



ปีการศึกษา 2540

การศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานในโรงงานปั่นด้าย และการสร้าง
โปรแกรมการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร
THE STUDY OF ENERGY CONSERVATION IN TEXTILE INDUSTRIAL AND THE
WAY TO WRITE OVERALL THERMAL TRANSMITTANCE VALUE PROGRAM



โดย
นายชวโน ศศิวงศ์ภักดี
นายณัฐพงษ์ เอกวินัย
นายอนุชพงศ์ เศรษฐศิลา
นายสมาน รักปัญญา

วัน เดือน ปี.....5.ค.ค.2541
เลขทะเบียน.....038481
เลขเรียกหนังสือ.....T 400๒๑1๙๙

อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ.มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

038481

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2540

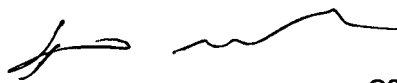
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานในโรงงานปั่นด้าย และการสร้างโปรแกรม
การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร

ผู้จัดทำ

1. นายชวโน ศศิวงศ์ภักดี
2. นายณัฐพงษ์ เอกวินัย
3. นายดนุชพงศ์ เศวดศิลา
4. นายสมาน รักปัญญา



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานในโรงงานปั้นด้าย และการสร้าง
โปรแกรมการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร

นายชวนใน ศศิวงศ์ภักดี

นายณัฐพงษ์ เอกวินัย

นายดนุชพงศ์ เศวตศิลา

นายสมาน รักปัญญา

ผศ.มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2540

บทคัดย่อ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาถึงทฤษฎี และแนวทางการประหยัดพลังงานในระบบต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม โดยใช้โรงงานปั้นด้ายแห่งหนึ่งเป็นต้นแบบในการศึกษาซึ่งได้แก่ ทฤษฎี และแนวทางการประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่างรวมถึงข้อมูลอุปกรณ์ที่ใช้ ระบบปรับอากาศแบบห้องล่างอากาศ การปรับปรุงโครงสร้างโรงงานและสภาพแวดล้อมรอบๆ โรงงาน การใช้งานหม้อไอน้ำ การใช้งานเครื่องจักรต่างๆ ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด การแก้ไขค่าตัวประกอบกำลัง การควบคุมพลังงานไฟฟ้าสูงสุด ระบบการผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม การเขียนโปรแกรมคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อน การวิเคราะห์ค่าที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อน และกฎหมายการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม อันจะเป็นแนวทางให้ผู้ประกอบการโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ นำไปออกแบบ และใช้งานกับอุตสาหกรรมของตน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE STUDY OF ENERGY CONSERVATION IN TEXTILE INDUSTRIAL AND THE
WAY TO WRITE OVERALL THERMAL TRANSMITTANCE VALUE PROGRAM

Chavano Sasiwongbhakdi

Nuttapong Ekvinaï

Danuchpong Savetsila

Samann Rukpunya

Assc. Prof. Monthon Leelajindakrairerk Advisor

1997

ABSTRACT

This thesis presents the study and theory of the approach to save energy in the system in industrial factory. This research use the textile industrial factory as our model to study the theory and the mean to save energy in lighting system including information and equipment that use in air washer system, the designation of the factory structure and its environment, the mean to use a steam boiler, the mean to use a kiln, the way to correct the value of power factor, the peak demand control, the co-generator system, the way to write program that can calculate overall thermal transmittance value, the analysis of the value that relate to overall thermal transmittance value and the law about conservation of the energy in industrial factory .We hope that our thesis will be useful for the industrial enterprise to design and apply to their industry.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
สารบัญรูป	III
สารบัญตาราง	IV
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 การออกแบบโครงสร้างและสิ่งแวดล้อมภายนอก	3
2.2 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคาร	6
2.3 การประหยัดพลังงานในระบบหม้อแปลงไฟฟ้า	15
2.4 ระบบแสงสว่าง	21
2.5 การประหยัดพลังงานในระบบไอน้ำ	35
2.6 การเผาไหม้	41
2.7 การประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ	45
2.8 การผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมกับโรงงานอุตสาหกรรม	49
2.9 การประหยัดของมอเตอร์ไฟฟ้า	58
2.10 การลดค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด	64
2.11 การปรับปรุงแก้ไขตัวประกอบกำลัง	69
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	76
3.1 การเขียนโปรแกรมหาค่า OTTV	76
3.2 การคำนวณและแสดงการนำตัวเก็บประจุมาเพิ่มค่าตัวประกอบกำลัง และลดปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้า	81
3.3 การคำนวณระบบแสงสว่างในโรงงานปั้นด้าย	83
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	87
4.1 การทดสอบโปรแกรม OTTV	87
4.2 การวิเคราะห์ค่าต่างๆ ในโปรแกรม OTTV	102
4.3 การปรับปรุงค่า OTTV ในโรงงานปั้นด้าย	106
4.4 การทดสอบวัดค่าลูเมนเอทพุทของหลอดฟลูออเรสเซนต์เมื่อใช้ร่วมกับบัลลาสต์	117

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	120
5.1 สรุปผลของการใช้โปรแกรม OTTV	120
5.2 สรุปผลการวิเคราะห์ค่าต่างๆ ในสมการ OTTV	122
5.3 สรุปผลการปรับปรุงโครงสร้างโรงงานปั้นด้าย	123
5.4 สรุปการใช้ตัวเก็บประจุแก้ค่าตัวประกอบกำลังและลดค่าการใช้กำลังไฟฟ้า	123
5.5 สรุปผลการทดลองระบบแสงสว่างใหม่	125

ภาคผนวก ก

ภาคผนวก ข

ภาคผนวก ค

ภาคผนวก ง

กิตติกรรมประกาศ

เอกสารอ้างอิง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

	หน้า	
รูปที่ 2.1	การสูญเสียในฮีสเตอร์ซิส	16
รูปที่ 2.2	ฮีสเตอร์ซิสรูป	17
รูปที่ 2.3	เอ็ดดี้เคอร์เร็นท์ลอส	18
รูปที่ 2.4	ความสัมพันธ์ระหว่างการสูญเสียในแกนเหล็ก การสูญเสียในทองแดง และประสิทธิภาพของหม้อแปลง	19
รูปที่ 2.5	ตัวควบคุมวงจรไฟฟ้า	23
รูปที่ 2.6	แผงควบคุมการหรีไฟ	24
รูปที่ 2.7	การใช้สวิตช์เวลาซึ่งตอนเปิดจะใช้มือและตอนปิดใช้สวิตช์เวลาเป็นตัวปิด	26
รูปที่ 2.8	แสดงหลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง	28
รูปที่ 2.9	แสดงหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์	29
รูปที่ 2.10	แสดงหลอดฟลูออเรสเซนต์รูปตัวยู	30
รูปที่ 2.11	แสดงหลอดฟลูออเรสเซนต์รูปตัวยูสองหลอด	31
รูปที่ 2.12	แสดงหลอดความดันไอโซเดียมสูง	33
รูปที่ 2.13	ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์และเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกิน	41
รูปที่ 2.14	ลักษณะการใช้พลังงานของโรงงานก่อนการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม	49
รูปที่ 2.15	ลักษณะการใช้พลังงานของโรงงานก่อนการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม	50
รูปที่ 2.16	วัฏจักรบน	50
รูปที่ 2.17	วัฏจักรล่าง	51
รูปที่ 2.18	แสดงลักษณะของกังหันไอน้ำชนิดความดันได้	52
รูปที่ 2.19	แสดงลักษณะของกังหันไอน้ำชนิดความดันได้ตัดตอนไอน้ำ	53
รูปที่ 2.20	วัฏจักรบนของกังหันก๊าซ	54
รูปที่ 2.21	วัฏจักรรวมของกังหันก๊าซ	54
รูปที่ 2.22	วัฏจักรบนของเครื่องยนต์สันดาปภายใน	55
รูปที่ 2.23	แสดงการลดความต้องการไฟฟ้าสูงสุดโดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นฐานของ	66
รูปที่ 2.24	แสดงการใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ไฟดับไม่ได้	67
รูปที่ 2.25	ส่วนประกอบสำคัญของเครื่องคอมพิวเตอร์	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.26	แสดงกำลังไฟฟ้า	70
รูปที่ 2.27	ตำแหน่งที่เป็นไปได้ในการติดตั้งตัวเก็บประจุ	72
รูปที่ 2.28	มอเตอร์เหนี่ยวนำ	75
รูปที่ 3.1	แผนผังแสดงการทำงานของโปรแกรม	77
รูปที่ 3.2	แสดงลักษณะติดต่อกับผู้ใช้ของโปรแกรม	78
รูปที่ 3.3	แสดงรูปขั้นตอนการคำนวณ	80
รูปที่ 3.4	แสดงรูปแบบการแสดงผลลัพธ์ของโปรแกรม	81
รูปที่ 3.5	แสดงการนำค่าตัวเก็บประจุมาต่อเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังที่โหลดรวม ในแต่ละเซอร์กิตเบรกเกอร์	82
รูปที่ 3.6	เฟสเซอร์ไดอะแกรมของการแก้ไขค่าตัวประกอบกำลัง	82
รูปที่ 3.7	การติดตั้งหลอดไฟฟ้าโซน A	85
รูปที่ 3.8	การติดตั้งหลอดไฟฟ้าโซน B	86
รูปที่ 3.9	การติดตั้งหลอดไฟฟ้าโซน B ชั้นล่าง	86
รูปที่ 4.1	แบบแปลนทั่วไปของอาคารตัวอย่าง	88
รูปที่ 4.2	แบบแปลนทั่วไปของอาคารตัวอย่าง	89
รูปที่ 4.3	รายละเอียดของเสา ค.ส.ล	92
รูปที่ 4.4	รายละเอียดของคาน ค.ส.ล	93
รูปที่ 4.5	รายละเอียดของผนังอิฐถือปูน	93
รูปที่ 4.6	รายละเอียดของกระเบื้อง	93
รูปที่ 4.7	แสดงรูปของโปรแกรมระหว่างการกรอกข้อมูล	100
รูปที่ 4.8	แสดงผลการคำนวณเมื่อผู้ใช้ได้กรอกข้อมูลเรียบร้อยแล้ว	101
รูปที่ 4.9	กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า SC_2 เมื่อค่ามุมกำลังเปลี่ยนแปลงไป	103
รูปที่ 4.10	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างและค่า SC_2	105
รูปที่ 4.11	กราฟแสดงความสัมพันธ์ความกว้างของที่กำลังและค่า SC_2	105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.12	แสดงผลของโรงงาน	106
รูปที่ 4.13	แสดงโครงสร้างของผนังด้านที่ 1, 2, 3 และ 7	106
รูปที่ 4.14	แสดงโครงสร้างของผนังด้านที่ 4, 5 และ 6	107
รูปที่ 4.15	แสดงผลของโรงงานเมื่อปรับปรุงแล้ว	115
รูปที่ 4.16	แสดงการปรับปรุงอุปกรณ์บังคับ	116
รูปที่ 5.1	กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงของหม้อแปลงตัวที่ 1	124
รูปที่ 5.2	กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงของหม้อแปลงตัวที่ 2	124
รูปที่ 5.3	กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงของหม้อแปลงตัวที่ 3	125



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	แสดงรายการวัสดุและสีทาผนังแยกตามระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์	8
ตารางที่ 2.2	ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าผนัง	9
ตารางที่ 2.3	ค่าตัวประกอบปรับแก้	9
ตารางที่ 2.4	แสดงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ	11
ตารางที่ 2.5	ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนัง	13
ตารางที่ 2.6	ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศในช่องว่างผนัง	13
ตารางที่ 2.7	แสดงระดับความเข้มแสงในอุตสาหกรรมต่างๆ	22
ตารางที่ 2.8	แสดงความแตกต่างระหว่างหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา หลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง	28
ตารางที่ 2.9	แสดงการเปรียบเทียบขนาดและลูเมนเอาท์พุทของหลอดฟลูออเรสเซนต์เล็กกับหลอดไส้	29
ตารางที่ 2.10	แสดงการเปรียบเทียบขนาดและลูเมนเอาท์พุทของหลอดฟลูออเรสเซนต์รูปตัวยูและหลอดไส้	30
ตารางที่ 2.11	แสดงการเปรียบเทียบขนาดและลูเมนเอาท์พุทของหลอดฟลูออเรสเซนต์รูปตัวยูสองหลอดกับหลอดไส้	31
ตารางที่ 2.12	เปรียบเทียบบัลลาสต์ธรรมดา บัลลาสต์ที่สูญเสียต่ำ และบัลลาสต์	35
ตารางที่ 2.13	เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมทั้ง 3 ชนิด	56
ตารางที่ 2.14	แสดงการเปรียบเทียบ กังหันไอน้ำ กังหันก๊าซ และเครื่องยนต์สันดาปภายใน	58
ตารางที่ 2.15	แสดงวิธีควบคุมความเร็วรอบของแต่ละชนิด	60
ตารางที่ 2.16	แสดงตัวอย่างการเลือกมอเตอร์ในการประหยัดพลังงาน 50 HP 4 Pole	62
ตารางที่ 2.17	แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างมอเตอร์ทั่วไปและมอเตอร์รุ่นใหม่	62
ตารางที่ 2.18	แสดงการเปรียบเทียบมอเตอร์ขนาด 10 HP	63
ตารางที่ 4.1	แสดงรายละเอียดของอาคารตัวอย่าง	90
ตารางที่ 4.2	สรุปผลการคำนวณค่าต่างๆ ในทิศตะวันออก	97
ตารางที่ 4.3	สรุปข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์ของระบบหน้าต่าง	98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4	แสดงการคำนวณค่า OTTV	99
ตารางที่ 4.5	แสดงผลการคำนวณค่า OTTV จากโปรแกรม	101
ตารางที่ 4.6	ผลการวิเคราะห์ระหว่างมุมก้ำกับกับ SC ₂	102
ตารางที่ 4.7	ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างกับ SC ₂	104
ตารางที่ 4.8	ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างของที่ก้ำกับกับ SC ₂	104
ตารางที่ 4.9	แสดงรายละเอียดของอาคาร	107
ตารางที่ 4.10	สรุปพื้นที่ผนังอาคาร	112-113
ตารางที่ 4.11	แสดงค่าคุณสมบัติของวัสดุ	114
ตารางที่ 4.12	สรุปค่าการคำนวณ OTTV	114
ตารางที่ 4.13	แสดงผลการคำนวณค่า OTTV หลังจากได้ปรับปรุงโครงสร้าง	116
ตารางที่ 4.14	แสดงค่าความเข้มแสงที่จุดต่างๆ และค่าลูเมนรวม	118
ตารางที่ 5.1	แสดงการเปรียบเทียบผลการคำนวณโดยการคำนวณปกติและการคำนวณโดยใช้โปรแกรม	120
ตารางที่ 5.2	แสดงค่าตัวประกอบกำลังของหม้อแปลงแต่ละตัว ทั้งก่อนและหลังการปรับปรุง	123

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

พลังงานเป็นสิ่งสำคัญและหาได้ยากในปัจจุบัน พลังงานในโลกนับวันก็ยิ่งจะหมดลงไปเรื่อยๆ ถ้าไม่มีการควบคุมการใช้พลังงานงาน พลังงานก็คงจะหมดลงภายในระยะเวลาอันสั้น การใช้พลังงานใดๆ จึงควรใช้ให้คุ้มค่าและมีประสิทธิภาพสูงสุด ประกอบกับทางรัฐบาลได้ออกกฎหมายการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานขึ้น โดยกำหนดให้โรงงานที่ตรงตามพระราชกฤษฎีกานั้นเป็นโรงงานควบคุมซึ่งจะมีประโยชน์กับทั้งเจ้าของโรงงานเองและโดยส่วนรวม ทั้งนี้การตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน จะเป็นการกระตุ้นให้มีการใช้พลังงานให้มีคุณค่ามากขึ้น

วัตถุประสงค์ของโครงการนี้ คือ การศึกษา คำนวณ แนวทางการประหยัดพลังงานของระบบต่างๆ ภายในโรงงานปั่นด้าย รวมถึงการเขียนโปรแกรมเพื่อช่วยในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนที่จะใช้ในการวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนที่สัมพันธ์กับปัจจัยต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ประกอบการโรงงาน นำแนวคิดไปประยุกต์ใช้เพื่อการประหยัดพลังงานในโรงงานของตน

โครงการนี้จะศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานในโรงงานปั่นด้าย เนื่องจากอุตสาหกรรมนี้ถือเป็นอุตสาหกรรมหลักของประเทศไทยและเป็นสินค้าที่ส่งออกสู่ต่างประเทศ ขนาดของโรงงานมีขนาดใหญ่และใช้พลังงานค่อนข้างสูง การจัดการการใช้พลังงานอย่างถูกต้องจะทำให้โรงงานมีประสิทธิภาพและยังเป็นการช่วยลดการใช้พลังงานโดยส่วนรวมด้วย โดยในโครงการนี้จะแบ่งแนวการศึกษาดังนี้

1. ส่วนของโครงสร้างอาคาร และสิ่งแวดล้อมภายนอก
2. ระบบแสงสว่าง
3. ระบบปรับอากาศ
4. การประหยัดและควบคุมเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในโรงงาน
5. การสร้างโปรแกรมในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอก (OTTV) และการวิเคราะห์ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับค่าการถ่ายเทความร้อน

ส่วนของโครงสร้างอาคารและสิ่งแวดล้อม จะต้องออกแบบให้โครงสร้างของอาคารเกิดประโยชน์ในด้านต่างๆ สูงสุด ทั้งประโยชน์ทางด้านการระบายความร้อนภายในอาคาร และการใช้แสงสว่างจากธรรมชาติให้เกิดประโยชน์สูงสุด สำหรับสิ่งแวดล้อมรอบๆ อาคารโรงงานจะต้องออกแบบให้เอื้ออำนวยเพื่อให้อาคารโรงงานสามารถระบายความร้อนได้ดี ไม่ร้อน ซึ่งจะช่วยลดภาระของเครื่องปรับอากาศ ภายในโรงงานได้

ระบบแสงสว่าง สำหรับระบบแสงสว่างในโรงงานปั่นด้าย สามารถดำเนินการให้เกิดการประหยัดพลังงานได้ ตั้งแต่การออกแบบโครงสร้างของอาคารโรงงานเพื่อนำแสงสว่างจากธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ การเลือกอุปกรณ์ให้ถูกต้องและเหมาะสม การเลือกกระดุมแสงสว่างที่ใช้ในโรงงาน และการควบคุมต่างๆ ในระบบแสงสว่าง ซึ่งสิ่งต่างๆ ที่กล่าวมานี้สามารถทำให้ลดและประหยัดการใช้พลังงานในโรงงานลงได้

ระบบปรับอากาศ สำหรับระบบปรับอากาศในโรงงานปั่นด้ายนี้ จะเป็นระบบปรับอากาศแบบห้องล้างอากาศ (AIR WASHER) ซึ่งเป็นระบบที่สามารถใช้ในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงงานได้ตามต้องการ อันเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องควบคุมในโรงงานปั่นด้าย

การประหยัดและควบคุมเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ ภายในโรงงาน ซึ่งประกอบด้วย การติดตั้งและควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า การเลือกและการใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้า การแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังในภาระต่างๆ การควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด ซึ่งเครื่องจักรและอุปกรณ์เหล่านี้เป็นภาระหลักทางไฟฟ้าสำหรับโรงงานปั่นด้าย ดังนั้นถ้าสามารถลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องจักรได้จะสามารถลดพลังงานลงได้มาก

ในโรงงานที่เป็นระบบปิด คือมีการใช้เครื่องปรับอากาศภายในโรงงาน ใหลดส่วนใหญ่ของโรงงานมากกว่า 40% เป็นใหลดจากเครื่องปรับอากาศ ฉะนั้นการพิจารณาค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคารจึงเป็นสิ่งที่จะต้องให้ความสำคัญเพราะมีผลต่อใหลดของเครื่องปรับอากาศ การคำนวณพิจารณาค่าการถ่ายเทความร้อนนั้นมีการคำนวณที่เยอะและค่อนข้างซับซ้อน ในโครงการนี้จึงได้มีการสร้างโปรแกรมเพื่อช่วยในการคำนวณค่านี้ขึ้น เพื่อช่วยให้การคำนวณทำได้สะดวกและรวดเร็วทำให้สามารถวิเคราะห์ค่าต่างๆ เพื่อตรวจสอบว่าแนวโน้มของค่าการถ่ายเทความร้อนเป็นอย่างไร ถ้ามีการเปลี่ยนโครงสร้างของอาคารนั้นๆ

บทที่ 2

ทฤษฎี หรือ หลักการ

2.1 การออกแบบโครงสร้างอาคารและสิ่งแวดล้อมภายนอก

โครงสร้างหรือรูปแบบของอาคารโรงงานเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งที่จะช่วยในการประหยัดพลังงานของอาคารโรงงานนั้น ไม่ว่าจะเป็นภาระของเครื่องทำความเย็น ภาระของระบบ แสงสว่าง ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ใช้พลังงาน ในการศึกษาในส่วนประกอบหลายประการ คือ

2.1.1 ทิศทางและการวางแนวอาคาร

เป็นสิ่งที่แรกที่จะช่วยลดความร้อนจากแสงแดด เพื่อที่จะหลีกเลี่ยงรังสีความร้อนของช่วงเวลาความร้อนสูงสุด (Overheat Period) ระหว่างเวลา 14.00-16.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่พระอาทิตย์อยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ จึงควรจัดวางอาคารด้านทิศใต้ให้เบนไปทางตะวันออกเล็กน้อย อาคารควรออกแบบให้มีสัดส่วน และรูปทรงพอเหมาะกับการระบายความร้อนและรับความร้อนเพิ่ม โดยควรกำหนดอัตราส่วน ความกว้าง : ความยาว ควรอยู่ในระหว่าง 1:1.7 – 1:3

2.1.2 แสงแดดและความร้อนที่มีผลต่อตัวอาคาร

ความร้อนและแสงแดดเป็นปัญหาที่ต้องพิจารณาในการออกแบบอาคาร ส่วนที่ได้รับแสงตรงมากที่สุด คือ ส่วนของหลังคา เพราะเป็นส่วนที่มีพื้นที่รับความร้อน (Surface of conductance) มากที่สุด ส่วนรองลงมาที่รับแสงแดดโดยตรงความร้อนจากการสะท้อน คือ ผนังทางด้านทิศใต้ ทิศตะวันตก และทิศตะวันออก ฉะนั้นควรออกแบบให้อาคารเป็นสองชั้น โดยมีพื้นที่ (Floor Area) ใช้สอยเท่ากับอาคารชั้นเดียว พื้นที่หลังคาอาคารสองชั้นย่อมน้อยกว่าอาคารชั้นเดียวครึ่งหนึ่ง ซึ่งทำให้ปริมาณของพื้นที่นำความร้อนลดลงครึ่งหนึ่งโดยประมาณ

นอกจากนั้นควรพิจารณาคุณสมบัติในการนำความร้อนของวัสดุ (Thermal Conductivity) โดยการเลือกวัสดุที่มีความหนาและความหนาแน่น เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติในการนำความร้อนช้าลง คือ การนำความร้อนจากผิวด้านนอกของวัสดุเข้าสู่ผิวด้านในมีช่วงเวลานานขึ้น ช่วงเวลานี้เรียกว่า “ช่วงชะลอเวลา”

2.1.3 การใช้ประโยชน์จากแสงแดดอย่างเต็มที่

แสงสว่างโดยธรรมชาติเป็นแหล่งกำเนิดของการส่องสว่างที่ดีที่สุด ถ้าพื้นที่หน้าต่างและพื้นที่กระจกฝ้าเปิดานทั้งหมดน้อยกว่าเศษหนึ่งส่วนสามของพื้นที่อาคารโรงงานแล้ว แสดงว่าไม่ได้ใช้ประโยชน์จากแสงแดดอย่างเต็มที่จากแสงธรรมชาติ แต่ต้องคำนึงถึงความร้อนที่มาพร้อมแสงแดดด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาหน้าต่างหรือกระจกฝ้าบานใหม่ ควรเลือกใช้หน้าต่างบานสูง เนื่องจากจะให้ความสว่างเป็นสองเท่าของหน้าต่างที่ติดตั้งต่ำ (แม้ว่าจะไม่มีอะไรวางกั้นแสงสว่างจากหน้าต่างบานต่ำๆ ก็ตาม) ถ้าโรงงานไม่มีช่องกระจกฝ้าเลย ก็ควรพิจารณาหาทางติดแผ่นพลาสติกฝ้าหรือกึ่งโปร่งแสงบนหลังหลังคา ความสกปรกหรือการขาดการทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ ทำให้แสงสว่างลดลงประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์

สีที่เลือกหรือตกแต่งเพดาน ผนัง กำแพง และอุปกรณ์ต่างๆ ก็มีผลในการให้ความสว่างอย่างมาก อาจทำให้รายจ่ายค่าไฟฟ้าลดลงได้ 25 เปอร์เซ็นต์ การเลือกสีทาสีอย่างเหมาะสมเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง เพราะทำให้ความสูญเสียจากการสะท้อนแสงลดลง แสงสว่างกระจายมากขึ้น และลดการตัดกันของความสว่างอีกด้วย ควรเลือกสีที่ใช้ทาเพดานใกล้เคียงสีขาวมากที่สุด ไม่ควรเลือกใช้สีทาสีผนังกำแพงในลักษณะสว่างจ้าหรือสีที่มันแวววาว สีที่อ่อนๆ จะดีกว่าสีขาวล้วน บริเวณที่ต่ำกว่าระดับสายตาเล็กน้อย อาจใช้เข้มกว่าก็ได้ อุปกรณ์ต่าง เช่น เครื่องจักร หรือโต๊ะงาน ควรทาสีเข้มกว่าสีกำแพง และเป็นสีที่ต่างจากสีพื้นอาคารด้วย เพื่อการมองเห็นได้ชัด

2.1.4 ผลของความร้อนที่มีต่อวัสดุก่อสร้าง

วัสดุที่ใช้เป็นผนังอาคารด้านนอกจะมีอัตราการแพร่ความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุดังนี้

- ก. ความสามารถในการนำพาความร้อน การแผ่ความร้อน หรือการคายความร้อน
- ข. ความต้านทานในการถ่ายเทความร้อน
- ค. ลักษณะผิววัสดุที่ถูกรังสีความร้อน และการสะท้อนความร้อน

ซึ่งจากคุณสมบัติวัสดุนี้จะนำไปเป็นข้อพิจารณาสำหรับการออกแบบดังนี้

1. ใช้ช่องว่างอากาศ (Air Space) เป็นฉนวนกันความร้อน โดยการกำหนดให้มีช่องว่างระหว่างผนังหลังคา กับฝ้าเพดานมีระยะห่างกันอย่างเพียงพอ หรือผนังอาคารด้านที่ได้รับแสงแดด จักควรทำเป็นผนังสองชั้น มีช่องว่างระหว่างกลางให้อากาศช่วยตัดความร้อน และให้มีการระบายอากาศในระหว่างช่องว่างอากาศด้วย

2. เลือกใช้วัสดุที่มีสีอ่อน ผิวเรียบ และสะท้อนความร้อน วัสดุที่มีสีอ่อนผิวมันเรียบ เช่น สีขาวหรือสีครีม มีคุณสมบัติสะท้อนความร้อนได้ดีและดูดความร้อนไว้ได้น้อย สีของวัสดุที่อ่อนหรือเข้ม จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนแตกต่างกัน

2.1.5 การลดปริมาณรังสีความร้อนที่ผ่านเข้าสู่อาคาร

การออกแบบอาคารควรพิจารณาป้องกันรังสีความร้อนให้เข้าสู่อาคารได้น้อยที่สุดเพื่อลดปริมาณความร้อน ซึ่งมีข้อพิจารณาดังนี้คือ รูปทรงภายนอกของอาคาร การวางอาคารให้ถูกทิศ

การใช้วัสดุที่เป็นฉนวนกันความร้อน ความสูงของอาคาร การใช้อุปกรณ์อาคารเพื่อลดความร้อนและแสงแดด การออกแบบภายในอาคารให้ประสานกับอุปกรณ์ประกอบอาคาร ซึ่งมีข้อสรุปดังนี้

1. ควรเลือกโครงร่างรอบนอกอาคาร (Building Envelop) ที่ประหยัดวัสดุก่อสร้าง ประหยัดโครงสร้างและควรกำหนดแปลนอาคารให้มีเส้นรอบรูปน้อยกว่าในพื้นที่เท่ากันและหลีกเลี่ยงไม่ให้ด้านยาวของอาคารหันไปทางทิศตะวันออกและตะวันตก ด้านแคบของอาคาร (ด้านที่หันไปทางทิศตะวันออก, ตะวันตก) ควรปิดทึบ เพื่อลดปริมาณการไหลผ่านของความร้อนเข้ามาภายในอาคาร การออกแบบอาคารควรมีช่องเปิดเพื่อรับแสงสว่างในเวลากลางวัน การป้องกันรังสีจากดวงอาทิตย์ ควรคำนึงถึงการใช้ร่มเงา (Shading) ด้วยการบังแดดจากภายนอกอาคาร การใช้อุปกรณ์ในการกำบังแดด การยื่นชายคา เป็นต้น

2. ผนังอาคารด้านนอก และวัสดุที่ทำหลังคาควรใช้สีอ่อนเพื่อสะท้อนรังสีของดวงอาทิตย์จะช่วยลดความร้อนที่เข้ามาในอาคารได้ลงมาก

3. ความสูงของห้อง ความสูงของหลังคา และจำนวนชั้นของอาคาร มีผลต่อการเพิ่มหรือลดความร้อน หลังคาเป็นส่วนของอาคารที่ได้รับรังสีความร้อนได้ ควรออกแบบรูปทรงของหลังคาที่สามารถลดปริมาณการไหลผ่านของความร้อนได้ดี และควรให้มีการระบายความร้อนใต้หลังคาเพื่อลดความร้อนที่ผ่านเพดานลงมา

4. ควรเลือกใช้วัสดุและแนวกันความร้อนและส่วนต่างๆ ของอาคารที่ได้รับความร้อนมาก ได้แก่ หลังคา ผนัง แนวกันความร้อนจะทำหน้าที่ป้องกันความร้อนให้เข้าสู่อาคารได้น้อยลงโดยการหน่วงความร้อนให้มีช่วงเวลานานขึ้น

2.1.6 สิ่งแวดล้อม

การสร้างสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมรอบๆ ตัวอาคารจะทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้ โดยการปลูกต้นไม้ พุ่มไม้ และหญ้าจะช่วยลดอันตรายจากการแผ่รังสีของแสงแดดและลมร้อน นอกจากนี้ต้นไม้จะเป็นตัวกรองฝุ่นละอองตามธรรมชาติที่จะสกัดกั้นฝุ่นละอองไม่ให้เข้าไปในอาคารโรงงาน พร้อมกับเป็นตัวสร้างเสริมสภาพแวดล้อมที่สวยงาม

ต้นไม้และพุ่มไม้ อากาศใต้ต้นไม้จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศในตอนกลางวัน เนื่องจากความเย็นที่เกิดจากการคายน้ำ (Transpiration) ของใบไม้จำนวนมาก รวมทั้งร่มเงาที่เกิดจากพุ่มไม้ซึ่งจะช่วยลดปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์ให้ตกกระทบพื้นผิวน้อยลง และยังดูดซับความร้อนจากการแผ่รังสีบางส่วน จึงควรที่จะออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานโดยใช้ต้นไม้ปลูกรอบโรงงาน เพื่อให้เกิดร่มเงาแก่พื้นผิวที่เป็นภูมิสถาปัตยกรรม พื้นผิวแข็ง (คอนกรีตที่จอตฤต) และเกิดร่มเงาแก่ผนัง แต่ควรพิจารณาระมัดระวังว่า ต้นไม้และพุ่มไม้อาจเป็นปัญหาขวางกั้นทางลมได้ ดังนั้นเพื่อให้ลมที่เย็น

บริสุทธิ์พัดสู่อาคารโรงงานได้ง่ายขึ้น จึงควรตัดแต่งดูแลความกว้างของพุ่มไม้ให้น้อยกว่า 1.6 เมตร (5 ฟุต) และตัดเล็มต้นไม้รอบๆ อาคารอย่างน้อยที่สุด 3 เมตร (10 ฟุต) จากพื้นดิน

ดิน อุณหภูมิที่มีความลึกตั้งแต่ 0.6 เมตรลดไปของดิน มีค่าค่อนข้างคงที่และต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งเป็นช่วงเวลาในการทำงานของโรงงาน ดังนั้นการออกแบบให้ผนังโรงงานสัมผัสกับดินที่มีอุณหภูมิต่ำจะทำให้มีนเรเดียนท์เทมเพอเจอร์ (Mean Radiant Temperature) ภายในโรงงานลดต่ำลง เนื่องจากเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการแผ่รังสีจากคนให้กับผนังโรงงานทำให้รู้สึกเย็นขึ้นทั้งๆ ที่อุณหภูมิอากาศในโรงงานไม่ได้ลดลงเลย ทำให้สามารถตั้งอุณหภูมิในห้องให้สูงขึ้นได้อีกส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงานเนื่องจากการทำงานที่น้อยลงของระบบปรับอากาศ

น้ำ เนื่องจากน้ำมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศในตอนกลางวัน ทำให้อากาศสามารถถ่ายเทความร้อนให้แก่ น้ำเป็นผลให้ อุณหภูมิอากาศเย็นลง ซึ่งจะทำความแตกต่างอากาศภายนอกและภายในลดลงด้วย การถ่ายเทความร้อนจากอากาศภายนอกเข้าสู่โรงงานจึงลดลง

พืชคลุมดิน อุณหภูมิอากาศบริเวณผิวดินและสนามหญ้ามีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศที่บริเวณเหนือลม เนื่องจากลมที่เป็นตัวกลางในการพัดพาความเย็นจากพื้นผิวจากสระน้ำและสนามหญ้า ทำให้อุณหภูมิอากาศบริเวณใต้ลมของสภาพแวดล้อมลดต่ำลง

2.2 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคาร

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร คือ ค่าเฉลี่ยที่ถ่วงแล้วของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผนังด้านนอกแต่และด้าน (OTTV) หรือส่วนของผนังด้านนอกแต่แต่ละด้านที่ตรงกับบริเวณของอาคารที่มีการปรับอากาศ

2.2.1 การคำนวณการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่และด้าน (OTTV_i) ที่หันสู่ทิศต่างกันได้จากสมการที่ (1)

$$OTTV_i = (U_w)(1-WWR)(TD_{eq}) + (SC)(WWR)(SF) + (U_p)(WWR)(\Delta T) \quad (2.1)$$

โดยที่

$$\begin{aligned} OTTV_i &= \text{ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา (วัตต์ ม.}^{-2}\text{)} \\ U_w &= \text{สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ (วัตต์ ม.}^{-2}\text{ซ.}^{-1}\text{)} \\ WWR &= \text{อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างและหรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านนั้น} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TD_{eq}	=	ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังที่บ
U_f	=	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจก (หรือผนังโปร่งแสง) (วัตต์ ม. ⁻² °ซ. ⁻¹)
ΔT	=	ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคาร สำหรับประเทศไทย ค่านี้คือ 5 °ซ.
SC	=	สัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่าง
SF	=	ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ (วัตต์ ม. ⁻²)

2.2.2 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV) คือ ค่าเฉลี่ยที่ถ่วงแล้วของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน (OTTV_i) คำนวณได้จากสมการ (2.2)

$$OTTV = \frac{(A_{01})(OTTV_1) + (A_{02})(OTTV_2) + \dots + (A_{0i})(OTTV_i)}{A_{01} + A_{02} + \dots + A_{0i}} \quad (2.2)$$

A_{0i} = พื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา (ม.²) ซึ่งรวมพื้นที่ผนังที่บและพื้นที่หน้าต่าง
 $OTTV_i$ = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา ซึ่งคำนวณที่ตาม สมการที่ 2.1

2.2.3 ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า คือ ผลต่างของอุณหภูมิจากผนังภายนอกและภายในอาคาร ที่ก่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง ผลต่างของอุณหภูมินี้รวมผลจากการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ที่ผิวของผนัง และอิทธิพลของอุณหภูมิภายนอกอาคาร มวลของวัสดุผนัง คุณสมบัติการถ่ายเทความร้อน และค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อลักษณะ และค่าฟลักซ์ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังนี้ ค่าฟลักซ์ความร้อนดังกล่าวสามารถคำนวณได้ดัง สมการที่ (2.3)

$$q = (U_w)(TD_{eq}) \quad \text{วัตต์ ม.}^{-2} \quad (2.3)$$

โดยค่า α (ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์) สามารถหาได้จากตารางที่ 2.1 และค่า TD_{eq} หาได้จากตารางที่ 2.2

ประเภทผิววัสดุที่ใช้ ทำผนังด้านนอก	วัสดุผนัง	สีที่ใช้ทาภายนอก
1. วัสดุที่มีผิวสะท้อนแสง ($0 < \alpha < 0.2$)	<ul style="list-style-type: none"> - ผิววัสดุที่ฉาบด้วยติบูก - แผ่นอะลูมิเนียม - แผ่นฟิล์มไมลาร์เคลือบอะลูมิเนียม - แผ่นสะท้อนแสงทำด้วยอะลูมิเนียมขัดมัน 	<ul style="list-style-type: none"> - สีสะท้อนแสง
2. วัสดุที่มีผิวอ่อน ($0.2 < \alpha < 0.4$)	<ul style="list-style-type: none"> - อิฐเคลือบเป็นมันสีขาว - เหล็กชุบสังกะสีทาสีขาว 	<ul style="list-style-type: none"> - แลคเกอร์สีขาว - สีเงิน - สีขาวเป็นเงา
3. วัสดุที่มีผิวสีปานกลาง ($0.4 < \alpha < 0.6$)	<ul style="list-style-type: none"> - วัสดุที่ทำสีอะลูมิเนียม - หลังคาประกอบขึ้นรูปสีขาว - อิฐสีเหลืองอ่อน - หินอ่อนสีขาว - กววดล้างสีขาว 	<ul style="list-style-type: none"> - สีเขียวอ่อน - สีน้ำเงินปานกลาง - สีเหลืองปานกลาง - สีส้มปานกลาง - สีเขียวปานกลาง
4. วัสดุที่มีผิวสีค่อนข้างเข้ม ($0.6 < \alpha < 0.8$)	<ul style="list-style-type: none"> - คอนกรีตไม่ทาสี - ไม้ผิวเรียบ - แผ่นซีเมนต์แอสเบสตอส - หินล้างสีเทา 	<ul style="list-style-type: none"> - สีแดง - สีน้ำเงิน - สีเทาอ่อน - สีสนิมแก่ปานกลาง
5. วัสดุที่มีผิวสีเข้ม ($0.8 < \alpha < 1.0$)	<ul style="list-style-type: none"> - วัสดุที่ลาดผิวด้วยยางมะตอย - คอนกรีตสีน้ำตาล - วัสดุคุมหลังคาสีเขียว - หินชนวนสีเทาแกมน้ำเงิน - อิฐสีแดง - อิฐแอสฟลอร์ดสีน้ำเงิน - คอนกรีตสีดำ 	<ul style="list-style-type: none"> - สีน้ำเงินแก่หรือสีเขียวแก่ - สีเทาแกมน้ำเงินเข้ม - สีน้ำตาลแก่ - สีโอลีฟเข้ม - สีดำ - แลคเกอร์สีน้ำเงินแก่ - สีเทาแก่ - แลคเกอร์สีดำ - สีดำเรียบมาก

