูดกลืนแสงมากที่สุดที่ได้จากสมการถดถอยกำลังสองคือสภาวะที่ใช้ระยะในการสกัด 88 นาที อุณหภูมิ 78 องศาเซลเซียลและปริมาณกลีบดอกอัญชัน 1.68 กรัม เมื่อเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดที่ได้จากการประมวลผลและจากการทดลองจริงพบว่าทั้งสองวิธีให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

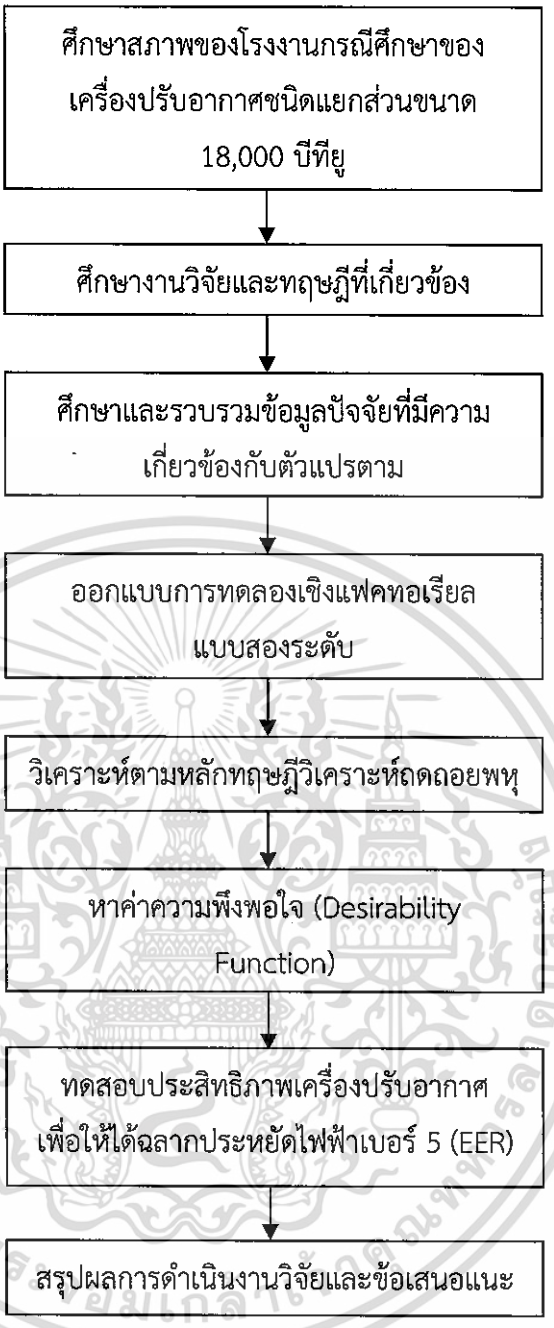
บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

จากทฤษฎีที่ได้กล่าวถึงในบทที่ 2 สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ โดยทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับเพื่อนำไปวิเคราะห์ถดถอยพหุ (Multiple Regression Analysis) และหาค่าความพึงพอใจเพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมกับการทดสอบความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ จากนั้นก็ทำการสรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะในงานวิจัยครั้งต่อไป

1. ศึกษาสภาพของโรงงาน
2. ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
3. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลปัจจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับตัวแปรตาม
4. ออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับ
5. วิเคราะห์ตามหลักทฤษฎีวิเคราะห์ถดถอยพหุ (Multiple Regression Analysis)
6. หาค่าความพึงพอใจจากฟังก์ชันความพึงพอใจ (Desirability Function)
7. นำไปทดสอบประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศเพื่อให้ได้ฉลากเบอร์ 5 ประหยัดไฟฟ้า (EER)
8. สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากขั้นตอนต่างๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้นสามารถอธิบายเป็นแผนผังแสดงลำดับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยได้ดังรูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงลำดับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

จากขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยทั้งหมดที่กล่าวมานั้น สามารถอธิบายเป็นขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยอย่างละเอียด เพื่อให้การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 ศึกษาสภาพการดำเนินงานของโรงงานกรณีศึกษา

3.1.1 ข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานในอุตสาหกรรมประเภทอิเล็กทรอนิกส์ประกอบธุรกิจผลิตเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนที่ใช้ติดตั้งภายในบ้าน ซึ่งมีด้วยกันหลายขนาดตั้งแต่ 9,000 – 24,000 บีทียู ซึ่งการผลิตเครื่องปรับอากาศของโรงงานกรณีศึกษานี้ส่วนใหญ่จะผลิตขายในประเทศไทยเป็นหลักและรองลงมาจะผลิตส่งออกต่างประเทศในภูมิภาคเอเชีย เนื่องด้วยสภาพภูมิอากาศที่ร้อนส่งผลให้ทุกบ้านต้องการเครื่องปรับอากาศเพื่อเพิ่มความสบายภายในบ้านและเนื่องด้วยมีหลายธุรกิจที่ประกอบการผลิตเครื่องปรับอากาศส่งผลให้มีการแข่งขันกันสูงขึ้นทำให้กลุ่มธุรกิจที่ผลิตเครื่องปรับอากาศต้องมีการขยับตัวเองเพื่อให้เป็นที่ต้องการของลูกค้า อีกทั้งข้อร้องเรียนจากลูกค้าที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 1 ดังนั้นทางโรงงานต้องการที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้น เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค จึงทำให้โรงงานกรณีศึกษานี้ต้องการที่จะปรับปรุงและพัฒนาเครื่องปรับอากาศเพื่อลดข้อร้องเรียนจากลูกค้า อีกทั้งเพื่อเพิ่มยอดขายเหนือคู่แข่งอุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศอีกด้วย

3.1.2 ประเภทของผลิตภัณฑ์ที่ทำการวิจัย

สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ตัวผู้วิจัยได้เลือกศึกษาเครื่องปรับอากาศที่ขายในประเทศไทยเพราะเป็นส่วนที่ทำรายได้ให้กับบริษัทมากที่สุด เนื่องด้วยทางโรงงานกำลังต้องการที่จะปรับปรุงและพัฒนาเครื่องปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพในเรื่องของการใช้งานและส่วนของการประหยัดไฟฟ้า ซึ่งจะเป็นตัวผลิตภัณฑ์ใหม่ของปี 2559 ของเครื่องปรับอากาศขนาด 18,000 บีทียู ซึ่งในปลายปี 2558 ผู้วิจัยกับทางโรงงานได้เข้ามามีส่วนร่วมในการวางแผนและปรับปรุงเครื่องปรับอากาศตัวใหม่ที่จะเป็นโมเดลในปีต่อๆไป ซึ่งผู้วิจัยได้เข้าไปเก็บรวบรวมข้อมูลในห้องทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศกับวิศวกรออกแบบเพื่อร่วมทำงานวิจัยครั้งนี้

3.2 ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่มีความเกี่ยวข้องกับงานวิจัยครั้งนี้

ในการศึกษางานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจะเน้นและให้ความสำคัญกับการวิเคราะห์ปัจจัยและค้นหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่มีผลต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นศึกษาทฤษฎีหลักการทางสถิติมาประยุกต์ใช้และอาศัยการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติและการออกแบบการทดลองมาใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ทฤษฎีที่นำใช้คือการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับ (2^k Factorial Design) เพื่อใช้ในการออกแบบการทดลองเพื่อนำไปวิเคราะห์ตามหลักทฤษฎีวิเคราะห์ถดถอยพหุ (Multiple Regression Analysis) เพื่อหาอิทธิพลที่มีผลต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศและหาค่าความพึงพอใจ (Desirability Function) เพื่อสามารถตอบได้ว่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 รวบรวมข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้า

การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปออกแบบการทดลองแสดงได้ดังตารางที่ 3.1 จากตารางเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นก่อนทำการออกแบบการทดลองเพื่อให้เข้าใจได้ว่ามีปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

ตารางที่ 3.1 การรวบรวมข้อมูลของปัจจัยที่มีผลต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้า

ตัวอย่าง	ชนิดคอมเพรสเซอร์	ปริมาณสารทำความเย็น (g)	ขนาดคอยล์เย็น (mm)
1	GJS208PAA	800	P5 2R +P7 1R 744mm
2	GJS208PAA	800	P5 2R +P7 1R 744mm
3	GJS208PAA	800	P5 2R +P7 1R 744mm
4	GJS208PAA	800	P5 2R +P7 1R 744mm
5	GJS208PAA	800	P5 2R +P7 1R 744mm
6	GJS208PAA	750	P5 1R +P7 1R 744mm
7	GJS208PAA	750	P5 1R +P7 1R 744mm
8	GJS208PAA	750	P5 1R +P7 1R 744mm
9	GJS208PAA	750	P5 1R +P7 1R 744mm
10	GJS208PAA	750	P5 1R +P7 1R 744mm
11	GJS208PAA	800	P5 1R +P7 1R 744mm
12	GJS208PAA	800	P5 1R +P7 1R 744mm
13	GJS208PAA	800	P5 1R +P7 1R 744mm
14	GJS208PAA	800	P5 1R +P7 1R 744mm
15	GJS208PAA	800	P5 1R +P7 1R 744mm
16	GJS208PAA	750	P5 2R +P7 1R 744mm
17	GJS208PAA	750	P5 2R +P7 1R 744mm
18	GJS208PAA	750	P5 2R +P7 1R 744mm
19	GJS208PAA	750	P5 2R +P7 1R 744mm
20	GJS208PAA	750	P5 2R +P7 1R 744mm
21	GJS196PAA	750	P5 1R +P7 1R 744mm
22	GJS196PAA	750	P5 1R +P7 1R 744mm
23	GJS196PAA	750	P5 1R +P7 1R 744mm
24	GJS196PAA	750	P5 1R +P7 1R 744mm
25	GJS196PAA	750	P5 1R +P7 1R 744mm
26	GJS196PAA	800	P5 1R +P7 1R 744mm
27	GJS196PAA	800	P5 1R +P7 1R 744mm
28	GJS196PAA	800	P5 1R +P7 1R 744mm
29	GJS196PAA	800	P5 1R +P7 1R 744mm

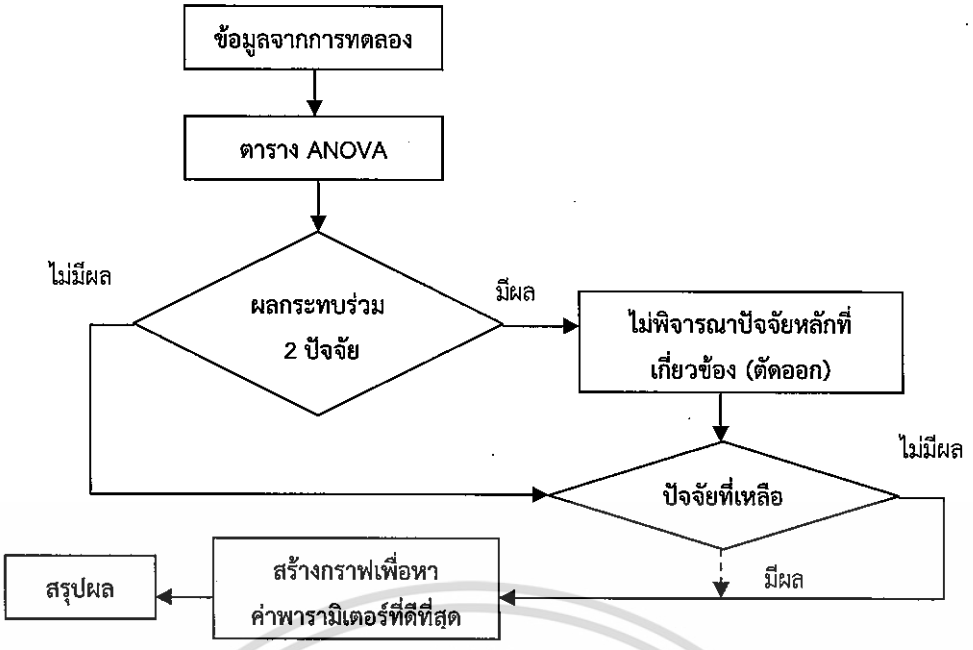
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	ชนิดคอมเพรสเซอร์	ปริมาณสารทำความเย็น (g)	ขนาดคอยล์เย็น (mm)
30	GJS196PAA	800	P5 1R +P7 1R 744mm
31	GJS196PAA	750	P5 2R +P7 1R 744mm
32	GJS196PAA	750	P5 2R +P7 1R 744mm
33	GJS196PAA	750	P5 2R +P7 1R 744mm
34	GJS196PAA	750	P5 2R +P7 1R 744mm
35	GJS196PAA	750	P5 2R +P7 1R 744mm
36	GJS196PAA	800	P5 2R +P7 1R 744mm
37	GJS196PAA	800	P5 2R +P7 1R 744mm
38	GJS196PAA	800	P5 2R +P7 1R 744mm
39	GJS196PAA	800	P5 2R +P7 1R 744mm
40	GJS196PAA	800	P5 2R +P7 1R 744mm

3.4 การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับ

ขั้นตอนนี้จะเป็นการออกแบบเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อในส่วนของวิเคราะห์ถดถอยพหุ (Multiple Regression Analysis) เนื่องด้วยปัจจัยที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้เป็นตัวแปรอิสระที่มีสองระดับซึ่งมีปัจจัยที่มีมากกว่าสองปัจจัย ซึ่งสอดคล้องกับการเลือกใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับเข้ามาช่วยในการออกแบบการทดลองเพื่อจะนำไปวิเคราะห์ต่อในส่วนของวิเคราะห์ถดถอยพหุ (Multiple Regression Analysis) ต่อไป ซึ่งการทดลองนี้จะเป็นการหาว่าปัจจัยใดบ้างที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามที่สนใจคือความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศด้วยระดับความเชื่อมั่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ตามหลักทฤษฎีการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับ (2^k Factorial Design) คือการออกแบบที่ประกอบด้วย k ปัจจัย ซึ่งในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย 3 ปัจจัย แต่ละปัจจัยประกอบด้วยสองระดับ ระดับของปัจจัยแต่ละตัวจะอยู่ที่ “ต่ำ” และ “สูง” ซึ่งจะต้องทำการทดลองทั้งหมด 2x2x2 = 2^3 การทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือศึกษาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยหรือที่เรียกว่า “อันตรกิริยา” (Interactions) ดังรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อหาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย

ที่มา : พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์ และประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา (2551)

การรวบรวมข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตามนั้น ได้มาจากการระดมสมองของวิศวกรออกแบบเครื่องปรับอากาศได้ทำการวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่มีผลต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งตามหลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ประกอบไปด้วยดังนี้

ตารางที่ 3.2 จำแนกระดับของปัจจัยที่มีผลต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

ลำดับ	ปัจจัยที่มีผลต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้า	ระดับของปัจจัย
1	เครื่องอัดหรือคอมเพรสเซอร์ (Compressor)	2
2	สารทำความเย็น (Refrigerant)	2
3	เครื่องระเหยหรือคอยล์เย็น (Evaporator)	2

จากตารางที่ 3.2 อธิบายได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศมีด้วยกัน 2 ระดับแบ่งได้ดังนี้ คอมเพรสเซอร์ มี 2 รุ่นคือรุ่น JGS196PAA และรุ่น GJS208PAA ปริมาณสารทำความเย็นมีด้วยกัน 2 ปริมาณ คือปริมาณที่ 750 กรัมและปริมาณที่ 800 กรัมและขนาดคอยล์เย็นมีด้วยกัน 2 แบบ คือแบบ P5 2R + P7 1R 644 mm. และ P5 1R + 7P 1R 744 mm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 กำหนดผลตอบสนองของงานวิจัยที่มีผลต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

ลำดับ	ผลตอบสนอง	เป้าหมาย	ค่า EER
1	ความเย็น	มากกว่า18,000	มากกว่า 12
2	กำลังไฟฟ้า	น้อยที่สุด	

จากตารางที่ 3.3 สามารถอธิบายได้ว่าผลตอบสนองคือความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ โดยมีเป้าหมายคือความเย็นระดับที่มากกว่า 18,000 บีทียูและกำลังไฟฟ้าจะอยู่ในระดับที่น้อยที่สุดซึ่งจะต้องสอดคล้องกับความเย็นคือกำลังตามหน่วยบีทียูตามวัตถุประสงค์และค่า EER นั้นจะต้องมากกว่า 12 หน่วย เพื่อให้ได้ฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 เป็นการการันตีคุณภาพเครื่องปรับอากาศ

ตารางที่ 3.4 ระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลองเบื้องต้น

ปัจจัย	สัญลักษณ์	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
คอมเพรสเซอร์	a	-1	1
ปริมาณสารทำความเย็น	b	750	800
ขนาดคอยล์เย็น	c	-1	1

จากตาราง 3.4 สามารถอธิบายได้ว่าผู้วิจัยกำหนดสัญลักษณ์ปัจจัยเป็นอักษรภาษาอังกฤษคือ คอมเพรสเซอร์แทน a ปริมาณสารทำความเย็นแทน b และขนาดคอยล์เย็นแทน c และให้ระดับของปัจจัยแสดงเป็นค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดคือคอมเพรสเซอร์รุ่น GJS208PAAแทน -1 และ คอมเพรสเซอร์ JGS196PAA แทน 1 ปริมาณสารทำความเย็น ต่ำสุดแทน 750 และสูงสุดแทน 800 ส่วนขนาดคอยล์เย็น P5 2R + P7 1R 644 mm.แทน -1 และ P5 1R + 7P 1R 744 mm. แทน 1

ในการพิจารณาถึงปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตามคือความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศสามาถอธิบายตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบการดทดลองเชิงแฟคทอเรียลชนิดสองระดับได้ดังนี้

a คือ คอมเพรสเซอร์

b คือ ปริมาณสารทำความเย็น

c คือ ขนาดของคอยล์เย็น

SS_a คือ ผลบวกกำลังสองของคอมเพรสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SS_b คือ ผลบวกกำลังสองของปริมาณสารทำความเย็น

SS_c คือ ผลบวกกำลังสองของขนาดคอยล์เย็น

SS_{ab} คือ ผลบวกกำลังสองของคอมเพรสเซอร์กับปริมาณสารทำความเย็น

SS_{ac} คือ ผลบวกกำลังสองของคอมเพรสเซอร์กับขนาดคอยล์เย็น

SS_{bc} คือ ผลบวกกำลังสองของปริมาณสารทำความเย็นกับขนาดคอยล์เย็น

SS_{abc} คือ ผลบวกกำลังสองของคอมเพรสเซอร์กับปริมาณสารทำความเย็นกับขนาดคอยล์เย็น

MS_a คือ ค่าเฉลี่ยกำลังสองของคอมเพรสเซอร์

MS_b คือ ค่าเฉลี่ยกำลังสองของปริมาณสารทำความเย็น

MS_c คือ ค่าเฉลี่ยกำลังสองของขนาดคอยล์เย็น

MS_{ab} คือ ค่าเฉลี่ยกำลังสองของคอมเพรสเซอร์กับปริมาณสารทำความเย็น

MS_{ac} คือ ค่าเฉลี่ยกำลังสองของคอมเพรสเซอร์กับขนาดคอยล์เย็น

MS_{bc} คือ ค่าเฉลี่ยกำลังสองของปริมาณสารทำความเย็นกับขนาดคอยล์เย็น

MS_{abc} คือ ค่าเฉลี่ยกำลังสองของคอมเพรสเซอร์กับปริมาณสารทำความเย็นกับขนาดคอยล์เย็น