ตารางที่ 2.1

แสดงรายการวัสดุและสีทาผนังแยกตามระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มวลของผนัง (กก. ม. ⁻²)	ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าของผนัง				
	ระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (α)				
	0.1 (0-0.2)	0.3 (0.2-0.4)	0.5 (0.4-0.6)	0.7 (0.6-0.8)	0.9 (0.8-1.0)
0-125	14	15	16	17	18
126-195	11	12	13	14	15
เกินกว่า 195	9	11	11	12	13

ตารางที่ 2.2 ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าของผนัง

2.2.3 ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ คือ ค่าของผลจากฟลักซ์รังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบผ่านหน้าต่างค่าเฉลี่ยของค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์สำหรับผนังแนวตั้งในทิศทางต่างๆ คือ

$$SF = 160 \text{ วัตต์ ม.}^{-2}$$

ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์สำหรับผนังมุมเอียงในทิศต่างๆ มีค่าแตกต่างกันคำนวณได้จากสมการที่ (2.4)

$$SF = (160)(CF) \text{ วัตต์ ม.}^{-2} \quad (2.4)$$

CF = ค่าตัวประกอบปรับแก้ (correction factor) สำหรับผนังมุมเอียงต่างๆ ในทิศทางต่างๆ ซึ่งหาได้จากตารางที่ 2.3

ทิศ มุมเอียง	เหนือ	ตะวันออก เฉียงเหนือ	ตะวัน ออก	ตะวันออก เฉียงใต้	ใต้	ตะวันตก เฉียงใต้	ตะวัน ตก	ตะวันตก เฉียงเหนือ
70°	1.06	1.24	1.52	1.63	1.63	1.60	1.48	1.22
75°	0.96	1.14	1.42	1.52	1.50	1.48	1.38	1.12
80°	0.87	1.05	1.32	1.40	1.37	1.37	1.28	1.02
85°	0.78	0.96	1.22	1.29	1.24	1.25	1.17	0.93
90°	0.70	0.87	1.12	1.17	1.11	1.13	1.03	0.84

ตารางที่ 2.3 ค่าตัวประกอบปรับแก้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่มีการออกและให้ใช้แสงธรรมชาติช่วยส่องสว่าง และมีการจัดระบบควบคุมดวงไฟในแนวที่ขนานกับหน้าต่าง โดยสามารถปรับหรือได้โดยอัตโนมัติ ถ้าหากแสดงให้เห็นว่าสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างเกินกว่าร้อยละ 25 จากที่กำหนดในบริเวณระยะ 5 เมตร จากแนวผนังด้านนอก ให้ลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนี้ที่คำนวณได้ลงในอัตราร้อยละ 15 และให้ใช้ค่าที่ลดลงแล้วประกอบการคำนวณเพื่อหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารต่อไป

2.2.4 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวม (U_w) สามารถหาได้จากสมการที่ (2.5) และ (2.6)

$$U_w = 1/R_T \quad (2.5)$$

และ

$$R_w = R_o + \frac{X_1}{k_1} + \frac{X_2}{k_2} + \frac{X_3}{k_3} + \dots + R_a + \dots + \frac{X_n}{k_n} + R_i \quad (2.6)$$

โดย

R_T = ความต้านทานความร้อนรวม

R_o = ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวด้านนอกของอาคาร
(ค่าจากตารางที่ 2.5)

R_i = ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวด้านในของอาคาร
(ค่าจากตารางที่ 2.5)

R_a = ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่อยู่ภายในช่องว่างอากาศของผนัง (ค่าจากตารางที่ 2.6)

$\Delta X_1, \Delta X_2, \Delta X_3, \dots, \Delta X_n$ หมายถึง ความหนาของวัสดุที่ประกอบขึ้นเป็นผนังอาคารชนิดที่ 1,2,3,...,n ตามลำดับ

$k_1, k_2, k_3, \dots, k_n$ หมายถึง สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุชนิดที่ 1,2,3,...,n ตามลำดับ (ค่าจากตารางที่ 2.4)

ลำดับที่	วัสดุ	ความหนาแน่น กก. ม. ⁻³	ค่า k วัตต์.ม. ⁻¹ ซม. ⁻¹
1	แผ่นซีเมนต์แอสเบสตอส	1860	0.198
2	แผ่นฉนวนกันความร้อนแอสเบสตอส	720	0.108
3	วัสดุฉนวนหลังคาที่ทำด้วยแอสฟัลท์	2240	1.226
4	บิตูเมน (bitumen)		1.298
5	ฉนวน		
	(a) แห้ง และฉาบปูนหรือปิดด้วยแผ่นโมเสค	1760	0.807
	(b) ความชื้น 6%	1872	1.211
	(c) ผึ่ง (ไม่ฉาบปูน)		1.154
6	คอนกรีต	2400	1.442
7	คอนกรีต ชนิดเบา ขนาดความหนาแน่นต่าง ๆ	960	0.303
		1120	0.346
		1280	0.476
8	แผ่นไม้ก๊อก	144	0.042
9	แผ่นไฟเบอร์ (fibre board)	264	0.052
10	ไฟเบอร์กลาส (ดูใยแก้ว)		
	(a) แบบม้วน (Blanket)	10-24	0.038
	(b) แบบแผ่น (Rigid board)	32-48	0.033
	(c) แบบท่อสำเร็จ (Rigid pipe sections)	56-80	0.038
11	แผ่นกระจก	2512	1.053
12	ใยแก้ว สานเป็นแผ่น หรือสอดใส่อยู่ระหว่างวัสดุอื่น 2 แผ่น (แห้ง)	32	0.035
13	แผ่นยิปซัม	880	0.191
14	แผ่นไม้อัดอาร์ตบอร์ด		
	(a) มาตรฐาน	1024	0.216
	(b) ปานกลาง	640	0.123
15	โลหะ		
	(a) โลหะผสมของอะลูมิเนียม แบบธรรมดา	2672	211

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับหน่วยงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับที่	วัสดุ	ความหนาแน่น กก. ม. ⁻³	ค่า k วัตต์ ม. ^{-1 ๑ซ}
	(b) เหล็กกล้า	7840	47.6
16	ใยแร่ อัดแน่นเป็นแผ่น	32-104	0.035-0.032
17	วัสดุใช้ฉาบหรือปิดผิว		
	(a) ยิปซัม	880	0.191
	(b) ปูนฉาบ น้ำหนักเบา	300	0.063
	น้ำหนักขนาดกลาง	1104	0.274
	(c) เพอร์ไลท์	616	0.115
	(d) ปูนผสมทราย	1568	0.533
	(e) เวอร์มิคูไลท์	640-960	0.202-0.303
18	โพลีสไตรีน เบ่งขยายตัว	16	0.035
19	โพลียูรีเทน โฟม	24	0.024
20	วัสดุทำพื้น PVC	1360	0.173
21	ดินอัดหลวม (ร่วนซุย) ความชื้น 14%	1200	0.375
22	หิน		
	(a) หินทราย	2000	1.298
	(b) แกรนิต	2640	2.927
	(c) หินอ่อน	2640	1.298
23	กระเบื้องหลังคา	1890	0.836
24	ไม้		
	(a) ไม้เนื้ออ่อน	608	0.125
	(b) ไม้เนื้อแข็ง	720	0.138
	(c) ไม้อัด	528	0.0138
25	เวอร์มิคูไลท์ แบบเม็ดหยาบอัดหลวม	80-112	0.065
26	ไม้อัดซีพบอร์ด	800	0.144
27	ไม้พื้นแผ่นเรียบ	400	0.086
28	หินล้าง	2245	0.115

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของผิววัสดุ	ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ ($m^2 \cdot \text{ช.} \cdot \text{วัตต์}^{-1}$)
ก.1 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวหน้าด้านใน (R_i)	
ก.1.1 กรณีที่ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	0.120
ก.1.2 กรณีที่ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	0.299
ก.2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังด้านนอก (R_o) (ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง)	0.044

ตารางที่ 2.5 ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนัง

หมายเหตุ

- ค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำใช้กับกรณีผิวผนังหรือหลังคาเป็นผิวสะท้อนแสง เช่น ผนังที่มีการติดแผ่นอะลูมิเนียม เป็นต้น สำหรับกรณีทั่วไปให้ถือเป็นผิวที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง

ชนิดของช่องว่างอากาศ	ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ ($m^2 \cdot \text{ช.} \cdot \text{วัตต์}^{-1}$)		
	5 มม.	20 มม.	100 มม.
1. ช่องว่างอากาศที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	0.110	0.148	0.160
2. ช่องว่างอากาศที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	0.250	0.578	0.606

ตาราง 2.6 ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศในช่องว่างผนัง

หมายเหตุ

- ค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำใช้กรณีผิวด้านใดด้านหนึ่งหรือทั้งสองด้านในช่องว่างอากาศเป็นผิวสะท้อนแสง เช่น กรณีที่มีการติดแผ่นอะลูมิเนียมในช่องว่างอากาศสำหรับในกรณีทั่วไปให้ถือว่าช่องว่างอากาศมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง
- กรณีที่ช่องว่างอากาศเอียงทำมุมระหว่าง 0° ถึง 22.5° ใช้วิธีเชิงเส้นประมาณค่าในช่องระหว่างค่าที่ 0° ถึง 22.5°
- กรณีที่ช่องว่างอากาศเอียงทำมุมระหว่าง 22.5° ถึง 45° ใช้วิธีเชิงเส้นประมาณค่าในช่วงระหว่างค่าที่ 22.5° ถึง 45°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กรณีที่ช่องว่างอากาศเฉียงทำมุมมากกว่า 45° กำหนดให้ใช้ค่าที่ 45° โดยตรง
- กรณีที่ความหนาของช่องว่างอากาศมีค่าระหว่าง 0-5 มม. โดยวิธีเชิงเส้นประมาณค่าในช่วงระหว่างค่าที่ความหนา 0 มม. กับ 5 มม. โดยกำหนดให้ค่า R_g ที่ 0 มม. มีค่าเท่ากับศูนย์
- กรณีที่ความหนาของช่องว่างอากาศมีค่าระหว่าง 5-20 มม. และ 20-100 มม. ให้ใช้วิธีเชิงเส้นประมาณค่าในช่วงระหว่างค่าที่ 5 มม. กับ 20 มม. และ 20 มม. กับ 100 มม. ตามลำดับ
- กรณีที่ความหนาของช่องว่างอากาศมีค่ามากกว่า 100 มม. กำหนดให้ใช้ค่าที่ความหนา 100 มม. ได้โดยตรง

2.25 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) หมายถึง "อัตราส่วนของฟลักซ์รังสีอาทิตย์ที่ทะลุผ่านกระจกใสหนานขนาด 3 มิลลิเมตร ที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดดใดๆ" ในระบบหน้าต่าง ซึ่งประกอบด้วยกระจก และอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจกเอง (SC_1) (ข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิต) และค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (SC_2) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2.7) และ (2.8)

$$SC = (SC_1)(SC_2) \quad (2.7)$$

และ

$$SC_2 = \frac{G \times I_b \times I_d}{I_t} \quad (2.8)$$

โดย

I_b หมายถึง ฟลักซ์รังสีตรงดวงอาทิตย์ (วัตต์ m^{-2}) (ค่าจากตารางภาคผนวก ก)

I_d หมายถึง ฟลักซ์รังสีกระจายดวงอาทิตย์ (วัตต์ m^{-2}) (ค่าจากตารางภาคผนวก ก)

I_t หมายถึง รังสีรวมดวงอาทิตย์ (วัตต์ m^{-2}) ($I_t = I_b + I_d$)

ค่า G สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (9) และ (10)

$$G = 1 - R_1 [(\cos\Phi_1)(\tan\phi_1) + (\sin\phi_1)] \quad (2.9)$$

โดย

$$R_1 = P_1/A_1 \quad (2.10)$$

เมื่อ

P_1 หมายถึง ความยาวของอุปกรณ์บังแดด

A_1 หมายถึง พื้นที่หน้าต่างทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

θ_1	หมายถึง	มุมกำบังของที่กำบังโดยวัดจากแนวราบ
Φ_1	หมายถึง	มุมที่ระนาบของอุปกรณ์บังแดดกระทำกับระนาบแนวนอนซึ่งตั้งฉากกับหน้าต่าง

ในกรณีที่อุปกรณ์บังแดดชนิดแนวนอน มีการติดตั้งห่างจากขอบบนเป็นระยะ h_1 ค่าตัวแปร G ให้คำนวณตามสมการที่ (2.11)

$$G = \frac{G'(A+h_1)}{A} - \frac{G''(h_1)}{A} \quad (2.11)$$

โดย

G' หมายถึง ตัวแปร G เมื่อคำนวณตามสมการ 2.11 โดยพิจารณาความสูงของหน้าต่างเป็น $(A+h_1)$

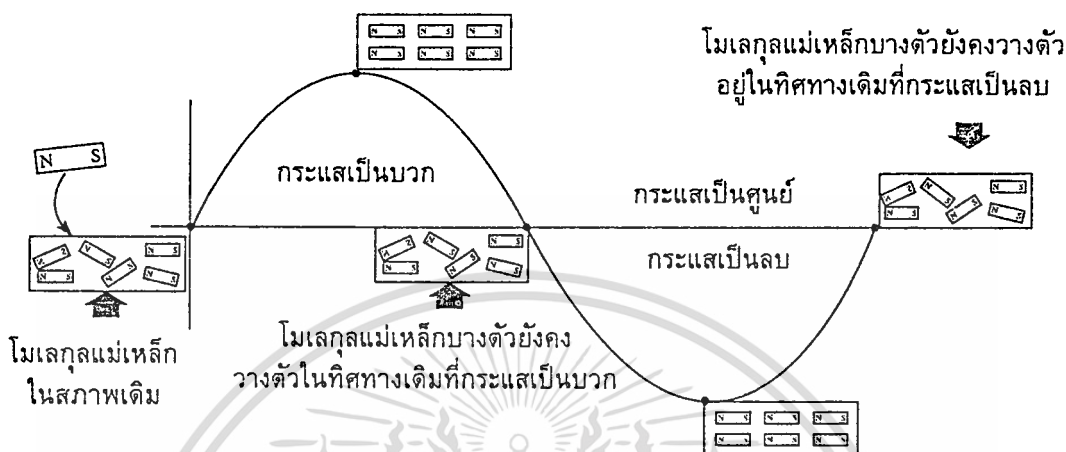
G'' หมายถึง ตัวแปร G เมื่อคำนวณตามสมการ 2.11 โดยพิจารณาความสูงของหน้าต่างเป็น h_1

2.3 การประหยัดพลังงานในระบบหม้อแปลงไฟฟ้า

ความสูญเสียของหม้อแปลงไฟฟ้าจะแบ่งออกเป็น 2 ประการคือ การสูญเสียในแกนเหล็ก และการสูญเสียในทองแดง

2.3.1 การสูญเสียในแกนเหล็ก (core loss) ประกอบด้วย

2.3.1.1 การสูญเสียในฮีสเทอรีซิส (hysteresis loss) สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟผ่านขดลวดทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กขึ้นในแกนของขดลวด โดยโมเลกุลแม่เหล็กของสารที่เป็นแกนจะวางตัวอยู่ในทิศทางเดียวกับสนามแม่เหล็กรอบขดลวด ดังนั้นทิศทางการวางตัวของโมเลกุลแม่เหล็ก ซึ่งประพฤติตัวเหมือนแท่งแม่เหล็กเล็กๆ จึงเปลี่ยนไปในแต่ละครั้งที่สนามแม่เหล็กรอบขดลวดขยายออกหรือยุบตัว ตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกระแส ดังรูปที่ 2.1



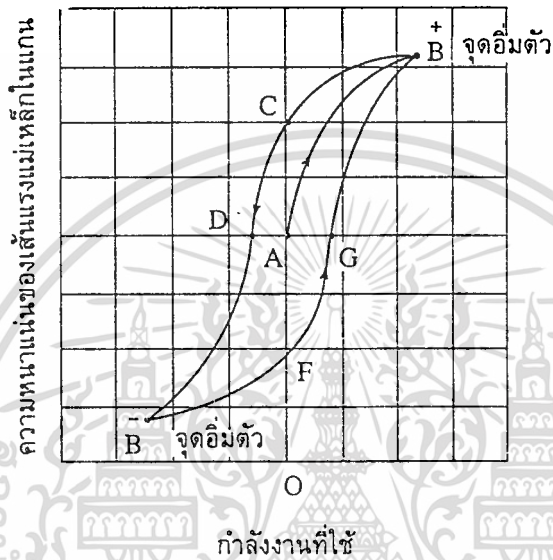
รูปที่ 2.1 การสูญเสียใน ฮีสเตอร์ซิส

จากภาพจะเห็นว่าเมื่อสนามแม่เหล็กยุบตัวลงเป็นศูนย์ (กระแสเป็นศูนย์) แม่เหล็กแม่เหล็กยังไม่คืนสู่สภาพเดิมที่มีการเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ คือยังมีแม่เหล็กบางตัววางตัวในทิศของสนามแม่เหล็กเดิมอยู่ ผลก็คือมีอำนาจแม่เหล็กอยู่บ้างในแกน แม้ว่ากระแสลดเป็นศูนย์แล้วก็ตาม ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า ฮีสเตอร์ซิส ดังนั้นเมื่อสนามแม่เหล็กกลับทิศทาง (กระแสไหลกลับทิศจากบวกเป็นลบ หรือลบเป็นบวก) แม่เหล็กแม่เหล็กก็จะกลับทิศการวางตัวด้วย ในการนี้ต้องใช้กำลังงานส่วนหนึ่งมาหักล้างอำนาจแม่เหล็กที่มีอยู่ในแกนในทิศทางเดิมให้หมดไปก่อน แม่เหล็กแม่เหล็กจึงจะกลับทิศวางตัวอยู่ในทิศทางหนึ่งได้ กำลังงานที่สูญเสียไปในการหักล้างอำนาจแม่เหล็กในแกนก่อนการจัดระเบียบแม่เหล็กแม่เหล็กเรียกว่า การสูญเสียทางฮีสเตอร์ซิส

การสูญเสียทางฮีสเตอร์ซิสจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางแม่เหล็กของสารที่เป็นแกนและความถี่ของกระแสในหม้อแปลงสำหรับสารที่ใช้ทำแกนถ้ามีความถาวรทางแม่เหล็กสูงคือคงอำนาจแม่เหล็กอยู่นาน แม้ว่าไม่มีกระแสไหลแล้วก็ตาม จะมีการสูญเสียทางฮีสเตอร์ซิสสูง แต่แกนของหม้อแปลงที่ทำด้วยโลหะผสมระหว่างเหล็กบริสุทธิ์กับซิลิคอน 1-5 เปอร์เซ็นต์ ช่วยลดการสูญเสียทางฮีสเตอร์ซิสได้ดี ส่วนความถี่ของกระแสนั้นมีผลต่อการสูญเสียทางฮีสเตอร์ซิสเพราะถ้าความถี่สูงจำนวนครั้งในการกลับทิศของแม่เหล็กแม่เหล็กในแกน ใน 1 วินาที ก็มีค่าสูงตามไปด้วย กำลังงานที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้จึงมีค่ามากขึ้นและเกิดการสูญเสียมากขึ้น เป็นผลให้หม้อแปลงแกนเหล็กใช้งานย่านความถี่สูงๆ ไม่ได้

กำลังงานหรือพลังงานที่สูญเสียไปในการสูญเสียทางฮิสเตอรีซิส พิจารณาได้จาก วงฮิสเตอรีซิส (hysteresis loop) ดังรูปที่ 2.2



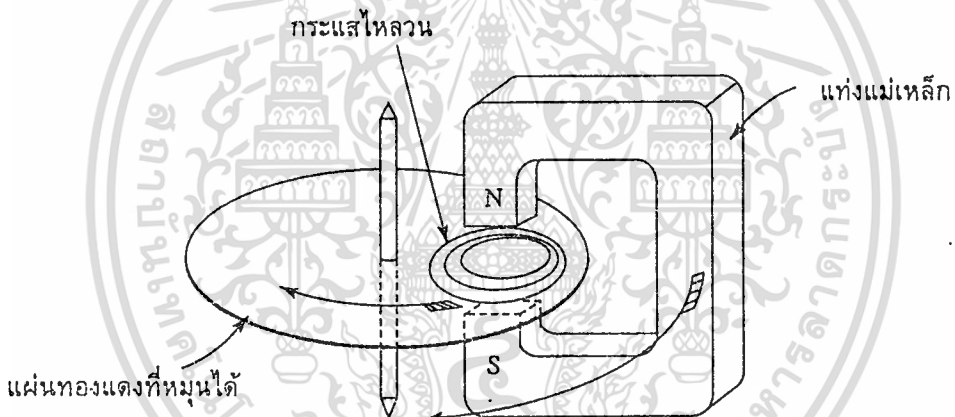
รูปที่ 2.2 ฮิสเตอรีซิสลูป

จุด A เป็นสภาพตอนที่แกนยังไม่เป็นแม่เหล็ก เมื่อกระแสเพิ่มขึ้นในทิศทางจำนวนเส้นแรงแม่เหล็กจะเพิ่มขึ้นและทำให้แกนเป็นแม่เหล็ก จนถึงจุด B แกนเกิดการอิ่มตัว จุด B จึงเป็นสภาพตอนที่อำนาจแม่เหล็กอิ่มตัวในทิศทางบวกจากนั้นกระแสเริ่มลดลงจนเป็นศูนย์ที่จุด C แต่เส้นแรงแม่เหล็กในแกนยังคงมีอยู่ แสดงว่าแกนยังมีอำนาจแม่เหล็กในทิศทางบวกอยู่ส่วนหนึ่ง เมื่อกระแสเพิ่มขึ้นในทิศทางลบ จากจุด C ไปยังจุด D จึงเป็นตำแหน่งที่อำนาจแม่เหล็กในทิศทางบวกที่ค้างอยู่ในแกนหมดไป โมเลกุลแม่เหล็กของแกนพร้อมที่จะเริ่มเป็นแม่เหล็กในทิศทางลบต่อไป จากจุด D ไป E จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กในแกนเพิ่มขึ้น จนเกิดอำนาจแม่เหล็กอิ่มตัวในทิศทางลบที่จุด E จากนั้นกระแสลดลงเป็นศูนย์ที่ F โดยที่แกนยังคงมีอำนาจแม่เหล็กในทิศทางลบอยู่ส่วนหนึ่ง และเมื่อกระแสเพิ่มขึ้นในทิศทางบวกต่อไปเมื่อถึงจุด G โมเลกุลแม่เหล็กของแกนก็พร้อมที่จะเริ่มเป็นแม่เหล็กในทิศทางบวกอีกครั้งหนึ่ง จาก G ถึง B กระแสจะเพิ่มจำนวนเส้นแรงแม่เหล็กรอบขดลวดและทำให้แกนเป็นแม่เหล็ก จนเกิดการอิ่มตัวที่จุด B การเปลี่ยนแปลงในช่วงต่อไปก็เป็นดังที่อธิบายที่ผ่านมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะ DG คือ ค่าของกำลังงานที่ใช้ในการหักล้างอำนาจแม่เหล็กในทิศทางเดิมให้พร้อมที่จะวางตัวในทิศทางใหม่ใน 1 รอบของกระแส เป็นการสูญเสียทางฮิสเตอร์ซิสนั่นเอง ดังนั้นถ้าวงฮิสเตอร์ซิสใหญ่จะเกิดการสูญเสียทางฮิสเตอร์ซิสมาก

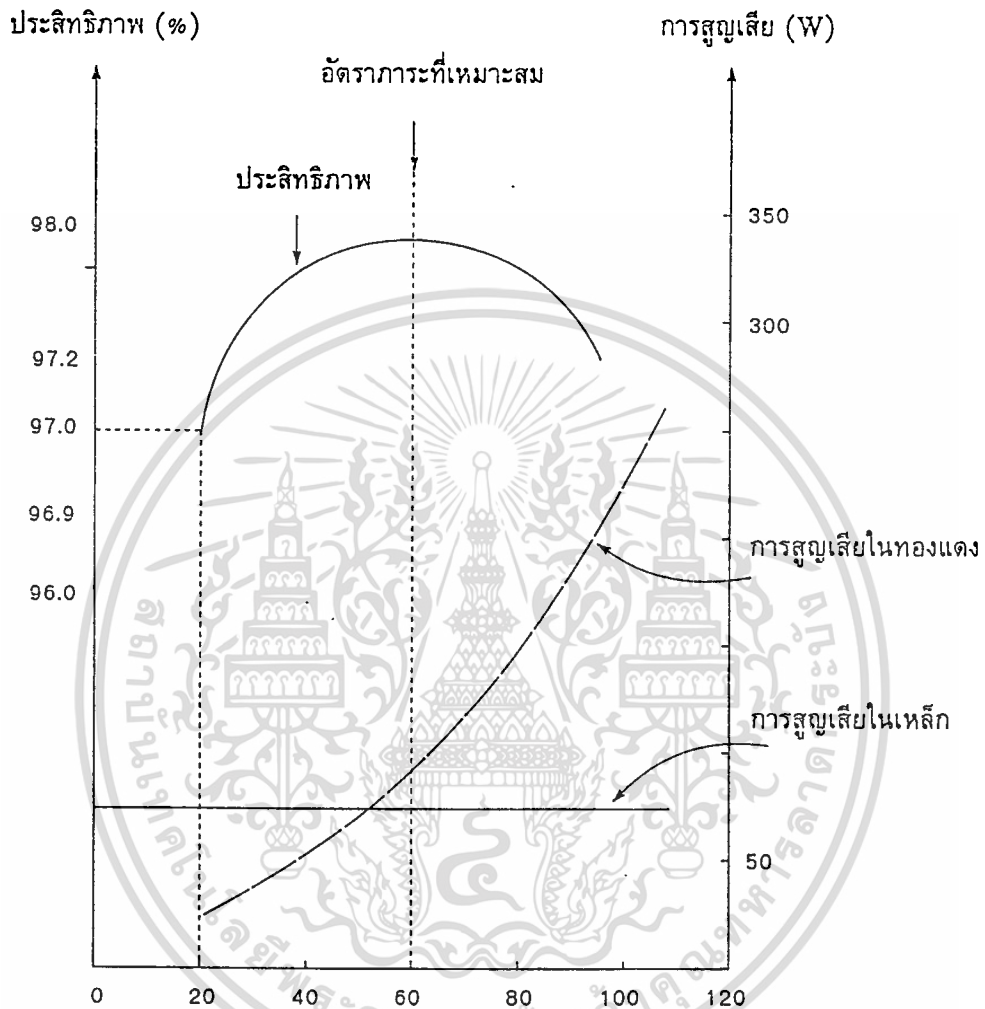
2.3.1.2 การสูญเสียในกระแสไหลวน (eddy current loss) เกิดจากการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้าเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า (electrical energy) ให้เป็นพลังงานกล (mechanical energy) ตามรูปที่ 2.3 ถ้าให้แท่งเหล็กเคลื่อนไปตามทิศทางของลูกศรรอบแกนของแผ่นทองแดงกลมที่หมุนได้อย่างอิสระ แผ่นทองแดงกลมนี้จะตัดเส้นแรงแม่เหล็กซึ่งจะมีการเหนี่ยวนำทำให้เกิดแรงและกระแสขึ้นในแผ่นกลมนี้เรียกว่ากระแสไหลวน (eddy current) กระแสนี้กับสนามแม่เหล็กจะทำให้เกิดแรงทาบแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic force) ขึ้น ทำให้แผ่นกลมเริ่มหมุนได้



รูปที่ 2.3 เอ็ดดี้เคอร์เร็นท์ลอส

2.3.2 การสูญเสียในทองแดง

ความสัมพันธ์ระหว่างการสูญเสียในแกนเหล็ก การสูญเสียในทองแดง (copper loss) และประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 2.4 ประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงตามอัตราของโหลดแพกเตอร์ ดังนั้น การจัดอัตราโหลดให้เหมาะสมจะทำให้หม้อแปลงมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น



รูปที่ 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างการสูญเสียในแกนเหล็ก การสูญเสียในทองแดง และประสิทธิภาพของหม้อแปลง

ถ้า CL = ความสูญเสียในแกนเหล็ก (core loss) มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt)

I^2R = ความสูญเสียในทองแดง (copper loss) มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt)

$EI \cos \theta$ = ทางออกของหม้อแปลงไฟฟ้ามีหน่วยเป็น Watt Maximum Efficiency

เมื่อ

$$I^2R = CL$$

$$\eta = \frac{\text{Output}}{\text{Output} + \text{Losses}}$$

$$= \frac{E\text{I}\cos\theta}{E\text{I}\cos\theta + I^2R + CL} \quad (2.12)$$

นั่นคือ การสูญเสียในทองแดง = การสูญเสียในเหล็ก
และประสิทธิภาพตลอดวัน (all-day efficiency)

$$\eta = \frac{E\text{I}\cos\theta \times T}{(E\text{I}\cos\theta \times T) + (CL \times 24I^2R \times T)} \quad (2.13)$$

เมื่อ T = จำนวนชั่วโมงที่หม้อแปลงใช้งานใน 1 วัน

24 = จำนวนชั่วโมงใน 1 วันของการสูญเสียในเหล็ก

ประสิทธิภาพตลอดวันของหม้อแปลงไฟฟ้าคือ อัตราส่วนของพลังงาน (kWh output) ที่จ่ายออกไปต่อพลังงานที่ได้รับ (kWh input) โดยทั่วไปแล้วจะคำนวณตลอดเวลา 24 ชั่วโมง แต่ก็สามารถคำนวณเป็นช่วงเวลาของเดือนหรือปีได้ ประสิทธิภาพตลอดวันสำหรับหม้อแปลงที่มามีการทำงานเป็นช่วงเวลาและมีโหลดเปลี่ยนแปลงมากๆ จะมีความสำคัญมากกว่าประสิทธิภาพที่คำนวณตามปกติ เพราะสามารถจะวัดผลของการทำงานของหม้อแปลงภายใต้โหลดจริงๆ ซึ่งเหมือนกับผลประโยชน์ที่ได้รับจากเครื่องกลนั้น

2.3.3 แนวทางการประหยัดพลังงานในหม้อแปลงไฟฟ้า แบ่งเป็น 2 หัวข้อคือ

2.3.3.1 การปรับปรุงการใช้หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีอยู่แล้วให้เกิดประโยชน์สูงสุด

- การลดด้านปฏุมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าขณะไม่มีโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การย้ายโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีโหลดน้อยมารวมกัน เพื่อเพิ่ม โหลดแพกเตอริให้สูงขึ้น
- การลดแรงดันของหม้อแปลงไฟฟ้า ให้อยู่ในระดับที่ใช้งานให้เหมาะสม
- การปรับปรุงเพาเวอร์แฟกเตอร์เพื่อลดความสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้า ในระบบจ่ายไฟฟ้า

2.3.3.2 การพิจารณาเลือกซื้อหม้อแปลงไฟฟ้าให้มีขนาดที่เหมาะสมกับโหลด ในกรณีที่โรงงานจะพิจารณาดำเนินการจัดซื้อหม้อแปลงไฟฟ้าใหม่ การพิจารณาเลือกซื้อหม้อแปลงที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งจะมีการสูญเสียในแกนเหล็กต่ำ และมีขนาดที่เหมาะสมกับ โหลดมากที่สุด

2.4 ระบบแสงสว่าง

2.4.1 แนวทางและวิธีการประหยัดในระบบแสงสว่าง

2.4.1.1 สำรวลักษณะการทำงานภายในโรงงานว่ามีการใช้แสงสว่างลักษณะใดบ้าง ระดับความเข้มแสงเป็นอย่างไร โดยมีวิธีการเลือกแสงสว่างให้เหมาะสมและ ตรงกับความต้องการ ดังนี้

- การให้แสงสว่างโดยทั่วบริเวณ (general lighting) ซึ่งเป็นการให้แสง สว่างด้วยความเข้มแสงที่สม่ำเสมอในบริเวณทั่วๆ ไป ไม่เจาะจงชนิด ของงาน โดยทั่วไปจะใช้ในบริเวณที่ใช้งานเอนกประสงค์
- การให้แสงสว่างเฉพาะที่ทั่วๆ ไป (localized general lighting) เป็น การให้แสงสว่างเฉพาะที่ ซึ่งจะต้องคำนึงถึงการเป็นเงาและการสะท้อน เข้าตา
- การให้แสงสว่างเฉพาะที่ (local lighting) เป็นการให้แสงสว่างเฉพาะ จุดในบริเวณแคบๆ ซึ่งจะต้องจัดให้มีโคมไฟอยู่ใกล้ๆ กับงาน
- การให้แสงสว่างเสริม (supplementary lighting) เป็นการให้แสงสว่าง แบบผสม ซึ่งนำการให้แสงทั้ง 3 แบบมาใช้ร่วมกัน ซึ่งจะต้องคำนึงถึง ความเหมาะสมสำหรับบริเวณนั้นๆ ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

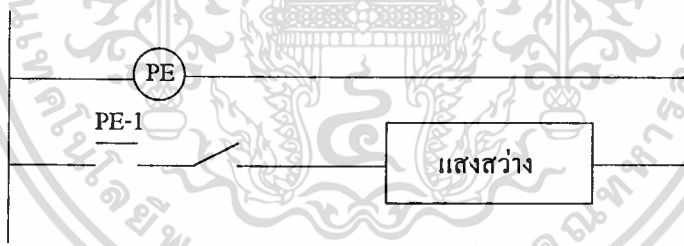
ลักษณะงาน	ค่าความเข้มแสง (lux)
อุตสาหกรรมเคมี	
พื้นที่โรงงานภายใน	200
ห้องส่วนผสม	300
ห้องควบคุม	500
ห้องปฏิบัติการ	750
ห้องสี	1,000
อุตสาหกรรมไฟฟ้า	
ห้องพันคอยล์	500
ห้องประกอบชิ้นงาน	1,500
ห้องประกอบชิ้นงานละเอียด	2,000
ห้องตรวจสอบ	1,000
โรงงาน	
โต๊ะเครื่องเชื่อม	300
โต๊ะทำงานที่มีชิ้นงานละเอียด	750
โต๊ะทำงานที่มีชิ้นงานละเอียดมาก	1,000
โต๊ะทำงานที่มีชิ้นงานละเอียดมากๆ	2,000
โรงงานกระดาษ	
บริเวณพื้นที่ทำงาน	300
อุตสาหกรรมสิ่งทอ	
บริเวณปั่นด้าย	500
บริเวณตัดเย็บ	750
บริเวณตรวจสอบ	1,500
โรงเก็บของ	
ห้องเก็บของ	150
บริเวณบรรจุหีบห่อ	300

ตารางที่ 2.7 แสดงระดับความเข้มแสงในอุตสาหกรรมต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.2 ออกแบบและติดตั้งวงจรควบคุมแสงสว่างให้มีจำนวนมาก เพื่อที่จะสามารถเปิดปิดวงจรแสงสว่างในพื้นที่ที่ใช้งานและพื้นที่ที่ไม่ต้องการใช้งานได้สะดวก

- การออกแบบให้มีสวิตช์เปิด-ปิดดวงโคมจำนวนมาก เพื่อที่จะสามารถเลือกเปิด-ปิดดวงโคมเฉพาะในตำแหน่งที่ต้องการเพื่อลดปริมาณการใช้ไฟแสงสว่างในบริเวณที่ไม่ใช้งาน และควรออกแบบสวิตช์เปิด-ปิดให้อยู่ในที่ที่สะดวกในการเปิด-ปิด ซึ่งจะเป็นแรงจูงใจให้ผู้ใช้ใช้งานปิดสวิตช์หลังการใช้
- การออกแบบให้สามารถเลือกเปิด-ปิดหลอดบางหลอดในโคมเดียวกัน ซึ่งสามารถเลือกเปิดหลอดบางหลอดเพื่อปรับระดับแสงสว่างได้หลายระดับตามลักษณะการใช้งานได้
- การใช้เซนเซอร์แสงสว่างในการควบคุมการเปิด-ปิด เป็นการป้องกันการลืมปิดแสงสว่างที่เปิดทิ้งไว้ในเวลากลางวัน ซึ่งเป็นการใช้พลังงานไปโดยเปล่าประโยชน์ โดยมีเซนเซอร์แสงเป็นตัวตรวจจับ และควบคุมการเปิด-ปิดอย่างอัตโนมัติ โดยส่วนใหญ่จะใช้กับไฟแสงสว่างภายนอกโรงงาน

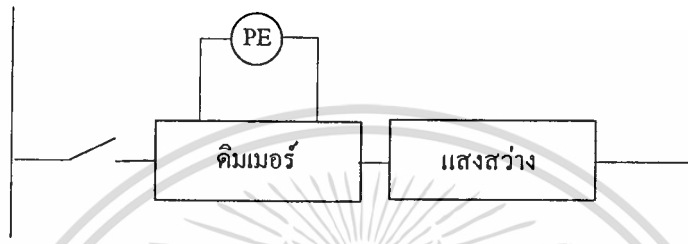


รูปที่ 2.5 ตัวควบคุมวงจรไฟฟ้า

- การใช้ติเมอร์หรือสวิตช์รีไฟในบริเวณที่มีการใช้งานอย่างเอนกประสงค์ ซึ่งบางครั้งต้องการใช้แสงสว่างมาก และบางครั้งต้องการใช้แสงสว่างน้อย จะสามารถปรับระดับแสงสว่างให้เหมาะสมกับลักษณะของงานได้ตามต้องการ ปัจจุบันนิยมใช้ติเมอร์ ระบบอิเล็กทรอนิกส์ อาจจะเป็นเอสซีอาร์ (SCR) หรือ ไตรแอค (Triac) ก็ได้ ซึ่งจะมีประสิทธิภาพที่สูง หาซื้อได้ง่าย และราคาถูก สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอดปรอทจะต้องใช้บัลลาสต์พิเศษสำหรับการรีไฟ ซึ่งจะมีราคาแพงและหาซื้อได้ยากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งการใช้ดิมเมอร์นั้นจะเปรียบเหมือนเป็นการควบคุมแสงสว่างจากส่วนชดเชย (Light Loss Factor Compensation; โดยปกติหลอดไฟใหม่จะมีแสงสว่างเกินความจำเป็น เพื่อเป็นการชดเชยแสงสว่างที่ลดลงเนื่องจากการเสื่อมของอายุใช้งาน) ไปในตัว



รูปที่ 2.6 แผงควบคุมการหรี่ไฟ

2.4.1.3 การออกแบบหรือปรับปรุงให้มีการสะท้อนแสงที่ดี

- บริเวณรอบๆ พื้นที่ใช้งาน มีลักษณะการสะท้อนแสงที่ดี โดยทั่วไปจะใช้สีที่สว่าง แต่ควรคำนึงถึงสภาพภายในโรงงานด้วยว่าเป็นงานประเภทใดเหมาะสมหรือไม่
- การเลือกโคมไฟฟ้าที่มีตัวสะท้อนแสง (Reflector) ที่มีผิวเป็นมันเงา และมีมุมสะท้อนแสงที่ถูกต้องให้แสงมารวมกันในบริเวณที่ต้องการ ซึ่งจะทำให้ไม่ต้องใช้หลอดไฟฟ้าที่มีวัตต์สูง จากการทดสอบจะเห็นว่า โคมไฟที่ติดแผ่นสะท้อนแสงจะวัดค่าความส่องสว่างได้มากกว่าโคมไฟธรรมดาถึง 2 เท่า
- ควรจัดสภาพภายในโรงงานไม่ให้ขัดขวางสมรรถนะการให้แสงสว่าง เช่น การติดตั้งพัดลมควรติดตั้งให้สูงกว่าโคมไฟเพื่อจะได้ให้แสงสว่างตกลงบนพื้นที่ใช้งานได้อย่างเต็มที่

2.4.1.4 การปรับปรุง และบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ

- การดูแลรักษาหลอดไฟฟ้า และตัวสะท้อนแสงให้สะอาด ไม่ให้มีฝุ่นละอองจับที่ตัวอุปกรณ์ เพราะฝุ่นละอองจะทำให้ลดประสิทธิภาพของหลอดและการสะท้อนแสงลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การดูแลรักษา ซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพที่ดี และใช้งานได้อยู่เสมอ เพราะจะเกิดการสูญเสียที่อุปกรณ์ที่ใช้งานไม่ได้ อาจมีวงจรสำหรับตัดไฟเข้า สำหรับหลอดที่เสียออกเพื่อไม่ให้เกิดการสูญเสียที่ตัวของบัลลาสต์ เมื่อไม่มีภาระทางไฟฟ้า
- การเลือกค่าตัวประกอบบำรุงรักษา (Maintenance Factor; MF) ให้เหมาะสม ซึ่งค่าตัวประกอบบำรุงรักษา^{นี้}มีอิทธิพลต่อจำนวนหลอดมาก ถ้าเลือกค่าต่ำ จำนวนหลอดที่ใช้ก็จะสูง แต่จะต้องมีการซ่อมบำรุงรักษา ให้ถูกต้องตามกาลเวลา ค่านี้ขึ้นอยู่กับสภาพของหลอด สภาพของดวงโคม สภาพแวดล้อม ซึ่งจะมีฝุ่นละอองเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้นจึงต้องมีการดูแลรักษา มิฉะนั้นอายุการใช้งานของหลอดจะลดลง

$$\text{จำนวนโคมไฟฟ้า} = \frac{\text{ความเข้มแสง} \times \text{พื้นที่ห้อง}}{\text{ลูเมนของหลอด} \times \text{จำนวนหลอดต่อดวงโคม} \times \text{UF} \times \text{MF}} \quad (2.14)$$

UF (Utilization Factor) คือ ตัวประกอบการใช้ประโยชน์ หรืออัตราส่วนของฟลักซ์ที่ตกบนพื้นผิวใช้งานต่อฟลักซ์ที่ติดตั้ง

MF (Maintenance Factor) คือ ตัวประกอบการบำรุงรักษา

2.4.1.5 การเลือกใช้และการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าระบบแสงสว่างที่ผลิตได้ตามมาตรฐานที่กำหนด สำหรับการติดตั้งอุปกรณ์ระบบแสงสว่างนั้นควรที่จะติดตั้งให้ถูกต้อง ตามข้อเสนอแนะของทางบริษัทผู้ผลิต ซึ่งจะได้ผลที่ตามมาคือ

- ทำให้การทำงานของหลอดไฟฟ้ามีประสิทธิภาพที่สูง
- ทำให้อายุการใช้งานของหลอดเพิ่มขึ้น
- ทำให้สะดวกและง่ายต่อการบำรุงรักษา

2.4.1.6 ปิดไฟในเวลาที่ไม่ได้ใช้งานเสมอ ซึ่งจำเป็นที่จะต้องสร้างลักษณะนิสัยของผู้ใช้งานให้ปิดไฟทันทีเมื่อไม่ได้ใช้งาน

2.4.1.7 ติดตั้งเครื่องมือช่วยในการตรวจสอบการใช้ไฟฟ้า สำหรับควบคุมการเปิด-ปิดไฟฟ้า ณ บริเวณที่ใช้ไฟฟ้าในบางเวลา หรือใช้เป็นช่วงเวลา

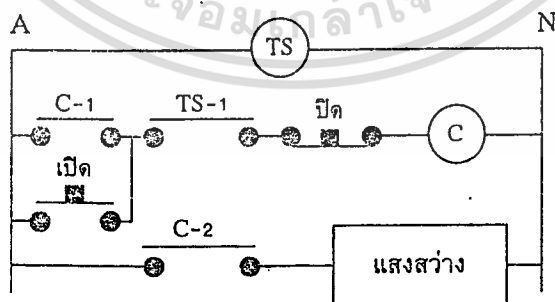
- การติดตั้งสวิทช์แสงแดด (photo cell switch) หรือไทม์เมอร์ (Timers) สำหรับควบคุมการเปิด-ปิดไฟที่อยู่ภายนอกอาคาร เพราะไฟที่ภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาคารนั้นจะใช้เฉพาะกลางคืน เป็นการป้องกันการลืมนปิดไฟ ในตอนกลางวันอาจไม่สังเกตเห็น

- การใช้ไฟนำทางและสวิตช์กุกุญแจ ซึ่งเหมาะสำหรับห้องที่ไม่ได้ใช้งานบ่อยนัก หรือไม่สามารถมองจากภายนอกได้ว่าดวงโคมที่อยู่ในห้องนั้นเปิดหรือปิดอยู่ ดังนั้นจึงสามารถใช้ไฟนำทาง (pilot lamp) ซึ่งต่อขนานอยู่กับดวงโคมในห้อง ติดไว้อยู่เหนือประตูหน้าห้องใช้งานให้สามารถสังเกตเห็นได้ง่าย เมื่อไฟในห้องสว่างอยู่ ไฟนำทางที่อยู่หน้าห้องก็จะสว่างด้วย และเมื่อไฟในห้องไม่ได้ใช้งาน ไฟนำทางก็จะไม่สว่าง สำหรับการเลือกใช้ไฟนำทาง ควรเลือกใช้หลอดนีออนซึ่งจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าหลอดไส้
- การใช้สวิตช์เวลาหรือสวิตช์ไทม์ดีเลย์ ซึ่งเหมาะสำหรับห้องที่ใช้งานในช่วงเวลาสั้นๆ ผู้ใช้งานมักลืมนปิดไฟหลังการใช้งาน เช่น ห้องน้ำส่วนตัว ห้องเก็บของ โดยการทำงานของสวิตช์มีอยู่ 2 แบบ
 1. จะทำงานตามเวลาที่ได้ตั้งไว้ นิยมใช้กับห้องที่รู้ระยะเวลาที่ทำงานตลอดวัน
 2. จะทำงานเมื่อใช้มือเปิดสวิตช์ และเมื่อถึงเวลาที่ตั้งเอาไว้ก็จะปิดเองโดยอัตโนมัติ

สวิตช์เวลาเปิดปิดด้วยมือ



รูปที่ 2.7 การใช้สวิตช์เวลาซึ่งตอนเปิดจะใช้มือ และตอนปิดใช้สวิตช์เวลาเป็นตัวปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.8 การเลือกและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีความร้อนต่ำ ไม่ว่าจะเป็นหลอดไฟ สายไฟ บัลลาสต์ หรืออุปกรณ์อื่นๆ ในระบบแสงสว่าง เพราะจะสามารถลดความร้อนช่วยให้ประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ เช่น สายไฟ ควรเลือกสายที่มีขนาดใหญ่ เนื่องจากสายจะมีความต้านทานลดลงจึงทำให้สามารถลดความสูญเสียลงได้บ้าง

2.4.1.9 การใช้แสงสว่างจากธรรมชาติในตอนกลางวันให้เป็นประโยชน์ในการให้แสงสว่างภายในโรงงาน ซึ่งจะอยู่ในส่วนการออกแบบอาคารโรงงาน

2.4.2 การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor) ของวงจรแสงสว่างให้สูงขึ้น ในระบบแสงสว่างถ้าใช้หลอดประเภทหลอดไส้ให้แสงสว่างก็ไม่จำเป็นต้องปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง เพราะมีค่าเท่ากับ 1 อยู่แล้ว ส่วนหลอดก๊าซดิสชาร์จทุกชนิด ซึ่งจะต้องใช้งานร่วมกับบัลลาสต์นั้นจะมีค่าตัวประกอบกำลังที่ต่ำ ทำให้เกิดกำลังสูญเสียในรูปของรีแอกตีฟเพาเวอร์ (Reactive Power) สูงขึ้น วิธีแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังให้มีค่าสูงขึ้นนั้นสามารถทำได้ โดยนิยมใช้มอเตอร์ซิงโครนัส (Synchronous Motor) หรือตัวเก็บประจุกำลังงานสถิต (Static Power Capacitor) การเลือกใช้ตัวเก็บประจุจะต้องพิจารณาถึงราคาของตัวเก็บประจุ อุปกรณ์อื่นๆ ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง และกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียไปในการทำงานของตัวเก็บประจุ ตัวเก็บประจุที่ใช้มีอยู่ 3 ชนิดคือ

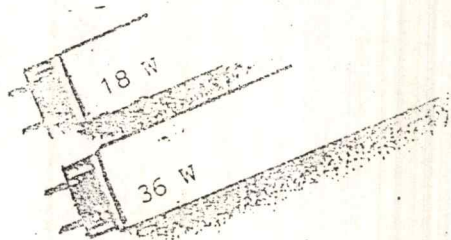
2.4.2.1 ตัวเก็บประจุแสงสว่างชนิดกำลังงานไดอิเล็กทริก (Power Dielectric) มีค่าความสูญเสียประมาณ 4-6 W/kVAR

2.4.2.2 ตัวเก็บประจุแสงสว่างชนิดฟิล์ม/กระดาษไดอิเล็กทริก (Film/Paper Dielectric) มีค่าความสูญเสียประมาณ 1-2 W/kVAR

2.4.2.3 ตัวเก็บประจุแสงสว่างชนิดฟิล์มไดอิเล็กทริกทั้งหมด (All Film Dielectric) มีค่าความสูญเสียน้อยกว่า 0.5 W/kVAR

2.4.3 ชนิดของหลอดประหยัดพลังงาน

2.4.3.1 หลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง (หลอดคอม) คือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดใหม่ที่ให้กำลังส่องสว่างสูงเท่ากับหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา แต่กินไฟน้อยกว่าและมีประสิทธิภาพที่สูงกว่า โดยที่ยังมีลักษณะทั่วไปที่เหมือนเดิมแต่มีขนาดเล็กกว่า สามารถนำหลอดประสิทธิภาพสูงมาใช้กับขั้วหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดเดิมได้เลย



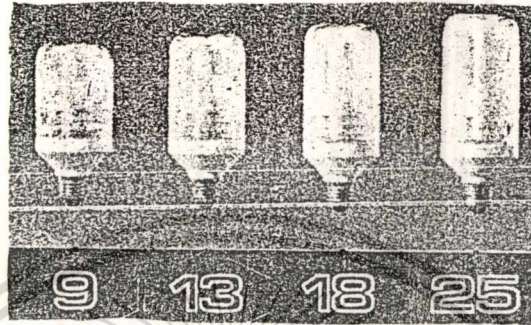
รูป 2.8 แสดงหลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง

ลำดับ	ชนิด	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	ประสิทธิภาพแสง (ลูเมน/วัตต์)
1	หลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา	20	1,030
2	หลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง	18	1,030
3	หลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา	32	1,750
4	หลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา	40	2,600
5	หลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง	36	2,600

ตารางที่ 2.8 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา
กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง

2.4.3.2 หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาดเล็ก หรือหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดนี้ได้ถูกพัฒนาและออกแบบขึ้นมาเพื่อใช้แทนหลอดไส้โดยตรง ซึ่งมีลักษณะเหมือนหลอดฟลูออเรสเซนต์ทั่วไป เพียงแต่มีขนาดเล็กกระทัดรัดกว่า และบรรจุไว้ในกระบอกแก้ว มีผิวเป็นทรงกระบอก ที่ส่วนฐานของหลอดชนิดนี้จะมี สตาร์ทเตอร์ และบัลลาสต์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ดั้งเดิม โดยไม่ได้มีการพัฒนาหรือเปลี่ยนแปลง โดยบรรจุไว้พร้อมกับหลอด และที่ขั้วของหลอดนั้นจะมีลักษณะเป็นเกลียวซึ่งสามารถหมุนเข้ากับตัวรับขั้วของหลอดไส้ได้เลย ข้อดีของหลอดประเภทนี้ก็คือ เมื่อเปรียบเทียบค่าลูเมนเอาท์พุท (Lumen output) ที่เท่ากันแล้วหลอดชนิดนี้จะใช้พลังงานเพียง 1 ใน 4 ของหลอดไส้ และมีอายุการใช้งานนานกว่าหลอดไส้ถึง 6 เท่า และความร้อนที่ออกมาจากหลอดจะน้อยกว่าหลอดไส้ด้วย แต่จะมีราคาแพงกว่าหลอดไส้ ซึ่งถ้าพิจารณาสิ่งต่างๆ ร่วมกันแล้วหลอดชนิดนี้

จะสามารถประหยัดให้กับผู้ใช้งานได้มากกว่าหลอดไส้เขาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



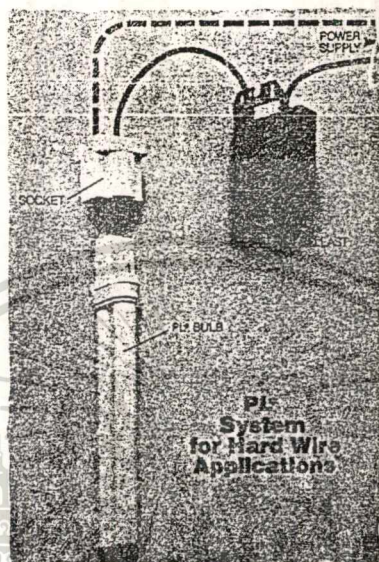
รูปที่ 2.9 แสดงหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์

ลำดับ	กำลังไฟฟ้า (วัตต์) หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาดเล็ก	กำลังไฟฟ้า (วัตต์) หลอดไส้	ลูเมนเอ้าท์พุทของหลอด (ลูเมน)
1	9	40	450
2	13	60	650
3	18	75	800
4	25	100	1,050

ตารางที่ 2.9 แสดงการเปรียบเทียบขนาดและลูเมนเอ้าท์พุทของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาดเล็กกับหลอดไส้

2.4.3.3 หลอดฟลูออเรสเซนต์รูปตัวยู ลักษณะและรูปร่างของหลอดชนิดนี้คือ เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่งอกลับเป็นรูปตัวยู มีสตาร์ทเตอร์รวมอยู่เป็นส่วนประกอบของหลอด ซึ่งมีขั้วเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลอด 2 ขั้วตามปกติและมีขั้วเพิ่มขึ้นมา 2 ขั้วสำหรับใส่บัลลาสต์ หลอดชนิดนี้นั้นจะต้องมีอุปกรณ์อะแดปเตอร์เพื่อจะเปลี่ยนปลายขั้วหลอดให้เป็นขั้วเกลียวจะได้สามารถใส่เข้ากับขั้วหลอดของหลอดได้ทันที



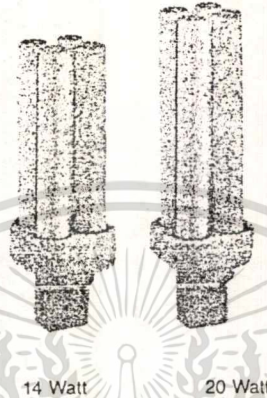
รูปที่ 2.10 แสดงหลอดฟลูออเรสเซนต์รูปตัวยู

ลำดับ	กำลังไฟฟ้า (วัตต์) หลอดฟลูออเรสเซนต์รูปตัวยู	กำลังไฟฟ้า (วัตต์) หลอดไส้	ลูเมนเอาร์ทพุทของหลอด (ลูเมน)
1	5	25	250
2	7	40	400
3	9	60	600
4	11	75	900

ตารางที่ 2.10 แสดงการเปรียบเทียบขนาดและลูเมนเอาร์ทพุทของหลอดฟลูออเรสเซนต์รูปตัวยูกับหลอดไส้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3.4 หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่เป็นรูปตัวยู 2 หลอด หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดนี้เป็นลักษณะรูปตัวยู 2 หลอดติดกัน หลอดชนิดนี้จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใหญ่ขึ้นซึ่งความยาวของหลอดก็จะลดลง เพื่อที่จะสามารถนำไปใช้ในงานที่แตกต่างกันไปได้หลายลักษณะ



รูปที่ 2.11 แสดงหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่เป็นรูปตัวยู 2 หลอด

ลำดับ	กำลังไฟฟ้า (วัตต์) หลอดฟลูออเรสเซนต์รูปตัวยู 2 หลอด	กำลังไฟฟ้า (วัตต์) หลอดไส้	ลูเมนเอาท์พุทของหลอด (ลูเมน)
1	10	40	600
2	13	60	900
3	18	75	1,250
4	20	100	1,800

ตารางที่ 2.11 แสดงการเปรียบเทียบขนาดและลูเมนเอาท์พุทของหลอดฟลูออเรสเซนต์รูปตัวยู 2 หลอดกับหลอดไส้

2.4.3.5 หลอดฟลูออเรสเซนต์รูปตัวยูแบบยาว มีลักษณะเป็นรูปตัวยู แต่มีขนาดวัตต์ที่สูงขึ้นเช่น 18,24,36 วัตต์ หลอดชนิดนี้ถูกสร้างและออกแบบขึ้นเพื่อใช้แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีขั้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่ที่ปลายทั้งสองข้าง ซึ่งหลอดชนิดนี้จะมีความยาวหลอดประมาณ 1 ใน 3 ของหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบเดิม

2.4.3.6 หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีรูปร่างแตกต่างกันไป มีลักษณะรูปร่างที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตแต่ละราย เพื่อจะนำไปใช้โคมไฟได้หลายประเภท ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสวยงามด้วย ซึ่งหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดนี้มีอยู่ด้วยกันหลายขนาด

2.4.3.7 หลอดฟลูออเรสเซนต์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นลักษณะหลอดฟลูออเรสเซนต์รูปตัวยูนั้นเอง แต่ใช้บัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์ที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งรวมอยู่ภายในหลอดเลย และจะมีตัวสะท้อนแสงอยู่ในตัวช่วยเพิ่มปริมาณการสะท้อนแสงลงสู่ด้านล่าง ซึ่งมีขนาดต่างๆ ดังนี้ 7,11,15 และ 20 วัตต์

2.4.3.8 หลอดแสงจันทร์ หลอดแสงจันทร์ได้ถูกพัฒนาและออกแบบเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน โดยสามารถประหยัดพลังงานได้ ด้วยการใช้ร่วมกับบัลลาสต์อย่างเหมาะสม คือ ทำให้แรงดันของหลอดมีค่าเพิ่มขึ้น ส่งผลให้กำลังไฟฟ้าที่บัลลาสต์และหลอดลดลง ขณะที่ฟลักซ์การส่องสว่างของหลอดจะลดลง ค่าปริมาณฟลักซ์ส่องสว่างสามารถชดเชยได้ด้วยการใช้สารฟอสเฟอร์ที่เหมาะสม ซึ่งจะทำให้ได้ความสว่าง สีของแสง ความสามารถในการเห็นสีถูกต้องเท่าเดิม ในขณะที่สามารถลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ลงได้ประมาณ 10 %

2.4.3.9 หลอดทังสแตน-ฮาโลเจน หลอดทังสแตน-ฮาโลเจน เป็นหลอดไส้ที่บรรจุสารฮาโลเจนไว้ภายใน จึงได้รับการพัฒนาปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือ

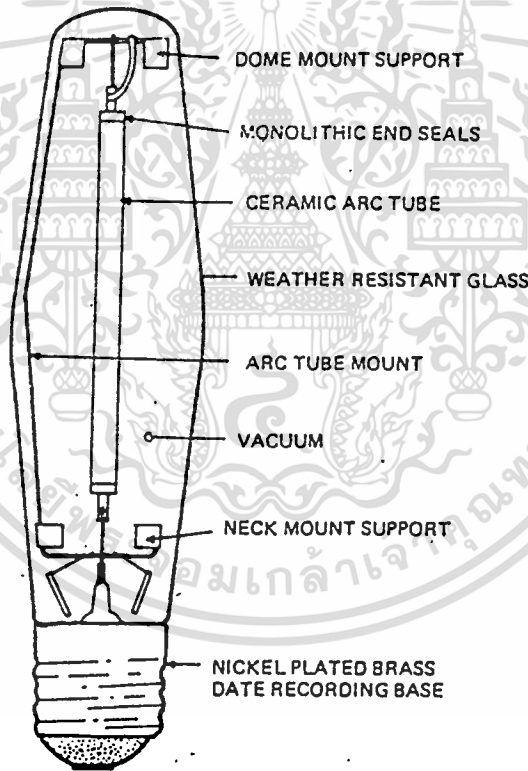
- หลอดทังสแตน-ฮาโลเจน ชนิดใช้แรงดันไฟฟ้าต่ำ หลอดทังสแตน-ฮาโลเจน ชนิดนี้เป็นแบบที่มีตัวสะท้อนแสง ซึ่งฉาบด้วยสารไดโครอิก (dichroic) อยู่ ข้อดีของหลอดชนิดนี้ก็คือ จะให้ปริมาณแสงที่สูงกว่า โดยใช้วัฏจักรการทำงานของ ทังสแตน-ฮาโลเจน และยังใช้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ต่ำ มีตัวสะท้อนแสงช่วยในการสะท้อนแสงและยังช่วยในการกรองการแผ่รังสีอินฟราเรด ซึ่งเป็นรังสีความร้อนดังนั้นจะมีความร้อนที่ปล่อยออกมาจากรังสีแสงน้อยมาก และสำหรับลักษณะลำแสงที่ปล่อยออกมา จะมีความขาวมากขึ้น

- หลอดทังสแตน-ฮาโลเจน ที่ใช้กับค่าแรงดันไฟฟ้าปกติ เป็นหลอดที่สามารถนำมาใช้แทนหลอดไส้ที่ใช้มาแต่เดิมได้ทันที และยังสามารถนำมาใช้แทนหลอด HID (High Intensity Discharge) ได้อีกด้วย รวมทั้งยังสามารถปรับรีไฟได้เช่นเดียวกับหลอดไส้ธรรมดา

2.4.3.10 หลอด HID (High Intensity Discharge) หลอด HID เป็นหลอดที่มีประสิทธิภาพในการให้แสงสว่างที่สูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานที่ใช้ และยังมีอายุการใช้งานที่ยาวนานหลายหมื่นชั่วโมง เป็นหลอดที่ใช้กำลังวัตต์ค่อนข้างสูงประมาณ 150 วัตต์ขึ้นไป ดังนั้นหลอดชนิดนี้จึงเหมาะที่จะใช้กับที่ที่มีความสูงมากๆ และความสว่างมาก เช่น ไฟถนน ไฟใน โรงงานอุตสาหกรรม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือในบริเวณที่มีความสูงมากๆ และข้อเสียของหลอด HID ก็คือแสงที่ได้จะมีความผิดเพี้ยนจากแสงธรรมชาติค่อนข้างมาก ซึ่งหลอดที่ได้รับการพัฒนา ก็ได้แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

- หลอดเมทัลฮาไลด์ (metal halide) ได้พัฒนาเป็นหลอดที่มีขนาดกระทัดรัด มีขั้วของหลอดอยู่ที่ปลายข้างเดียว เพื่อที่จะสามารถใช้กับโคมไฟภายในอาคารหรือโรงงานได้ หรือนำไปใช้ให้แสงสว่างภายนอกอาคารโรงงานก็ได้
- หลอดโซเดียมความดันสูง ได้รับการพัฒนาให้มีการให้สีที่ดีขึ้นกว่าเดิม ซึ่งสามารถใช้กับอาคารกีฬา หรือใช้กับโรงงานอุตสาหกรรม หรือซูเปอร์มาเก็ตได้ ซึ่งการที่ค่าความผิดเพี้ยนของสีดีขึ้นนั้นสามารถทำได้โดยเพิ่มความดันของไอโซเดียม ซึ่งจะส่งผลให้คุณภาพของสีดีขึ้น



รูปที่ 2.12 แสดงหลอดความดันไอโซเดียมสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 ชนิดของบัลลาสต์ประหยัดพลังงาน

2.4.4.1 บัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็ก เป็นบัลลาสต์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยใช้เส้นลวดที่มีคุณภาพดีขึ้น มีความต้านทานในขดลวดน้อยลงทำให้กำลังสูญเสียในขดลวดลดลง และใช้แกนเหล็กที่มีคุณภาพที่ดีขึ้น มีความต้านทานในแกนเหล็กลดลง ทำให้กำลังสูญเสียเนื่องจากการอิ่มตัวของแกนเหล็กลดลง

2.4.4.2 บัลลาสต์ชนิดอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นชุดขับแรงดันอิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอด ซึ่งเรียกว่า บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ หมายถึงวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ที่สมบูรณ์แบบที่สร้างสภาวะการสตาร์ท และการทำงานที่เหมาะสมให้กับหลอด สำหรับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์นี้สามารถขับดันหลอดฟลูออเรสเซนต์ได้ตั้งแต่ 1-4 หลอด โดยบัลลาสต์จะมีความถี่ไม่ต่ำกว่า 25 kHz เพื่อป้องกันการรบกวนของคลื่นเสียงในระดับอื่น และยังเป็นช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการส่องสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ได้อีกด้วย

ข้อดีของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ประสิทธิภาพสูง

1. เพราะที่บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้ในระดับความถี่ที่สูงจึงทำให้หลอดฟลูออเรสเซนต์ใช้กำลังไฟฟ้าน้อยลง ที่ระดับความส่องสว่างเท่ากัน ซึ่งบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะใช้กำลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าบัลลาสต์ธรรมดา
2. เมื่อใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์กับหลอดฟลูออเรสเซนต์จะทำให้อายุการใช้งานของหลอดฟลูออเรสเซนต์สูงกว่าเมื่อใช้กับบัลลาสต์ธรรมดา
3. การคงค่าความสว่าง (Lumen Depreciation) เมื่อใช้กับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ จะสามารถคงค่าความสว่างได้ดีกว่าเมื่อใช้กับบัลลาสต์ธรรมดา
4. ไม่จำเป็นต้องปรับปรุค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor , PF) เพราะที่บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไปมีค่าตัวประกอบกำลังมากกว่า 0.96
5. บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สามารถช่วยให้หลอดมีการจุดติดแบบทันทีทันใด (Instant Start) คือไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์ เพราะที่มีสตาร์ทเตอร์อยู่ภายในบัลลาสต์ ทำให้ช่วยในการประหยัดพลังงาน
6. ไม่เกิดปรากฏการณ์สโตรโบสโคปิก (Stroboscopic)
7. สามารถใช้งานร่วมกับลักษณะงานที่ต้องมีการปรับหรือไฟ จะทำให้มีลักษณะวงจรที่ใช้หรือไฟ ไม่ยุ่งยากซับซ้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้งานควบคู่กับการใช้แสงธรรมชาติมาช่วยในการให้แสงสว่าง

8. อุณหภูมิของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะมีค่าต่ำกว่าบัลลาสต์แบบขดลวด เนื่องจากเกิดกำลังสูญเสียที่น้อยกว่า

9. ไม่เกิดเสียงรบกวน (Hum)

10. บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะมีน้ำหนักที่เบากว่าบัลลาสต์ธรรมดาทั่วไป

	บัลลาสต์ธรรมดา	บัลลาสต์ที่สูญเสียต่ำ	บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์
หลอดไฟที่ใช้	ฟลูออเรสเซนต์ 36 W	ฟลูออเรสเซนต์ 36 W	ฟลูออเรสเซนต์ 36 W
Lamp Consumption	36 W	36 W	32 W
Ballast Loss	10 W	6 W	4 W
System Consumption	46 W	42 W	36 W
Comparison Index	100 %	91 %	78 %

ตารางที่ 2.12 เปรียบเทียบบัลลาสต์ธรรมดา, บัลลาสต์ที่สูญเสียต่ำ (Low Loss Ballast) และ บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

2.5 การประหยัดพลังงานในระบบไอน้ำ

เมื่อพิจารณาถึงระบบไอน้ำดังกล่าวนี้แล้ว สามารถแบ่งการสูญเสียพลังงานของระบบไอน้ำอย่างกว้างๆ ได้ดังนี้

- การสูญเสียพลังงานในระบบหม้อไอน้ำ
- การสูญเสียพลังงานในระบบจ่ายไอน้ำ
- การสูญเสียพลังงานในอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำ

2.5.1 การสูญเสียพลังงานในระบบหม้อไอน้ำ

2.5.1.1 ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำที่ดันทันมีค่าประมาณ 83 เปอร์เซ็นต์สำหรับหม้อไอน้ำที่ใช้ น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง และประมาณ 79-81 เปอร์เซ็นต์สำหรับหม้อไอน้ำที่ใช้ก๊าซเป็นเชื้อเพลิง ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำจะมีประสิทธิภาพสูงหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสูญเสียความร้อนของก๊าซร้อนจากปล่องควันมากเกินไป การถ่ายเทความร้อนด้านน้ำและด้านไฟ ไม่เหมาะสม อัตราส่วนระหว่างเชื้อเพลิงและอากาศไม่เหมาะสมถูกต้อง หัวเผาขาดการบำรุงรักษาที่ถูกต้อง และการสูญเสียความร้อนผ่านผนังหม้อไอน้ำ เป็นต้น

$$\text{ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ}(E) = \frac{\text{พลังงานที่ได้จากหม้อไอน้ำ}}{\text{พลังงานที่ป้อนเข้าหม้อไอน้ำ}} \quad (2.15)$$

$$E(\%) = \frac{(\text{อัตราส่วนการระเหย} \times \text{ปริมาณความร้อนในไอน้ำเหนืออุณหภูมิน้ำป้อน}) \times 100}{\text{ค่าความร้อนเชื้อเพลิง}} \quad (2.16)$$

โดยที่ อัตราส่วนการระเหย = จำนวนกิโลกรัมของไอน้ำ/จำนวนกิโลกรัมของเชื้อเพลิงที่ใช้
(kg steam/kg fuel input)

ปริมาณความร้อนของไอน้ำ = ปริมาณความร้อนต่อหน่วยกิโลกรัมของไอน้ำ (kJ/kg steam)

ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง = ปริมาณความร้อนต่อหน่วยกิโลกรัมของเชื้อเพลิงหรือต่อหน่วย
ลูกบาศก์เมตร เชื้อเพลิงขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ (kJ/kg)

2.5.1.2 การปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้สามารถทำได้โดยอาศัยกฎต่อไปนี้

- หาประสิทธิภาพของการเผาไหม้สูงสุดของหม้อไอน้ำแต่ละตัว โดยอาจจะได้มาจากผู้ผลิตหม้อไอน้ำหรือข้อมูล ที่ได้รับจากการทดสอบระหว่างการตรวจรับ โดยทั่วไปหม้อไอน้ำที่ใช้น้ำมันจะมีประสิทธิภาพประมาณ 83 เปอร์เซ็นต์ และ 79-81 เปอร์เซ็นต์สำหรับหม้อไอน้ำที่ใช้ก๊าซ
- หม้อไอน้ำสำเร็จรูป ที่มีประสิทธิภาพดีจะให้อุณหภูมิของก๊าซร้อนจากปล่องควันประมาณ 60 องศาเซลเซียสซึ่งจะสูงกว่าอุณหภูมิไอน้ำอิ่มตัว และอุณหภูมิของก๊าซร้อนนี้จะลดลงเมื่อระดับการเผาไหม้ต่ำลง
- จัดหาเครื่องมือสำหรับตรวจหาองค์ประกอบทางเคมีและวัดอุณหภูมิของก๊าซร้อนเพื่อนำค่าที่ได้มาคำนวณหาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ
- ปรับอัตราส่วน อากาศ:เชื้อเพลิง ของหัวเผาให้ได้ความประหยัดและความปลอดภัย
- วัดหาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำทุกๆ สองสัปดาห์ ถ้าหากประสิทธิภาพต่ำลงให้ทำการปรับปรุงให้ประสิทธิภาพใหม่ อย่างไรก็ตามค่าใช้จ่ายของการปรับปรุงและปริมาณของพลังงานที่ประหยัดได้ควรจะพิจารณาร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กัน โดยทั่วๆ ไปไม่ควรปล่อยให้ประสิทธิภาพลดต่ำกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ จากค่าสูงสุด

2.5.1.3 การถ่ายเทความร้อนด้านน้ำ การเกิดตะกอนในพื้นน้ำของหม้อไอน้ำอาจทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนมากเกินไป เนื่องจากตะกอนจะทำตัวเป็นฉนวน ซึ่งจะทำให้การถ่ายเทความร้อนลดลงซึ่งหมายถึงการลดลงของอัตราการผลิตไอน้ำและประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ สามารถแก้ไขได้โดยการล้างด้วยสารเคมีหรือการปรุงแต่งน้ำที่ใช้ป้อนอย่างไรก็ดีการนำคอนเดนเสต (condensate) กลับมาใช้เป็นวิธีที่ดีประการหนึ่งสำหรับการลดตะกอน ทั้งนี้เนื่องจากน้ำที่ผ่านการคอนเดนเสตเป็นน้ำที่กลั่นแล้ว

2.5.1.4 การถ่ายเทความร้อนด้านไฟ เมื่อหม้อไอน้ำทำงานนานเข้า จะมีเขม่าจับบนผิวถ่ายเทความร้อนด้านไฟ เขม่าจะส่งผลทำให้การถ่ายเทความร้อนจากเปลวไฟไปยังน้ำลดลง เนื่องจากความต้านทานต่อการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้น ผู้ใช้หม้อไอน้ำควรตรวจดูเขม่าที่จับบนผิวถ่ายเทความร้อนด้านไฟและทำความสะอาดปีละครั้ง หรือเมื่อพบว่าอุณหภูมิของก๊าซร้อนสูงเกินไปจากปกติ ควรจะหยุดเดินหม้อไอน้ำเพื่อทำความสะอาด

2.5.1.5 การควบคุมการโบลวดาวน น้ำที่ป้อนเข้าหม้อไอน้ำอาจมีสิ่งเจือปนอยู่ซึ่งถ้าหากไม่กำจัดทิ้งจะทำให้เกิดตะกอนในท่อน้ำได้ การกำจัดสิ่งเจือปนสามารถทำได้โดยการปล่อยน้ำร้อนทิ้งจากหม้อไอน้ำ (blow-down) ซึ่งจะทำให้ความเข้มข้นของสิ่งเจือปนลดลง การสูญเสียความร้อนเนื่องจากการโบลวดาวนในกรณีนี้จะมีค่าประมาณ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ของเชื้อเพลิงที่ป้อนให้หม้อไอน้ำ ในหลายกรณีผู้ควบคุมหม้อไอน้ำอาจจะโบลวดาวนมากกว่าความจำเป็น ซึ่งจะทำให้เกิดความสูญเสียเปล่าของพลังงาน การใช้อัตราการโบลวดาวนที่ถูกต้องและการนำความร้อนจากโบลวดาวนกลับมาใช้จะทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้ ดังนั้นจึงควรใช้อัตราการโบลวดาวนที่น้อยที่สุดตามสภาพความเหมาะสมของน้ำที่ใช้

2.5.2 การสูญเสียพลังงานในระบบจ่ายไอน้ำ

2.5.2.1 การรั่วของไอน้ำ การสูญเสียพลังงานในระบบจ่ายไอน้ำที่เห็นได้ชัดเจนและร้ายแรงที่สุดคือ การรั่วของไอน้ำ เมื่อพบว่ามี การรั่วของไอน้ำเกิดขึ้นควรซ่อมแซมอย่างเร่งด่วน เนื่องจากจะเป็นการสูญเสียพลังงานและอาจจะเป็นอันตรายต่อผู้กำลังปฏิบัติงานอยู่ได้

2.5.2.2 การใช้ฉนวน การไม่ใช้ฉนวนหุ้มท่อจ่ายไอน้ำหรือการใช้ฉนวนหุ้มอย่างไม่ถูกต้อง เป็นอีกสาเหตุหนึ่งของการสูญเสียความร้อนในระบบจ่ายไอน้ำ

2.5.2.3 การนำคอนเดนเสตกลับมาใช้ คอนเดนเสต คือ น้ำกลั่นร้อนที่เหมาะสมต่อการป้อนกลับให้หม้อไอน้ำ การนำคอนเดนเสตป้อนกลับให้หม้อไอน้ำไม่เพียงแต่จะเป็นการประหยัดเชื้อเพลิง แต่ยังเป็นการประหยัดน้ำ ค่าปรุงแต่งน้ำ ยืดอายุการใช้งานหม้อไอน้ำและระบบไอน้ำ การนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนเดนเสทกลับมาใช้มีข้อควรระวังคือ คอนเดนเสทที่มีอุณหภูมิสูงอาจทำให้เกิดฟองอากาศ (cavitation) ขึ้นกับปั๊มป้อนน้ำได้ มีวิธีป้องกันโดยให้ทางเข้าปั๊มมีเสถียรภาพความดันเพียงพอ โดยยกถังป้อนน้ำให้สูงกว่าตัวปั๊ม ท่อคอนเดนเสทควรหุ้มฉนวนเพื่อป้องกันการสูญเสียของความร้อน

2.5.2.4. สตีมแทร็ป เป็นอุปกรณ์สำหรับปล่อยคอนเดนเสทออกจากระบบไอน้ำและป้องกันคอนเดนเสทท่วมผิวการถ่ายเทความร้อน นอกจากนี้อาจทำหน้าที่ปล่อยอากาศและก๊าซที่ไม่ควบแน่นทิ้งไป เพื่อหลีกเลี่ยงการการสูญเสียความร้อนโดยมีแผนตรวจการทำงานของสตีมแทร็ปอย่างสม่ำเสมอ นอกจากนี้การเลือกใช้ประเภทและขนาดของสตีมแทร็ปที่ไม่ถูกต้องจะทำให้สตีมแทร็ปทำงานโดยไม่มีประสิทธิภาพเต็มที่

2.5.2.5. แฟลชสตีม คอนเดนเสทที่เกิดขึ้นภายใต้ความดันจะมีอุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส เมื่อคอนเดนเสทผ่านสตีมแทร็ป ความดันของคอนเดนเสทลดลง แต่อุณหภูมิยังคงที่ทำให้คอนเดนเสทบางส่วนระเหยกกลายเป็นไอน้ำ ไอที่เกิดขึ้นเรียกว่า แฟลชสตีม ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยใช้ถังแฟลชซึ่งทำหน้าที่เก็บแฟลชสตีมเอาไว้ใช้ประโยชน์ต่อไปได้

2.5.2.7 การระบายอากาศ การระบายอากาศหรือก๊าซที่ไม่ควบแน่นอื่นๆ ออกจากระบบไอน้ำเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากอากาศหรือก๊าซนี้จะลดการถ่ายเทความร้อนทำให้ระบบร้อนช้าและสูญเสียพลังงาน นอกจากนี้จุดเย็น (cold spot) อาจเกิดขึ้น ซึ่งจะทำให้อุปกรณ์ทำความร้อนบิดเบี้ยวเสียหายได้ เพื่อการระบายอากาศออก จึงควรที่จะติดตั้งสตีมแทร็ปที่มีตัวระบายอากาศในตัว และติดตั้งตัวระบายอากาศที่อุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำ

2.5.2.7 ถังป้อนน้ำและปั๊ม การสูญเสียความร้อนจากถังป้อนน้ำสามารถป้องกันได้โดยการหุ้มฉนวนถัง และถังควรมีฝาปิด ถังจะต้องโตพอที่จะป้อนน้ำให้แก่หม้อไอน้ำและรับน้ำจากระบบได้ทัน เพื่อหลีกเลี่ยงการสูญเสียแฟลชสตีม ท่อคอนเดนเสทควรต่อกับถังโดยให้ต่ำกว่าระดับน้ำในถัง ถ้าหากอุณหภูมิของคอนเดนเสทสูงเกินไปให้ตรวจดูว่าสตีมแทร็ปล้มเหลวหรือไม่ ถ้าหากสตีมแทร็ปทำงานปกติให้ใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนกับคอนเดนเสทเสียก่อนที่จะปล่อยเข้าถัง