F_a คือ ค่าของคอมเพรสเซอร์

F_b คือ ค่าของปริมาณสารทำความเย็น

F_c คือ ค่าของขนาดคอยล์เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับ

แหล่งที่มา (Source)	องศาเสรี (d.f.)	ผลบวกกำลังสอง (SS)	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง (MS)	ค่าสถิติ F
a	a – 1	SS_a	MS_a	$F_a=\frac{MS_a}{MSE}$
B	b – 1	SS_b	MS_b	$F_b=\frac{MS_b}{MSE}$
c	c – 1	SS_c	MS_c	$F_c=\frac{MS_c}{MSE}$
ab	(a-1)(b-1)	SS_{ab}	MS_{ab}	$F_{ab}=\frac{MS_{ab}}{MSE}$
ac	(a-1)(c-1)	SS_{ac}	MS_{ac}	$F_{ac}=\frac{MS_{ac}}{MSE}$
bc	(b-1)(c-1)	SS_{bc}	MS_{bc}	$F_{bc}=\frac{MS_{bc}}{MSE}$
abc	(a-1)(b-1)(c-1)	SS_{abc}	MS_{abc}	$F_{abc}=\frac{MS_{abc}}{MSE}$
ค่าผิดพลาด	abc(n-1)	SS_E	abc	
ทั้งหมดที่ปรับแล้ว	abcn - 1	SST	MS_E	

ที่มา : พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์ และประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา (2551)

3.5 วิเคราะห์ตามหลักทฤษฎีวิเคราะห์ถดถอยพหุ (Multiple Regression Analysis)

ขั้นตอนนี้จะเป็นการวิเคราะห์ต่อจากการที่ได้ทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับแล้วนั้นเพื่อนำมาวิเคราะห์ในส่วนวิเคราะห์ถดถอยพหุ (Multiple Regression Analysis) เพื่อให้ทราบได้ว่าปัจจัยใดมีผลกระทบร่วมกันที่มีอิทธิพลต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในงานวิจัยครั้งนี้

3.6 หาค่าความพึงพอใจ (Desirability Function)

วิธีฟังก์ชันความพึงพอใจนี้เป็นหนึ่งในวิธีการที่เป็นที่นิยมมากที่สุดในการทำ Optimization ของ Multi-Response Surface โดยที่ค่าความพึงพอใจจะเป็นค่าเฉลี่ยทางเรขาคณิตจากความพึงพอใจ D ทุกตัวจะใช้ถูกแทนเรียกว่าเป็นค่าความพึงพอใจรวม ซึ่งค่าความพึงพอใจ D ทั้งหมด นิยามของฟังก์ชันคือจะขึ้นอยู่กับหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณามี 4 ประเภทคือ ยิ่งมากยิ่งดี ยิ่งน้อยยิ่งดี ค่ากลางคือค่าที่ดีที่สุดและแบบมีข้อกำจัด แต่สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้หลักการค่ากลางคือค่าที่ดีที่สุดเป็นตัวช่วยในการหาค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมของความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ เนื่องด้วยเหตุผลที่ว่าค่ากลางที่ดีที่สุดนี้จะเป็นค่าที่ไม่ได้ระบุตายตัวเปรียบเสมือนค่าทางสายกลางไม่ใช่ว่าค่าที่สูงสุดจะเป็นค่าที่ดีสุดหรือว่าค่าที่น้อยสุดจะเป็นค่าที่ดีสุดเช่นกัน ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนได้หากผู้วิจัยต้องการที่จะเพิ่มหรือลดปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ จึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดกับงานวิจัยนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 ทดสอบประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศเพื่อฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 (EER)

โดยเป็นการนำเครื่องปรับอากาศที่ได้ผลิตใหม่จากที่ได้ปัจจัยที่เหมาะสมแล้วนั้น เพื่อนำไปทดสอบประสิทธิภาพการประหยัดไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่หน่วยงานกฟผ. ที่ใช้เป็นที่ทดสอบความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ เพื่อให้ได้รับการรองรับมาตรฐานฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 เพื่อเป็นที่การันตีได้ว่าเครื่องปรับอากาศของโรงงานกรณีศึกษาเป็นเครื่องปรับอากาศที่คุ้มค่าคุ้มราคา อีกทั้งประหยัดไฟฟ้าอีกด้วย ซึ่งการทดสอบเครื่องปรับอากาศนั้นจะมาจากการวัดความเย็นหารด้วยกำลังไฟฟ้าก็จะได้ค่า EER หากเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่จะได้รับฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 นั้น ต้องมีค่า EER ที่มากกว่า 12 หน่วยขึ้นไป หากวัดออกมาแล้วต่ำกว่า 12 หน่วยให้นำเครื่องปรับอากาศไปตรวจสอบก่อนนำมาทดสอบความเน็นและกำลังไฟฟ้าใหม่

3.8 สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

ทำการสรุปผลจากการดำเนินงานวิจัยทั้งหมดที่ผู้วิจัยได้เลือกใช้รูปแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลชนิดสองระดับ จากนั้นเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อในส่วนของการวิเคราะห์ถดถอยพหุ (Multiple Regression Analysis) เพื่อหาปัจจัยผลกระทบร่วม อีกทั้งยังสามารถหาค่าระดับความพึงพอใจของระดับปัจจัยที่มีผลต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับ

การวิเคราะห์เพื่อหารูปแบบการทดลองโดยนำปัจจัยที่ได้จากการรวบรวมมาทำการออกแบบการทดลอง ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ได้นำวิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับมาทำการทดลอง โดยใช้เครื่องปรับอากาศ 8 เครื่อง ทำการทดสอบความเย็นและกำลังไฟฟ้า 5 การทดลองซ้ำรวมเป็น 40 การทดลองซ้ำ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การทดสอบความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

ตัวอย่าง	ชนิดคอมเพรสเซอร์ (a)	ปริมาณสารทำความเย็น (b)	ขนาดคอยล์เย็น (c)	ความเย็น (BTU/hr) $\widehat{y_1}$	กำลังไฟฟ้า(w) $\widehat{y_2}$
1	-1	800	1	18,671	1,624
2	-1	800	1	18,700	1,625
3	-1	800	1	18,810	1,620
4	-1	800	1	18,605	1,619
5	-1	800	1	18,650	1,630
6	-1	750	-1	18,600	1,598
7	-1	750	-1	18,470	1,590
8	-1	750	-1	18,350	1,586
9	-1	750	-1	18,520	1,598
10	-1	750	-1	18,350	1,585
11	-1	800	-1	18,800	1,613
12	-1	800	-1	18,700	1,635
13	-1	800	-1	18,950	1,642
14	-1	800	-1	18,700	1,640
15	-1	800	-1	18,750	1,642
16	-1	750	1	18,900	1,580
17	-1	750	1	18,850	1,575
18	-1	750	1	18,950	1,565
19	-1	750	1	18,920	1,585
20	-1	750	1	18,955	1,590
21	1	750	-1	18,100	1,470
22	1	750	-1	18,100	1,460

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	ชนิด คอมเพรสเซอร์ (a)	ปริมาณสารทำความเย็น (b)	ขนาด คอยล์เย็น (c)	ความเย็น (BTU/hr) $\widehat{y_1}$	กำลังไฟฟ้า(w) $\widehat{y_2}$
23	1	750	-1	18,350	1,475
24	1	750	-1	18,120	1,460
25	1	750	-1	18,250	1,465
26	1	800	-1	18,030	1,490
27	1	800	-1	17,965	1,510
28	1	800	-1	17,859	1,495
29	1	800	-1	18,100	1,510
30	1	800	-1	17,620	1,495
31	1	750	1	17,900	1,470
32	1	750	1	17,890	1,460
33	1	750	1	18,050	1,475
34	1	750	1	18,190	1,460
35	1	750	1	18,050	1,465
36	1	800	1	18,200	1,542
37	1	800	1	18,300	1,530
38	1	800	1	18,350	1,520
39	1	800	1	18,250	1,535
40	1	800	1	18,150	1,529

4.2 วิเคราะห์หลักทฤษฎีวิเคราะห์ถดถอยพหุ (Multiple Regression Analysis)

ขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์หาปัจจัยร่วมที่มีผลต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ โดยใช้การวิเคราะห์ตามหลักทฤษฎีวิเคราะห์ถดถอยพหุ (Multiple Regression Analysis) ช่วยวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปัจจัยร่วมที่มีผลต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ดังตารางที่ 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลของการวิเคราะห์สมการถดถอยความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระที่มีผลต่อความเย็น

Predictor	Effect	Coef	SE Coef	p-value
Constant		18,400.6	17.6	0.000
a	-618.9	-309.4	17.6	0.000*
b	14.7	7.4	17.6	0.679
c	132.8	66.4	17.6	0.001*
ab	-32.3	-16.2	17.6	0.366
ac	-49.2	-24.6	17.6	0.172
bc	-11.6	-5.8	17.6	0.743
abc	263.3	131.6	17.6	0.000*