2.5.3 การสูญเสียความร้อนในอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำ

การสูญเสียและการประหยัดพลังงานจะขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม มักจะนำไปใช้ในกระบวนการทำความร้อนซึ่งสามารถนำไปใช้ได้ 2 ลักษณะคือ การฉีดพ่นโดยตรง (direct steam injection) และการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโลหะ จะเป็นการไม่เพียงพอถ้าเราพยายามป้องกันการสูญเสียพลังงานในระบบผลิตไอน้ำและระบบส่งจ่ายไอน้ำ แต่กลับนำไอน้ำมาใช้อย่างไม่ระมัดระวังต่อการสูญเสีย หลักการที่สำคัญของการใช้ไอน้ำก็คือไอน้ำจะต้องแห้งให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ก่อนเข้ากระบวนการ ในบางกรณีอาจจะมีวามจำเป็นต้องติดตั้งตัวแยกเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอน้ำ (separator) สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำแต่ละตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่มีการแยกคอนเดนเสตออกทำได้ลำบากทั้งนี้ เพื่อให้ไอน้ำแห้งและมีการถ่ายเทความร้อนที่ดีที่สุด

2.5.4 การใช้งานหม้อไอน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

2.5.4.1 ก่อนทำการติดเครื่อง

- ก่อนที่จะทำการจุดหัวเผาต้องเดินพัดลม (Blower) ทิ้งไว้สักกระยะหนึ่ง เพื่อให้ไล่ไอน้ำมันหรือก๊าซที่หลงเหลืออยู่ภายในหม้อน้ำออกให้หมดก่อน
- จุดหัวฉีดน้ำมันอย่างระมัดระวัง และจะต้องแน่ใจว่า น้ำมันเชื้อเพลิงได้อุ่นจนมีอุณหภูมิที่เหมาะสมแล้ว

2.5.4.2 การเดินเครื่อง

- ต้องตรวจสอบว่า น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้มีอุณหภูมิถูกต้องหรือไม่
- ตรวจสอบความดันอากาศ ที่ใช้ในหัวเผาให้ถูกต้อง
- ตรวจสอบอย่าให้มีน้ำมันรั่วตามจุดต่างๆ
- ปรับทิศทางหัวเผาให้ถูกต้อง ไม่ให้เปลวไฟไปกระทบกับผนังอิฐทนไฟ เพราะเปลวไฟที่ผนังไม่ได้ทำให้ร้อนเร็วขึ้นหรือลดการใช้ น้ำมัน
- ปรับความยาวของเปลวไฟให้เหมาะสมและไม่แลบออกจากเตาเผา

2.5.4.3 การเพิ่มหรือลดการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงของหัวเผา ต้องทำการปรับทั้งวาล์วอากาศและน้ำมัน ปรับหัวเผาและใบปรับลม (Damper) จนควันที่ออกจากปล่องเป็นสีเทาอ่อน ซึ่งมีปริมาณ CO_2 ต่ำสุด 12.5% หรือปริมาณ O_2 ประมาณ 3% ถึง 4%

2.5.4.4 การหยุดเครื่อง

- ต้องเปิดวาล์วน้ำมันก่อนเป็นอันดับแรก และเปิดพัดลมเพื่อระบายไอน้ำมันที่ยังตกค้างอยู่ให้หมดไป
- ไม่ควรปล่อยให้หัวฉีดได้รับรังสีความร้อนจากในเตาเผาขณะที่หยุดเครื่อง ควรนำหัวเผาและหัวฉีดน้ำมันออก หรือนำแผ่นทนความร้อนปิดกั้นเสีย

2.5.5 การผลิตไอน้ำ

2.5.5.1 รักษาระดับน้ำในหม้อไอน้ำ ให้อยู่ประมาณ 2 ใน 3 ของปริมาณน้ำทั้งหมด

- ถ้าระดับน้ำสูงเกินไป น้ำจำนวนหนึ่งจะปนไปกับไอน้ำ
- ถ้าระดับน้ำต่ำเกินไป จะทำให้เกิดอันตรายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.5.2 การปล่อยน้ำไต่หม้อน้ำเป็นประจำ จะลดการเกิดตะกอนที่ผิวด้านในหม้อไอน้ำ ความหนาของตะกอน 1 มม. จะต้องใช้น้ำมันเพิ่มขึ้นประมาณ 5-8 % และถ้าปล่อยน้ำมากเกินไปจะ สูญเสียความร้อน ดังนั้นควรที่จะดูแลและบำรุงรักษาหม้อน้ำอยู่เป็นประจำ

2.5.5.3 น้ำที่ใช้ป้อนเข้าหม้อน้ำ ควรมีการปรับสภาพน้ำให้บริสุทธิ์ เพื่อให้หม้อน้ำทำงาน อย่างมีประสิทธิภาพและยืดอายุการใช้งาน

2.5.5.4 การวิเคราะห์ก๊าซไอเสียเป็นประจำ

- รักษาระดับ CO₂ ให้อยู่ประมาณ 12-13 %
- รักษาระดับ O₂ ให้อยู่ประมาณ 4-5 %

ถ้าอุณหภูมิของก๊าซไอเสียสูงขึ้นจากเดิมประมาณ 40 องศาเซลเซียส ต้องรีบ ดำเนินการแก้ไข เพราะแสดงว่ามีเขม่าจับที่ผิวถ่ายเทความร้อน

- เขม่าหนาประมาณ 3 มม. จะมีผลทำให้ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น 2-5 %

2.5.5.5 ตรวจสอบอุณหภูมิ น้ำที่ป้อนเข้าหม้อไอน้ำ ถ้าอุณหภูมิ น้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำมี อุณหภูมิสูงชันอย่างฉับพลัน อาจทำให้มีน้ำเสียหายได้ ดังนั้นควรที่จะมีดูแลรักษาและหมั่นตรวจสอบ การจ่ายไอน้ำ

- การรั่วไหลของไอน้ำ
- ท่อที่คดงอ
- ฉนวนกันความร้อน

2.5.6 การใช้ไอน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

2.5.6.1 ลดการรั่วไหลของไอน้ำ ไอน้ำที่ความดัน 7 กก.ต่อตร.ซม. หากรั่วจากท่อขนาด 3 มม. จะทำให้สูญเสียน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในเตาเผาปีละ 32,000 ลิตร

2.5.6.2 ใช้ความดันไอน้ำให้เหมาะสมกับงาน ไม่ใช้ความดันไอน้ำที่สูงเกินไป

2.5.6.3 ตรวจสอบตีลมแทร์ปเป็นประจำ

2.5.6.4 นำแฟลชสตีมไปใช้งาน เพื่อเป็นการลดการใช้ไอน้ำของหม้อไอน้ำลง และ ช่วยประหยัดเชื้อเพลิง

2.5.6.5 ตรวจสอบฉนวนกันความร้อนในทุกๆ ส่วนเป็นประจำ

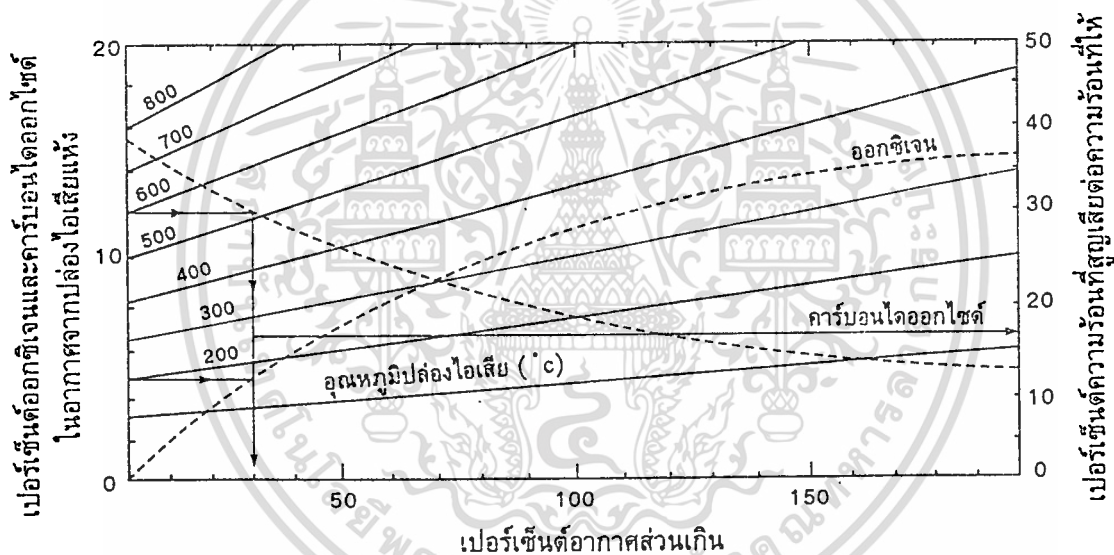
2.5.6.6 ป้องกันการเปลี่ยนไหลดของหม้อไอน้ำอย่างกะทันหัน เมื่อต้องการใช้หรือ หยุดการใช้ไอน้ำ ต้องแจ้งล่วงหน้าไปยังโรงผลิตไอน้ำ เพื่อจะได้ควบคุมการผลิตไอน้ำให้เหมาะสมใน ช่วงเวลานั้นๆ

2.6 การเผาไหม้

การเผาไหม้คือ การที่สสารปล่อยความร้อนและแสงสว่างเมื่อเกิดการออกซิเดชันอย่างรวดเร็ว การเผาไหม้ที่ดีหรือการเผาไหม้ที่สมบูรณ์คือ การเผาไหม้ซึ่งเมื่อเกิดขึ้นแล้วสามารถให้ปริมาณความร้อนเท่ากับค่าแคลอริก (calorific value) ของเชื้อเพลิง

2.6.1 ปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้

การที่จะทำให้เกิดการเผาไหม้สมบูรณ์ จะต้องใช้มวลหรือปริมาตรของเชื้อเพลิงและอากาศที่กำหนดในสมการเคมี แต่ในทางปฏิบัติเป็นไปได้ยากเพราะส่วนใหญ่จะใช้ปริมาณอากาศมากกว่าที่แสดงไว้ในสมการเคมี ดังนั้นจึงทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานความร้อนให้กับอากาศส่วนเกิน ถ้าให้อุณหภูมิของก๊าซเสียมีค่าคงที่ ปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับปริมาณอากาศ ผลคำนวณความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนที่สูญเสียให้กับก๊าซเสียกับอัตราส่วนอากาศแสดงดังรูป



รูปที่ 2.13 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์และเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกิน

จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิของก๊าซเสียสูงขึ้นความร้อนที่สูญเสียจะเพิ่มอย่างรวดเร็ว ในทางปฏิบัติการที่ให้ปริมาณอากาศเกินกว่าที่ต้องการใช้ในการเผาไหม้ เนื่องจากสาเหตุดังนี้

1. สำหรับกระบวนการผลิตที่ใช้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำ และใช้ก๊าซร้อนจากการเผาไหม้ไปถ่ายเทความร้อนให้กับชิ้นงานโดยตรง ซึ่งกระบวนการนี้จะทำได้ต่อเมื่อก๊าซร้อนไม่มีผลทางปฏิกิริยาเคมีกับชิ้นงาน ในที่นี้ต้องพยายามให้มีการถ่ายเทความร้อนได้ดีที่สุด ซึ่งอาจต้องนำอากาศจากภายนอกที่ไม่ได้ใช้ในการเผาไหม้มาผสมเพื่อเพิ่มปริมาตรของก๊าซทำให้สามารถเคลื่อนที่ผ่านชิ้นงานด้วยความเร็วสูง

2. กระบวนการผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิง มีขีดจำกัด จึงจำเป็นต้องใช้อากาศในปริมาณที่มากเกินพอเพื่อให้แน่ใจได้ว่าการเผาไหม้เกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์

3. ระบบการควบคุมอัตราส่วนระหว่างอากาศที่ใช้กับเชื้อเพลิง อาจจะไม่คงที่ตลอดการเผาไหม้ ดังนั้นค่าต่ำของช่วงการทำงานจะปรับอัตราส่วนระหว่างอากาศที่ใช้กับเชื้อเพลิงให้มีค่าใกล้เคียงกับทฤษฎี และที่ค่าสูงก็จะปรับให้อากาศเกินพอ

4. อุณหภูมิของอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้จะมีการเปลี่ยนแปลง ทำให้ความหนาแน่นของอากาศมีการเปลี่ยนแปลงด้วย ดังนั้นในช่วงวันที่มีอากาศเย็น อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้จะมีปริมาณเพียงพอ แต่ในช่วงวันที่มีอากาศร้อน อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้จะไม่เพียงพอ ทำให้เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์

2.6.2 การประมาณค่าปริมาณอากาศส่วนเกินที่ใช้ในการเผาไหม้

การประมาณค่า ปริมาณอากาศส่วนเกินที่ใช้ในการเผาไหม้ วิธีทำคือ การวิเคราะห์หองค์ประกอบของก๊าซเสีย จะสามารถได้ข้อมูลที่สามารถแสดงให้เห็นว่า

- การเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์หรือไม่
- ปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้มีจำนวนเท่าใด
- อุปกรณ์การเผาไหม้ได้เสื่อมคุณภาพมากน้อยเพียงใด

2.6.3 การสูญเสียความร้อนให้กับก๊าซเสีย

การสูญเสียความร้อนในกระบวนการเผาไหม้ ส่วนใหญ่จะสูญเสียความร้อนให้กับก๊าซเสีย การสูญเสียความร้อนให้กับก๊าซเสียโดยทั่วไปเกิดขึ้นดังนี้

- การสูญเสียความร้อนเนื่องจากก๊าซเสียมีค่าความจุความร้อนที่อุณหภูมิหนึ่งๆ ดังนั้นก๊าซเสียจึงสามารถรับความร้อนบางส่วนที่เกิดจากการเผาไหม้ การสูญเสียความร้อนลักษณะนี้เป็นการสูญเสียเนื่องจากความร้อนสัมผัส
- การสูญเสียความร้อนโดยความร้อนแฝงของการกลั่นตัวของไอน้ำ
- การสูญเสียความร้อนเนื่องจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ทำให้ปริมาณความร้อนลดลง ซึ่งปริมาณการสูญเสียความร้อนขึ้นอยู่กับปริมาณและส่วนประกอบก๊าซเสียที่ได้จากการเผาไหม้ การเกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์และเกิดก๊าซที่เผาไหม้ได้อีกนั้น บางครั้งอาจจะเป็นอันตรายเนื่องจากการระเบิด ดังนั้นในการทำงานของอุปกรณ์การเผาไหม้ที่ใช้ไม่ควรทำให้เกิดคาร์บอนมอนอกไซด์จนมีความเข้มข้นสูงกว่า 0.01 เปอร์เซ็นต์

2.6.4 แพกเตอร์ที่มีอิทธิพลต่อการเผาไหม้

2.6.4.1 ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ ค่านี้นี้เป็นค่าที่เปลี่ยนไม่ได้ เพราะว่ามันอยู่กับส่วนประกอบของเชื้อเพลิงว่ามีไฮโดรเจนอยู่ปริมาณเท่าใด เมื่อเกิดการเผาไหม้แล้วก็จะได้น้ำ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณหนึ่งๆ ส่วนปริมาณของความชื้นที่มีอยู่ในอากาศนั้นมีผลน้อยมากต่อประสิทธิภาพการเผาไหม้

2.6.4.2 อากาศส่วนเกิน ปริมาณอากาศส่วนเกินจะทำให้การสูญเสียความร้อนเนื่องจากความร้อนสัมผัสเพิ่มขึ้น จะเห็นว่าการสูญเสียความร้อนไปกับก๊าซเสีย จะมีค่าสูงขึ้นที่อุณหภูมิของก๊าซเสียสูงขึ้น การที่ปริมาณอากาศส่วนเกินเพิ่มมากเกินไปจะเป็นผลทำให้ประสิทธิภาพของการเผาไหม้ของอุปกรณ์ลดต่ำลง และก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้ก็จะมีอุณหภูมิต่ำลงด้วย ซึ่งจะมีผลให้การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีที่เกิดขึ้นภายในอุปกรณ์ลดลง ดังนั้นการสูญเสียความร้อนในก๊าซเสียเนื่องจากการใช้อากาศส่วนเกิน จึงเป็นปริมาณสำคัญที่ต้องพิจารณาระดับของอากาศส่วนเกินที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อเพลิง โดยจะพิจารณาถึงความสามารถในการผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศและอุปกรณ์การเผาไหม้

สำหรับการเผาไหม้เชื้อเพลิง จะใช้เปอร์เซ็นต์อากาศเกินพอ (เป็นค่าที่ประมาณคร่าวๆ) ดังนี้

ก๊าซธรรมชาติ	5%	อากาศส่วนเกิน
น้ำมันดีเซล	10%	อากาศส่วนเกิน
น้ำมันเตา	20%	อากาศส่วนเกิน
ถ่านหิน	50%	อากาศส่วนเกิน

2.6.5 ระดับอากาศส่วนเกิน

เพื่อให้ได้ปริมาณอากาศเกินพอที่จะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ดี จำเป็นต้องพิจารณาถึงแฟกเตอร์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.6.5.1 สภาพภูมิอากาศ เนื่องจากอุณหภูมิ ความดันและความชื้นของบรรยากาศมีค่าเปลี่ยนแปลงได้ตลอดปี ดังนั้นจึงทำให้อัตราการไหลของอากาศกับก๊าซเชื้อเพลิงมีค่าเปลี่ยนไปได้ อุณหภูมิจะมีผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นอากาศ ในการวิเคราะห์ผลจากสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงทำได้โดยพิจารณาอุณหภูมิบรรยากาศที่มีค่าเปลี่ยนแปลงตลอดปี แล้ววิเคราะห์ผลการเผาไหม้ที่ได้ว่ามีค่าเปลี่ยนแปลงคิดเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ สำหรับการเปลี่ยนอัตราการไหลของเชื้อเพลิงส่วนใหญ่เป็นผลจากการที่ความดันของบรรยากาศเปลี่ยนแปลง ซึ่งกระทำต่อตัวปรับความดันก๊าซ (gas pressure regulator) การที่ความดันเพิ่มขึ้นจะทำให้อัตราการไหลของก๊าซเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น

2.6.5.2 อัตราส่วนของอากาศที่ใช้กับเชื้อเพลิง จะขึ้นกับการออกแบบและบำรุงรักษา ความคลาดเคลื่อนของอัตราส่วนของอากาศที่ใช้กับเชื้อเพลิง

2.6.5.3 ความเปลี่ยนแปลงของส่วนประกอบของเชื้อเพลิง เนื่องจากส่วนประกอบของเชื้อเพลิงมีค่าเปลี่ยนแปลงได้เล็กน้อย ทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะและค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเปลี่ยนแปลง ดังนั้นอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ก็ต้องเปลี่ยนแปลงไปด้วย

2.6.5.4 การเปลี่ยนแปลงของความต่างศักย์ไฟฟ้า ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าถ้าเปลี่ยนแปลงประมาณ +10 เปอร์เซ็นต์ และ -15 เปอร์เซ็นต์ จะมีผลต่อสมรรถนะของพัดลมดูดอากาศ และทำให้อัตราการไหลของอากาศเปลี่ยนแปลงประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์

2.6.5.5 เครื่องวัดอัตราการไหลของก๊าซหรือความดันของเชื้อเพลิงที่ป้อน ปกติแล้วเครื่องวัดอัตราการไหลของก๊าซจะมีความคลาดเคลื่อน นอกจากนี้ความดันของเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้าหัวฉีดอาจเปลี่ยนแปลงได้เนื่องจากตัวปรับความดันเอง หรือการเปลี่ยนแปลงของความดันก่อนเข้าตัวปรับความดัน การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จะทำให้ใช้ปริมาณอากาศเกินพอเพิ่มขึ้นประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์

2.6.5.6 การวิเคราะห์ก๊าซเสียจากการเผาไหม้ ความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ก๊าซเสียขึ้นอยู่กับเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ การสอบเทียบวัดและวิธีเก็บตัวอย่าง ความไม่แน่ใจในปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่อ่านได้ทำให้ต้องใช้อากาศเกินพอเพิ่มขึ้น 3 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเครื่องมือวิเคราะห์สมัยใหม่ซึ่งใช้อิเล็กทรอนิกส์เข้าช่วยจะต้องใช้อากาศเกินพอเพิ่มขึ้นเพียง 1.5 เปอร์เซ็นต์

2.6.5.7 การเปลี่ยนแปลงของความดันในห้องเผาไหม้ โดยทั่วไปความดันในห้องเผาไหม้จะถูกควบคุมให้คงที่ที่ค่าหนึ่ง เพื่อให้หัวฉีดทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งทำได้โดยติดตั้งระบบควบคุมไว้ที่ปล่องทางออกของก๊าซเสีย ถ้าไม่ได้ติดตั้งระบบควบคุมนี้อาจทำให้เกิดการไหลย้อนกลับของก๊าซเสียบางส่วนและมีผลต่อความดันในห้องเผาไหม้ทั้งสมรรถนะของหัวฉีด ในกรณีของระบบที่ไม่ได้ติดตั้งเครื่องควบคุม อากาศเกินพอที่ใช้ในการเผาไหม้จะมีค่าเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์

2.6.5.8 การระบายอากาศในอาคาร อาคารที่วางห้องเผาไหม้ จำเป็นต้องมีการระบายอากาศเพื่อใช้อากาศสำหรับการเผาไหม้และระบายความร้อน ค่าต่ำสุดของช่องระบายอากาศประมาณ 320 ตารางมิลลิเมตรต่อเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้าหนึ่งเมกะจูลต่อชั่วโมง ช่องระบายอากาศเหล่านี้ควรกระจายให้ทั่วถึง อย่างไรก็ตามเมื่อใช้งานไประยะเวลาหนึ่ง ช่องเหล่านี้จะมีสิ่งสกปรกติดทำให้พื้นที่เล็กลง อัตราการไหลของอากาศผ่านช่องเหล่านี้จึงน้อยลง และมีผลต่อการทำงานของพัดลม ดังนั้นปริมาณอากาศเกินพอควรเผื่อไว้ประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์

2.6.5.9 บำรุงรักษาและซ่อมแซม การวิเคราะห์ก๊าซเสียและปรับแต่งหัวฉีดบ่อย พบว่าสามารถลดปริมาณ อากาศเกินพอได้ 3 เปอร์เซ็นต์

2.6.6 การใช้เตาเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.6.1 ป้องกันการกระทบของเปลวไฟ โดยปรับทิศทางหัวฉีดให้เหมาะสม อย่าให้เปลวไฟกระทบวัตถุที่อยู่ภายใน เพื่อป้องกันการเกิดความร้อนเฉพาะจุด และลดการเกิดเขม่า

2.6.6.2 ปรับความยาวของเปลวไฟให้เหมาะสม เปลวไฟที่แลบทางปล่องควัน หรือประตูเตา เป็นการสูญเสียความร้อนโดยตรง

2.6.6.3 ปิดประตูเตาเผาให้สนิท เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน

2.6.6.4 ปิดรูรั่วหรือช่องรูไฟต่างๆ เพราะทำให้สูญเสียความร้อนและเชื้อเพลิงจำนวนมาก

2.6.6.5 ป้องกันการแทรกซึมของอากาศภายนอก เพราะจะทำให้เตาเผามีอุณหภูมิลดลง ต้องใช้เชื้อเพลิงมากขึ้น โดยการปรับความดันภายในเตาเผาให้สูงกว่าภายนอกเล็กน้อย

2.6.6.6 รักษาระดับอุณหภูมิภายในเตาเผาให้พอเหมาะ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ออกมามีคุณภาพดี เพราะถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

2.6.6.7 เลือกไหลด์ให้เหมาะสม เพราะถ้าไหลด์มากหรือน้อยไปจะทำให้สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

2.6.6.8 นำความร้อนที่ปล่อยทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์

2.7 การประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศ

2.7.1 การประหยัดพลังงานของอุปกรณ์ปรับอากาศ

2.7.1.1 เปลี่ยนแปลงปริมาณอากาศภายนอก

ถ้าปริมาณอากาศภายนอกที่นำเข้ามามีมากเกินไป พลังงานที่ใช้ในการปรับอากาศจะมากขึ้นตามด้วย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องคำนวณหาค่าปริมาณอากาศภายนอกที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่กำหนดให้มีไม่เกิน 0.1 % ซึ่งสามารถปรับโดย

- การปรับโดยอาศัยความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้อง โดยการวัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้อง และปรับปริมาณอากาศจากภายนอกถ้าค่าที่วัดได้ต่ำกว่าค่าที่อนุโลม นอกจากนี้อาจใช้วิธีควบคุมอัตโนมัติโดยใช้เครื่องวัดความเข้มข้น CO₂ และกระบังปรับลมจากภายนอก

- การปรับปริมาณการระบายอากาศ ในกรณีที่มีเตาอยู่ในโรงงาน และใช้อากาศในห้องปรับอากาศเป็นอากาศป้อนเข้า ถ้าไอเสียมีปริมาณมาก ก็จำเป็นต้องป้อนอากาศจากภายนอก ระบบปรับอากาศในปริมาณมากกว่าที่จำเป็น

ในกรณีเช่นนี้ให้พิจารณาลดปริมาณไอเสียให้น้อยที่สุดเท่าที่จำเป็น หรือว่าจำเป็นต้องต่อท่อป้อนอากาศและท่อไอเสียต่างหาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ปรับตั้ง อุณหภูมิภายในห้องจะแตกต่างกันไปตามประเภทและลักษณะงาน ดังนั้นถ้าปรับอุณหภูมิขณะทำความเย็นให้สูงขึ้นกว่าเดิม และปรับอุณหภูมิขณะทำความอบอุ่นให้ต่ำกว่าเดิม ภาระการปรับอากาศอันเนื่องจากการส่งผ่านความร้อนที่ผนังภายนอก หรือภาระอื่นเนื่องจากอากาศภายนอกจะลดลง เป็นการประหยัดพลังงานได้

2.7.1.3 ป้องกันการทำความเย็นมากเกินไป และการทำความอบอุ่นมากเกินไปสามารถป้องกันโดยการตรวจสอบค่าที่ปรับตั้งเทอร์โมสแตท และการใช้คนเข้าควบคุมในกรณีที่อุปกรณ์การควบคุมอัตโนมัติทำงานได้ไม่สมบูรณ์

2.7.1.4 ระบายไอเสียออกนอกบริเวณปรับอากาศ

2.7.1.5 ถ่ายเทอากาศใต้หลังคา หรือตอนบนของห้องในกรณีที่เพดานสูง

2.7.1.6 ลดภาระเนื่องจากหลังคา

2.7.1.7 ใช้ความร้อนที่ปล่อยทิ้งไปให้เป็นประโยชน์

2.7.2 วิธีใช้อุปกรณ์ปรับอากาศอย่างประหยัดพลังงาน

2.7.2.1 การทำความสะอาดอีแวพอเรเตอร์

เมื่อพื้นที่ส่งผ่านความร้อนสกปรกเนื่องจากสิ่งสกปรกหรือตะกอนน้ำจับเกาะ การแลกเปลี่ยนความร้อนจึงถูกขัดขวาง ทำให้ความพันด้านความดันต่ำลดลง จนในที่สุดสวิทช์ป้องกันความดันต่ำจะทำงาน ทำให้ไม่สามารถเดินเครื่องได้ นอกจากนี้เนื่องจากการที่ของเหลวไหลกลับไปสู่เครื่องอัด เป็นสาเหตุให้ลินแตกหัก หรือเกิดปัญหาใหม่ติดได้

2.7.2.2 การทำความสะอาดคอนเดนเซอร์ (Condenser)

ถ้าคอนเดนเซอร์ซึ่งใช้กับเครื่องทำความเย็นมีสิ่งสกปรก หรือตะกอนน้ำจับเกาะผิวส่งผ่านความร้อน ซึ่งจะขัดขวางการแลกเปลี่ยนความร้อน ความดันใช้งานของด้านความดันสูง จะสูงขึ้น ในที่สุดสวิทช์ป้องกันความดันสูงจะทำงาน ทำให้ไม่อาจเดินเครื่องได้

วิธีการทำความสะอาดคือ สำหรับระบบระบายความร้อนด้วยอากาศให้ใช้น้ำยาเฉพาะชนิด ฟันเข้าไปแล้วล้างด้วยน้ำ สำหรับระบบระบายความร้อนด้วยน้ำอาจใช้น้ำยาทำความสะอาดในห้องเย็น หรือทำความสะอาดโดยใช้แปรงก็ได้

2.7.2.3 การติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนทั้งหมด

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนทั้งหมด คืออุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่ายเทอากาศขณะทำความอบอุ่นหรือทำความเย็น โดยที่อุณหภูมิของห้องแทบไม่เปลี่ยนแปลงเลย

การถ่ายเทอากาศโดยให้ผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนทั้งหมดเช่นนี้ ช่วยให้อากาศบริสุทธิ์ที่ดูดจากภายนอกก่อนที่จะเข้ามาในห้องมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง จึงทำให้สามารถเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ่ายเทอากาศได้อย่างเพียงพอและมีประสิทธิภาพ มีผลช่วยให้ประหยัดพลังงานได้อย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของฤดูร้อนที่มีอุณหภูมิสูงมาก ปริมาณความร้อนในอากาศที่ถ่ายเทก็มีมากด้วย

2.7.2.4 การปรับปรุงประสิทธิภาพการเดินเครื่องของเครื่องสูบน้ำและพัดลม

ในด้านอุปกรณ์ปรับอากาศ ถ้าให้ปริมาณน้ำหล่อเย็น น้ำเย็น หรือลมที่ส่ง มากเกินความจำเป็นแล้ว จะสิ้นเปลืองพลังงานโดยไม่จำเป็น นอกจากนี้ ในขณะที่เครื่องทำความเย็นหยุดโดยการควบคุมของเทอร์โมสแตท ถ้าให้พัดลมของห้องเย็น เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น และพัดลมของอีแวพอเรเตอร์หยุดพร้อมกัน ก็จะสามารถประหยัดพลังงานได้อย่างมาก แต่ในการนี้จำเป็นต้องพิจารณาระบบควบคุมอัตโนมัติ เพื่อที่จะสตาร์ทอุปกรณ์เหล่านี้

2.7.2.5 การควบคุมปริมาณอากาศภายนอกที่นำเข้ามา

ในกรณีของโรงงาน ส่วนใหญ่ปริมาณอากาศที่ต้องการจะถูกกำหนดไว้ เช่น การกำหนดความเข้มข้นของก๊าซพิษเป็นต้น นอกจากนี้ยังมีกฎหมายเกี่ยวกับปริมาณอากาศ ที่จำเป็นในการเผาไหม้ของอุปกรณ์ที่มีการเผาไหม้ ในปัจจุบันมีการใช้อุปกรณ์ควบคุมความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทำการควบคุมปริมาณอากาศภายนอกที่ดูดเข้ามา โดยอัตโนมัติตามความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้อง

นอกจากนี้ในช่วงระหว่างฤดูร้อนและฤดูหนาว สามารถลดภาระการทำงานทำความเย็นได้ โดยการดูดอากาศจากภายนอกเข้ามามากขึ้นด้วยการใช้ อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ ควบคุมปริมาณอากาศ ตามอุณหภูมิอากาศภายนอกและอุณหภูมิภายในห้อง

2.7.2.6 อุปกรณ์ควบคุมเวลาเดินเครื่องและหยุดเครื่อง

การเดินเครื่องเมื่อเริ่มงาน เวลาที่ใช้ในการเดินเครื่องก่อนเลิกงานได้ ขึ้นอยู่กับภาวะต่างๆ สามารถประหยัดพลังงานได้ โดยคำนวณเวลาเริ่มเดินเครื่อง หยุดเครื่องให้เหมาะสมตามภาวะอากาศภายนอก และใช้เครื่องควบคุมการเดินเครื่องและหยุดเครื่องทำความเย็นโดยอัตโนมัติ

2.7.3 ระบบปรับอากาศในอุตสาหกรรมปั่นด้าย

ในอุตสาหกรรมปั่นด้าย จำเป็นต้องมีการปรับอากาศ เพื่อวัตถุประสงค์

- ควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ในกระบวนการผลิตเพื่อคุณภาพของผลผลิต
- ระบายความร้อนในโรงงาน
- กำจัดฝุ่นละอองเนื่องจากเศษฝ้ายในโรงงาน
- เพื่อความสบายของคนงาน ทำให้ประสิทธิภาพของการทำงานสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

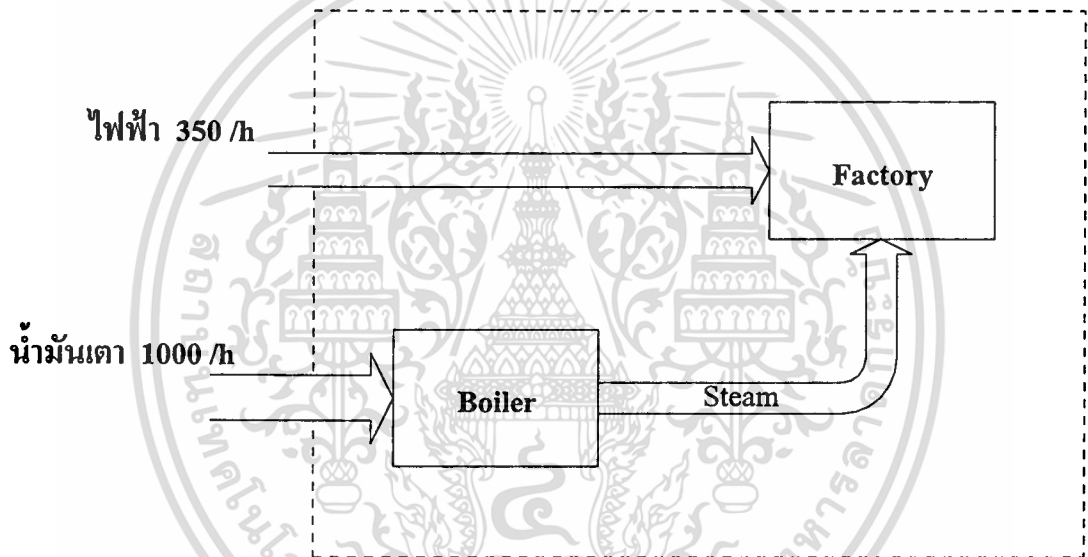
ข้อกำหนดเกี่ยวกับสภาพอากาศในกระบวนการปั่นด้ายแต่ละกระบวนการ ใน
สภาวะแวดล้อมในขั้นตอนการผลิตแต่ละขั้นตอนเมื่อประมวลทั้งหมดแล้วปรากฏว่า อุณหภูมิอยู่
ระหว่าง 24-27 °C และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 50-55 % ระบบปรับอากาศที่นิยมใช้ เครื่อง
ล้างอากาศ (Air Washer)



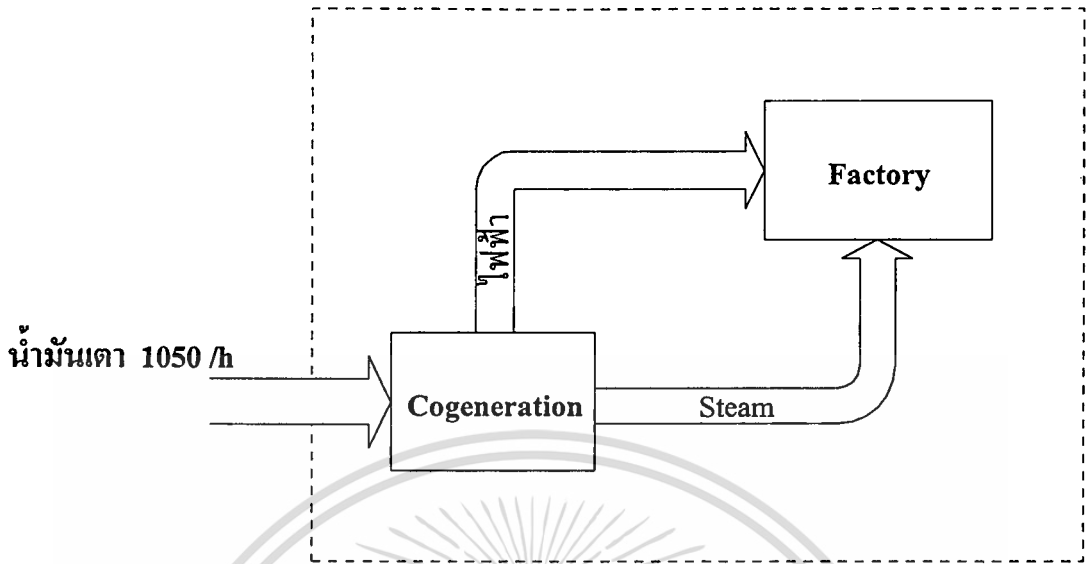
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 การผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมกับงานอุตสาหกรรม (COGENERATION)

ในโรงงานอุตสาหกรรมนั้น การใช้พลังงานอย่างเหมาะสมและประหยัดจะเป็นการลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าลงได้อย่างมาก ดังนั้นจึงได้มีการนำเอาระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นการผลิตพลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานความร้อน ซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่าการแยกกันผลิต โดยมีลักษณะเป็นการผลิตไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขึ้นใช้เอง แล้วนำพลังงานความร้อนที่ปล่อยออกมาจากระบบผลิตไฟฟ้าไปใช้อีกต่อหนึ่ง ซึ่งระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมที่จะนำมาใช้ให้ได้ดีนั้น ปริมาณความร้อนและไฟฟ้าที่ต้องการจะต้องสมดุลกันพอดี



รูปที่ 2.14 ลักษณะการใช้พลังงานของโรงงานก่อนการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม

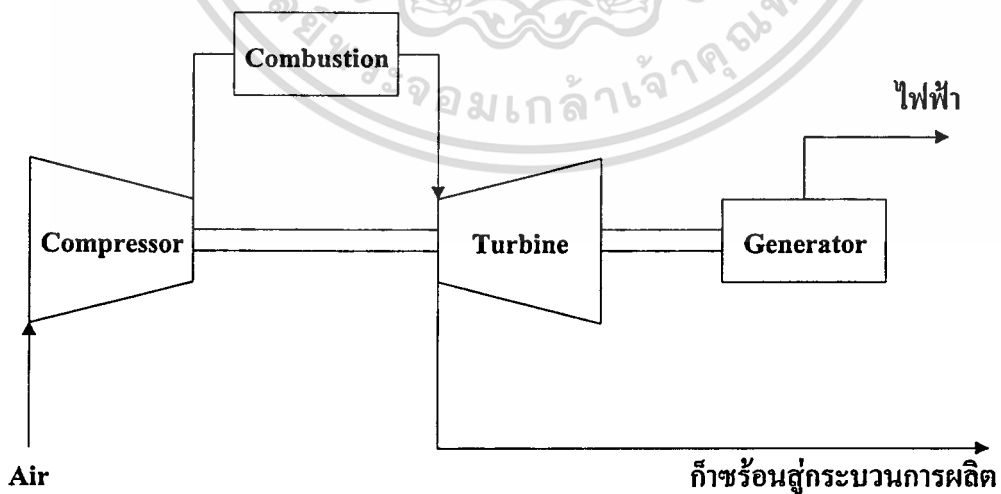


รูปที่ 2.15 ลักษณะการใช้พลังงานของโรงงานหลังการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม

2.8.1 ชนิดของระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม

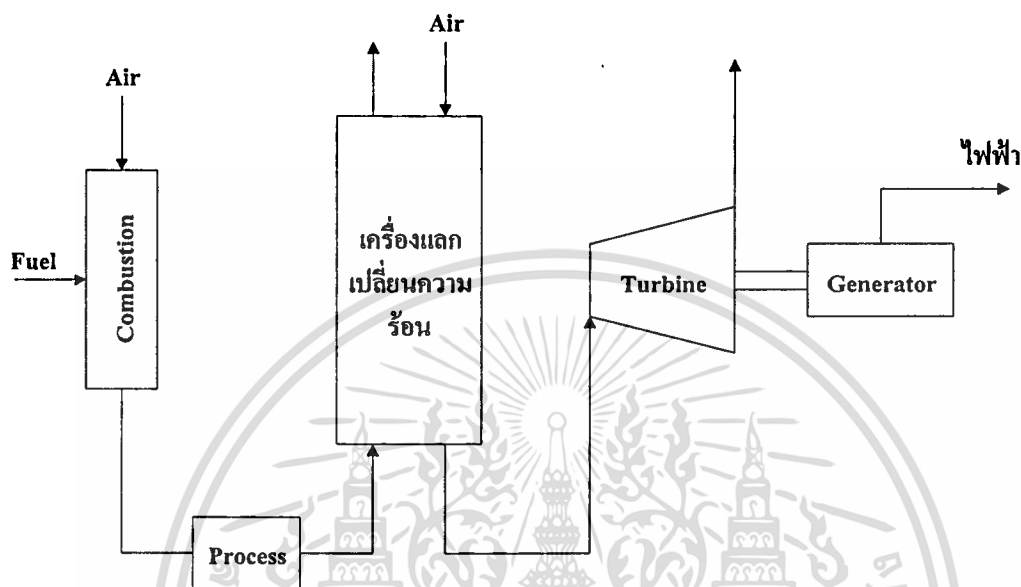
ระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด โดยพิจารณาจากลำดับของการผลิตไฟฟ้า และความร้อน

1. วัฏจักรบน (Topping Cycle) คือระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมที่ไอน้ำหรือก๊าซร้อนถูกใช้ในการผลิตไฟฟ้าก่อน แล้วจึงนำไอน้ำที่ออกจากระบบผลิตไฟฟ้านั้น ไปใช้ในกระบวนการความร้อนต่อไป



รูปที่ 2.16 วัฏจักรบน

2. วัฏจักรล่าง (Bottoming Cycle) คือระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมที่ไอน้ำหรือก๊าซร้อนถูกใช้ในกระบวนการทำความร้อนก่อน แล้วจึงนำไอน้ำหรือก๊าซร้อนที่ปล่อยออกมานั้นไปใช้ในการผลิตไฟฟ้าอีกทีหนึ่ง



รูปที่ 2.17 วัฏจักรล่าง

ปัจจุบันระบบที่นิยมใช้กันก็คือ วัฏจักรบนเพราะให้ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ดีกว่า และในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ไปมักจะต้องการพลังงานความร้อนที่อุณหภูมิไม่สูงมากนัก อีกทั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบวัฏจักรบน เป็นอุปกรณ์มาตรฐานที่ได้รับการพัฒนามาแล้วเป็นอย่างดี

2.8.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม

อุปกรณ์ที่ใช้จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับระบบที่เลือกใช้ว่าเป็นระบบแบบวัฏจักรบน หรือ วัฏจักรล่าง

ในระบบวัฏจักรบน อุปกรณ์ที่เป็นที่นิยมใช้กัน ได้แก่

- กังหันไอน้ำ (Steam Turbine) ชนิดความดันได้ (Back Pressure) และชนิดความดันได้ตัดตอนไอน้ำ (Extraction)
- กังหันก๊าซ (Gas Turbine)
- เครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine)

2.8.2.1 กังหันไอน้ำ (Steam Turbine)

- ชนิดความดันได้ (Back Pressure)

มีหลักการคือ น้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกเผาไหม้ในหม้อไอน้ำ (Boiler) เพื่อผลิตไอน้ำที่ความดันสูง (อาจสูงถึง 100 บาร์) แล้วปล่อยไอน้ำนั้นขยายตัวผ่านเครื่องกังหันไอน้ำ กังหันไอน้ำจะหมุนขับเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำเนิดไฟฟ้า (Generator) เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ไอน้ำที่ผ่านกังหันไอน้ำจะถูกปล่อยออกจากตัวกังหัน และมีความดันเหลืออยู่ประมาณ 3-20 บาร์ ไอน้ำนี้จะถูกใช้ในกระบวนการต่างๆ ต่อไป

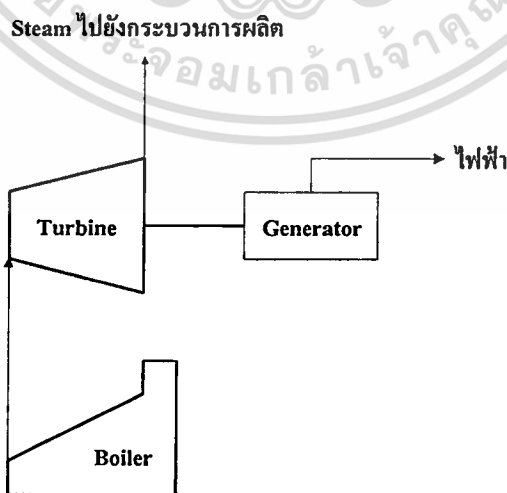
สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมเก่าที่ใช้หม้อไอน้ำอยู่แล้ว และคิดจะทำการผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมชนิดความดันได้นั้นมักจะไม่คุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ ทั้งนี้เพราะเหตุผล 2 ข้อคือ

1. หม้อไอน้ำที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ไป มักจะมีความดันสูงสุดสูงกว่าความดันที่อยู่ในกระบวนการผลิตไม่มากนัก จึงไม่อาจผลิตไอน้ำที่มีความดันสูงพอสำหรับกังหันไอน้ำได้

2. หม้อไอน้ำที่ใช้ในโรงงานที่มีขนาดเล็ก มักจะผลิตไอน้ำเปียก (Saturated steam) ซึ่งจะทำให้กังหันไอน้ำเกิดการสึกหรอมากกว่าปกติ

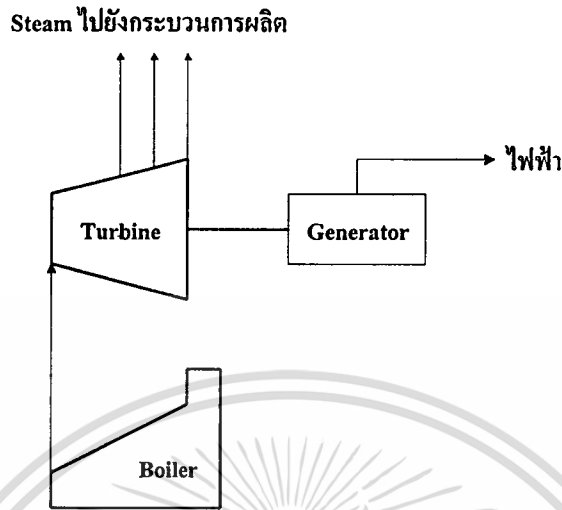
- ชนิดความดันได้ตัดตอนไอน้ำ (Extraction) เป็นกังหันไอน้ำอีกชนิดหนึ่งซึ่งอาจนำมาใช้ได้ดี ในกรณีนี้ชนิดความดันได้ตัดตอนไอน้ำมีลักษณะที่แตกต่างจากชนิดความดันได้คือ ในชนิดความดันได้ตัดตอนไอน้ำ จะมีไอน้ำบางส่วนถูกปล่อยออกมาในช่วงกลางของกังหัน โดยไอน้ำที่ปล่อยออกมาจะระหว่างกลางนี้จะมีความดันให้เลือกหลายขนาด ซึ่งอาจเลือกใช้ให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิตได้ ส่วนไอน้ำที่เหลือจะถูกปล่อยให้ขยายตัวผ่านกังหันจนมีความดันต่ำจึงออกจากกังหัน ไอน้ำที่มีความดันต่ำเหล่านี้อาจนำไปใช้กับจุดต่างๆ ในกระบวนการที่ต้องการไอน้ำที่ความดันต่ำได้อีกด้วย

ข้อดีสำคัญของการใช้เครื่องกังหันไอน้ำก็คือ สามารถใช้เชื้อเพลิงได้หลายชนิดไม่ว่าจะอยู่ในรูปของเหลวหรือของแข็ง จะสะอาดหรือสกปรก ก็สามารถใช้ได้ดี ถ้าหม้อไอน้ำที่ใช้ ใช้ได้กับการออกแบบที่เหมาะสม ซึ่งของเสียจากกระบวนการผลิตยังสามารถนำมาเป็นเชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำได้ รวมถึงระบบกังหันไอน้ำยังเป็นระบบที่ไม่มีความยุ่งยากซับซ้อน ดูแลรักษาง่ายและมีความเชื่อถือที่สูง



รูปที่ 2.18 แสดง ลักษณะของกังหันไอน้ำชนิดความดันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



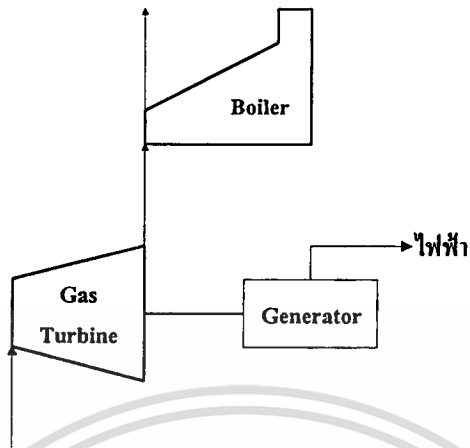
รูปที่ 2.19 แสดง ลักษณะของกังหันไอน้ำชนิดความดันได้ตัดตอนไอน้ำ

2.8.2.2 กังหันก๊าซ (Gas Turbine)

หลักการทำงานของเครื่องกังหันก๊าซก็คือ อากาศจะถูกดูดเข้าไปยังเครื่องอัดอากาศให้มีความดันสูง แล้วอากาศนั้นจะถูกป้อนเข้าไปยังห้องเผาไหม้ ที่ห้องเผาไหม้นี้ น้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้ามาผสมและจุดระเบิดขึ้น ก๊าซร้อนจากการเผาไหม้จะขยายตัวผ่านไปยังเครื่องกังหันก๊าซ ทำให้กังหันก๊าซหมุน แกนของเครื่องกังหันก๊าซจะไปขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

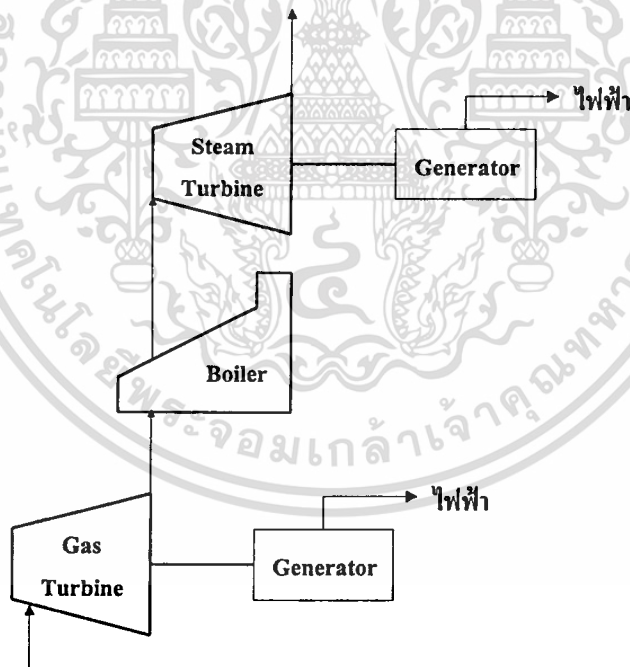
ก๊าซร้อนที่ปล่อยออกมาจากเครื่องกังหันก๊าซจะมีอุณหภูมิประมาณ 450-550 องศาเซลเซียส ก๊าซร้อนนี้สามารถใช้เป็นแหล่งความร้อนในหม้อไอน้ำแบบเวสฮีท (Waste Heat Boiler) เพื่อผลิตไอน้ำที่ความดันต่ำๆ เพื่อใช้ในกระบวนการผลิต หรือในบางกรณีก๊าซร้อนก็มีความสะอาดมากพอที่จะใช้ในกระบวนการผลิตได้โดยตรง นอกจากนี้ยังมีระบบวัฏจักรรวม คือไอน้ำที่ได้จากหม้อไอน้ำแบบเวสฮีท ยังสามารถใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้กังหันไอน้ำอีกชั้นหนึ่ง ก่อนที่จะนำไอน้ำที่ผลิตได้ไปใช้งานในกระบวนการผลิตแบบวัฏจักรรวมนี้ จะผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงขึ้น เมื่อเทียบต่อปริมาณความร้อนใช้งานเท่าๆ กัน

Steam ไปยังกระบวนการผลิต



รูปที่ 2.20 วัฏจักรบนของกังหันก๊าซ

Steam ไปยังกระบวนการผลิต



รูปที่ 2.21 วัฏจักรรวมของกังหันก๊าซ

เนื่องจากก๊าซร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้จะต้องผ่านเข้าไปในตัวถังกังหันก๊าซ ดังนั้น เชื้อเพลิงที่ใช้จะต้องเป็นเชื้อเพลิงที่สะอาด เช่น ก๊าซธรรมชาติ น้ำมันดีเซล เป็นต้น เพื่อที่แก้ไขปัญหาคือ ข้อจำกัดนี้ได้มีการศึกษาถึงการเผาไหม้แบบไม่ผ่านเข้าตัวกังหัน (Indirectly Fired Turbine) ในระบบ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นี้ก๊าซร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้จะไม่ผ่านเข้าตัวกังหันโดยตรง แต่จะถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศ ซึ่งจะผ่านเข้าไปในตัวกังหันอีกต่อหนึ่ง ในกรณีนี้จะใช้เชื้อเพลิงได้หลายชนิด เช่น ถ่านหิน และเศษวัสดุที่เหลือใช้จากกระบวนการผลิต

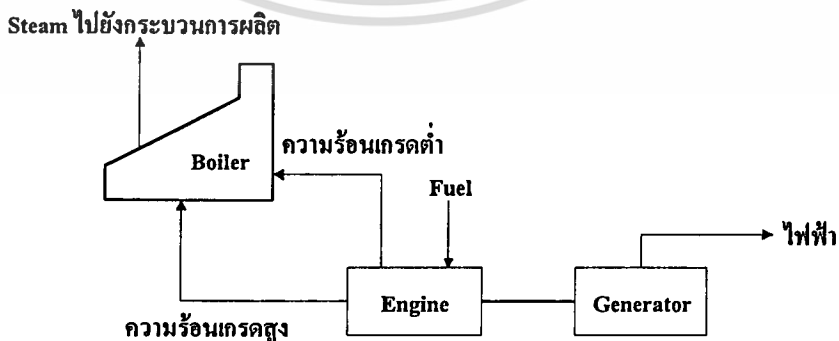
2.8.2.3 เครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine)

เครื่องยนต์สันดาปภายในที่นิยมใช้กับระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมได้แก่เครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลและน้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง เครื่องยนต์เหล่านี้จะแตกต่างไปจากเครื่องยนต์ที่ใช้กันอยู่ในรถยนต์เป็นอย่างมาก เพราะต้องทำงานติดต่อกันตลอดเวลา ตามปกติเครื่องยนต์เหล่านี้จะมีความเร็วรอบต่ำประมาณไม่เกิน 1,000 รอบต่อนาที โดยปกติแล้วเครื่องยนต์สันดาปภายในจะต้องใช้กับเชื้อเพลิงที่เป็นของเหลวหรือเป็นก๊าซ และต้องเป็นชนิดเดียวกับที่ถูกออกแบบมาให้ใช้เท่านั้น ในเครื่องยนต์ขนาดใหญ่อาจจะใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งจะต้องมีการเตรียมน้ำมันอย่างเหมาะสมเสียก่อน ส่วนเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซนั้นจะให้กำลังได้น้อยกว่า เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลที่มีขนาดภายนอกเท่าๆ กัน

พลังงานความร้อนที่ปล่อยออกมาจากเครื่องยนต์สันดาปภายใน มี 2 ลักษณะคือ

1. อยู่ในรูปไอเสีย ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 310-430 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจใช้ในการผลิตไอน้ำโดยใช้ หม้อไอน้ำแบบเวสฮีทได้ ปริมาณความร้อนที่มีอยู่ในไอเสียนี้จะมีค่าประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของความร้อนที่เครื่องยนต์จะปล่อยออกมาทั้งหมด

2. ปริมาณความร้อนอุณหภูมิต่ำ ซึ่งอยู่ในรูปของ ระบบน้ำระบายความร้อน ระบบน้ำมันหล่อลื่น และระบบลมระบายความร้อน พลังงานความร้อนเหล่านี้เป็นพลังงานที่มีอุณหภูมิต่ำไม่อาจใช้ในกระบวนการผลิตได้ แต่สามารถนำระบบน้ำระบายความร้อนนี้ไปใช้เป็นการอุ่นน้ำป้อนหรือใช้เป็นน้ำป้อนของระบบ ซึ่งในกรณีนี้จะต้องมีระบบน้ำหล่อเย็นสำรองไว้ใช้ในกรณีฉุกเฉิน



รูปที่ 2.22 วงจรของเครื่องยนต์สันดาปภายใน

ชนิด	ข้อดี	ข้อเสีย
กังหันไอน้ำ	<ul style="list-style-type: none"> .อายุการใช้งานยาวนาน (ปกติ 40 ปี) .สามารถใช้เชื้อเพลิงประเภทถ่านหิน และเชื้อเพลิงอื่นที่ไม่ใช่ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม .ได้รับการพัฒนามานานแล้ว และเป็นที่ยุติกันดี 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าต่ำ (น้อยกว่า 35 %) 2. ใช้งานที่โหดต่าๆ ยาก 3. ไม่คุ้มทางเศรษฐศาสตร์เมื่อเป็นชุดขนาดเล็ก 4. ต้องใช้พนักงานคุมเครื่องที่มีความชำนาญการ 5. ประสิทธิภาพรวมของระบบต่ำกว่าชนิดอื่นๆ 6. มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมทางอากาศ
ชนิด	ข้อดี	ข้อเสีย
กังหันก๊าซ	<ul style="list-style-type: none"> . ได้รับความร้อนที่มีอุณหภูมิสูง . ดึงความร้อนที่ปล่อยทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ได้ในอัตราสูง . ขนาดกะทัดรัด น้ำหนักเบา ติดตั้งง่าย . ต้องการการบำรุงรักษาน้อยกว่า . มีเสถียรภาพดี 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ต้องใช้เชื้อเพลิงผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม เช่น แก๊ส น้ำมันดีเซล 2. เสียงดัง 3. ประสิทธิภาพรวมของระบบยังต่ำกว่าของเครื่องยนต์สันดาปภายใน
เครื่องยนต์สันดาปภายใน	<ol style="list-style-type: none"> 1. มีเสถียรภาพดี 2. ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูง 3. มีขนาดเล็กถึงปานกลาง 4. เงินลงทุนต่ำ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. เปลืองที่ติดตั้งถึงเก็บน้ำมัน 2. ความร้อนปล่อยทิ้งมีอุณหภูมิต่ำ 3. ต้องใช้เชื้อเพลิงผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม 4. มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมทางอากาศ

ตารางที่ 2.13 เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของทั้ง 3 ชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพิจารณาเลือกระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม ในการเลือกจะใช้ระบบใดกับ อุตสาหกรรมที่ทำอยู่นั้น จะต้องพิจารณาจากปัจจัยต่างๆ ประกอบกัน เช่น

- ขนาดของระบบที่ต้องการพลังงานความร้อนและไฟฟ้าเป็นจำนวนเท่าไร
- ชนิดของเชื้อเพลิงที่มีอยู่หรือหาได้สะดวก
- อัตราส่วนระหว่างความร้อนต่อไฟฟ้าที่โรงงานต้องการ
- ลักษณะของการนำระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมไปใช้งาน
- ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ในระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมนั้น ค่าพารามิเตอร์ค่าหนึ่งที่สำคัญก็คือ อัตรา ความร้อนต่อไฟฟ้า(H/P) ซึ่งหมายถึงความต้องการพลังงานความร้อนต่อพลังงานไฟฟ้าของโรงงาน อุตสาหกรรมนั้นๆ ซึ่งจากการศึกษาพบว่า โรงงานอุตสาหกรรมแต่ละประเภทจะมีค่าอัตราความร้อน ต่อไฟฟ้าแตกต่างกันออกไป โดยระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมแต่ละระบบจะมีประสิทธิภาพสูงที่ ค่าอัตราความร้อนต่อไฟฟ้าเพียงช่วงใดช่วงหนึ่งเท่านั้น ดังนั้นค่าพารามิเตอร์จึงมีความสำคัญมากตัว หนึ่ง ซึ่งจะบอกได้ว่าโรงงานนั้นๆ ควรเลือกใช้ระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมแบบใด

ลักษณะของการนำระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมไปใช้งาน แบ่งออกได้ 3 ลักษณะ

1. ระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมที่ถูกออกแบบให้รับความต้องการไฟฟ้าสูงสุด ของโรงงาน และพลังงานไฟฟ้าที่เหลือขณะที่โรงงานใช้กำลังงานไฟฟ้าไม่เต็มที่ จะ ถูกขายให้กับกรไฟฟ้า
2. ระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมที่ถูกออกแบบให้รับความต้องการไฟฟ้าระดับปกติ ของโรงงาน และพลังงานส่วนเกินที่โรงงานใช้ จะต้องซื้อไฟฟ้าส่วนดังกล่าวจากการ ไฟฟ้า
3. ระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมที่ทำงานโดยอิสระโดยไม่ต้องข้องเกี่ยวกับระบบ ไฟฟ้าของการไฟฟ้า

รายละเอียด	ชนิด		
	กังหันไอน้ำ	กังหันก๊าซ	เครื่องยนต์สันดาป ภายใน
ขนาดของระบบ	500 kW - 15 MW	500 kW - 100 MW	15 kW - 10 MW
ประสิทธิภาพรวม	สูงสุด 90 %	60 - 80 %	60 - 80 %

เอกสารนี้ **ของระบบ** ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราความร้อนต่อไฟฟ้า	1 - 20	1 - 7	0.5 หรือน้อยกว่า
ความร้อนที่ออกจากระบบ	ไอน้ำอุณหภูมิสูงถึง 150 °C	แก๊สร้อน 450 - 550 °C	50 % น้ำร้อน 50 % แก๊สร้อน 450 °C
เชื้อเพลิงที่ใช้	ใช้ได้หลายชนิด	แก๊สหรือดีเซล	แก๊สหรือเชื้อเพลิงเหลว ขึ้นอยู่กับขนาดเครื่อง

ตารางที่ 2.14 แสดงการเปรียบเทียบ กังหันไอน้ำ กังหันก๊าซ และ เครื่องยนต์สันดาปภายใน

2.8.3 การนำระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมมาใช้ในโรงงานปั่นด้าย

สำหรับกระบวนการต่างๆ ในการปั่นด้ายนั้นจะประกอบด้วย การเป่าและผสมเส้นใย การสาวและหิวเส้นใย การรีดและจัดขนาดเส้นใย กระบวนการปั่นและกรอด้าย กระบวนการอบด้าย และ ทำด้ายเช็ด ซึ่งกระบวนการที่สามารถนำระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมมาใช้ให้เกิดประโยชน์ร่วมกันก็คือกระบวนการอบด้าย ซึ่งต้องใช้ไอน้ำในการอบด้าย โดยสามารถใช้ระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมได้คือ นำเอาไอน้ำที่ได้จากหม้อไอน้ำไปใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าต่อโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือนำไอน้ำที่ใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามาใช้ต่อในกระบวนการอบด้าย ซึ่งจะมีประสิทธิภาพดีกว่าการแยกกันผลิตระหว่างไอน้ำและพลังงานไฟฟ้า

ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าแบบต่าง ๆ ในปัจจุบันมีประสิทธิภาพ 30-40 % ในขณะที่ระบบผลิตพลังงานความร้อนจะอยู่ในช่วง 70-80 % หากนำระบบทั้ง 2 มาแยกกันทำงาน จะให้ประสิทธิภาพประมาณ 50-60 % ส่วนระบบ โคเจนเนอเรชั่น จะมีประสิทธิภาพสูงกว่า คือประมาณ 60-90 % เนื่องจากการใช้พลังงานต่อเนื่องหรือมีการนำพลังงานที่ปล่อยทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่

2.9 การประหยัดของมอเตอร์ไฟฟ้า

2.9.1 ลักษณะการทำงานที่ดี

2.9.1.1 ประสิทธิภาพของมอเตอร์จะมีค่าสูงสุดเมื่อทำงานที่ประมาณ 80-100% ของโหลดเต็มที่ ค่าของ kW หรือ HP ที่บอกไว้ใน พิกัดของ มอเตอร์ นั้น เป็นค่าของ เอชพีท ค่าพลังงานที่นำมาใช้จริงคือค่า อินพุต ดังนั้นขณะที่มีโหลด ไม่เต็มที่ ประสิทธิภาพจึงต่ำ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปจึงสูงกว่าเอชพีท ที่จำเป็นจริง ๆ

$$\text{Power input} = \frac{\text{Power output}}{\text{ประสิทธิภาพ}} \quad (17)$$

ประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่อย่างไรก็ตามข้อควรระวังคือ อย่าให้มอเตอร์รับโหลดเกิดกำลัง (over load) เพราะจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพต่ำลงและความร้อนจะเพิ่มสูงขึ้น โดยทั่วไปมอเตอร์ที่มีขนาดเท่ากัน เมื่อทำงานที่ไม่เกินฟูลโหลด จะทำให้ประสิทธิภาพดีกว่าเมื่อทำงานที่โหลดมากเกินไป ดังนั้นจึงควรใช้มอเตอร์ที่ฟูลโหลดจึงจะได้ประสิทธิภาพสูงสุด

2.9.1.2 การ start มอเตอร์สามเฟสที่มีขนาดใหญ่ควรสตาร์ทแบบสตาร์ทและทำงานแบบเดลต้า เพราะว่าจะให้กระแสไฟฟ้าตอนสตาร์ทต่ำทำให้ค่าความต้องการสูงสุดตอนสตาร์ทต่ำด้วย นอกจากนี้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ย่อมจะมีขนาดเล็กกว่าการสตาร์ทแบบเดลต้า และทำงานแบบเดลต้าเช่นกัน โดยทั่วไปการต่อแบบนี้จะใช้กับมอเตอร์สามเฟสขนาด 2kW ขึ้นไป

พิจารณาการทำงานของมอเตอร์ โดยต่อแบบสตาร์ทและเดลต้า

- การทำงานของมอเตอร์โดยต่อแบบสตาร์ท เพาเวอร์แฟคเตอร์จะสูงกว่าการต่อแบบเดลต้า แต่มอเตอร์ จะรับ โหลดได้เพียง 1/3 เท่านั้น จึงไม่เหมาะสมที่จะต่อ motor เช่นนี้ในช่วงมอเตอร์ทำงานตามปกติ
- การทำงานของมอเตอร์โดยต่อแบบเดลต้า การทำงานของมอเตอร์โดยต่อแบบเดลต้า เพาเวอร์แฟคเตอร์จะต่ำในขณะที่เร่งความเร็วสูงขึ้น ซึ่งในการสตาร์ทมอเตอร์ขนาดใหญ่ต้องการเพาเวอร์แฟคเตอร์ในตอนสตาร์ทสูง ซึ่งไม่นิยมที่จะต่อมอเตอร์ในตอนสตาร์ทโดยวิธีเดลต้า แต่ในขณะที่ทำงานตามปกติแล้วจะสามารถรับโหลดและมีแรงบิดมากกว่าการต่อแบบสตาร์ทมาก

2.9.1.3 การเลือกใช้มอเตอร์จะต้องพิจารณาลักษณะของสมบัติของมอเตอร์ร่วมกับลักษณะสมบัติของเครื่องจักรที่ใช้มอเตอร์ เลือกใช้มอเตอร์ตามเงื่อนไขต่อไปนี้

- ต้องเป็นมอเตอร์ที่เหมาะสมกับลักษณะสมบัติการสตาร์ทของโหลดและลักษณะสมบัติของการใช้โหลดตามปกติ
- เป็นมอเตอร์ที่มีระบบป้องกันและระบบระบายความร้อนที่เหมาะสมกับสถานที่ติดตั้ง
- เชื้อถือได้สูง และการซ่อมบำรุงทำได้สะดวก

2.9.1.4 การประหยัดพลังงานเมื่อพิจารณาจากลักษณะสมบัติของโหลด

- ใช้งานแบบต่อเนื่องและถ้าใช้วิธีการควบคุมโหลด โดยใช้วาล์วหรือใช้แดมเปอร์ (damper) อยู่ การประหยัดพลังงานจะทำได้โดยการเดินเครื่องแบบเปลี่ยนความเร็วรอบไม่มีการควบคุมโหลด ในการเลือกมอเตอร์ควรเลือกให้มีขนาดที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูง
- ใช้งานไม่ต่อเนื่อง การประหยัดพลังงาน ทำโดยการศึกษาดูว่าที่โหลดน้อยจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สามารถปลดมอเตอร์ออกได้หรือไม่ ถ้าทำได้ก็ใช้วิธีควบคุมการทำงานของมอเตอร์ การคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยใช้ ซีควเอนซ์คอนโทรล (sequence control)

ชนิดของมอเตอร์	วิธีควบคุมความเร็วรอบ
มอเตอร์เหนี่ยวนำชนิดโรเตอร์กรงกระรอก (Squirrel-cage induction motor)	ควบคุมความถี่ของแหล่งจ่ายไฟ (VVF) Eddy current coupling control Hydraulic coupling control
มอเตอร์เหนี่ยวนำชนิดโรเตอร์แบบพันขดลวด (Wound-rotor) หรือ แบบมีวงแหวนลื่น (Slip Ring Motor)	ควบคุมความต้านทานของโรเตอร์ ควบคุม Secondary magnetic field
ซิงโครนัสมอเตอร์ (Synchronous motor)	ควบคุมความถี่ของแหล่งจ่ายไฟ (VVF) Non-commutator motor (thyristor motor)

ตารางที่ 2.15 แสดงวิธีการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์แต่ละชนิด

2.9.2 มอเตอร์ชนิดประหยัดพลังงาน

2.9.2.1 มอเตอร์ชนิดที่มีประสิทธิภาพสูง

มอเตอร์ชนิดที่มีประสิทธิภาพสูงเป็นมอเตอร์แบบกรงกระรอกที่ใช้กับไฟแรงต่ำซึ่งมีที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง มอเตอร์แบบที่มีประสิทธิภาพสูงได้ปรับปรุงเรื่องที่จะกล่าวข้างล่างนี้ ซึ่งทำให้ค่ากำลังงานสูญเสียต่ำลง 20-30% เมื่อเปรียบเทียบกับแบบมาตรฐานที่ใช้กันมา

- ทำการเพิ่มจำนวนชั้นของแผ่นเหล็กที่ประกอบเป็นแกนเหล็ก และปรับปรุงการตั้ง gap ของแกนเหล็กและการพันคอยล์ ซึ่งจะทำการกำลังงานสูญเสียในแกนเหล็กและในความต้านทานทางด้านสเตเตอร์ลดลง
- ทำการลดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างกะทันหัน (heat shock) และใช้แผ่นเหล็กชนิดดีที่มีการสูญเสียน้อย
- ทำการออกแบบโรเตอร์ให้เหมาะสม เป็นการลดค่ากำลังงานสูญเสียในความต้านทานทางด้านโรเตอร์

ลักษณะเฉพาะของมอเตอร์ชนิดที่มีประสิทธิภาพสูงมีดังต่อไปนี้

- สำหรับเครื่องจักรที่มีช่วงเวลากการใช้งานยาวนาน มอเตอร์แบบนี้ก็จะยิ่งประหยัดได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มอเตอร์ชนิดประสิทธิภาพสูงเป็นมอเตอร์ที่ถูกออกแบบไว้ให้มีกำลังงานสูญเสียต่ำ และมีประสิทธิภาพสูง โดยออกแบบไว้มีค่าสลลิปต่ำในขณะที่มีโหลดเต็มที่และมีแรงบิดต่อนสตาร์ทต่ำ ทำให้ไม่เหมาะสำหรับงานที่ต้องสตาร์ทบ่อย
- โดยทั่วไปแล้วมอเตอร์จะทำงานที่โหลดประมาณ 90 % ดังนั้นการใช้ในสภาพที่มี โหลดน้อยจะทำให้ประสิทธิภาพลดลง

2.9.2.2 มอเตอร์แบบกรงกระรอกชนิดที่มีความต้านทานสูง

มอเตอร์แบบนี้มีลักษณะพิเศษดังนี้คือ

- เหมาะที่จะใช้กับงานที่มีการสตาร์ทมอเตอร์บ่อย และมีโหลดสูงเป็นช่วง ๆ
- โลหะที่ทำโรเตอร์ใช้อลูมิเนียมตายเคส (aluminium die cast) ซึ่งมีความต้านทานสูง หรือทำให้พื้นที่ของตัวโรเตอร์น้อยลง เพื่อเพิ่มความต้านทานของโรเตอร์
- แรงบิดต่อนสตาร์ทจะสูงกว่าแบบธรรมดา 20-30 % และกระแสต่อนสตาร์ทจะต่ำลง 10-20 % ทำให้สามารถใช้แหล่งจ่ายไฟที่มีขนาดเล็กลงได้
- เนื่องจากความต้านทานของโรเตอร์ (Secondary resistance) มีค่าสูง ในขณะที่ใช้งานจะมีสลลิปสูงและลักษณะสมบัติในการทำจะเลวลง

2.9.2.3 มอเตอร์ชนิดมีคัลท์

มอเตอร์ชนิดนี้มีลักษณะพิเศษดังนี้คือ

- มอเตอร์ชนิดนี้เป็นชนิดที่ติดคัลท์เบรคแบบใช้แรงเสียดทานเข้ากันมอเตอร์แบบ เหนียวนำที่มี flywheel อยู่ เพราะฉะนั้นจึงเหมาะสำหรับงานที่ต้องสตาร์ทและหยุด อย่างรวดเร็ว
- การสูญเสียที่เกิดขึ้นขณะสตาร์ทจะมีค่าน้อย แต่ถ้าวัดราคาการใช้งานต่ำค่าการสูญเสียขณะไม่มีโหลดจะไม่สามารถตัดทิ้งได้

2.9.2.4 ตัวเก็บประจุมอเตอร์ (Capacitor Motor)

มอเตอร์ชนิดนี้มีลักษณะพิเศษดังนี้คือ

- อุปกรณ์ที่ใช้ในการสตาร์ทมอเตอร์ชนิดนี้ไม่ต้องสวิตช์แรงหนีศูนย์กลางคือสามารถ สตาร์ทได้ด้วยคอนเดนเซอร์เท่านั้น เพราะฉะนั้นโครงสร้างจะง่ายมาก การขัดข้อง ของเครื่องจะมีน้อย
- กระแสต่อนสตาร์ทมีค่าต่ำ ประสิทธิภาพในขณะใช้งานสูงและค่าแรงบิดสูงสุดมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารขนาดใหญ่สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	มอเตอร์รุ่นเก่าทั่วไป	มอเตอร์รุ่นใหม่
Cu Loss Stator	1.319 kW	0.911 kW
Cu Loss Rotor	0.646 kW	0.668 kW
Core Loss	0.725 kW	0.180 kW
Mechanical Loss	0.373 kW	0.281 kW
Stay Loss	0.852 kW	0.299 kW
Total Loss	3.915 kW	2.399 kW

ตารางที่ 2.16 แสดงตัวอย่างการเลือกมอเตอร์ในการประหยัดพลังงาน 50 HP 4 Pole

ขนาดมอเตอร์ทั่วไป (HP)	ประสิทธิภาพมอเตอร์ทั่วไป	ประสิทธิภาพมอเตอร์รุ่นใหม่
1	73	85
5	80	89
10	85	90
15	87	92
25	89	92
50	90	92
75	90	93
125	92	94

ตารางที่ 2.17 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างมอเตอร์ทั่วไปและมอเตอร์รุ่นใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	ปกติ	High	Higher	Highest
ราคามอเตอร์ (\$)	180	224	252	279
ประสิทธิภาพ (%)	81.8	85.2	86.8	87.4
Power Input (kW)	9.12	8.76	8.59	8.54
เฉลี่ยเวลาใช้งาน/ปี (ชม.)	4,000	4,000	4,000	4,000
พลังงานไฟฟ้า (kW-hr)	36,479	35,023	34,378	34,142
ราคาไฟฟ้า/หน่วย (\$)	0.06	0.06	0.06	0.06
ค่าไฟฟ้าทั้งปี (\$)	2,188.75	2,101.41	2,062.67	2,048.57
ค่าเสื่อมราคาปีที่ 8 (\$)	22.50	28	31.50	34.88
ค่าใช้จ่าย/ปี (\$)	2,211.25	2,129.41	2,094.17	2,083.39
ผลต่างค่าใช้จ่าย (\$)	0	87.34	126.08	140.24
ผลต่างราคามอเตอร์ (\$)	0	44	72	99
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	0	0.5	0.57	0.71

ตารางที่ 2.18 แสดงการเปรียบเทียบมอเตอร์ขนาด 10 HP

2.9.3 วิธีการประหยัดพลังงานไฟฟ้า

1. ควรเลือกขนาดและชนิดมอเตอร์มาใช้ให้ถูกต้องกับงานและสถานที่ติดตั้ง
2. แก้วเพาเวอร์แฟคเตอร์มอเตอร์ให้สูงขึ้นโดยการนำเอาตัวเก็บประจุมาต่อขนานเข้ากับโหลด หรือใช้พวคซิงโครนัส(Synchronous capacitor) เพราะสามารถปรับตัวประกอบกำลังได้ตลอดเวลา
3. เลือกมอเตอร์ไฟฟ้าที่สามารถทำงานได้ใกล้เคียงกับโหลดพิกัด (full load) ให้มาก
4. หาทางลดความสูญเสียจากกระแสไฟฟ้าสร้างสนามแม่เหล็กในมอเตอร์กระแสตรง ในขณะที่มอเตอร์หยุดทำงาน สายพานที่คล้องอยู่ระหว่างเพลลาของมอเตอร์ และ Pulley ควรมีความตึงที่เหมาะสม เพราะถ้าสายพานหย่อนมากเกินไปจะทำให้เกิดความสูญเสียในการส่งกำลัง (Power transmission loss) หรือถ้ามีความตึงมากเกินไปก็จะทำให้เกิดความผิด และอายุการใช้งานของสายพานจะสั้น
5. อย่าเดินมอเตอร์ในขณะที่ไม่มีโหลด

6. ควรตรวจดูว่ามีกระแสไฟฟ้ารั่วหรือไม่ เพราะนอกจากจะเกิดการสูญเสียพลังงานแล้ว ยังเกิดอันตรายกับผู้ไปด้วย ควรติดตั้งระบบสายดิน กับมอเตอร์ไฟฟ้า จะทำให้เกิดความปลอดภัยจากไฟฟ้ารั่วมากยิ่งขึ้น
7. ควรอัดน้ำมันหล่อลื่นตามกำหนดที่ผู้ผลิตกำหนดไว้
8. ป้องกันไม่ให้น้ำเข้าไปที่ขดลวดของมอเตอร์ได้เพราะความชื้นมาก ๆ จะทำให้มอเตอร์เสียได้

2.9.4 การประหยัดเครื่องสูบน้ำหรือปั้มน้ำ

แนวทางการประหยัด

1. เลือกใช้เครื่องที่มีถึงพิกัดหน้าขนาดใหญ่พอควร ถ้าถึงเล็กเกินไปสวิตซ์อัตโนมัติต้องทำงานถี่มากขึ้น
2. สร้างถังเก็บน้ำไว้ระดับพื้นดิน ปล่อยน้ำประปาลงเพื่อให้ถูกต้องตามกฎหมายและจะช่วยประหยัดน้ำ เพราะปั้มจะทำงานเมื่อใช้น้ำเท่านั้น
3. ควรสูบน้ำขึ้นถังเก็บให้เต็ม แต่อย่าให้ล้น เมื่อใช้น้ำจนเกือบหมดถังจึงเปิดสูบน้ำให้เต็มใหม่จะได้ไม่ต้องปิด-เปิดเครื่องบ่อยโดยไม่จำเป็น เพราะการสูบน้ำย้อมกินไฟมากตอนเริ่มสตาร์ท
4. ไม่ควรปล่อยให้ท่อประปารั่วเพราะการประปาก็ใช้ไฟฟ้าสูบน้ำเหมือนกัน
5. เครื่องสูบน้ำเมื่อใช้ไปนาน ๆ แผ่นปะเก็น ซีล หรือลูกยางจะสึกทำให้เครื่องหลวมสูบน้ำได้ไม่ดีเท่าที่ควร ทำให้เสียเวลาและเปลืองไฟโดยใช่เหตุ ควรแก้ไข
6. ควรทำความสะอาดตะกอนในถังพักเป็นครั้งคราว เพราะถ้ามีมากอาจเข้าไปอุดตันในเครื่องทำให้เครื่องทำงานหนัก ถ้าเป็นไปได้ควรติดตั้งเครื่องกรองน้ำด้วย

2.10 การลดค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (peak shaving)

ในการใช้ไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปนั้น จะจัดอยู่ในประเภทผู้ใช้ไฟคือเป็น ผู้ใช้ไฟขนาดปานกลาง ที่มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดอยู่ระหว่าง 30-1,999 กิโลวัตต์ และขนาดใหญ่ตั้งแต่ขนาด 2,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป ซึ่งมีองค์ประกอบที่ส่งผลต่อค่าไฟฟ้าดังนี้คือ

1. ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) คือค่าธรรมเนียมที่คิดจากจำนวนความต้องการพลังงานไฟฟ้าในหนึ่งเดือน โดยมีอัตราที่แตกต่างกันแต่ละประเภทผู้ใช้ไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (Demand Charge) เป็นค่าธรรมเนียมที่คิดจากจำนวนความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดของเดือนนั้น ซึ่งจะมีอัตราที่แตกต่างกัน แต่จะประเภทผู้ใช้ไฟและที่ระดับแรงดันไฟฟ้า
3. ค่าตัวประกอบกำลัง ถ้าในรอบเดือนใดผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าเหมือนเฉลี่ยใน 15 นาที สูงสุด (maximum 15 minute kilovar Demand) เกินกว่าร้อยละ 63 ของความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดเมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์ (maximum 15 minute kilowatt Demand) แล้ว เฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าตัวประกอบกำลังในอัตรา KVAR ละ 15 บาท สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าในเขตของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจะไม่เสียค่าธรรมเนียมนี้

จากองค์ประกอบของเงินค่าไฟฟ้าที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่าค่าธรรมเนียมความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด (Demand Charge) มีสัดส่วนค่อนข้างสูงโดยจะเป็นอันดับสองรองจากค่าพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นถ้าโรงงานอุตสาหกรรมสามารถลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดลงได้ ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าในแต่ละเดือนก็สามารถลดลงได้

เนื่องจากไม่ว่าจะเกิดค่าพลังงานสูงสุดยาวนานเท่าใด หรือจะมีค่าพลังงานสูงสุดเพียงครั้งเดียวหรือหลายครั้งก็ตาม ก็จะต้องคิดค่าไฟส่วนนี้เท่ากัน ดังนั้นเพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้าจึงจำเป็นต้องทำการลดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดลงให้ได้

2.10.1 แนวทางในการพิจารณาเพื่อลดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด

1. พิจารณาว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าเครื่องใดสามารถเปลี่ยนเวลาใช้งาน ในขณะที่มีการใช้พลังไฟฟ้าสูงสุดได้
2. ในช่วงที่มีการใช้พลังไฟฟ้าสูงสุดอยู่ เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ชนิดใดที่ไม่จำเป็นสามารถทำการตัดหรือหยุดการใช้งาน
3. พิจารณาว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดใดสามารถเปลี่ยนขนาดให้เล็กลง โดยยอมให้ทำงานได้นานขึ้นได้ นอกจากจะช่วยลดพลังไฟฟ้าสูงสุดแล้ว ยังช่วยลดการสูญเสียในระบบได้
4. เปลี่ยนขนาดเครื่องใช้ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับงาน โดยประสิทธิภาพทั่วไปของเครื่องใช้ไฟฟ้าจะสูงสุดเมื่อใช้งานที่โหลด 80-100 %
5. เลือกใช้อุปกรณ์หรือระบบไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงในการประหยัดพลังงาน เช่น การใช้ Inverter ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์
6. หลีกเลี่ยงการสตาร์ทมอเตอร์ขนาดใหญ่ และอุปกรณ์ให้ความร้อน ในเวลาเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

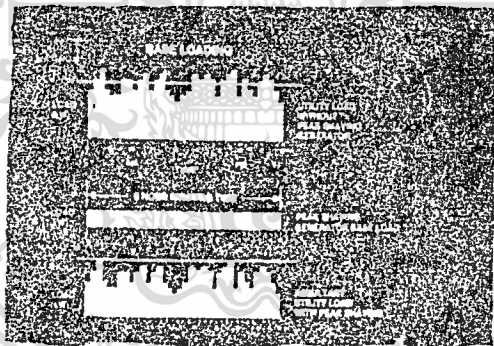
7. สนับสนุนให้มีการประหยัดในช่วงที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด เช่น ปิด เครื่องปรับอากาศ ปิดเครื่องทำน้ำเย็น
8. สามารถนำเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเครื่องยนต์ดีเซล หรือแบบก๊าซมาช่วยจ่ายโหลดในช่วงที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดได้ โดยปกติจะใช้ขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประมาณ 20-25 % ของความพลังงานไฟฟ้าสูงสุด จึงจะเหมาะสมและประหยัดที่สุดในการลงทุนเพิ่ม

2.10.2 ประโยชน์ที่ได้จากการลดค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด

1. มีพลังงานไฟฟ้าใช้ไม่ขาดแคลนและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตและทำให้ระบบมีเสถียรภาพมากขึ้น
2. ลดต้นทุนในการผลิตจากการลดพลังงานไฟฟ้า

2.10.3 ลักษณะการนำเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามาใช้ลดความต้องการสูงสุด

1. เป็น base loading คือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำการจ่ายโหลดตลอดเวลาและสม่ำเสมอ ทั้งวันทำให้ ความต้องการสูงสุดลดลงตามรูป 2.23



รูปที่ 2.23 แสดงการลดความต้องการไฟฟ้าสูงสุดโดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นฐานของโหลด

2. เป็นยอดบนของความต้องการสูงสุด คือทำการตั้งค่าที่มิเตอร์ เมื่อค่าสูงถึงจุดที่ตั้งไว้ กิโลวัตต์มิเตอร์จะทำการส่งสัญญาณให้ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า จ่าย โหลด จนกว่าค่าจะต่ำกว่าที่ตั้ง โหลด ไฟฟ้าแบ่งได้ 2 ประเภท

1. โหลดที่ขาดไฟฟ้าได้นาน เช่น เครื่องปรับอากาศ ปั๊มน้ำ ที่หยุดทำงานระยะหนึ่งแล้ว ไม่ทำให้เสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โหลดที่ขาดไฟฟ้าชั่วคราว เช่น ระบบแสงสว่างที่หยุดทำงานแล้วไม่มีผลกระทบกับโรงงาน ลักษณะวงจรและการทำงานตามชนิดโหลดไฟฟ้า

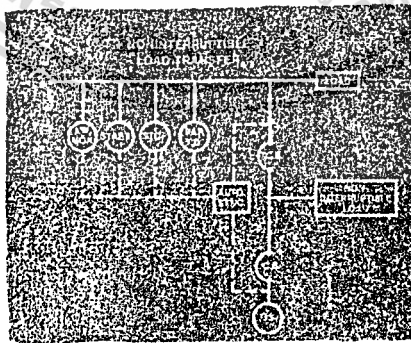
2.10.4 วงจรและการทำงานตามชนิดโหลดไฟฟ้า

1. deferred load transfer มีหลักการทำงาน

คือ เมื่อความต้องการไฟฟ้าถึงจุดที่กำหนดไว้ในมิเตอร์ จะส่งสัญญาณให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงานภายหลังแรงดันไฟฟ้าและความถี่ได้ตามต้องการ และรีเลย์อีกตัวหนึ่งจะส่งสัญญาณให้สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติ (ATS : automatic transfer switch) สับไฟฟ้าป้อนเข้าโหลดมาทางเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เมื่อโหลดที่ใช้งานลดลงถึงจุดที่ตั้งไว้ที่มิเตอร์ จะส่งสัญญาณให้สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติย้ายโหลดจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากลับไปแหล่งพลังงานไฟฟ้าตามปกติ ต่อจากนั้นรีเลย์จะปล่อยให้เครื่องยนต์ทำงานตัวเปล่าประมาณ 3-5 นาที แล้วบังคับเครื่องยนต์โดยอัตโนมัติ เพื่อปิดงานไม่ให้เครื่องยนต์ติด-ดับบ่อยเกินไป

2. Interruptible load automatic transfer วิธีที่นิยมมากในปัจจุบัน คือ ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง การทำงานจะคล้ายแบบแรก คือ เมื่อกำลังไฟฟ้าต่ำลงถึงจุดที่ตั้งไว้แล้ว สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติจะย้ายโหลดกลับตำแหน่งไฟฟ้าปกติ

3. NonInterruptible load transfer การทำงานจะต้องจ่ายไฟฟ้าให้โหลดตลอดเวลาจะเกิดการดับไม่ได้เลย จึงใช้วิธีขนานเครื่องเข้าก่อนจะตัดไฟด้านการไฟฟ้า



รูปที่ 2.24 แสดงการใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับโหลดที่เฟดับไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 2.24 จะมีสวิตช์หลัก (Main switch) ทำหน้าที่คล้ายสวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติ (A.T.S.) ต่างกันที่ สวิตช์นี้ต้องต่อก่อนตัดจุดสำคัญ คือต้องมีขนาดแรงดันความถี่เท่ากัน และการสับสวิตช์ ฆานานกันต้องเป็นแบบซิงโครไนซ์ซึ่งอัตโนมัติ (Automatic synchronizing)

ปัจจุบันการใช้เครื่องยนต์ดีเซลเป็นต้นกำลังลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่การไฟฟ้าคิดกับ โรงงานอุตสาหกรรมในราคาเฉลี่ยต่อยูนิต แต่ส่วนที่โรงงานจะลดค่าใช้จ่ายได้นั้นคือค่าความต้องการ พลังไฟฟ้าสูงสุด

หมายเหตุ โรงงานบ้านด้ายนี้ไม่เหมาะที่จะนำ การลดความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด มาใช้ เพราะดูจากกราฟจะเห็นว่าค่าพลังงานไฟฟ้า (s) ในแต่ละเวลาจะต่างกันน้อยมากเนื่องจากการทำ การตารางจัดการทำงานของโหลดได้ดีแล้ว

2.10.4 เครื่องคอมพิวเตอร์มาช่วยลดค่าไฟฟ้า

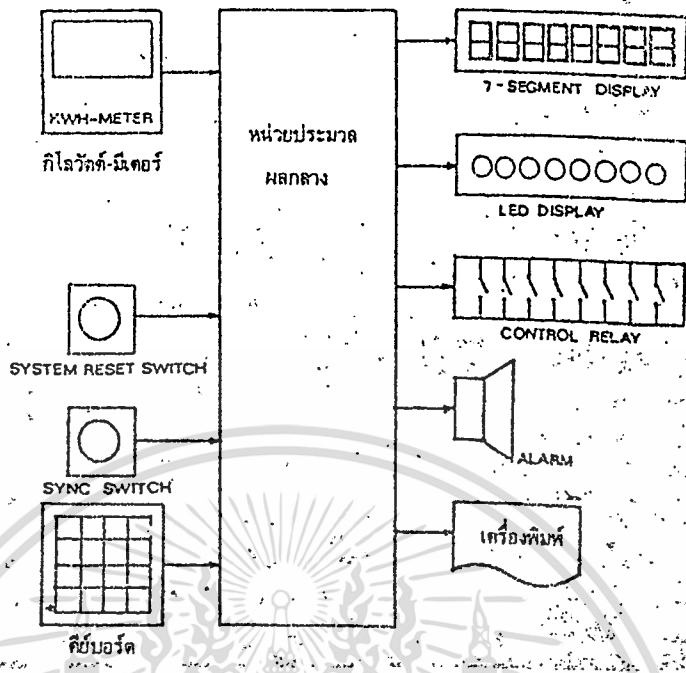
ปัจจุบันได้มีการผลิตเครื่องมือช่วยควบคุมการใช้ไฟฟ้า เช่น จอแสดงค่าสูงสุด (peak demand monitor) ซึ่งเป็นเพียงเครื่องตรวจการใช้ไฟฟ้า แล้วส่งสัญญาณเตือนเมื่อมีการใช้เกินกว่า ค่าที่ตั้งไว้เพื่อแจ้งผู้ควบคุม นอกจากนี้ยังมีเครื่องที่สามารถตัดต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าได้โดยอัตโนมัติตามที่ ตั้งไว้ โดยการใช้ไมโครโพรเซสเซอร์ (microprocessor) ควบคุมซึ่งเหมาะกับกิจการขนาดใหญ่เท่านั้น เนื่องจากมีราคาแพง

เครื่อง Cu1 สร้างเพื่อควบคุมค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่ microprocessor zilog -80 ผู้ใช้ สามารถกำหนดค่าต่างๆ ที่จำเป็น ค่าความต้องการพลังสูงสุด จำนวนโหลดที่ต้องการควบคุมและ สามารถบอกค่าลำดับความสำคัญได้เหมาะสมกับโรงงานขนาดกลางที่ต้องเสียค่าความต้องการพลังไฟ ฟ้าไม่เกินเดือนละ 65,535 กิโลวัตต์หรือประมาณเดือนละ 6 ล้านบาท ซึ่งจะคุ้มทุนได้ภายใน 1-2 ปี

ลักษณะของเครื่องโดยทั่วไป

เครื่องcu1นี้สร้างขึ้นเพื่อใช้ควบคุมความต้องการพลังงานไฟฟ้าได้โดยลำพัง แต่สามารถที่ต่อ เครื่องพิมพ์เพื่อบันทึกข้อมูลต่างๆได้ หรือใช้เป็นมอนิเตอร์บันทึกการใช้ไฟฟ้าได้บนหน้าปัดของเครื่อง จะมีคีย์บอร์ด สำหรับป้อนข้อมูลและมีแผงแสดงผลต่างๆ

นอกจากนี้ยังมีสวิตช์สำหรับป้องกันข้อมูลโดยผู้ที่ไม่ได้รับอนุญาต ถ้าปิดสวิตช์ไปที่ตำแหน่ง ทำงาน (run) จะไม่สามารถทำการป้อนข้อมูลได้ การซิงโครไนซ์กับมอเตอร์ของการไฟฟ้าทำได้โดย การกดสวิตช์ซึ่งคั่นด้านหน้าของเครื่อง และสวิตช์ซึ่งคั่นจากภายนอกได้ ตามรูป 2.25



รูปที่ 2.25 ส่วนประกอบสำคัญของเครื่องคอมพิวเตอร์ช่วยวัดค่าไฟฟ้า

ส่วนประกอบที่สำคัญแบ่งออกเป็น

2.10.5.1 หน่วยป้อนข้อมูลเข้า (Input) แบ่งได้เป็น

- ส่วนรับสัญญาณพัลส์ (pulse) เข้ามาจากเครื่องวัดค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh-meter) ซึ่งสามารถรับได้ถึง 4 เครื่อง หรืออาจสร้างสัญญาณพัลส์จากเครื่องวัดธรรมดา โดยการใช้ออกโต้คัปเปอ์ (opto-coupler)
- สวิตซ์ซิงค์ (sync switch) ใช้ซิงโครไนซ์ เพื่อให้เครื่องเริ่มนับค่าตรงกับเครื่องวัดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้า

2.10.5.2 สวิตซ์ โปรแกรม/ทำงาน (pgm/run switch) สำหรับสั่งเครื่องว่าขณะนี้เห็นช่วงโปรแกรมหรือช่วงทำงาน ถ้าเป็นช่วงโปรแกรมจึงจะสามารถป้อนข้อมูลเข้าคีย์บอร์ดได้

2.11 การปรับปรุงแก้ไขค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor)

2.11.1 หลักการเบื้องต้นของตัวประกอบกำลัง

ในระบบกำลังไฟฟ้าแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

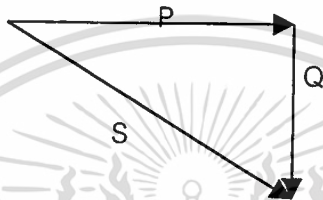
1. กำลังไฟฟ้าจริง (Real Power) คือ เป็นกำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริง หน่วยเป็นวัตต์ (W)

หรือกิโลวัตต์ (kW)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Reactive Power) คือ เป็นกำลังไฟฟ้าที่ต้องการสำหรับ
สร้างสนามแม่เหล็กหน่วยเป็นวาร์ (VAR) หรือกิโลวาร์ (KVAR)

เมื่อรวมกำลังไฟฟ้าทั้งสองส่วนทางเฟสเซอร์เป็นกำลังไฟฟ้าเสมือน (Apparent
Power) หน่วยเป็น VA หรือ kVA ดังรูปที่ 2.26



รูปที่ 2.26 แสดงกำลังไฟฟ้า

ตัวประกอบกำลัง หมายถึงอัตราส่วนระหว่างกำลังงานจริง (actual power) มีหน่วยเป็น
วัตต์ ต่อกำลังงานปรากฏ (apparent power) มีหน่วยเป็น โวลท์-แอมป์

$$\begin{aligned} \text{ค่าตัวประกอบกำลัง} &= \text{Real Power/Apparen Power} \\ &= \text{kW/kVA} \\ &= \cos \theta \end{aligned}$$

ในโรงงานอุตสาหกรรม การที่ค่าตัวประกอบกำลังต่ำส่วนใหญ่เนื่องจากใน กรณีที่โหลดของ
อินดักชันมอเตอร์ (induction motor) ต่ำกว่าระดับพิกัดโหลด (run at under load) หรือเกิดจาก
อุปกรณ์อินดักชัน(induction device) อื่น ๆ เช่น อินดักชันเฟอร์เนส(induction furnace) เรกติไฟ
เออร์(rectifier) สำหรับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง หลอดฟลูออเรสเซนต์ จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าล้าหลัง
แรงเคลื่อนไฟฟ้า ซึ่งในสภาวะเช่นนี้จะเรียกว่า ตัวประกอบกำลังล้าหลัง (lagging power factor) ส่วน
อุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นคาปาซิทีฟโหลด (Capacitive Load) หรือซิงโครนสมอเตอร์ จะทำให้กระแสไฟฟ้า
นำหน้าแรงเคลื่อนไฟฟ้าสภาวะเช่นนี้เรียกว่า ตัวประกอบกำลังนำหน้า (Leading Power Factor) ด้านการค้ำ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.2 ข้อเสียของค่าตัวประกอบกำลังต่ำ

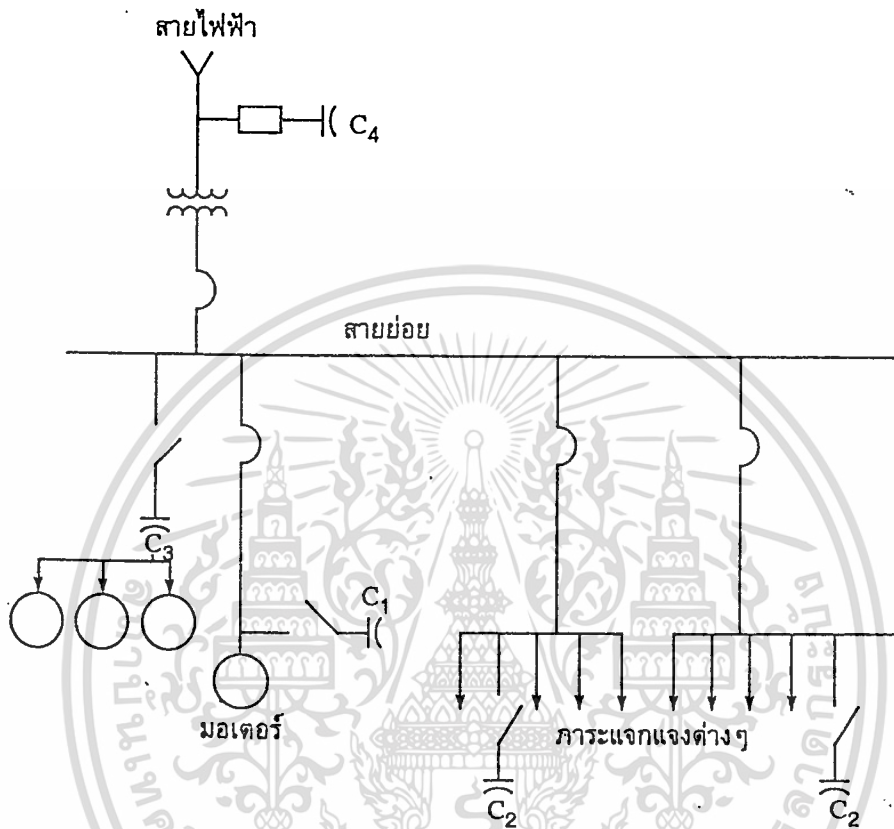
1. ค่าใช้จ่ายของตัวประกอบกำลังที่โรงงานอุตสาหกรรมต้องจ่ายให้การไฟฟ้า
2. จำนวนยูนิตการใช้ไฟฟ้าต่อเดือน (kWh/เดือน) ที่เพิ่มขึ้น
3. ที่ค่าตัวประกอบกำลังต่ำ กระแสไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดพลังงานสูญเสียเพิ่มขึ้น ตลอดจนขนาดสายไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ต้องมีขนาดใหญ่ขึ้น
4. แรงดันไฟฟ้าจะไม่ค่อยสม่ำเสมอ

2.11.3 วิธีการแก้ไขตัวประกอบกำลังสามารถแก้ไขตัวประกอบกำลังล้าหลัง ให้มีค่าสูงขึ้นได้ 2 วิธี คือ

2.11.3.1. ใช้ตัวเก็บประจุแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังล้าหลัง

การใช้ตัวเก็บประจุ ต่อ เข้าไปในระบบไฟฟ้านั้น มีประโยชน์ต่อระบบไฟฟ้าหลายอย่าง นอกจากจะช่วยแก้ค่าตัวประกอบกำลังของโหลดให้สูงขึ้นแล้ว ยังช่วยแรงดันไฟฟ้าให้ดีขึ้น หรือช่วยลดวาร์ไฟลว์ (Var Flow) ออกจากระบบไฟฟ้าหรือออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพราะว่าตัวเก็บประจุเป็นอุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติในการช่วยจ่ายกำลังไฟฟ้าเสมือน (Var) ให้แก่ระบบไฟฟ้า ประโยชน์อื่น ๆ ก็มีอีกเช่น ช่วยป้องกันการจ่ายไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือจากหม้อแปลงไฟฟ้าเกินกำลัง ช่วยลดความสูญเสียในระบบไฟฟ้าและช่วยรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม และไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

ตำแหน่งที่ติดตั้งตัวตัวเก็บประจุ ปกติทั่วไปแล้วจะติดตั้งตัวตัวเก็บประจุทางด้านแรงดันต่ำ เพราะมีราคาถูก ควบคุมได้ง่าย และอยู่ใกล้โหลดหรืออุปกรณ์ที่ต้องการกำลังงานรีแอกทีฟมากกว่า การติดตั้งตัวตัวเก็บประจุแบ่งตามตำแหน่งที่ติดตั้งได้ 4 แบบ ดังแสดงดังรูป 2.27



รูปที่ 2.27 ตำแหน่งที่เป็นไปได้ในการติดตั้งตัวเก็บประจุ

การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบใช้ตัวเก็บประจุแต่ละชุดติดตั้งที่มอเตอร์แต่ละตัว ตำแหน่งที่เหมาะสมหรือดีที่สุดสำหรับการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังของระบบไฟฟ้าคือ ตำแหน่ง C_1 ลักษณะการติดตั้งแบบ C_1 นี้สามารถจะรักษาตัวประกอบกำลังให้คงที่ได้ขณะใช้งาน มอเตอร์ตัวใดที่ไม่ได้ใช้งาน ตัวเก็บประจุชุดที่อยู่จะถูกปลดออกจากวงจรไปด้วย การติดตั้งแบบนี้ตัดปัญหาในการติดตั้งสวิตช์ตัดตอนสำหรับตัวตัวเก็บประจุไปด้วย การติดตั้งแบบนี้มอเตอร์เป็นตัวปลดวงจรตัวเก็บประจุด้วย เหมาะสำหรับโรงงานที่มีมอเตอร์ขนาดใหญ่ ๆ แต่มีจำนวนน้อยตัว และจะทำให้กระแสในสายจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าถึงตัวมอเตอร์ลดลงด้วย ข้อเสียคือมีราคาแพงกว่าตัวเก็บประจุตัวใหญ่ตัวเดียวที่มีค่าเท่ากัน และประโยชน์ในการใช้จะมีน้อยมากเมื่อเทียบกับโหลดที่ไม่ค่อยได้ใช้งานมากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบใช้ชุดเดียวที่แฉงสวิตช์ย่อยหรือแฉงสวิตช์ใหญ่ตำแหน่งของการติดตั้งแบบนี้คือ ตำแหน่ง C₂ และ C₃ การติดตั้งแบบนี้จะเสียค่าใช้จ่ายต่ำแต่ถ้าต้องการรักษาค่าของตัวประกอบกำลังให้มีค่าคงที่ตลอดเวลาที่โหลดเปลี่ยนแปลงไป จะต้องทำการติดตั้งตัวเก็บประจุขนาดเล็กหลายชุด และมีเครื่องปลดและต่อตัวเก็บประจุแต่ละชุดเข้าไปในวงจรได้อย่างอัตโนมัติ การติดตั้งแบบนี้ค่อนข้างสะดวกเพราะใช้สถานที่ในการติดตั้งตัวตัวเก็บประจุและอุปกรณ์ควบคุมที่เดียวไม่เกะกะ แต่จะให้ผลในการลดกระแสในสายเมนเท่านั้น เหมาะสำหรับโรงงานที่โหลดทำงานคงที่สายเมนยาวแต่สายป้อนและสายวงจรย่อยสั้น

การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบผสม แบ่งออกเป็น

1. การติดตั้งตัวเก็บประจุขนาดใหญ่ไว้ที่มอเตอร์ตัวใหญ่ ที่มีเวลาทำงานยาวนานกว่ามอเตอร์ตัวอื่น ๆ โดยให้ตัวเก็บประจุที่มีขนาดใหญ่กว่าความต้องการปรับปรุค่าตัวประกอบกำลังของมอเตอร์ตัวนั้น โดยเพื่อสำหรับมอเตอร์ตัวอื่นด้วย อย่างไรก็ตามต้องคำนึงถึงกระแสคายประจุของตัวเก็บประจุด้วย เพราะอาจจะเกิดการคายประจุผ่านขดลวดของมอเตอร์ เมื่อปลดมอเตอร์ออกจากวงจรแล้วทำให้มอเตอร์ชำรุดเสียหายได้หากตัวเก็บประจุมีขนาดใหญ่มากเกินไป

2. ติดตั้งตัวเก็บประจุบางชุดไว้ที่มอเตอร์ และบางชุดไว้ที่สายป้อนหรือแฉงสวิตช์ตัดตอนรวม การติดตั้งแบบนี้เหมาะสำหรับโรงงานที่มีมอเตอร์ขนาดใหญ่และขนาดเล็กปนกันจำนวนมาก

การติดตั้งตัวเก็บประจุทางด้านแรงดันสูง การติดตั้งแบบนี้จะติดตั้งที่ตำแหน่ง C4 เป็นแบบที่ให้ผลดีน้อยที่สุด เหมาะสำหรับการปรับปรุค่าตัวประกอบกำลังเพื่อไม่ให้เกิดการไฟฟ้า ปรับค่าตัวประกอบกำลังเท่านั้น ไม่ได้ช่วยลดกำลังงานสูญเสียในระบบ หม้อแปลงไม่สามารถจ่ายโหลดเพิ่มได้ มีข้อดีตรงที่มีราคาถูก

ข้อดีของตัวเก็บประจุ

1. ระบบไฟฟ้าสามารถรับโหลดได้มากขึ้น
2. ลดกำลังสูญเสียในสายเคเบิล
3. ลดแรงดันตกและเพิ่มความสามารถของสายส่งในการส่งกำลังงานไฟฟ้า
4. ลดกำลังสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้า
5. ลดค่าไฟฟ้า
6. สามารถนำมาใช้ในระบบที่มีขนาดเล็ก ๆ ได้ ค่าลงทุนต่ำ
7. ในระบบมีความยืดหยุ่นได้มากค่าตัวเก็บประจุ (capacitance) สามารถเปลี่ยนแปลงเพื่อให้สอดคล้องกับโหลดที่เปลี่ยนแปลงได้
8. ไม่มีส่วนที่เคลื่อนที่ ไม่มีเสียงในการทำงาน ความเสื่อมราคาต่ำและไม่ต้องการบำรุง

รักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. สามารถติดตั้งในบริเวณใดก็ได้ ใช้เนื้อที่ในการติดตั้งน้อย

10. รวดเร็วและง่ายในการต่อและปลดออกจากโหลด สามารถที่จะเปลี่ยนจากโหลดหนึ่งไปยังโหลด หนึ่งได้

ข้อเสียของตัวเก็บประจุ

ในกรณีที่แก้ตัวประกอบกำลังทั้งระบบในขณะที่ใช้โหลดน้อยและไม่ปลด ตัวเก็บประจุ ออกจะทำให้ศักดาไฟฟ้าสูงขึ้นเป็นผลเสียต่อระบบวงจร

ข้อยกเว้นของการติดตั้ง ตัวเก็บประจุ เข้ากับมอเตอร์

1. มอเตอร์ที่มีการหมุนกลับทาง (reversing) หรือหยุดวิ่งโดยวิธีปลั๊กกิ้ง (plugging)
2. มอเตอร์ที่เดินเครื่องใหม่อีกครั้ง ในขณะที่ยังไม่หยุดนิ่ง
3. มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนคอนกรีตหรือลิฟต์ ซึ่งมีขนาดของโหลดมีการเปลี่ยนแปลงหรือมีหลาย

ความเร็ว

4. เมื่อต้องสตาร์ทมอเตอร์แบบอาศัยหลักการลดแรงดันไฟฟ้า ต้องพิจารณาการต่อ C

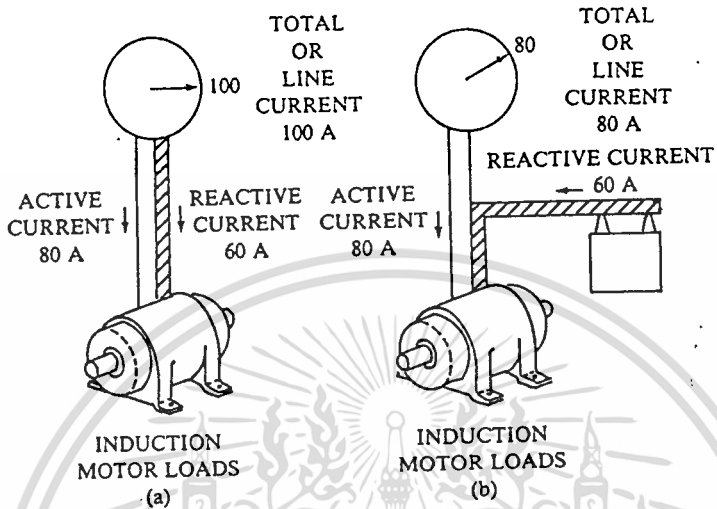
อย่างละเอียด

2.11.2 ใช้ซิงโครนัสมอเตอร์ (Synchronous Motor) แก้วตัวประกอบกำลัง

การใช้ซิงโครนัสมอเตอร์แก้วตัวประกอบกำลังโดยใช้ซิงโครนัสมอเตอร์ขับเคลื่อนทางกล (mechanical load) ในโรงงาน โดยจะเป็นการติดตั้งแทนมอเตอร์เหนี่ยวนำ (induction motor) ที่ใช้เดิมอยู่แล้ว หรือติดตั้งขึ้นมาใหม่เมื่อโรงงานมีการขยายงานเพิ่มขึ้น ซิงโครนัสมอเตอร์จะมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงเหมาะสำหรับโหลดที่ต้องการประสิทธิภาพทางด้านความเร็วที่มีความเร็วคงที่สูงจะมีขนาดตั้งแต่ 20 HP ขึ้นไป แต่การแก้ไขตัวประกอบกำลังในโรงงานจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อ ซิงโครนัสมอเตอร์เริ่มทำงานเท่านั้น หรือจะใช้ซิงโครนัสมอเตอร์แก้วตัวประกอบกำลังอย่างเดียวไม่ต้องใช้กับโหลดในโรงงานก็ได้ วิธีนี้จะใช้กันในระบบใหญ่ ๆ ที่มีขนาดตั้งแต่ 7500VA ขึ้นไป ถ้าเป็นระบบที่เล็กกว่านี้จะเป็นการลงทุนที่สูงกว่าวิธีอื่น

โหลดของอุปกรณ์ไฟฟ้า ต้องการกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟในการทำงาน กำลังไฟฟ้าจริงจะต้องมาจากแหล่งจ่ายอย่างแน่นอน ส่วนกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟนั้น อาจจะได้มาจากแหล่งจ่ายไฟหรืออุปกรณ์ไฟฟ้า ที่ให้กำเนิดกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ การนำตัวเก็บประจุมาต่อขนานเพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ ทำให้กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟลดลง กระแสไฟฟ้าลดลงด้วย สุดท้ายคือค่าตัวประกอบกำลังของระบบจะมีค่าสูงขึ้น

ตัวอย่างวิธีการคำนวณแก้ไขปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง



รูปที่ 2.28 มอเตอร์เหนี่ยวนำ

กำลังไฟฟ้าจริง (Real Power)	=	80 A
กำลังไฟฟ้าเสมือน (Reactive Power)	=	60 A
กำลังไฟฟ้า (Apparent Power)	=	$\sqrt{60^2 + 80^2}$
ค่าตัวประกอบกำลัง (P.F.)	=	80/100
	=	0.8

เมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุเพื่อจ่ายกระแสเสมือน 60 A เข้ามอเตอร์ระบบไฟฟ้าจะจ่ายเพียงกระแสไฟฟ้าจริง 80 A เข้ามอเตอร์

$$\begin{aligned} \text{ค่าตัวประกอบกำลังหลังติดตั้ง} &= 80/80 \\ &= 1 \end{aligned}$$

2.11.4 ประโยชน์ของการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง

1. ระบบไฟฟ้าสามารถรับโหลดได้เพิ่มขึ้น
2. ระดับแรงดันดีขึ้น
3. กำลังสูญเสียของระบบลดลง
4. ลดค่าไฟฟ้า

บทที่ 3

การคำนวณและการสร้าง

3.1 การเขียนโปรแกรมคำนวณหาค่า OTTV

ในการเขียนโปรแกรมการคำนวณค่า OTTV นี้ ได้เลือกใช้ภาษาเบสิกเป็นภาษาโปรแกรมในการเขียน โดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Basic 5.0 เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการเขียน เพราะมีเครื่องมือพัฒนาที่สะดวกมากมายน ช่วยทำให้การเขียนนั้นง่ายขึ้น โดยเริ่มจากการร่างโครงสร้างการทำงานของโปรแกรมว่ามีขั้นตอนการทำงานอย่างไรบ้าง ซึ่งมีการทำงานโดยหลักดังรูปที่ 3.1

จากนั้นก็ทำการรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่ผู้ใช้สามารถนำข้อมูลดิบที่มีอยู่มากกรอกโดยไม่ต้องทำการคำนวณเพิ่มเติมก่อน ซึ่งสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

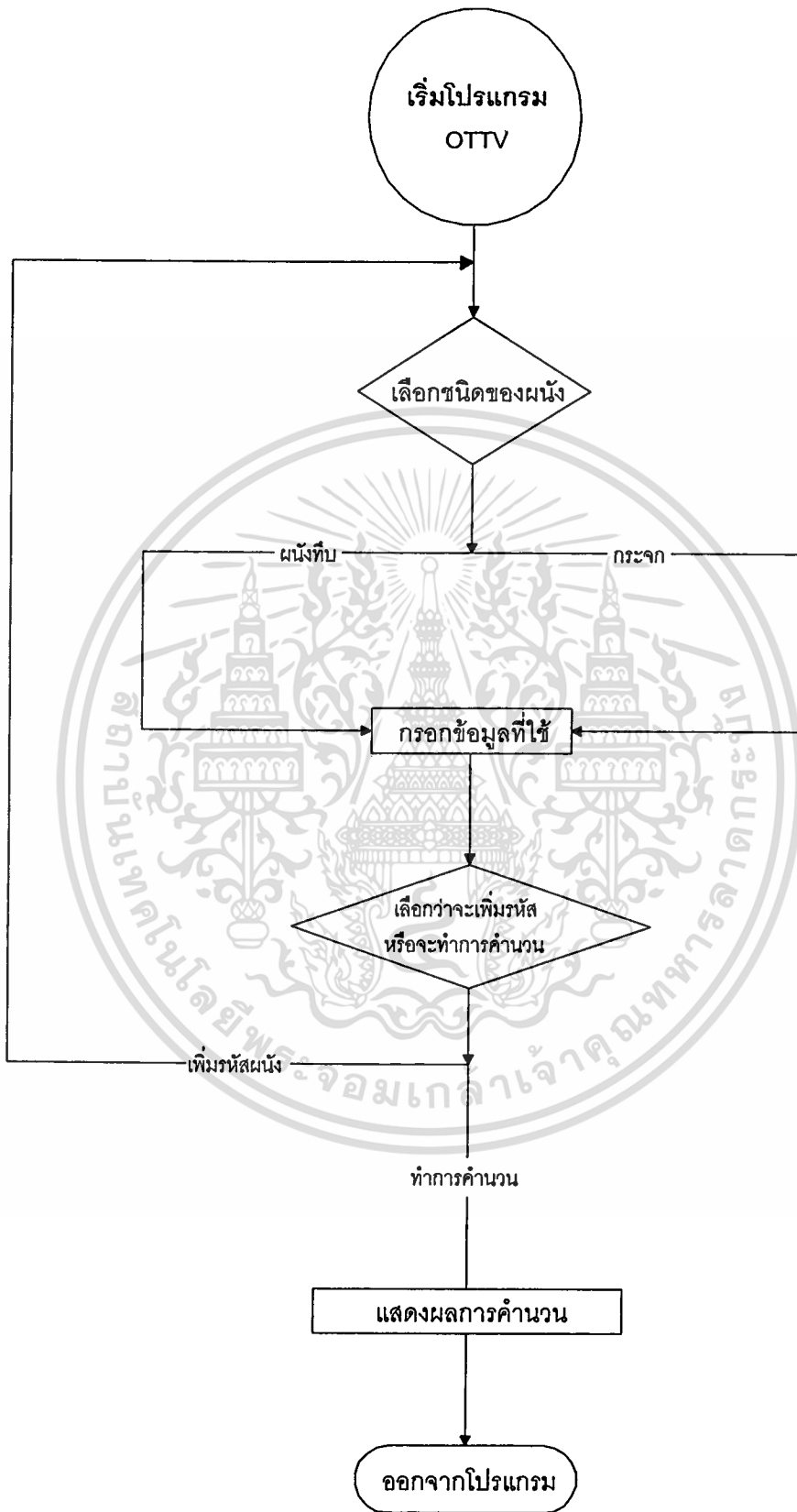
1. ข้อมูลของผนังชนิดผนังทึบ มีรายละเอียดคร่าวๆ ดังต่อไปนี้