*คือค่า p-value ที่น้อยกกว่า 0.05

สมการถดถอยคือ

$\widehat{y_1}$ = 18,400.6 – 309.4a + 7.4b +66.4c – 16.2ab – 24.6ac – 5.8bc + 131.6abc

โดย $\widehat{y_1}$ คือ ความเย็น

a คือ คอมเพรสเซอร์

b คือ ปริมาณสารทำความเย็น

c คือ ขนาดคอยล์เย็น

ab คือ อันตรกิริยาระหว่างคอมเพรสเซอร์กับปริมาณสารทำความเย็น

ac คือ อันตรกิริยาระหว่างคอมเพรสเซอร์กับขนาดคอยล์เย็น

bc คือ อันตรกิริยาระหว่างปริมาณสารทำความเย็นกับขนาดคอยล์เย็น

abc คือ อันตรกิริยาสามทางคอมเพรสเซอร์กับปริมาณสารทำความเย็นกับขนาดคอยล์เย็น

จากตารางที่ 4.2 จะเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อความเย็นของเครื่องปรับอากาศจะเห็นได้ว่าปัจจัยหลักที่มีผลต่อตัวแปรตามคือ a และ c ที่มีค่า p-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 อันตรกิริยาสองทางนั้นไม่มีผลต่อตัวแปรตาม และอันตรกิริยาสามทางคือ abc นั้น มีผลต่อตัวแปรตามที่ค่า p–value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลของการวิเคราะห์สมการถดถอยความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระที่มีผลต่อกำลังไฟฟ้า

Predictor	Effect	Coef	SE Coef	p-value
Constant		1,548.92	1.30	0.000
a	-116.24	-58.12	1.30	0.000*
b	46.74	23.37	1.30	0.000*
c	2.04	1.02	1.30	0.438
ab	2.86	1.43	1.30	0.281
ac	13.56	6.78	1.30	0.000*
bc	8.14	4.07	1.30	0.004*
abc	7.46	3.73	1.30	0.007*

*คือค่า p-value ที่น้อยกกว่า 0.05

สมการถดถอยคือ

$\widehat{y_2}$ = 1,548.92 – 58.12a + 23.37b + 1.02c + 1.43ab + 6.78ac + 4.07c + 3.73abc

โดย $\widehat{y_2}$ คือ กำลังไฟฟ้า

a คือ คอมเพรสเซอร์

b คือ ปริมาณสารทำความเย็น

c คือ ขนาดคอยล์เย็น

ab คือ อันตรกิริยาระหว่างคอมเพรสเซอร์กับปริมาณสารทำความเย็น

ac คือ อันตรกิริยาระหว่างคอมเพรสเซอร์กับขนาดคอยล์เย็น

bc คือ อันตรกิริยาระหว่างปริมาณสารทำความเย็นกับขนาดคอยล์เย็น

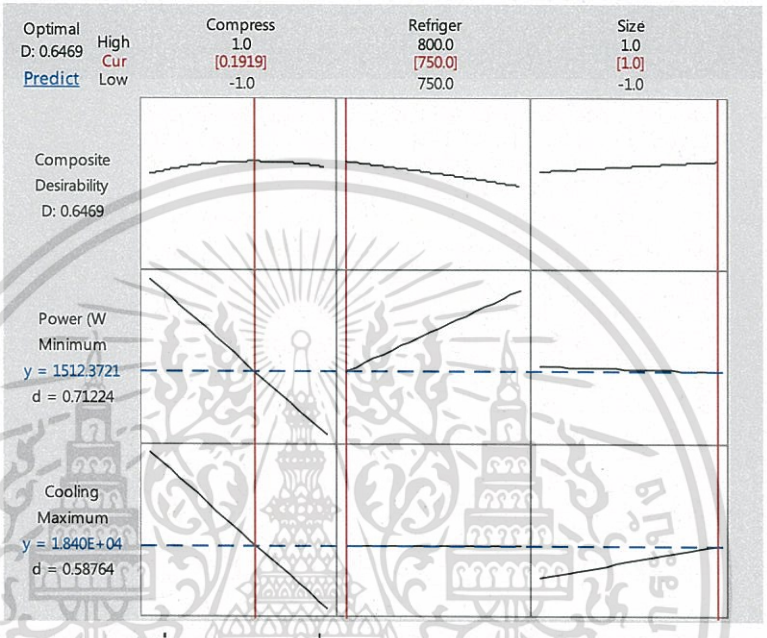
abc คือ อันตรกิริยาสามทางคอมเพรสเซอร์กับปริมาณสารทำความเย็นกับขนาดคอยล์เย็น

จากตารางที่ 4.3 เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ จะเห็นได้ว่าปัจจัยหลักที่มีผลต่อตัวแปรตามคือ a และ b ค่า p–value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 อันตรกิริยาสองทางที่มีผลต่อตัวแปรตามคือ ac และ bc ค่า p-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 และอันตรกิริยาสามทางคือ abc นั้น มีผลต่อตัวแปรตามที่ค่า p–value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 หาค่าความพึงพอใจ (Desirability Function)

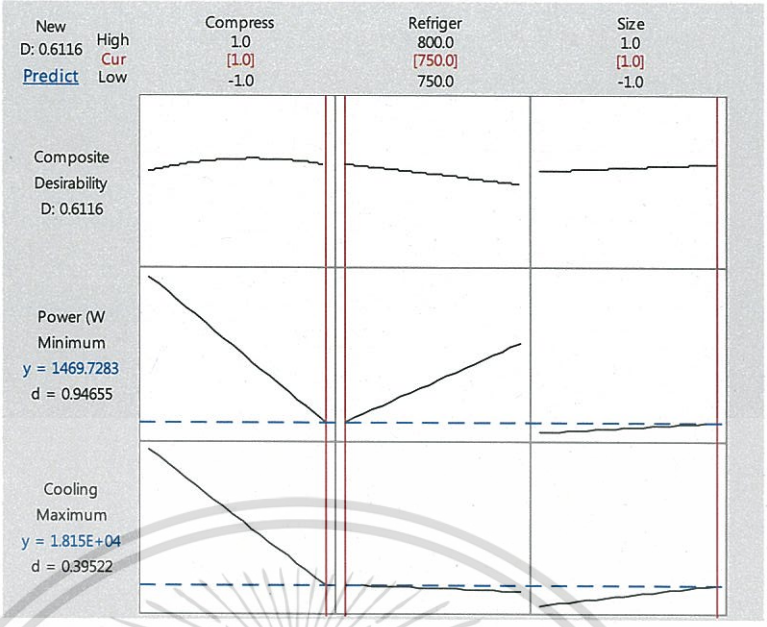
การหาค่าความพึงพอใจของความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศใช้วิธีการค่ากลาง คือค่าที่ดีที่สุด ดังรูปที่ 4.1 พบว่าปัจจัยคอมเพรสเซอร์คือรุ่น 0.1919 ปริมาณสารทำความเย็นคือ 750 กรัมและขนาดของคอยล์เย็นคือแบบที่ 1ซึ่งจะมีความสามารถทำให้ได้ค่าความเย็นที่ 1.840E+04 บีทียูและกำลังไฟฟ้าที่ 1,512.3721 วัตต์และค่าความพึงพอใจสูงสุดอยู่ที่ 64%



รูปที่ 4.1 สภาวะที่เหมาะสมจากการประมวลผล

จากรูปที่ 4.1 ค่าปัจจัยที่เหมาะสมจากการประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปมินิแทบ 14 ระบุดับปัจจัยที่ได้ยังไม่สามารถทำการตั้งค่าเพื่อใช้ในการทดสอบความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศได้ เนื่องจากรุ่นของคอมเพรสเซอร์ที่ได้มานั้นเป็นรุ่นคอมเพรสเซอร์ที่ 0.1919 ซึ่งไม่มีรุ่นคอมเพรสเซอร์นี้ จึงจำเป็นต้องเลือกค่าที่ใกล้เคียงมากที่สุดในการดำเนินการทดสอบความเย็นและกำลังไฟฟ้าจริง จึงได้ทำการปรับตั้งค่าใหม่ดังรูปที่ 4.2 เพื่อให้ได้ค่ากลางที่ดีที่สุดจากการฟังก์ชันความพึงพอใจ พบว่ารุ่นของคอมเพรสเซอร์คือรุ่นที่1 ปริมาณสารทำความเย็นอยู่ที่ 750 กรัมและขนาดของคอยล์เย็นคือแบบที่ 1 จากนั้นจะได้ความเย็นอยู่ที่ 1.815E+04 บีทียูและกำลังไฟฟ้าอยู่ที่ 1469.7283 วัตต์และค่าความพึงพอใจสูงสุดอยู่ที่ 61%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 สภาวะที่เหมาะสมจากการปรับค่าปัจจัยใหม่

ดังนั้นจากการหาค่าความพึงพอใจที่เหมาะสมสามารถสรุปได้ว่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมคือ คอมเพรสเซอร์ชนิดที่ 1 คือ GJS196PAA ปริมาณสารทำความเย็นอยู่ที่ 750 กรัมและขนาดคอยล์เย็น รุ่น P5 1R + P7 1R 744 mm. ที่เป็นปัจจัยร่วมที่มีผลต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศคือความเย็นที่ 1.815E+04 บีทียู กำลังไฟฟ้าอยู่ที่ 1469.7283 วัตต์และค่าความพึงพอใจที่ 61%

4.4 ทดสอบประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศเพื่อให้ได้รับการรับรองมาตรฐานประหยัดไฟฟ้า