- พื้นที่ของผนังทึบด้านนั้น (A_w) มีหน่วยเป็นตารางเมตร
- มวลรวมของผนัง มีหน่วยเป็น กก.ม.²
- ชนิดของพื้นผิว ซึ่งมีอยู่ทั้งหมด 5 แบบ
- ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวของผนังโดยวัดจากสัมประสิทธิ์การแผ่ความร้อนของผนังนั้น มีค่าเป็นค่าสูงและค่าต่ำ
- ช่องว่างอากาศระหว่างผนัง โดยความหนา มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร
- ค่าสัมประสิทธิ์ต้านทานความร้อนของชั้นวัสดุที่ประกอบอยู่ในผนังซึ่งมีหน่วยเป็น วัตต์.ม.⁻²ซ.ม.⁻¹ และความหนาของชั้นวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์ต้านทานความร้อนนั้นๆ ซึ่งมีหน่วยเป็นเมตร ทั้งนี้ในแต่ละผนังหนึ่งๆ ค่านี้อาจจะมีหลายๆ ค่าขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของผนังที่เรากำลังคำนวณ

2. ข้อมูลของผนังชนิดกระจก มีรายละเอียดคร่าวๆ ดังต่อไปนี้

- พื้นที่ของกระจกด้านนั้น (A_g) มีหน่วยเป็นตารางเมตร
- ค่าตัวประกอบรังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งจะถูกกำหนดโดยมุมเอียงของผนังกระจกและทิศทางที่ผนังกระจกหันไป มีหน่วยเป็นองศา
- ค่าสัมประสิทธิ์ต้านทานความร้อนของกระจกนั้นๆ มีหน่วยเป็น วัตต์.ม.⁻²ซ.ม.⁻¹ และความหนาของกระจกนั้น มีหน่วยเป็นเมตร
- ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก
- ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของฟิล์มติดกระจก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่มีผนังกระจกด้านนั้นมีที่กำบังก็จะมีข้อมูลเพิ่มเติมดังนี้

- มุมกำบัง มีหน่วยเป็นองศา
- ความสูงของหน้าต่าง มีหน่วยเป็นเมตร
- ความกว้างของที่กำบัง มีหน่วยเป็นเมตร
- ระยะห่างระหว่างที่กำบังกับหน้าต่าง มีหน่วยเป็นเมตร

เมื่อสรุปข้อมูลที่ต้องการจากผู้ใช้งานทั้งหมดได้แล้ว จึงเริ่มทำการออกแบบลักษณะการติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface) โดยออกแบบเพื่อที่จะให้เกิดความสะดวกในการรับข้อมูลจากผู้ใช้งานมากที่สุด จึงได้ออกแบบให้มีลักษณะการติดต่อกับผู้ใช้เพียงหน้าต่างเดียว แต่สามารถที่เก็บข้อมูลได้ทั้งในกรณีผนังแบบที่เป็นผนังทึบและผนังแบบกระจกแล้วแต่ความต้องการของผู้ใช้ โดยจะมีตัวเลือกให้ผู้ใช้เลือกว่าผนังที่ต้องการกรอกข้อมูลนั้นเป็นผนังแบบใด แล้วก็ตัดส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องไม่ให้ออกมาเกี่ยวข้องได้

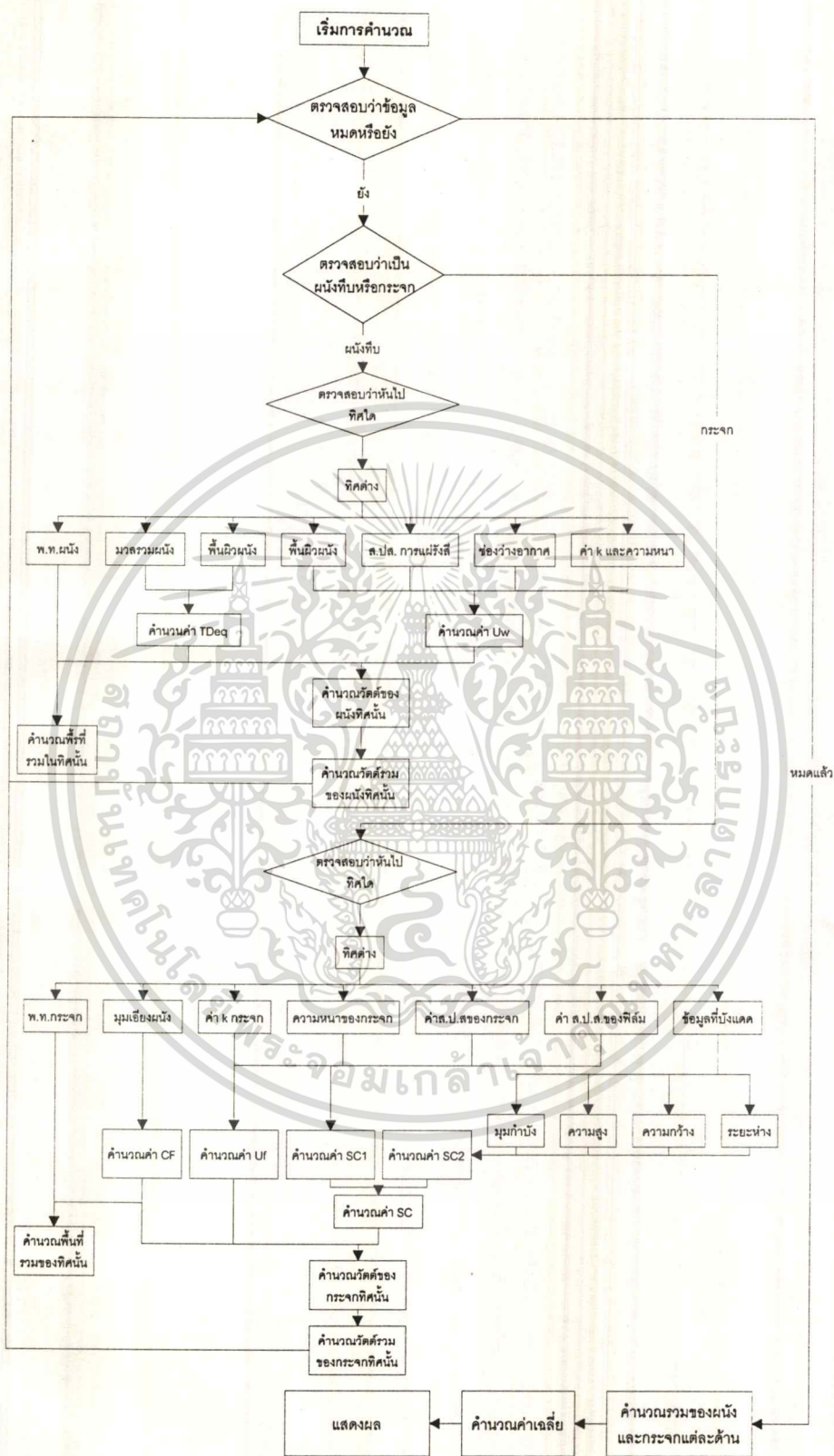
สำหรับค่าของข้อมูลที่มีค่าเฉพาะเจาะจงอยู่แล้ว ก็จะมีสร้างตัวเลือกในลักษณะประเภท Drop Down List ให้ผู้ใช้สามารถเลือกข้อมูลได้โดยสะดวก ทั้งหมดก็จะได้นหน้าต่างของโปรแกรมการคำนวณดังรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะการติดต่อกับผู้ใช้ของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นก็ถึงขั้นตอนการเขียนโค้ดของโปรแกรมในเหตุการณ์ต่างๆ ของโปรแกรม โดยแยกเหตุการณ์ต่างๆ ไว้เป็นลำดับดังนี้ (โค้ดของโปรแกรมโดยสมบูรณ์อยู่ที่ภาคผนวก ข.)

1. เมื่อเริ่มต้นโปรแกรมก็จะทำการกำหนดค่าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องให้เริ่มต้นค่าพร้อมการเริ่มโปรแกรม โดยกำหนดให้ค่าข้อมูลของส่วนที่ยังไม่เกี่ยวข้องไม่สามารถเกี่ยวข้องได้จนกว่าจะได้เลือกตัวเลือกใดตัวเลือกหนึ่งกระทำตามที่ต้องการ ตัวอย่างดังรูปที่ 3.2 จะเห็นส่วนของการรับข้อมูลในกรณีที่เป็นผนังและในกรณีเป็นกระจกไม่สามารถเกี่ยวข้องได้จนกว่าจะเลือกชนิดของผนังก่อน
2. เมื่อเลือกชนิดของผนังแล้ว ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผนังชนิดนั้นก็จะสามารถกรอกข้อมูลได้ ขึ้นอยู่กับว่าเราเลือกผนังชนิดใด
3. เมื่อกรอกข้อมูลเสร็จแล้วก็จะให้ผู้ใช้เก็บข้อมูลที่ได้กรอกเข้าไป เอาไปไว้ในหน่วยความจำเพื่อเป็นข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ แล้วทำการเริ่มต้นค่าของหน้าต่างหลักนั้นใหม่ พร้อมให้ผู้ใช้กรอกข้อมูลต่างๆ ต่อไป
4. เมื่อผู้ใช้กรอกข้อมูลรหัสผนังต่างๆ จนครบแล้วก็จะถึงขั้นตอนการคำนวณ โดยเมื่อผู้ใช้ถึงรหัสผนังสุดท้ายแล้วให้ผู้ใช้เลือกที่ "คำนวณผลลัพธ์" โดยมีขั้นตอนการคำนวณต่างๆ ดังรูปที่ 3.3 เมื่อขั้นตอนนี้ถูกกระทำโปรแกรมก็จะไปทำการคำนวณค่าต่างๆ ที่ได้รับจากผู้ใช้งานตามฟังก์ชันของการคำนวณ แล้วแสดงค่าผลลัพธ์ของการคำนวณในรูปแบบที่ได้ออกแบบดังรูปที่ 3.4 โดยแยกค่าที่ได้ออกเป็นของแต่ละทิศ จากนั้นก็แสดงถึงผลลัพธ์สุดท้ายอีกทีหนึ่ง
5. จบโปรแกรม



รูปที่ 3.3 แสดงรูปขั้นตอนการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปค่า OTTV						
ราคาเพดาน	พื้นที่	87.50	ตร.ม.	OTV	1958	วัตต์/ตร.ม.
ราคาฝ้า	พื้นที่	0.00	ตร.ม.	OTV	0	วัตต์/ตร.ม.
ราคาฝ้าฉาบ	พื้นที่	0.00	ตร.ม.	OTV	0	วัตต์/ตร.ม.
ราคาฝ้าฉาบ	พื้นที่	0.00	ตร.ม.	OTV	0	วัตต์/ตร.ม.
ราคาฝ้าฉาบฉาบเงยเพดาน	พื้นที่	0.00	ตร.ม.	OTV	0	วัตต์/ตร.ม.
ราคาฝ้าฉาบฉาบเงยฝ้า	พื้นที่	0.00	ตร.ม.	OTV	0	วัตต์/ตร.ม.
ราคาฝ้าฉาบฉาบเงยเพดาน	พื้นที่	0.00	ตร.ม.	OTV	0	วัตต์/ตร.ม.
ราคาฝ้าฉาบฉาบเงยฝ้า	พื้นที่	0.00	ตร.ม.	OTV	0	วัตต์/ตร.ม.
				ค่ารวม	19,584.01	776.834
						รวมค่าโปรแกรม

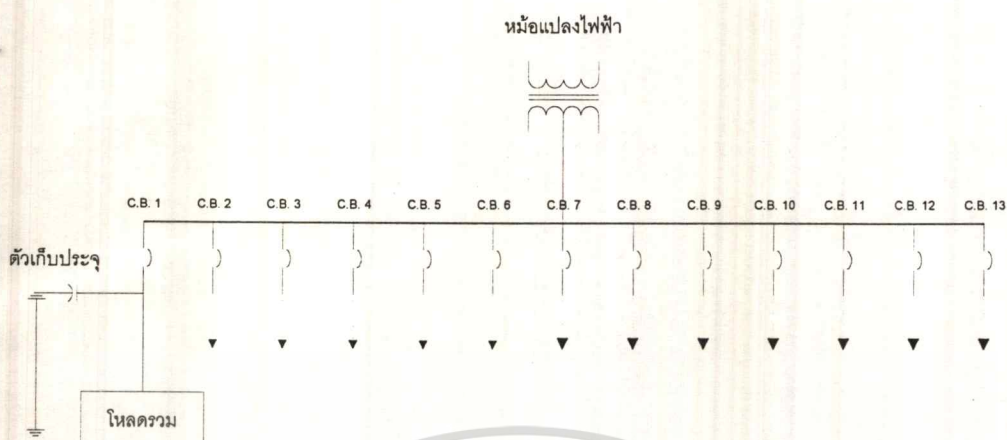
รูปที่ 3.4 แสดงรูปแบบการแสดงผลของโปรแกรม

3.2 การคำนวณและแสดงการนำตัวเก็บประจุมาเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังและลดปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้า

การใช้ตัวเก็บประจุมาปรับค่าตัวประกอบกำลังในโรงงาน เนื่องจากโรงงานมีหม้อแปลง 3 ตัว โดย

- หม้อแปลงตัวที่ 1 มี เซอร์กิตเบรกเกอร์ 13 ตัว
- หม้อแปลงตัวที่ 2 มี เซอร์กิตเบรกเกอร์ 5 ตัว
- หม้อแปลงตัวที่ 3 มี เซอร์กิตเบรกเกอร์ 11 ตัว

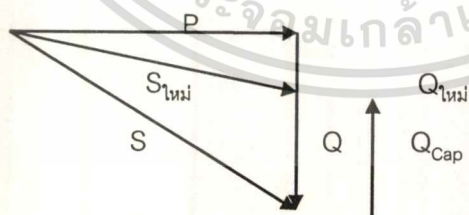
เขียนวันไลน์ไดอะแกรม (Online diagram) ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงการนำค่าตัวเก็บประจุมาต่อเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังที่โหลตรวมในแต่ละ เซอร์กิตเบรกเกอร์

ซึ่งมีหลักการคำนวณดังนี้

- นำตัวเก็บประจุ ที่มีค่า $= Q_{\min}$ ในวันนั้นมาทำการต่อเพิ่ม โดยมองโหลตทั้งหมดในแต่ละเซอร์กิตเบรกเกอร์เป็นโหลตรวมตัวหนึ่ง (เนื่องจากการใช้ค่าตัวเก็บประจุเท่ากับ Q_{\min} จะสามารถทำให้ค่าตัวประกอบกำลังหลังต่อตัวเก็บประจุดีที่สุดและยังคงสภาพล้าหลัง (lagging) ตลอดทั้งวัน) เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจ จะใช้เฟสเซอร์ไดอะแกรมในการอธิบาย และคำนวณดังนี้



รูปที่ 3.6 เฟสเซอร์ไดอะแกรมของการแก้ไขค่าตัวประกอบกำลัง

- จากข้อมูลในไฟล์ PowerFactor.xls

- ข้อมูลจากตารางจะบอกค่า $P + jQ$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้.

- ทำการหา S

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (3.1)$$

- นำตัวเก็บประจุขนาดเท่ากับ Q_{\min} มาต่อเข้ากับโหลดรวม
- ได้ขนาด

$$Q_{\text{ใหม่}} = Q - Q_{\min} \quad (3.2)$$

- หาค่า $S_{\text{ใหม่}}$

$$S_{\text{ใหม่}} = \sqrt{P^2 + Q_{\text{ใหม่}}^2} \quad (3.3)$$

- หาค่ากำลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้

$$\Delta S = S_{\text{เดิม}} - S_{\text{ใหม่}} \quad (3.4)$$

- ค่าตัวประกอบกำลังใหม่ = $P/S_{\text{ใหม่}}$ (3.5)

จากข้อมูลที่ได้มาพร้อมทั้งการแก้ค่าตัวประกอบกำลังโดยใช้โปรแกรม MS Excel
คำนวณและได้เก็บไว้ในไฟล์ PowerFactor.xls

3.3 การคำนวณระบบแสงสว่างในโรงงานปั่นด้าย

ในการออกแบบระบบแสงสว่างในโรงงานใดโรงงานหนึ่งนั้น จะต้องนำปัจจัยต่างๆ มาพิจารณาให้เหมาะสมตามลักษณะของงาน และการใช้งานในโรงงานแห่งนั้น สำหรับโรงงานปั่นด้ายนั้นจะมีข้อกำหนดในการออกแบบแสงสว่างคือ จะต้องมียกระดับความเข้มแสงที่ประมาณ 500 ลักซ์ และสำหรับปัจจัยอื่นๆ ที่จำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงก็คือ วงจรควบคุมของระบบแสงสว่าง อุปกรณ์ที่เลือกใช้ในระบบแสงสว่าง โดยปัจจัยต่างๆ ที่กล่าวมานี้จะทำให้เกิดการประหยัดและลดการใช้พลังงาน ซึ่งได้ออกแบบและกำหนดแนวทางไว้ดังนี้

1. เลือกใช้หลอดไฟให้เหมาะสมกับโรงงาน และเมื่อพิจารณาถึงโรงงานปั่นด้ายนั้น หลอดไฟที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในโรงงานจะมีอยู่ 2 ชนิด ก็คือ

- หลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง ซึ่งให้ค่าลูเมนเอาท์พุทของหลอดที่พอเหมาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ภาพค่อนข้างสูง และมีค่าลงทุนเริ่มต้นไม่สูงมากนักให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หลอดความดันไอโซเดียมสูงชนิดที่ให้ค่าการตอบสนองที่สูง ซึ่งมีค่าลูเมนเอาท์พุทของหลอดค่อนข้างสูง ประสิทธิภาพสูง แต่มีค่าลงทุนเริ่มต้นที่สูงมาก

ซึ่งในการพิจารณาเลือกหลอดไฟนี้ จะต้องพิจารณาถึงทางด้านเศรษฐศาสตร์ว่า การลงทุนที่สูงของหลอดความดันไอโซเดียม แต่ประหยัดพลังงานได้มากกว่า กับการลงทุนที่ไม่สูงนักของหลอดฟลูออเรสเซนต์ซึ่งประหยัดพลังงานได้ระดับหนึ่ง ว่าหลอดใดจะคุ้มค่ากว่ากัน

ในที่นี้จะเลือกใช้หลอดความดันไอโซเดียมสูงชนิดที่ให้ค่าการตอบสนองที่สูง เพราะโรงงานปั่นด้ายจำเป็นที่จะต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของด้ายด้วย และถ้าพิจารณาถึงในด้านประหยัดพลังงานแล้วหลอดความดันไอโซเดียมสูงจะประหยัดพลังงานกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์

2. บัลลาสต์ที่ใช้งาน จะใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Ballast) ซึ่งบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์นี้สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการส่องสว่าง และอายุการใช้งานของหลอดความดันไอโซเดียมสูงชนิดที่ให้ค่าการตอบสนองที่สูง
3. ออกแบบให้มีสวิตช์เปิด-ปิดเป็นจำนวนมาก โดยในแต่ละโคมไฟสามารถเลือกเปิด-ปิดหลอดไฟบางหลอดได้ โดยเฉพาะบริเวณใกล้หน้าต่างหรือประตู ซึ่งสามารถใช้แสงสว่างจากธรรมชาติให้เป็นประโยชน์ได้
4. เลือกโคมที่ใช้กับหลอดไฟให้เป็นแบบที่มีการสะท้อนแสงที่ดี เพื่อช่วยในการบังคับทิศทางของแสง และการกระจายแสงสว่างให้ดีขึ้น

3.3.1 การออกแบบและคำนวณระบบแสงสว่าง

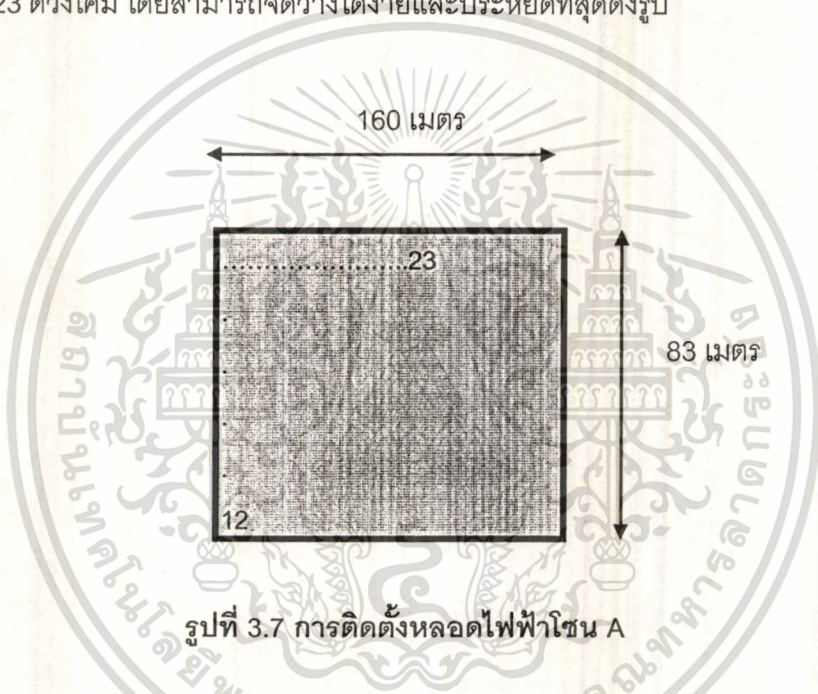
ในการออกแบบได้แบ่งส่วนของโรงงานออกเป็น

- โซน A เป็นบริเวณที่ใช้ดำเนินการผลิต ซึ่งมีระดับความสูงจากพื้นถึงเพดาน 12 เมตร
- โซน B ชั้นล่าง เป็นบริเวณที่ใช้ดำเนินการผลิตเช่นเดียวกับโซน A โดยมีระดับความสูง 8 เมตร
- โซน B ชั้นบน (ชั้นลอย) เป็นบริเวณห้องควบคุมการผลิต ซึ่งมีระดับความสูง 4 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โซน A ขนาดพื้นที่กว้าง 83 เมตร ยาว 160 เมตร สูง 12 เมตร โดยกำหนดให้
 ค่าตัวประกอบการใช้ประโยชน์ (Utilization : UF) เป็น 0.6
 ค่าตัวประกอบการบำรุงรักษา (Maintenance : MF) เป็น 0.8

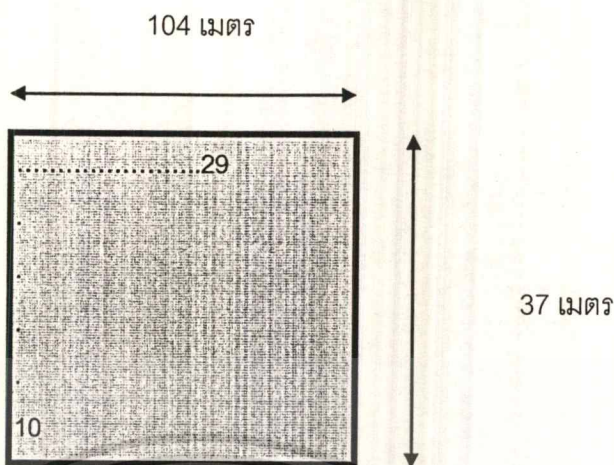
เลือกใช้หลอดความดันไอโซเดียมสูงชนิดและวัตต์ SONL 400 ที่ให้ค่าลูเมนการออกแบบ 50,000 ลูเมน และเมื่อทำการคำนวณและออกแบบโดยวิธีลูเมน (Lumen Method) แล้ว จะต้องใช้ดวงโคมทั้งหมด 276 ดวงโคม โคมละ 1 หลอด ซึ่งมีการจัดเรียงดวงโคมเป็นแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า 12 แถว แถวละ 23 ดวงโคม โดยสามารถจัดวางได้ง่ายและประหยัดที่สุดดังรูป



โซน B ชั้นล่าง ขนาดพื้นที่กว้าง 37 เมตร ยาว 104 เมตร สูง 8 เมตร โดยกำหนดให้
 ค่าตัวประกอบการใช้ประโยชน์ (Utilization : UF) เป็น 0.6
 ค่าตัวประกอบการบำรุงรักษา (Maintenance : MF) เป็น 0.8

เลือกใช้หลอดความดันไอโซเดียมสูงชนิดและวัตต์ SNOT 150 ที่ให้ค่าลูเมนการออกแบบ 14,000 ลูเมน (ต้องทำการลดค่าลูเมนต่อดวงโคมเพราะจะเกิดความไม่สม่ำเสมอของแสงสว่าง) เมื่อทำการคำนวณแล้วจะต้องใช้ดวงโคมทั้งหมด 290 ดวงโคม โคมละ 1 หลอด จัดเรียงแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า 10 แถว แถวละ 29 ดวงโคม ซึ่งมีระยะแขวนต่ำจากเพดาน 1 เมตร ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 การติดตั้งหลอดไฟฟ้าโซน B ชั้นล่าง

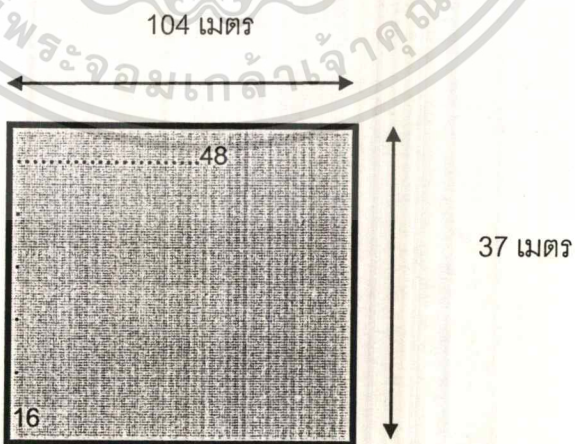
โซน B ชั้นบน

ขนาดพื้นที่ กว้าง 37 เมตร ยาว 104 เมตร สูง 4 เมตร โดยกำหนดให้

ค่าตัวประกอบการใช้ประโยชน์ (Utilization : UF) เป็น 0.6

ค่าตัวประกอบการรักษา (Maintenance : MF) เป็น 0.8

เลือกใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูงขนาด 36 วัตต์ ที่ให้ค่าลูเมนการออกแบบ 2,600 ลูเมน และเมื่อทำการคำนวณและออกแบบโดยวิธีลูเมนแล้ว จะต้องใช้ดวงโคมทั้งหมด 786 ดวงโคมโคมละ 2 หลอด ซึ่งมีการจัดเรียงดวงโคมเป็นแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า 16 แถว แถวละ 48 ดวงโคม ติดเพดานหลังคา



รูปที่ 3.9 การติดตั้งหลอดไฟฟ้าโซน B ชั้นบน (ห้องควบคุม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

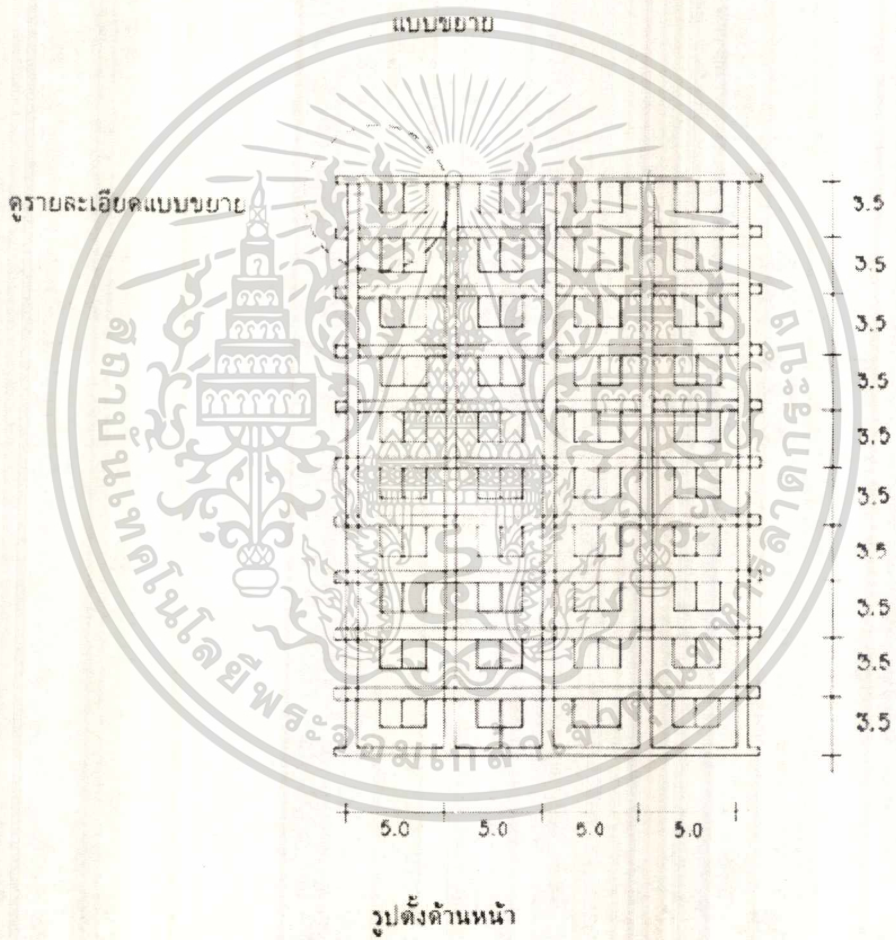
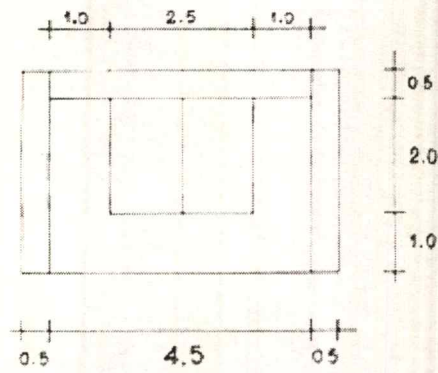
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดสอบโปรแกรม OTTV

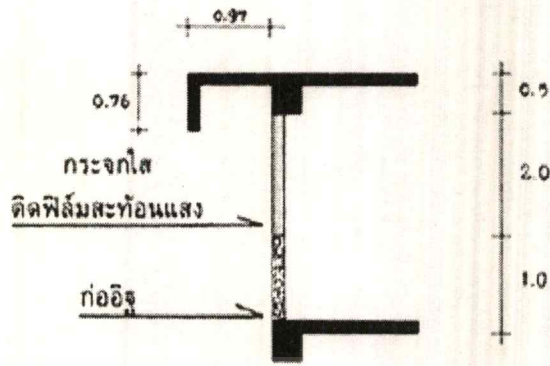
การทดสอบโปรแกรมจะทำการยกตัวอย่างการคำนวณอาคารสำนักงาน 10 ชั้นที่มีโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมเหมือนกันทั้ง 4 ด้าน โดยจะทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการคำนวณตามปกติกับการคำนวณโดยใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้นคำนวณ แบบแปลนทั่วไปของอาคารแสดงดังรูปที่ 4.1-4.2 และรายละเอียดของวัสดุโครงสร้างของกรอบอาคารได้สรุปไว้ในตารางที่ 4.1



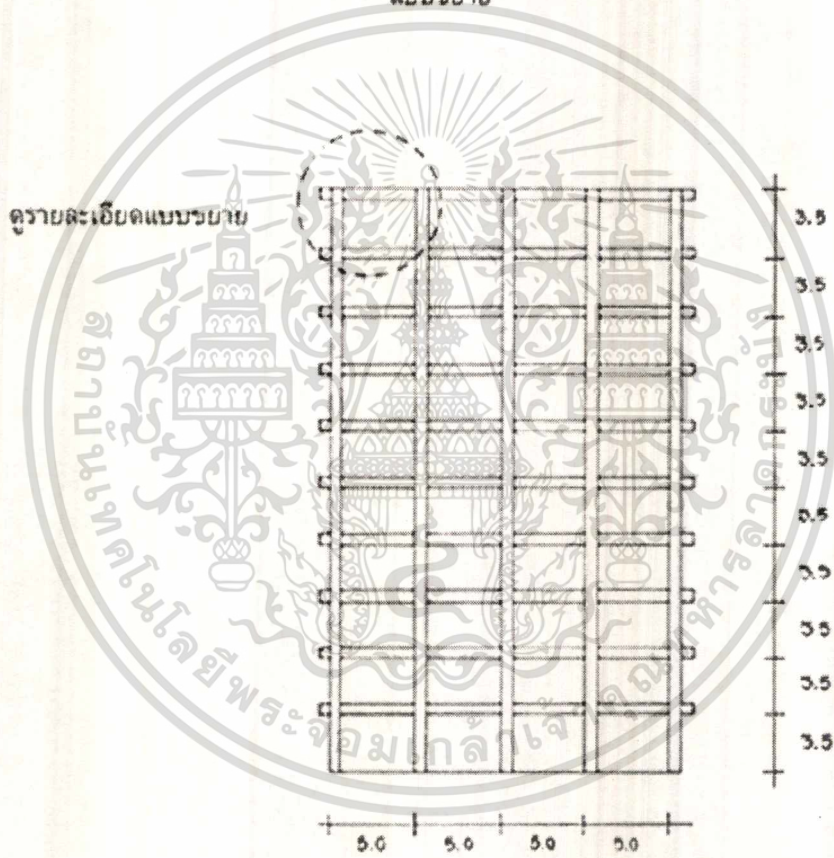


รูปที่ 4.1 แบบแปลนทั่วไปของอาคารตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แบบขยาย



รูปตัด

รูปที่ 4.2 แบบแปลนทั่วไปของอาคารตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะอาคาร	รายละเอียด
ลักษณะทั่วไป	อาคารสำนักงานสูง 10 ชั้น
ผนังทึบ	เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก 500 มม. ผนังภายนอกทาสีอ่อน คานคอนกรีตเสริมเหล็ก 250 มม. ผนังภายนอกทาสีอ่อน ผนังอิฐถือปูน อิฐแห้งหนา 100 มม. ถือปูนหนา 10 มม. ทั้ง 2 ด้าน ผนังภายนอกทาสีอ่อน
หน้าต่างและผนังโปร่งใส	กระจกใสหนา 6 มม. ติดฟิล์มสะท้อนแสง จากข้อมูลของผู้ผลิต ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจกเท่ากับ 0.95 และค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของฟิล์มสะท้อนแสงเท่ากับ 0.25 หน้าต่างทุกด้านมีอุปกรณ์บังแดดในแนวอนนภายในอาคาร

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดของอาคารตัวอย่าง

การคำนวณพื้นที่ของอาคาร

1. พื้นที่ของผนังทางด้านทิศเหนือ

เนื่องจากอาคารในแต่ละส่วนมีโครงสร้างไม่เหมือนกัน ซึ่งสามารถจำแนกออกได้ดังนี้

- เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

จากรูปที่ 4.1 เสาคอนกรีตเสริมเหล็กในแต่ละชั้นทางด้านทิศเหนือมีจำนวน 5 เสา
แต่ละเสากว้าง 0.50 เมตร สูง 3.50 เมตร

$$\text{พื้นที่เสาคอนกรีตเสริมเหล็กในแต่ละชั้น} = (5)(0.50)(3.50) = 8.75 \text{ ตร.ม.}$$

$$\text{รวมพื้นที่เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก} = (10)(8.75) = 87.5 \text{ ตร.ม.}$$

- คานคอนกรีตเสริมเหล็ก

จากรูปที่ 4.1 คานคอนกรีตเสริมเหล็กในแต่ละชั้นด้านทิศเหนือประกอบด้วย 4 ส่วน
เท่ากัน แต่ละส่วนมีขนาดกว้าง 4.50 เมตร สูง 0.50 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned} \text{พื้นที่คานคอนกรีตเสริมเหล็กในแต่ละชั้น} &= (4)(4.5)(0.50) = 9.00 \text{ ตร.ม.} \\ \text{รวมพื้นที่คานคอนกรีตเสริมเหล็ก} &= (10)(9.00) = 90.00 \text{ ตร.ม.} \end{aligned}$$

- **ผนังอิฐถือปูน**

จากรูปที่ 4.1 ผนังอิฐถือปูนในแต่ละชั้นทางด้านทิศเหนือ ประกอบด้วย 4 ส่วนเท่าๆ กัน โดยแต่ละส่วนมีขนาดพื้นที่

$$\begin{aligned} &= (1.0)(3.0) + (1.0)(3.0) + (2.5)(1.0) \\ &= 8.50 \text{ ตร.ม.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{พื้นที่ผนังอิฐถือปูนในแต่ละชั้น} &= (4)(8.5) = 34.00 \text{ ตร.ม.} \\ \text{รวมพื้นที่ผนังอิฐถือปูน} &= (10)(34.00) = 340.00 \text{ ตร.ม.} \end{aligned}$$

- **กระจก**

จากรูปที่ 4.2 พื้นที่กระจกในแต่ละชั้นทางด้านทิศเหนือ ประกอบด้วย 4 ส่วนเท่าๆ กันโดยแต่ละส่วนมีขนาดกว้าง 2.50 เมตร สูง 2.00 เมตร

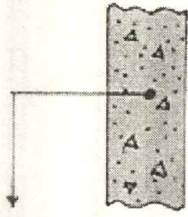
$$\begin{aligned} \text{พื้นที่กระจกในแต่ละชั้น} &= (4)(2.5)(2.00) = 20.00 \text{ ตร.ม.} \\ \text{รวมพื้นที่กระจก} &= (10)(20.00) = 200.00 \text{ ตร.ม.} \end{aligned}$$

2. **พื้นที่ผนังทางด้านทิศตะวันออก**
เหมือนกับผนังทางอาคารด้านทิศเหนือ
3. **พื้นที่ผนังอาคารด้านทิศใต้**
เหมือนกับผนังทางอาคารด้านทิศเหนือ
4. **พื้นที่ผนังอาคารด้านทิศตะวันตก**
เหมือนกับผนังอาคารด้านทิศเหนือ

4.1.1 การคำนวณค่า OTTV โดยวิธีปกติ

จากลักษณะโครงสร้างผนังอาคารซึ่งจำแนกผนังที่บตามลักษณะโครงสร้างออกเป็น 3 ประเภท คือ เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก คานคอนกรีตเสริมเหล็ก และผนังอิฐถือปูน การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน และค่าผลต่างของอุณหภูมิเทียบเท่าจะอาศัยตาราง 2.4 และ ตาราง 2.2 ตามลำดับ ซึ่งแสดงได้ดังต่อไปนี้

1. เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 4.3



คอนกรีตหนา 500 มม.
ความหนาแน่น 2,400 กก. ม.³

จากตารางที่ 2.5

$$R_0 = 0.044 \text{ ม.}^2 \text{ } ^\circ\text{ซ.}^1 \text{ วัตต์}^{-1}$$

$$R_1 = 0.12 \text{ ม.}^2 \text{ } ^\circ\text{ซ.}^1 \text{ วัตต์}^{-1}$$

$$X = 0.5 \text{ ม.}$$

$$k = 1.4425 \text{ วัตต์ม.}^{-2} \text{ } ^\circ\text{ซ.}^{-1}$$

รูปที่ 4.3 รายละเอียดของเสา ค.ส.ล.