นำเครื่องปรับอากาศที่ได้จากการผลิตด้วยระดับปัจจัยที่เหมาะสมแล้วนั้นไปทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศเพื่อให้ได้รับรองมาตรฐานการประหยัดไฟฟ้าเพื่อได้ฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ของหน่วยงานกฟผ. เพื่อเป็นการการันตีคุณภาพเครื่องปรับอากาศก่อนออกสู่ตลาดต่อไป

การทดสอบประสิทธิภาพคือความเย็น (บีทียู) / กำลังไฟฟ้า (วัตต์) เท่ากับ ค่าEER (ค่าทดสอบความเย็นและกำลังไฟฟ้าโดยนำความเย็นที่ได้หารกับกำลังไฟฟ้าที่ใช้) ซึ่งต้องเป็นค่าที่มากกว่า 12 หน่วยขึ้นไป ถึงจะได้รับฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5

นำระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่ได้มาทำการทดสอบความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ โดยทำการทดสอบซ้ำ 4 เครื่อง ครั้งละ 5 ครั้ง ได้ทั้งหมด 20 ซ้ำการทดสอบ ดังตารางที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ปัจจัยที่เหมาะสมมาทำการทดสอบความเย็นและกำลังไฟฟ้า

ตัวอย่าง	ชนิดคอมเพรสเซอร์ GJS196PAA	ปริมาณสารทำความเย็น 750	ขนาดคอยล์เย็นแบบ P5 1R + P7 1R 744mm	ความเย็น (กำลังความเย็นต่อชั่วโมง)	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	EER (มากกว่า 12)
1	1	750	-1	18,000	1,465	12.29*
2	1	750	-1	18,000	1475	12.20*
3	1	750	-1	18,000	1,460	12.33*
4	1	750	-1	18,350	1,465	12.53*
5	1	750	-1	18,120	1,460	12.41*
6	1	750	-1	18,250	1,460	12.50*
7	1	750	-1	18,030	1,460	12.35*
8	1	750	-1	18,000	1475	12.20*
9	1	750	-1	17,965	1475	12.18*
10	1	750	-1	18,000	1,460	12.33*
11	1	750	-1	18,000	1475	12.20*
12	1	750	-1	17,859	1475	12.11*
13	1	750	-1	18,000	1,460	12.33*
14	1	750	-1	18,000	1,465	12.29*
15	1	750	-1	18,100	1,460	12.40*
16	1	750	-1	18,190	1,460	12.46*
17	1	750	-1	18,300	1,460	12.53*
18	1	750	-1	18,000	1475	12.20*
19	1	750	-1	17,890	1,465	12.21*
20	1	750	-1	18,250	1,460	12.50*

*คือค่าที่ได้การรับรองมาตรฐานประหยัดไฟฟ้าเพื่อได้รับฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ซึ่งค่า EER คือค่าทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศมาจากความเย็น/กำลังไฟฟ้า

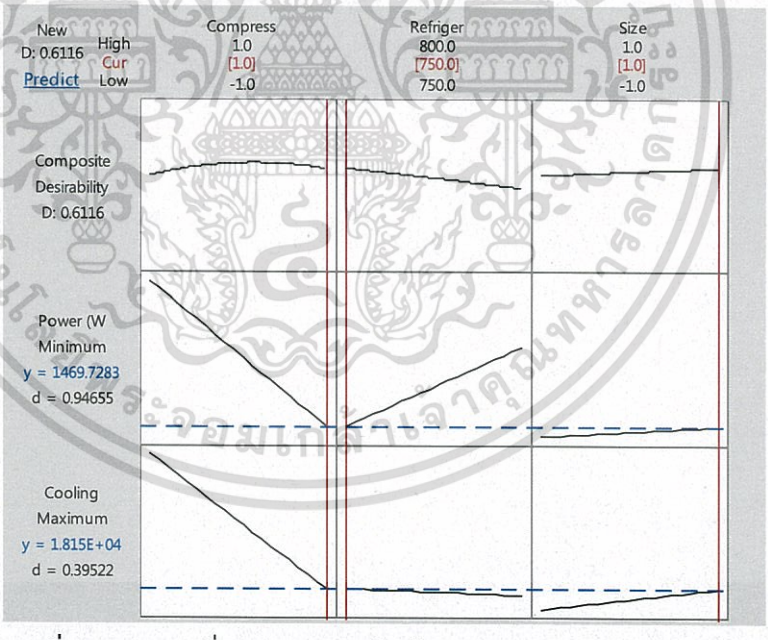
จากตารางที่ 4.4 คือความเย็นและกำลังไฟฟ้าใหม่จากการใช้ระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่ได้จากการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับและทำการวิเคราะห์ถดถอยพหุ (Multiple Regression Analysis) จากนั้นนำมาหาค่าความพึงพอใจ (Desirability Function) แล้วนั้น ทำให้การทดสอบความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศถึงเกณฑ์มาตรฐานของการประหยัดไฟฟ้าคือค่า EER มากกว่า 12 หน่วย เป็นการการันตีคุณภาพได้แล้วว่าเครื่องปรับอากาศนี้มีคุณภาพและประหยัดไฟฟ้าอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์คือการศึกษาหาปัจจัยที่มีผลต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนขนาด 18,000 บีทียู จากการศึกษาข้อมูลทำให้ได้เลือกวิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับช่วยในการออกแบบการทดลองเพื่อนำไปวิเคราะห์ถดถอยพหุ (Multiple Regression Analysis) เพื่อหาปัจจัยร่วมที่มีอิทธิพลต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ จากนั้นนำไปหาค่าความพึงพอใจของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเครื่องปรับอากาศ โดยตัวแปรอิสระที่มีระดับปัจจัย 2 ระดับ มีผลต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้านั้นคือ รุ่นคอมเพรสเซอร์มี 2 รุ่นคือ GJS208PAA และ GJS196PAA ปริมาณสารทำความเย็นมี 2 ปริมาณ คือ 750 กรัมและ 800 กรัมและขนาดของคอยล์เย็นคือ P5 2R +P7 1R 744mm. และ P5 1R +P7 1R 744mm. ซึ่งค่าความพึงพอใจโดยใช้หลักการค่ากลางที่ดีที่สุดทำให้ได้ระดับปัจจัยของความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 สภาวะที่เหมาะสมของปัจจัยจากการหาค่าความพึงพอใจ

จากรูปที่ 5.1 สามารถเขียนสรุปได้ดังตารางที่ 5.1 คือคอมเพรสเซอร์รุ่น GJS196PAA ปริมาณสารทำความเย็นที่ 750 และขนาดของคอยล์เย็นแบบ P5 1R +P7 1R 744mm ที่เป็นปัจจัยร่วมที่มีผลต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศคือความเย็นที่ 1.815E+04 บีทียู กำลังไฟฟ้าอยู่ที่ 1469.7283 วัตต์และค่าความพึงพอใจที่ 61%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 ปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตามคือความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

ปัจจัย	ระดับของปัจจัย	ระดับปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตาม
คอมเพรสเซอร์	GJS208PAA, GJS196PAA	GJS196PAA
ปริมาณสารทำความเย็น	750, 800	750
ขนาดคอยล์เย็น	P5 2R +P7 1R 744mm, P5 1R +P7 1R 744mm	P5 1R +P7 1R 744mm

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. สามารถนำปัจจัยร่วมที่ได้จากการทำงานวิจัยครั้งนี้เป็นต้นแบบในการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศขนาดอื่นๆได้อีก เช่น ขนาด 9,000 12,000 และ 24,000 บีทียู

2. สามารถศึกษาในเรื่องของการเพิ่มระดับของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตามที่มากกว่า 2 ระดับ เช่น การเพิ่มรุ่นของคอมเพรสเซอร์ในการหาคอมเพรสเซอร์ที่มีผลต่อตัวแปรตามรวมไปถึงการเพิ่มลดปริมาณสารทำความเย็นได้เพื่อให้ได้ระดับปริมาณสารทำความเย็นที่มีผลต่อตัวแปรตามที่ดีที่สุด อีกทั้งในเรื่องของการปรับตั้งค่าขนาดคอยล์เย็นได้เพื่อค้นหาขนาดของคอยล์เย็นที่เหมาะสมกับตัวแปรตามของการทดสอบความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศต่อไป

3. ขยายผลการหาปัจจัยเพิ่มเติมที่มากกว่า 3 ปัจจัยของงานวิจัยนี้ อาจจะมาจากส่วนงานของการประกอบชิ้นส่วนที่อาจจะส่งผลต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

4. สามารถเพิ่มปัจจัยอื่นๆเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องเข้ามาร่วมศึกษาและวิเคราะห์ผลต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศได้ เช่น ห้องทดสอบความเย็นที่มีทั้งอุณหภูมิห้อง ความชื้นสัมพัทธ์ในห้องทดสอบเครื่องปรับอากาศ เป็นต้น เพื่อใช้ในงานวิจัยครั้งต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์และประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา. 2551. **การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง.**กรุงเทพฯ : ท้อป

วิชุฎา สัตยารัฐ. 2554. **การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบและหาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนยึดติดด้านขั้วลบในการผลิตตัวเก็บประจุโดยใช้หลักการการออกแบบการทดลอง.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การุณ เทพทวีและธีรเดช วุฒิพรพันธ์. 2556. **การปรับปรุงค่าการทำความเย็นของคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบโดยการใช้วิธีการออกแบบการทดลอง.** วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 23 ฉบับที่ 1 ม.ค. – เม.ย

วิฑูลย์ ภักดีศรี. 2556. **การศึกษาหาสภาวะการการทำงานที่เหมาะสมในด้านการประหยัดพลังงานสำหรับเครื่องดักฝุ่นแบบถุงกรองในอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเคมี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

โสภิดา ท้วมมี. 2550. **การลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตพลาสติกแผ่น โดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง กรณีศึกษาบริษัทในอุตสาหกรรมผลิตพลาสติก.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

พรรณทิพย์ แสงสุขเอี่ยมและราตรี ซุ่ยหิรัญ. 2558. **การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีย้อมจากกลีบดอกอัญชันโดยใช้พื้นที่ผิวตอบสนอง.** การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ครั้งที่ 7 ระหว่างวันที่ 30-31 เมษายน

อดุลย์ จิตรอารี. 2555. **การออกแบบการทดลองเพื่อการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเสียรูปในการจำลองกระบวนการฉีดชิ้นส่วนพลาสติก เอบีเอส.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

พิชญ์พิมน กาญจนสุทธิแสง. 2555. **การปรับปรุงกระบวนการผลิตแผงวงจรไฟฟ้าชนิดอ่อนด้วยตัวแบบการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของผลตอบสนองที่มีข้อจำกัดเชิงเส้นตรงชนิดปรับเปลี่ยนได้.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาณุเดช แสงสีดำ ปริญญา ศรีสัตยกุล นภดล บุตรเครือและนันทวัฒน์ จินดากูล.2555. **การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการขึ้นรูปลวดทำความร้อน.** การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ 17 -19 ตุลาคม.

ทรงศิริ แต้สมบัติ. 2548. **การวิเคราะห์การถดถอย Regression Analysis.** กรุงเทพ

จรัญ จันทรลักขณา. 2540. **สถิติ วิธีวิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย.** โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด

อดิศัย โทวิชา. 2551. **การวิคราะห์การถดถอย.** กรุงเทพ

มินิแทบ 16. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพ

ชูชาติ อารีจิรานุสรณ์. 2559. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://home.kku.ac.th/chuare/12/coolingsystem.pdf

ทฤษฎี ฟังก์ชันความพึงพอใจ (Desirability Function). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://digi.library.tu.ac.th/thesis/en/0510/03chapter2.pdf

Patricia L. Lang, Benjamin I. Miller, and Abigail T. Nowak. 2006. **Introduction to the Design and Optimization of Experiments Using Response Surface Methodology.** Department of Chemistry Ball State University. Report NO. 47306.

Myers R.H. and Montgomery D.C. 2002. **Response Surface Methodology Process and Product Optimization Using Designed Experiments,** 2nd ed. Wiley Interscience, New York.

Diamante L.M. and Yamaguchi Y. 2012. **Response surface methodology for optimization of hot air drying of blackcurrant concentrate infused apple cubes.** Department of Wine, Food and Molecular Biosciences, Lincoln University, Christchurch, New Zealand.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์หาปัจจัยโดยใช้เทคนิคแฟคทอเรียลแบบสองระดับ

Compressor	Refrigerent	Size	Cooling	Power (Watt)	StdOrder	RunOrder	Blocks	CenterPt
-1	800	1	18,671	1,624	1	1	1	1
-1	800	1	18,700	1,625	2	2	1	1
-1	800	1	18,810	1,620	3	3	1	1
-1	800	1	18,605	1,619	4	4	1	1
-1	800	1	18,650	1,630	5	5	1	1
-1	750	-1	18,600	1,598	6	6	1	1
-1	750	-1	18,470	1,590	7	7	1	1
-1	750	-1	18,350	1,586	8	8	1	1
-1	750	-1	18,520	1,598	9	9	1	1
-1	750	-1	18,350	1,585	10	10	1	1
-1	800	-1	18,800	1,613	11	11	1	1
-1	800	-1	18,700	1,635	12	12	1	1
-1	800	-1	18,950	1,642	13	13	1	1
-1	800	-1	18,700	1,640	14	14	1	1
-1	800	-1	18,750	1,642	15	15	1	1
-1	750	1	18,900	1,580	16	16	1	1
-1	750	1	18,850	1,575	17	17	1	1
-1	750	1	18,950	1,565	18	18	1	1
-1	750	1	18,920	1,585	19	19	1	1
-1	750	1	18,955	1,590	20	20	1	1
1	750	-1	18,100	1,470	21	21	1	1
1	750	-1	18,100	1,460	22	22	1	1
1	750	-1	18,350	1,475	23	23	1	1
1	750	-1	18,120	1,460	24	24	1	1
1	750	-1	18,250	1,465	25	25	1	1
1	800	-1	18,030	1,490	26	26	1	1
1	800	-1	17,965	1,510	27	27	1	1
1	800	-1	17,859	1,495	28	28	1	1
1	800	-1	18,100	1,510	29	29	1	1
1	800	-1	17,620	1,495	30	30	1	1
1	750	1	17,900	1,470	31	31	1	1
1	750	1	17,890	1,460	32	32	1	1
1	750	1	18,050	1,475	33	33	1	1
1	750	1	18,190	1,460	34	34	1	1
1	750	1	18,050	1,465	35	35	1	1
1	800	1	18,200	1,542	36	36	1	1
1	800	1	18,300	1,530	37	37	1	1
1	800	1	18,350	1,520	38	38	1	1
1	800	1	18,250	1,535	39	39	1	1
1	800	1	18,150	1,529	40	40	1	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ปัจจัยจากการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับ

FITS1	FITS2	COEF1	COEF2	EFFE1	EFFE2
18,687.2	1,623.575	18,400.63	1,548.922		
18,687.2	1,623.575	-309.425	-58.1217	-618.85	-116.243
18,687.2	1,623.575	7.375	23.37195	14.75	46.74391
18,687.2	1,623.575	66.425	1.021953	132.85	2.043906
18,687.2	1,623.575	-16.175	1.428047	-32.35	2.856094
18,458	1,591.199	-24.625	6.778047	-49.25	13.55609
18,458	1,591.199	-5.825	4.071713	-11.65	8.143426
18,458	1,591.199	131.625	3.728287	263.25	7.456574
18,458	1,591.199				
18,458	1,591.199				
18,780	1,,634.4				
18,780	1,634.4				
18,780	1,634.4				
18,780	1,634.4				
18,780	1,634.4				
18,915	1,579				
18,915	1,579				
18,915	1,579				
18,915	1,579				
18,915	1,579				
18,184	1,466				
18184	1,466				
18,184	1,466				
18,184	1,466				
18,184	1,466				
17,914.8	1,500				
17,914.8	1,500				
17,914.8	1,500				
17,914.8	1,500				
17,914.8	1,500				
18,016	1,466				
18,016	1,466				
18,016	1,466				
18,016	1,466				
18,016	1,466				
18,250	1,531.2				
18,250	1,531.2				
18,250	1,531.2				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Factorial Regression: Cooling versus Compressor, Refrigerent, Size

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	7	4737504	676786	54.34	0.000
Linear	3	4008420	1336140	107.27	0.000
Compressor	1	3829753	3829753	307.47	0.000
Refrigerent	1	2176	2176	0.17	0.679
Size	1	176491	176491	14.17	0.001
2-Way Interactions	3	36078	12026	0.97	0.421
Compressor*Refrigerent	1	10465	10465	0.84	0.366
Compressor*Size	1	24256	24256	1.95	0.172
Refrigerent*Size	1	1357	1357	0.11	0.743
3-Way Interactions	1	693006	693006	55.64	0.000
Compressor*Refrigerent*Size	1	693006	693006	55.64	0.000
Error	32	398578	12456		
Total	39	5136081			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
111.604	92.24%	90.54%	87.87%

Coded Coefficients

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		18400.6	17.6	1042.75	0.000	
Compressor	-618.9	-309.4	17.6	-17.53	0.000	1.00
Refrigerent	14.7	7.4	17.6	0.42	0.679	1.00
Size	132.8	66.4	17.6	3.76	0.001	1.00
Compressor*Refrigerent	-32.3	-16.2	17.6	-0.92	0.366	1.00
Compressor*Size	-49.2	-24.6	17.6	-1.40	0.172	1.00
Refrigerent*Size	-11.6	-5.8	17.6	-0.33	0.743	1.00
Compressor*Refrigerent*Size	263.3	131.6	17.6	7.46	0.000	1.00

Regression Equation in Uncoded Units

Cooling = 18172 + 192 Compressor + 0.295 Refrigerent + 247 Size
- 0.647 Compressor*Refrigerent - 4105 Compressor*Size -
0.233 Refrigerent*Size+ 5.265 Compressor*Refrigerent*Size

รูปที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับจากปัจจัยที่มีผลต่อความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Factorial Regression: Power (Watt) versus Compressor, Refrigerent, Size

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	7	160155	22879	337.70	0.000
Linear	3	157017	52339	772.52	0.000
Compressor	1	135125	135125	1994.43	0.000
Refrigerent	1	21850	21850	322.50	0.000
Size	1	42	42	0.62	0.438
2-Way Interactions	3	2582	861	12.71	0.000
Compressor*Refrigerent	1	82	82	1.20	0.281
Compressor*Size	1	1838	1838	27.12	0.000
Refrigerent*Size	1	663	663	9.79	0.004
3-Way Interactions	1	556	556	8.21	0.007
Compressor*Refrigerent*Size	1	556	556	8.21	0.007
Error	32	2168	68		
Total	39	162323			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
8.23113	98.66%	98.37%	97.91%

Coded Coefficients

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		1548.92	1.30	1190.15	0.000	
Compressor	-116.24	-58.12	1.30	-44.66	0.000	1.00
Refrigerent	46.74	23.37	1.30	17.96	0.000	1.00
Size	2.04	1.02	1.30	0.79	0.438	1.00
Compressor*Refrigerent	2.86	1.43	1.30	1.10	0.281	1.00
Compressor*Size	13.56	6.78	1.30	5.21	0.000	1.00
Refrigerent*Size	8.14	4.07	1.30	3.13	0.004	1.00
Compressor*Refrigerent*Size	7.46	3.73	1.30	2.86	0.007	1.00

Regression Equation in Uncoded Units

Power (Watt) = 824.4 - 102.4 Compressor + 0.9349 Refrigerent - 125.2 Size
+ 0.0571 Compressor*Refrigerent - 108.8 Compressor*Size
+ 0.1629 Refrigerent*Size+ 0.1491 Compressor*Refrigerent*Size

รูปที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับจากปัจจัยที่มีผลต่อความกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Response Optimization: Power (Watt), Cooling

Parameters

Response	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Importance
Power (Watt)	Minimum		1460	1642	1	1
Cooling	Target	17620	18000	18955	1	1

Solution

Solution	Compressor	Refrigerent	Size	Power (Watt) Fit	Cooling Fit	Composite Desirability
1	1	750	1	1466	18016	0.975106

Multiple Response Prediction

Variable	Setting
Compressor	1
Refrigerent	750
Size	1

Response	Fit	SE Fit	95% CI	95% PI
Power (Watt)	1466.00	3.68	(1458.50, 1473.50)	(1447.63, 1484.37)
Cooling	18016.0	49.9	(17914.3, 18117.7)	(17767.0, 18265.0)

Optimization Plot

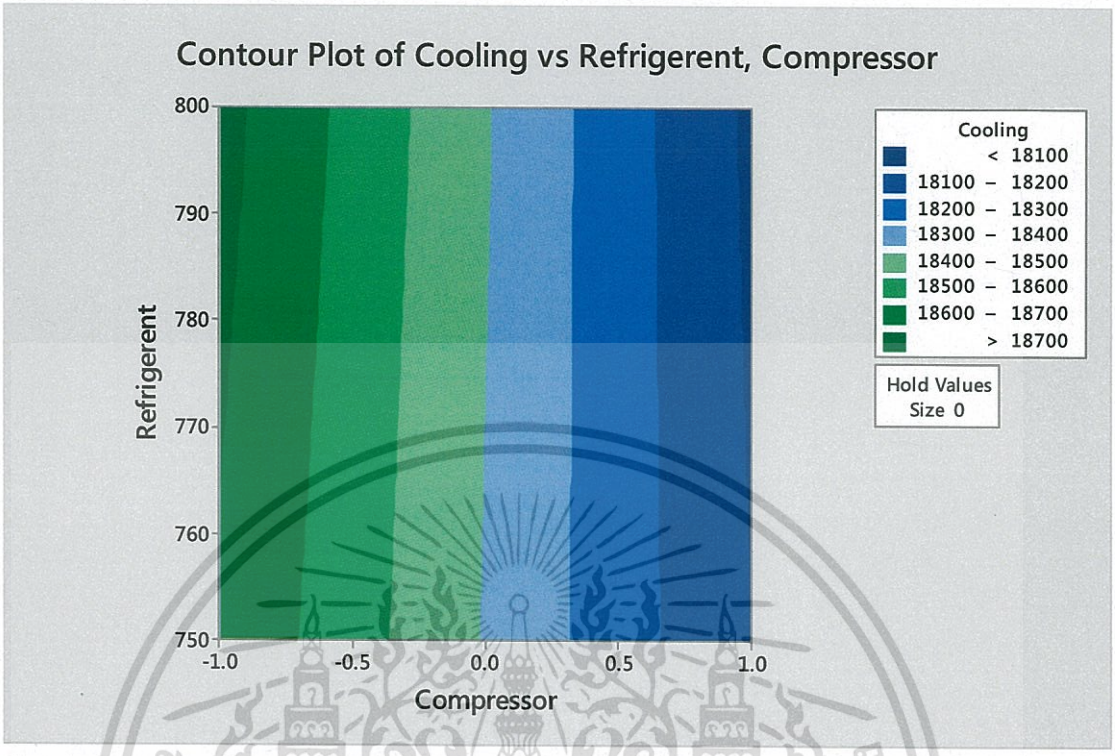
Response Optimization: Power (Watt), Cooling

Parameters

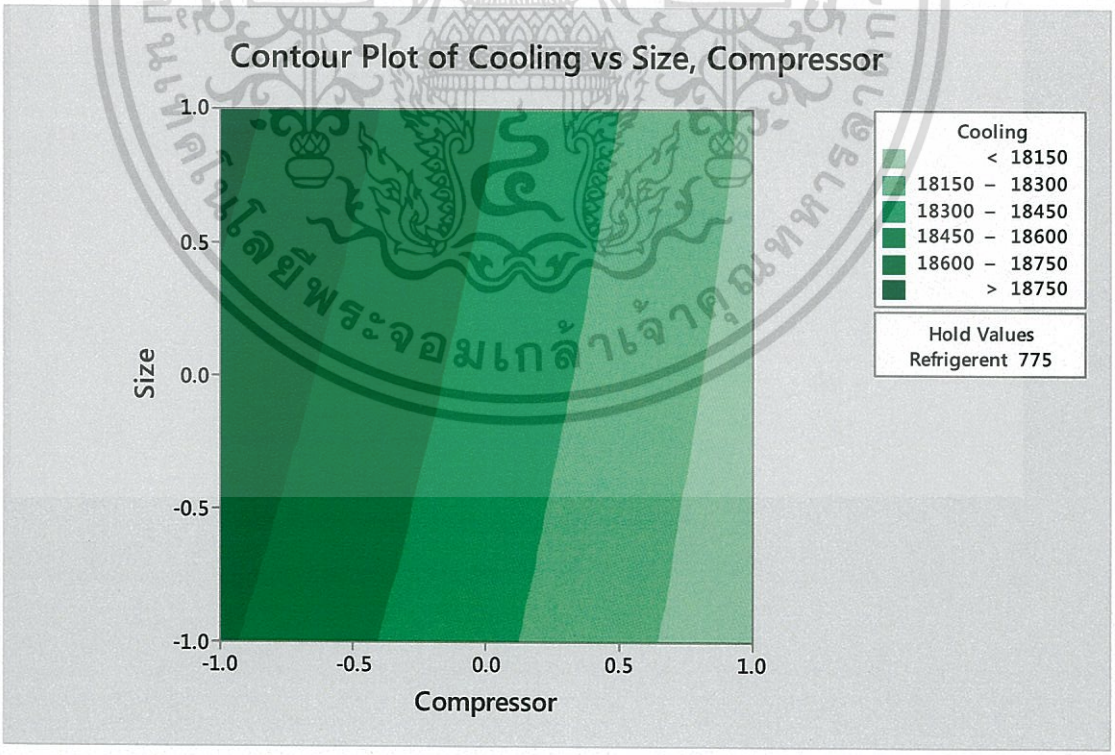
Response	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Importance
Power (Watt)	Minimum		1460	1642	1	1
Cooling	Target	17620	18000	18955	1	1

รูปที่ 3 การหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่มีผลต่อความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

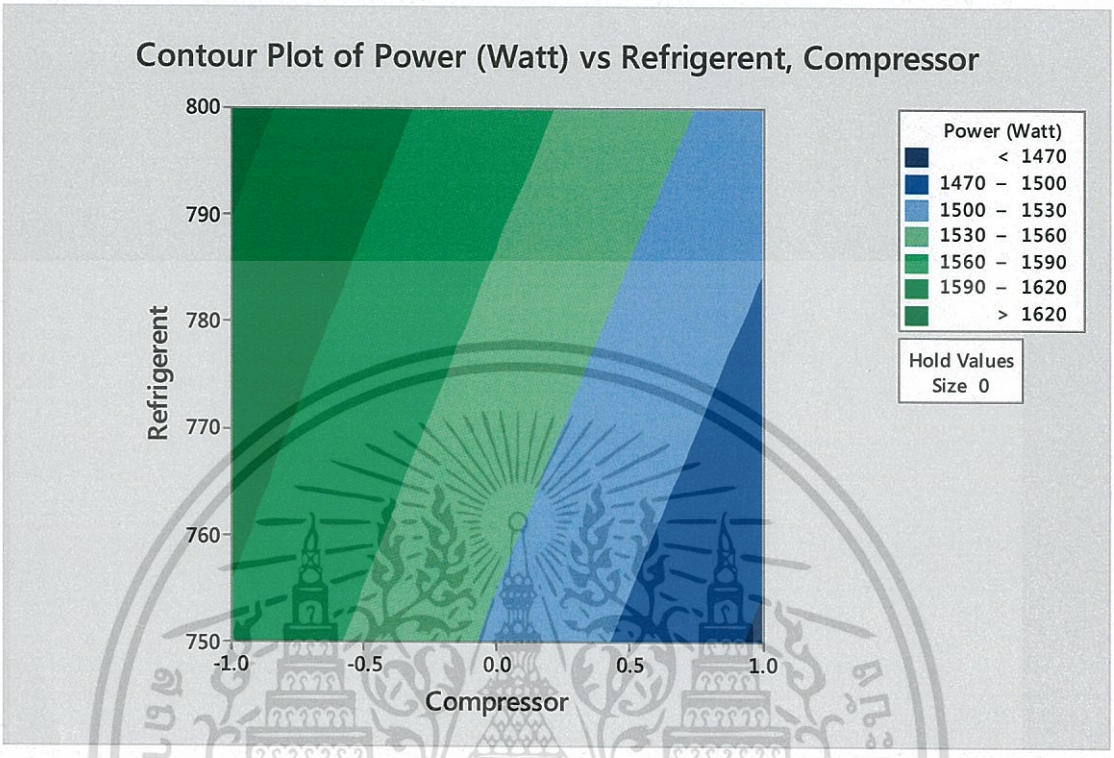


รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเย็นกับปริมาณสารทำความเย็นและคอมเพรสเซอร์

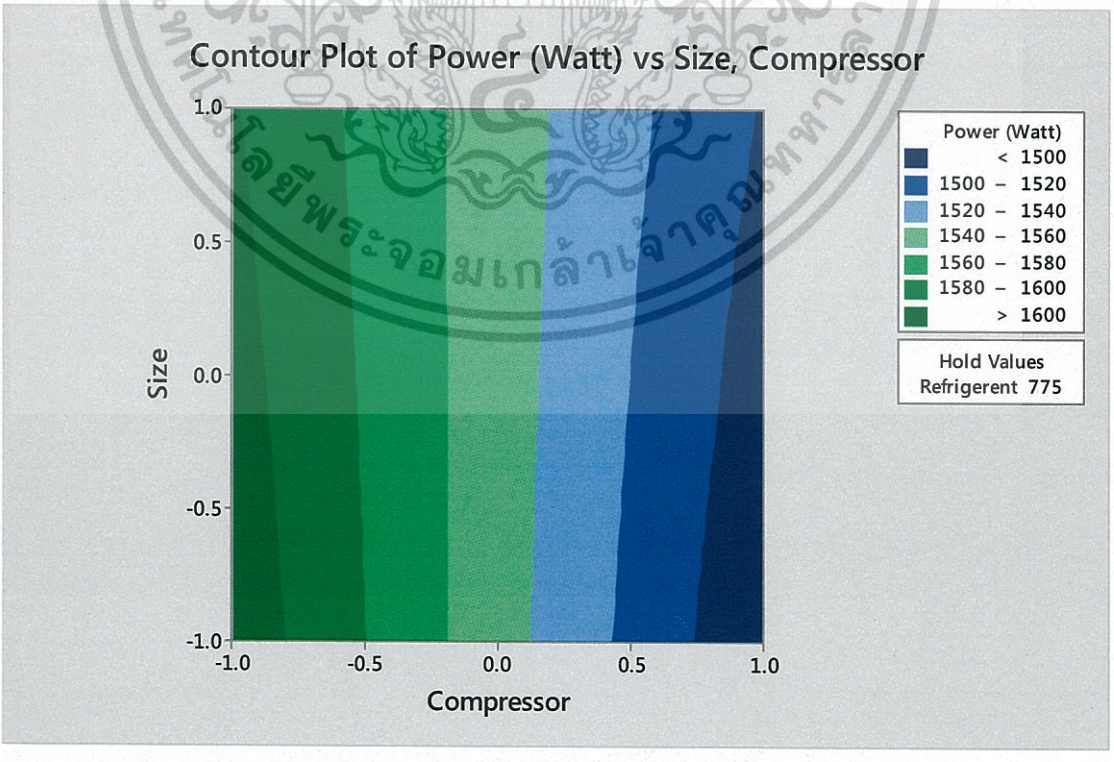


รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเย็นกับขนาดคอยล์เย็นและคอมเพรสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

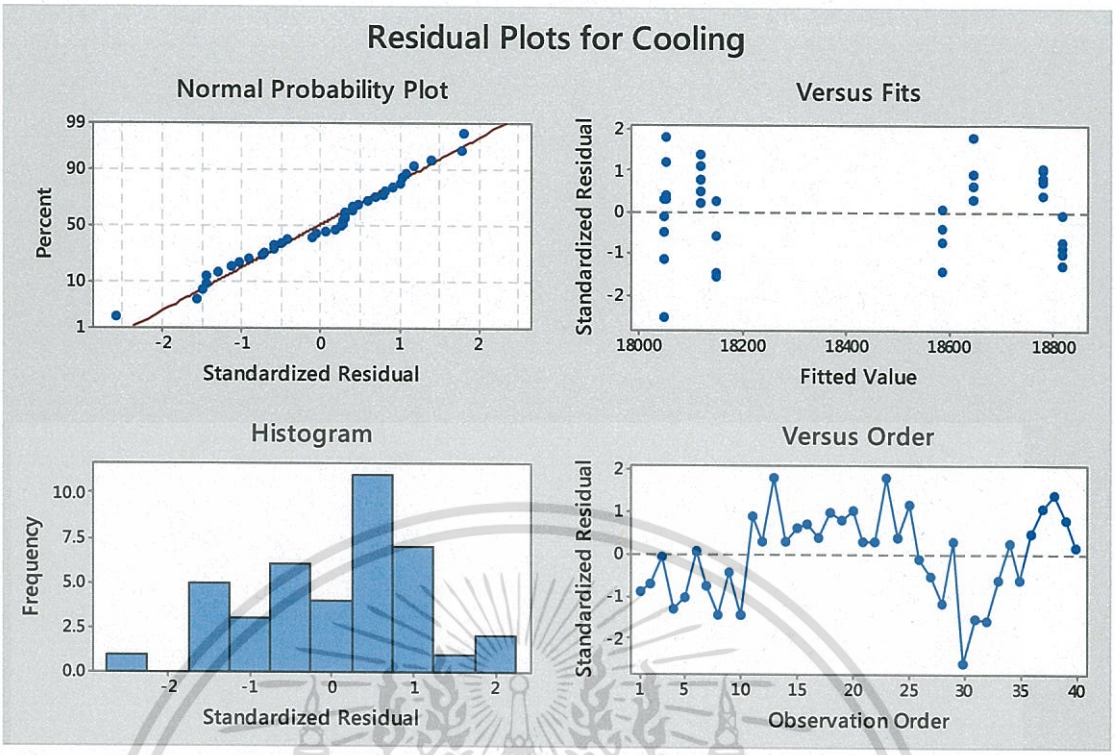


รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับปริมาณสารทำความเย็นและคอมเพรสเซอร์

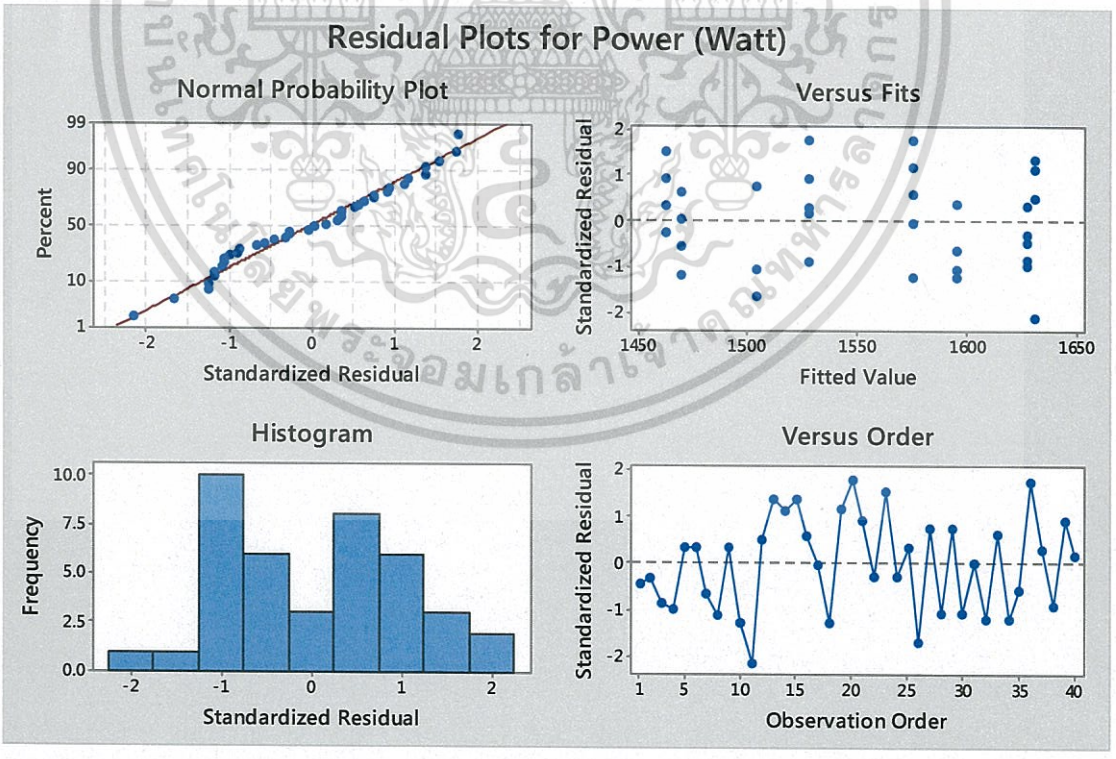


รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับขนาดคอยล์เย็นและคอมเพรสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8 ลักษณะความสัมพันธ์ของกราฟต่างๆระหว่างความเย็นกับคอมเพรสเซอร์ ปริมาณสารทำความเย็นและขนาดคอยล์เย็น



รูปที่ 9 ลักษณะความสัมพันธ์ของกราฟต่างๆระหว่างกำลังไฟฟ้ากับคอมเพรสเซอร์ ปริมาณสารทำความเย็นและขนาดคอยล์เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวปิยะนุช ทองนาค
วัน เดือน ปี	22 มกราคม 2530
ที่อยู่ปัจจุบัน	45/13 ม.8 ต.บึง อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20230
	โทร 089-601-0588 E-Mail: salee_fever@hotmail.com
ประวัติการศึกษา	พ.ศ.2552 การจัดการบัณฑิต สาขาโลจิสติกส์ เกรดเฉลี่ย 2.43
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
	พ.ศ.2559 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์
	เกรดเฉลี่ย 3.00 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้