จากสมการที่ 2.6 จะได้ค่า R เท่ากับ

$$R = 0.044 + (0.5)/1.4425 + 0.12$$

$$R = 0.511 \text{ ม.}^2 \text{ } ^\circ\text{ซ.}^1 \text{ วัตต์}^{-1}$$

เพราะฉะนั้นจะได้ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมเท่ากับ

$$U_w = 1/(0.511) = 1.958 \text{ วัตต์ม.}^{-2} \text{ } ^\circ\text{ซ.}^{-1}$$

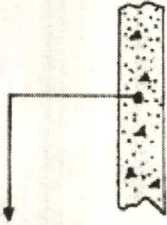
จากตารางที่ 2.2 ซึ่งแสดงค่าผลต่างของอุณหภูมิเทียบเท่า ขึ้นอยู่กับมวลและค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ โดยค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับวัสดุ หรือสีที่ใช้ทาวัสดุตามตารางที่ 2.1

จากโครงสร้างของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กสามารถคำนวณมวลได้ดังนี้

$$\text{มวลผนัง} = (2,400)(0.5) = 1,200 \text{ กก. ม.}^2$$

และกำหนดให้ผนังภายนอกทาสีอ่อน จะได้ว่า $TD_{eq} = 10 \text{ } ^\circ\text{ซ.}$

2. คานคอนกรีตเสริมเหล็ก



คอนกรีตหนา 250 มม.

ความหนาแน่น 2,400 กก. ม.⁻³

รูปที่ 4.4 รายละเอียดของคาน ค.ส.ล.

ลักษณะโครงสร้างของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กมีลักษณะ ดังรูปที่ 4.4 ใช้วิธีคำนวณเช่นเดียวกับข้อ 1 จะได้

$$R = 0.044 + (0.25)/1.4425 + 0.12$$

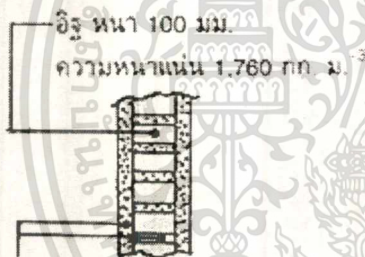
$$= 0.337 \text{ ม.}^2\text{ซ.}^1\text{วัตต์}^{-1}$$

$$U_w = 1/(0.337) = 2.964 \text{ วัตต์ม.}^{-2}\text{ซ.}^{-1}$$

$$\text{มวลของผนัง} = (2,400)(0.25) = 600 \text{ กก. ม.}^2$$

และผนังภายนอกทาสีอ่อนจะได้ $TD_{eq} = 10^\circ\text{ซ.}$

3. ผนังอิฐถือปูน



อิฐ หนา 100 มม.

ความหนาแน่น 1,760 กก. ม.⁻³

ผิวฉาบซีเมนต์ หนา 10 มม.

ความหนาแน่น 1,568 กก. ม.⁻³

รูปที่ 4.5 รายละเอียดของผนังอิฐถือปูน

ลักษณะผนังอิฐถือปูน มีลักษณะดังรูปที่ 4.5 ใช้การคำนวณเช่นเดียวกับหัวข้อ 1 จะได้

$$R = 0.044 + (0.01)/(0.533) +$$

$$(0.1)/(0.807) + (0.01)/(0.533) + 0.12$$

$$= 0.325 \text{ ม.}^2\text{ซ.}^1\text{วัตต์}^{-1}$$

$$U_w = 3.073 \text{ วัตต์ม.}^{-2}\text{ซ.}^{-1}$$

$$\text{มวลผนัง} = (1,568)(0.01) + (1,760)(0.1) + (1,568)(0.01) = 207.4 \text{ กก. ม.}^2$$

และผนังภายนอกทาสีอ่อนจะได้ว่า $TD_{eq} = 10^\circ\text{ซ.}$

4. กระจก



กระจกใสสีชา

หนา 6 มม.

รูปที่ 4.6 รายละเอียดของกระจก

กระจกมีลักษณะดังรูปที่ 4.6

$$R = 0.044 + (0.006)/1.053 + 0.12$$

$$= 0.170 \text{ ม.}^2\text{ซ.}^1\text{วัตต์}^{-1}$$

$$U_f = 1/(0.170) = 5.893 \text{ วัตต์ม.}^{-2}\text{ซ.}^{-1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ค่าตัวประกอบรังสีดวงอาทิตย์

จากลักษณะอาคาร ซึ่งประกอบด้วยผนังทั้งหมด 4 ด้าน โดยหันไปทางทิศเหนือ, ตะวันออก, ใต้ และตะวันตก ตามลำดับ โดยค่าตัวประกอบรังสีดวงอาทิตย์นี้จะเปรียบเทียบมาจากทิศทางของผนังและมุมเองของผนังด้านนั้นๆ ซึ่งจะได้ค่าตัวประกอบรังสีดวงอาทิตย์ตามตารางที่ 2.3 สำหรับผนังด้านต่างๆ มีค่าต่างๆ ดังนี้

$SF_{\text{เหนือ}}$	=	111.3	วัตต์ ม. ⁻²
$SF_{\text{ตะวันออก}}$	=	179.0	วัตต์ ม. ⁻²
$SF_{\text{ใต้}}$	=	178.2	วัตต์ ม. ⁻²
$SF_{\text{ตะวันตก}}$	=	171.5	วัตต์ ม. ⁻²

6. ค่าสัมประสิทธิ์ของระบบหน้าต่าง (SC)

ระบบหน้าต่างของอาคารจะประกอบด้วยส่วนที่เป็นกระจก และอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารชนิดแนวนอน ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของระบบหน้าต่างจึงประกอบด้วย 2 ส่วน คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก (SC_1) และค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร (SC_2) โดยจะสามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของระบบหน้าต่างได้จาก

$$SC = (SC_1)(SC_2)$$

- **ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดจากกระจก**

กำหนดกระจกที่ใช้ในระบบหน้าต่างเป็นกระจกใสหนา 6 มม. ติดฟิล์มสะท้อนแสง ซึ่งเมื่ออาศัยข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิตจะได้ว่ากระจกมีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดเท่ากับ 0.950

$$\begin{aligned} SC_1 &= 0.950 \times 0.25 \\ &= 0.2375 \end{aligned}$$

- **ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร**

เนื่องจากผนังอาคารหันหน้าไปในทิศทางที่ต่างๆ กัน ดังนั้น การที่จะคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร จึงต้องแยกเป็นกรณีต่างๆ ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร สำหรับด้านที่หันหน้าไปทางทิศตะวันออก

จากรูปที่ 4.2 แสดงภาพด้านข้างของอุปกรณ์บังแดด ซึ่งสามารถพิจารณาได้ข้อมูลดังนี้

- $R_1 = P_1/A = 1/2 = 0.5$
- $\Phi_1 = 15^\circ$

จากลักษณะอุปกรณ์บังแดดและข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์ในตารางที่ ก.1 ในภาคผนวก ก. นำมาคำนวณค่า G , $(G \times I_b + I_d)$ และ I_T ได้ดังต่อไปนี้

- วันที่ 21 มีนาคม

เวลา 07:00 น. :

$$\theta_1 = 8.20^\circ, I_b = 136.6 \text{ วัตต์ ม.}^{-2}, I_d = 22.7 \text{ วัตต์ ม.}^{-2}$$

$$G = 1 - 0.5[\text{COS}(15)\text{TAN}(8.20) + \text{SIN}(15)] \\ = 0.801$$

$$G, (G \times I_b + I_d) = (0.801)(136.6) + 22.78 = 132.116 \text{ วัตต์ ม.}^{-2}$$

$$I_T = I_b + I_d = 136.6 + 22.7 = 159.3 \text{ วัตต์ ม.}^{-2}$$

สำหรับเวลา 08:00-17:00 คำนวณในลักษณะเดียวกันกับด้านบนแต่จะต้องมีเงื่อนไขว่า ค่า G ต้องไม่มากกว่า 1 หรือกว่า 0 ซึ่งสามารถสรุปผลการคำนวณในทิศตะวันออกได้ดังตารางที่ 4.2

มุมอะซิมุท = -90 21 มีนาคม						
เวลา	θ_1	G_1	G	ID	I_d	$G \times I_b + I_d$
07:00	8.204	0.801	0.801	136.605	22.704	132.119
08:00	22.848	0.667	0.667	181.653	60.845	182.025
09:00	37.656	0.498	0.498	215.654	101.050	208.426
10:00	52.683	0.237	0.237	211.482	128.054	178.175
11:00	67.931	0.000	0.000	147.908	145.082	145.082
12:00	-	0.000	0.000	47.744	151.704	151.704
13:00	-	0.000	0.000	0.000	148.393	148.393

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติ เป็นเอกสารที่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14:00	-	0.000	0.000	0.000	142.631	142.631
15:00	-	0.000	0.000	0.000	124.958	124.958
16:00	-	0.000	0.000	0.000	95.331	95.331
17:00	-	0.000	0.000	0.000	58.394	58.394
รวม $GxI_D + I_D = 1,567.238$ รวม $I_T = 2,120.192$						

มุมอะซิมุต = -90 22 มิถุนายน						
เวลา	θ_1	G_1	G	ID	Id	$GxI_D + I_D$
07:00	15.489	0.737	0.737	112.966	28.853	112.081
08:00	29.602	0.596	0.596	169.805	58.652	159.912
09:00	43.584	0.411	0.411	196.805	84.151	165.024
10:00	57.520	0.112	0.112	176.010	107.371	127.068
11:00	71.459	0.000	0.000	108.771	138.030	138.030
12:00	85.414	0.000	0.000	28.044	161.379	161.379
13:00	-	0.000	0.000	0.000	164.303	164.303
14:00	-	0.000	0.000	0.000	151.247	151.247
15:00	-	0.000	0.000	0.000	130.849	130.849
16:00	-	0.000	0.000	0.000	102.125	102.125
17:00	-	0.000	0.000	0.000	58.996	58.996
รวม $GxI_D + I_D = 1,470.041$ รวม $I_T = 1,978.420$						

มุมอะซิมุต = -90 23 กันยายน						
เวลา	θ_1	G_1	G	ID	Id	$GxI_D + I_D$
07:00	12.070	0.767	0.767	92.907	24.897	96.186
08:00	26.762	0.627	0.627	95.668	66.650	126.637
09:00	41.647	0.441	0.441	149.217	95.718	161.536
10:00	56.765	0.134	0.134	123.185	114.724	131.173
11:00	72.101	0.000	0.000	63.497	126.592	126.592
12:00	87.575	0.000	0.000	11.006	132.483	132.483
13:00	-	0.000	0.000	0.000	114.251	114.251

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ 0.000 งาน เพื่อ 0.000 ขาทำ 0.000 นฤญาติ 114.251 ใช้ประโยชน์การค่า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14:00	-	0.000	0.000	0.000	80.969	80.969
15:00	-	0.000	0.000	0.000	68.026	68.026
16:00	-	0.000	0.000	0.000	49.880	49.880
17:00	-	0.000	0.000	0.000	24.983	24.983
รวม $GxI_D + I_d = 1,112.715$ รวม $I_T = 1,434.653$						

มุมอะซิมุต = -90 22 ธันวาคม						
เวลา	θ_1	G_1	G	ID	I_d	$GxI_D + I_d$
07:00	4.447	0.833	0.833	120.969	15.953	116.724
08:00	19.396	0.701	0.701	249.390	43.774	218.484
09:00	34.920	0.533	0.533	268.052	65.446	208.430
10:00	51.081	0.272	0.272	250.473	71.724	139.966
11:00	67.830	0.000	0.000	155.311	78.518	78.518
12:00	84.981	0.000	0.000	34.133	92.020	92.020
13:00	-	0.000	0.000	0.000	101.695	101.695
14:00	-	0.000	0.000	0.000	101.007	101.007
15:00	-	0.000	0.000	0.000	86.559	86.559
16:00	-	0.000	0.000	0.000	60.802	60.802
17:00	-	0.000	0.000	0.000	29.584	29.584
รวม $GxI_D + I_d = 1,233.790$ รวม $I_T = 1,825.410$						

ตารางที่ 4.2 สรุปผลการคำนวณค่าต่างๆ ในทิศตะวันออก

จากผลการคำนวณในตารางที่ 4.2 สามารถนำมาคำนวณค่า SC_2 ได้ดังนี้

$$SC_2 = \frac{(1567.24 + 1471.04 + 112.72 + 1233.79)}{(2120.19 + 1978.42 + 1434.65 + 1825.41)}$$

$$= 0.7318$$

ซึ่งสรุปว่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารสำหรับผนัง

ด้านที่หันหน้าไปทางทิศตะวันออก มีค่า 0.7318

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร สำหรับผนังด้านที่หันหน้าไปทางทิศใต้ มีรายละเอียดการคำนวณเช่นเดียวกับ ข้อ 1. โดยจะได้ค่า $SC_2 = 0.6554$
3. ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร สำหรับผนังด้านที่หันหน้าไปทางทิศตะวันตก มีรายละเอียดการคำนวณเช่นเดียวกับ ข้อ 1. โดยจะได้ค่า $SC_2 = 0.7482$
4. ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร สำหรับผนังด้านที่หันหน้าไปทางทิศเหนือ มีรายละเอียดการคำนวณเช่นเดียวกับ ข้อ 1. โดยจะได้ค่า $SC_2 = 0.8927$

จากการคำนวณดังกล่าวที่ผ่านมาทำให้สรุปข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ของระบบหน้าต่างได้ดังตารางที่ 4.3

ทิศทางของผนังหน้าต่าง	SC_1	SC_2	SC
ด้านทิศเหนือ	0.2375	0.8927	0.2120
ด้านทิศตะวันออก	0.2375	0.7318	0.1738
ด้านทิศใต้	0.2375	0.6554	0.1557
ด้านทิศตะวันตก	0.2375	0.7482	0.1777

ตารางที่ 4.3 สรุปข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์ของระบบหน้าต่าง

7. การคำนวณค่า OTTV ของอาคาร

เนื่องจากอาคารมีผนัง 4 ด้าน ดังนั้นจึงต้องคำนวณหาค่า OTTV ของผนังแต่ละด้านก่อน และจึงนำค่าที่ได้ในแต่ละด้าน มาหาค่าเฉลี่ยทั้งอาคาร

- ค่า OTTV ของผนังทางด้านทิศเหนือ

จากที่ได้พิจารณาในข้อก่อนหน้า ซึ่งได้แบ่งออกเป็น 4 ลักษณะ โดยใช้รหัสพื้นที่เป็นเหนือ-1, เหนือ-2, เหนือ-3, เหนือ-4 โดยแต่ละพื้นที่ มีข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการคำนวณค่า OTTV ดังที่ได้พิจารณาไว้ในเบื้องต้น

การคำนวณค่า OTTV สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสพื้นที่	A_w	U_w	TD_{eq}	A_f	U_f	T	SF	SC	X
เหนือ-1	87.5	1.958	10	-	-	-	-	-	1,713.25
เหนือ-2	90.0	2.964	10	-	-	-	-	-	2,667.60
เหนือ-3	340.0	3.073	10	-	-	-	-	-	10,448.20
เหนือ-4	-	-	-	200.0	5.893	5	111.3	0.212	10,612.12
รวม	517.5			200.0					
รวมทั้งสิ้น		717.5							

ตารางที่ 4.4 แสดงการคำนวณค่า OTTV

หมายเหตุ

$$X = A_w \cdot U_w \cdot TD_{eq} + A_f (U_f \cdot T + SF \cdot SC)$$

จากการคำนวณตามตารางข้างต้น สามารถคำนวณค่า OTTV สำหรับผนังด้านทิศเหนือได้ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} OTTV_{เหนือ} &= 25,441.7/717.5 \\ &= 35.46 \text{ วัตต์ ม.}^{-2} \end{aligned}$$

- ค่า OTTV ของผนังทางทิศตะวันออก จะมีลักษณะการคำนวณเช่นเดียวกับผนังทางทิศเหนือ ซึ่งจะได้ค่า OTTV เท่ากับ

$$OTTV_{ตะวันออก} = 37.50 \text{ วัตต์ ม.}^{-2}$$

- ค่า OTTV ของผนังทางทิศใต้ จะมีลักษณะการคำนวณเช่นเดียวกับผนังทางทิศเหนือ ซึ่งจะได้ค่า OTTV เท่ากับ

$$OTTV_{ใต้} = 36.62 \text{ วัตต์ ม.}^{-2}$$

- ค่า OTTV ของผนังทางทิศตะวันตก จะมีลักษณะการคำนวณเช่นเดียวกับผนังทางทิศเหนือ ซึ่งจะได้ค่า OTTV เท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$OTTV_{\text{ตะวันตก}} = 37.38 \text{ วัตต์ ม.}^2$$

เพราะฉะนั้นเราจะได้อัตรา OTTV เฉลี่ยจากผนังทั้ง 4 ทิศ โดยอาคารตัวอย่างนี้มีค่าพื้นที่ในแต่ละด้านเท่ากันทั้งหมด เราจึงไม่ต้องนำค่าที่ได้มาทำค่าถ่วงน้ำหนัก

$$OTTV = 36.74 \text{ วัตต์ ม.}^2$$

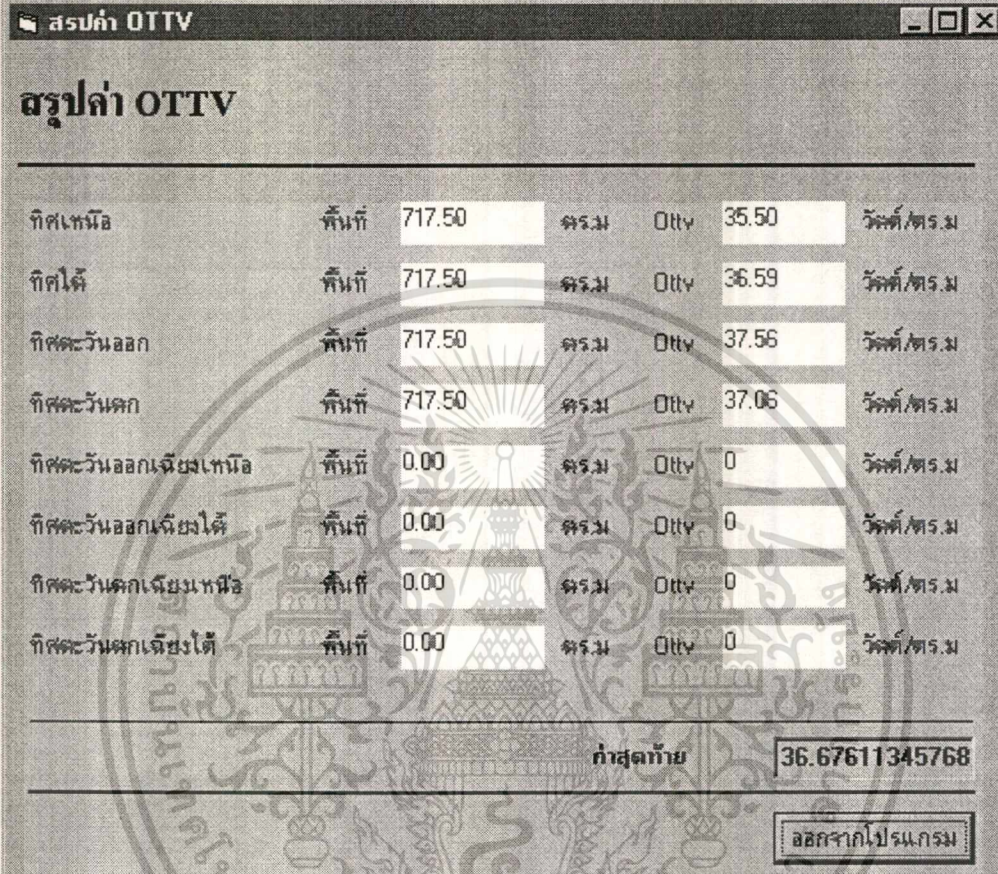
4.1.2 การคำนวณค่าโดยใช้โปรแกรมคำนวณ

เราจะทำการใช้โปรแกรมคำนวณโดยใช้ข้อมูลเกี่ยวกับการคำนวณแบบปกติ ซึ่งมีรูประหว่างทำการกรอกข้อมูลดังรูปที่ 4.7

รูปที่ 4.7 แสดงรูปของโปรแกรมระหว่างการกรอกข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการกรอกข้อมูลทั้งหมดเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมก็จะคำนวณค่าต่างแล้วรายงานให้ผู้ใช้ทราบดังรูปที่ 4.8



ทิศเหนือ	พื้นที่	ตร.ม	Ottv	วัดต์/ตร.ม
ทิศเหนือ	717.50	ตร.ม	35.50	วัดต์/ตร.ม
ทิศใต้	717.50	ตร.ม	36.59	วัดต์/ตร.ม
ทิศตะวันออก	717.50	ตร.ม	37.56	วัดต์/ตร.ม
ทิศตะวันตก	717.50	ตร.ม	37.06	วัดต์/ตร.ม
ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	0.00	ตร.ม	0	วัดต์/ตร.ม
ทิศตะวันออกเฉียงใต้	0.00	ตร.ม	0	วัดต์/ตร.ม
ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	0.00	ตร.ม	0	วัดต์/ตร.ม
ทิศตะวันตกเฉียงใต้	0.00	ตร.ม	0	วัดต์/ตร.ม

ค่าสุดท้าย: 36.67611345768

ออกจากโปรแกรม

รูปที่ 4.8 แสดงผลการคำนวณเมื่อผู้ใช้ได้กรอกข้อมูลเรียบร้อยแล้ว

จากรูปที่ 4.8 เราสามารถสรุปผลการคำนวณของโปรแกรมได้ดังตารางที่ 4.5

ทิศทางผนัง	ค่า OTTV (วัตต์ ม. ²)
เหนือ	35.50
ใต้	36.59
ตะวันออก	37.56
ตะวันตก	37.06
ค่าเฉลี่ย	36.676

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการคำนวณค่า OTTV จากโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การวิเคราะห์ค่าต่างๆ ในสมการ OTTV

จากสมการที่ 1 สมการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังอาคารจะเห็นว่า ค่าที่มีผลสำคัญต่อค่า OTTV นั้นคือตัวแปรที่สัมพันธ์กับระบบหน้าต่าง โดยค่าที่เราสามารถนำมาวิเคราะห์หาปัจจัยต่างๆ ที่ช่วยในการลดค่า OTTV คือ ค่าสัมประสิทธิ์การก้ำบังของที่ก้ำบัง

เนื่องจากโปรแกรมที่ได้เขียนขึ้นนั้นไม่สามารถแสดงรายละเอียดปลีกย่อยของสมการได้ จึงได้เขียนโปรแกรมการคำนวณโดยใช้ Microsoft Excel 97 ขึ้นมาอีกตัวหนึ่ง เพื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในกรณีที่เราเปลี่ยนค่าต่างๆ (ไฟล์ข้อมูลการวิเคราะห์อยู่ในดิสก์ที่แนบมา)

4.2.1 การวิเคราะห์ผลของมุมก้ำบังที่มีต่อค่าสัมประสิทธิ์การก้ำบัง

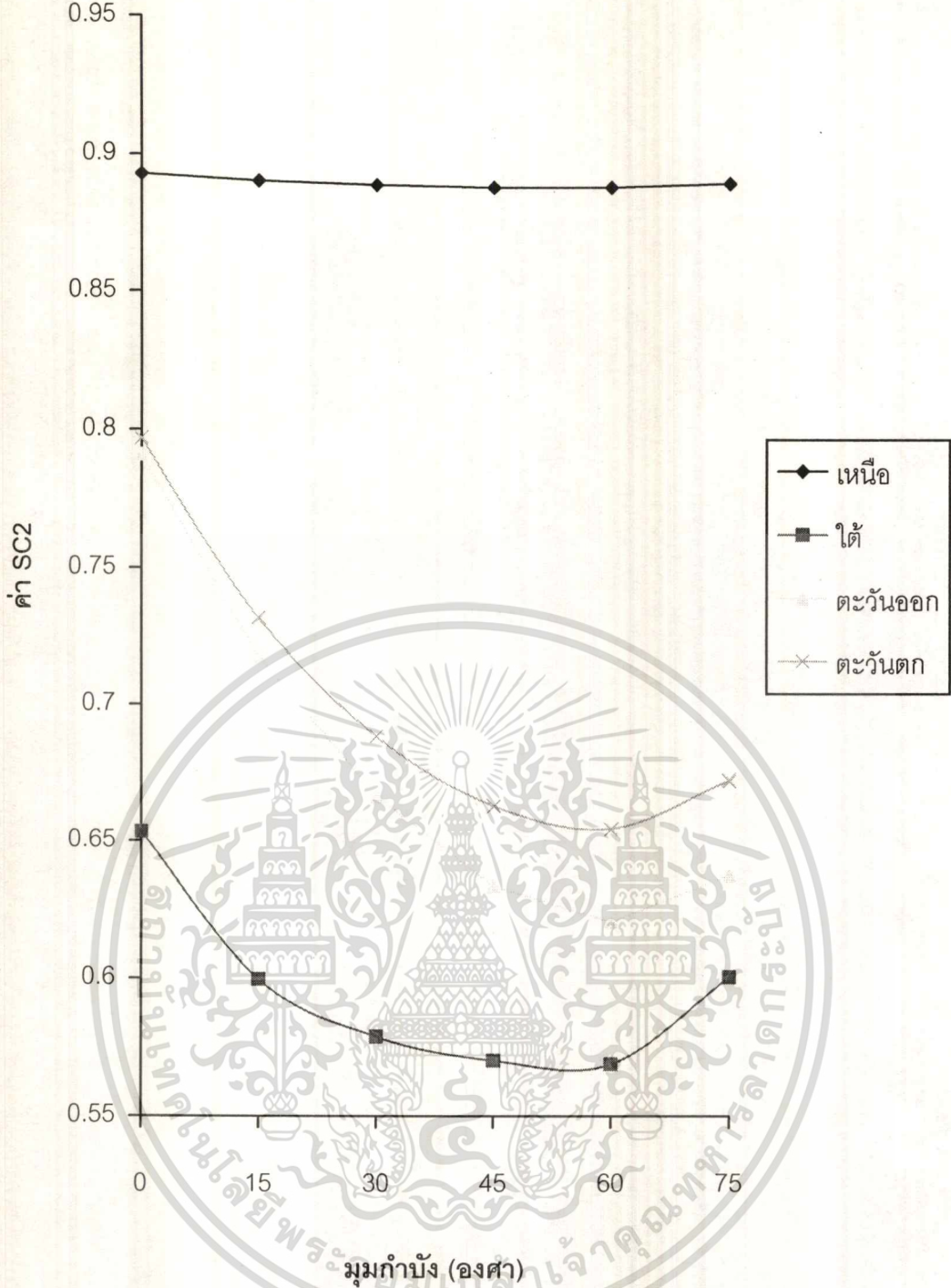
ในการวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวนี้ เราจะทำการกำหนดค่าของตัวแปรตัวอื่นในระบบหน้าต่างให้คงที่ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- ค่าความสูงของหน้าต่างเท่ากับ 1.70 เมตร
- ค่าระยะห่างระหว่างที่ก้ำบังกับหน้าต่างเท่ากับ 0.7 เมตร
- ค่าความกว้างของที่ก้ำบังเท่ากับ 1.70 เมตร

จากนั้นก็ทำการเปลี่ยนค่ามุมก้ำบังไปเรื่อยๆ โดยเริ่มจากที่ 0 องศา ถึง 75 องศา โดยเว้นทีละ 15 องศา ได้ผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 4.6

ทิศทางผนัง	ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์					
	0 องศา	15 องศา	30 องศา	45 องศา	60 องศา	75 องศา
ทิศเหนือ	0.8927	0.8901	0.8885	0.8876	0.8875	0.8869
ทิศใต้	0.6534	0.5996	0.5789	0.5701	0.5688	0.6004
ทิศตะวันออก	0.7912	0.7173	0.6666	0.6335	0.6205	0.6374
ทิศตะวันตก	0.7969	0.7315	0.6882	0.6629	0.6546	0.6723

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างมุมก้ำบังกับ SC_2



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า SC_2 เมื่อค่ามุมกำลังเปลี่ยนไป ซึ่งสามารถเปรียบเทียบเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4.9

4.2.2 การวิเคราะห์ผลของระยะห่างระหว่างกระจกกับที่กำบังที่มีต่อสัมประสิทธิ์การกำบัง

ในการวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวนี้ เราจะทำการกำหนดค่าของตัวแปรตัวอื่นในระบบหน้าต่างให้คงที่ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- ค่าของมุมกำบังมีค่าเท่ากับ 45 องศา
- ความสูงของหน้าต่างมีค่าเท่ากับ 1.70 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่าความกว้างของที่กำบังเท่ากับ 1.70 เมตร

จากนั้นก็ทำการเปลี่ยนค่าระยะห่างระหว่างกระจกกับที่กำบังไปเรื่อยๆ โดยเริ่มจากที่ 0.1 เมตร ถึง 1.7 เมตร โดยเว้นทีละ 0.2 เมตร ได้ผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 4.7 และกราฟที่ 4.10

ทิศทางผนัง	ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์								
	0.1 ม.	0.3 ม.	0.5 ม.	0.7 ม.	0.9 ม.	1.1 ม.	1.3 ม.	1.5 ม.	1.7 ม.
ทิศเหนือ	0.8857	0.8857	0.8864	0.8876	0.8887	0.8899	0.8914	0.8934	0.8964
ทิศใต้	0.5530	0.5563	0.5616	0.5701	0.5831	0.6059	0.6405	0.6751	0.7098
ทิศตะวันออก	0.5644	0.5817	0.6048	0.6335	0.6653	0.6997	0.7389	0.7812	0.8252
ทิศตะวันตก	0.6073	0.6206	0.6405	0.6629	0.6904	0.7218	0.7555	0.7893	0.8237

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระยะห่างกับ SC_2

4.2.3 การวิเคราะห์ผลของความกว้างของที่กำบังกับค่าสัมประสิทธิ์การกำบัง

ในการวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวนี้ เราจะทำการกำหนดค่าของตัวแปรตัวอื่นในระบบหน้าต่างให้คงที่ โดยมีรายละเอียดดังนี้

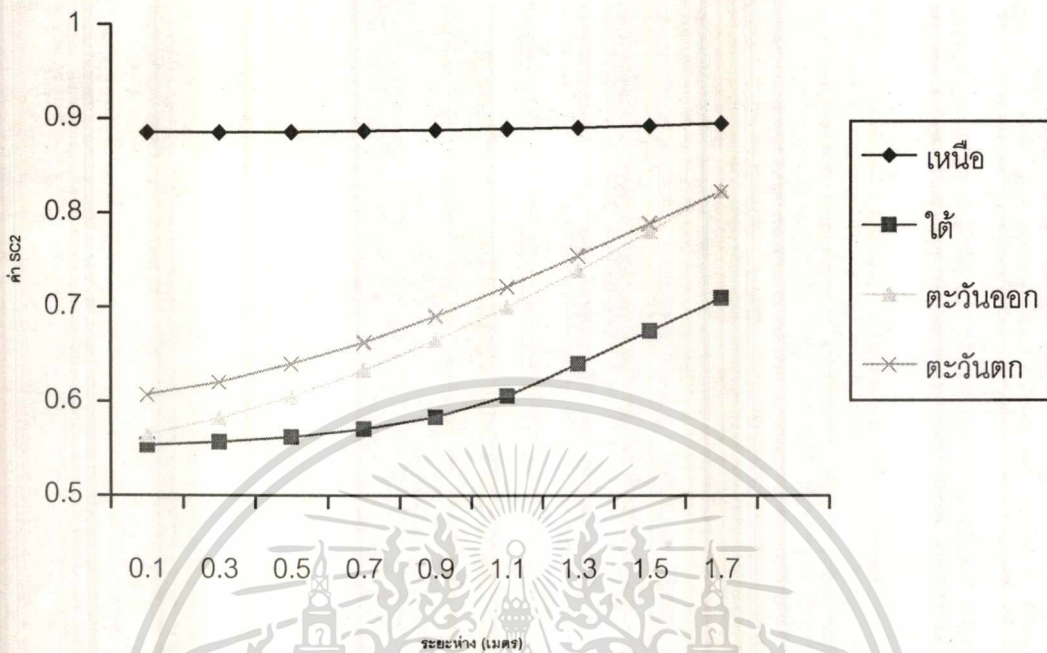
- ค่าของมุมกำบังมีค่าเท่ากับ 45 องศา
- ความสูงของหน้าต่างมีค่าเท่ากับ 1.70 เมตร
- ค่าระยะห่างระหว่างที่กำบังกับหน้าต่างเท่ากับ 0.7 เมตร

จากนั้นก็ทำการเปลี่ยนค่าความกว้างของที่กำบังไปเรื่อยๆ โดยเริ่มจากที่ 0.1 เมตร ถึง 2.1 เมตร โดยเว้นทีละ 0.4 เมตร ได้ผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 4.8

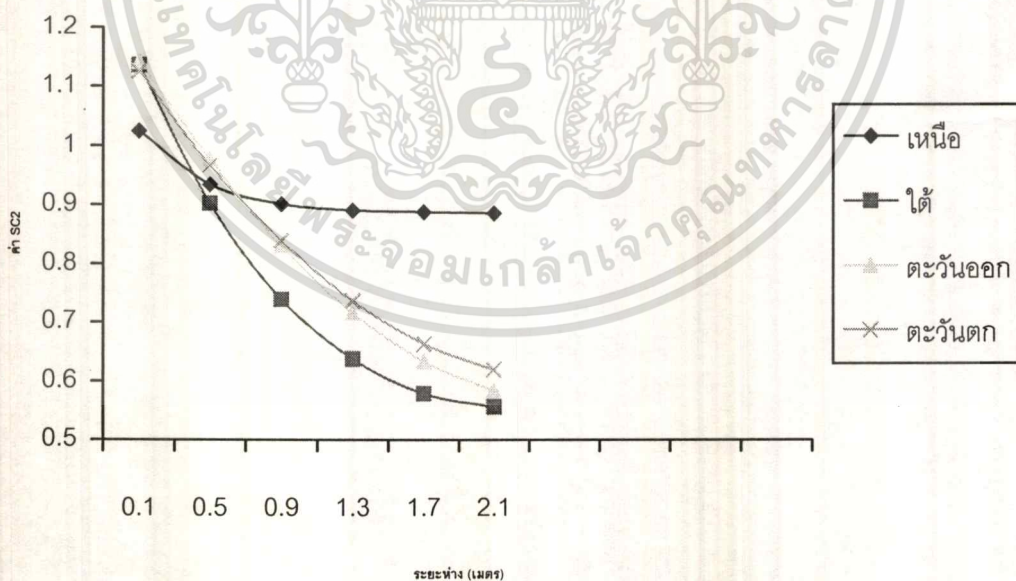
ทิศทางผนัง	ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์					
	0.1 ม.	0.5 ม.	0.9 ม.	1.3 ม.	1.7 ม.	2.1 ม.
ทิศเหนือ	1.0246	0.9345	0.9012	0.8908	0.8876	0.8857
ทิศใต้	1.1356	0.9022	0.7384	0.6375	0.5790	0.5561
ทิศตะวันออก	1.1413	0.9773	0.8301	0.7153	0.6335	0.5838
ทิศตะวันตก	1.1255	0.9664	0.8397	0.7363	0.6629	0.6201

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ความกว้างของที่กำบังกับ SC_2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เข้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างและค่า SC₂

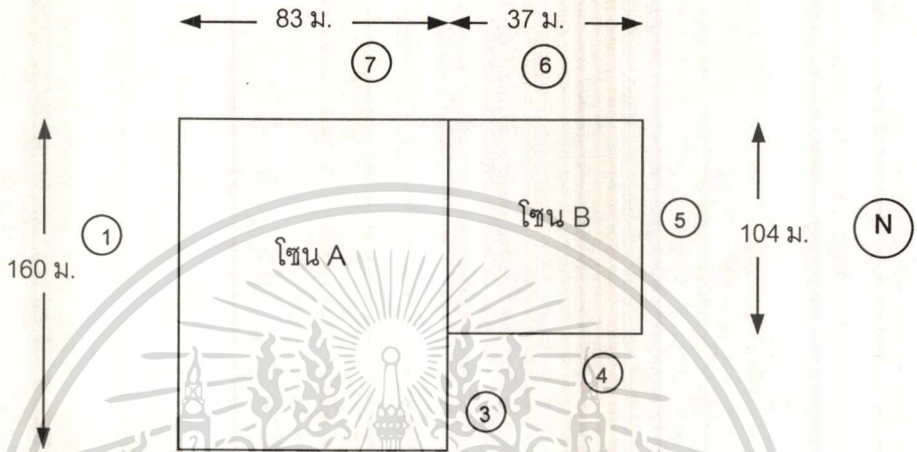


รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างของที่กำบังและค่า SC₂

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

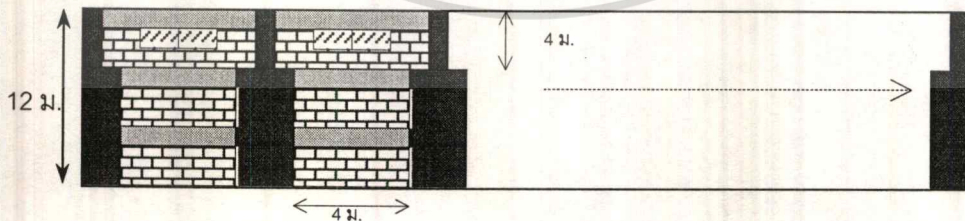
4.3 การปรับปรุงค่า OTTV ของโรงงานปั้นด้าย

4.3.1 ลักษณะของอาคารปั้นด้ายเดิม มีลักษณะแปลนดังรูป



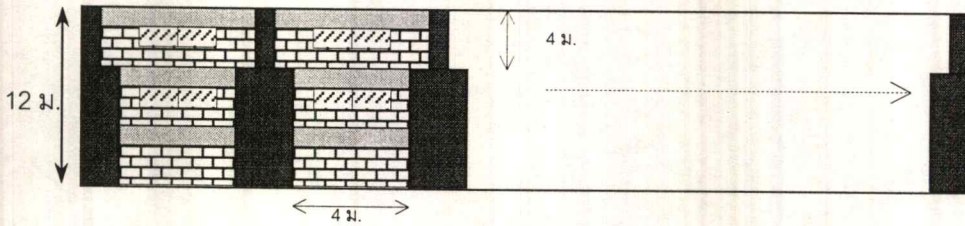
รูปที่ 4.12 แสดงแปลนของโรงงาน

ตามลักษณะของแปลนด้านบนสามารถแบ่งลักษณะโรงงานออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และ โซน B โคนโซน A เป็นส่วนของขบวนการผลิตทั้งหมด จะมีลักษณะเป็นชั้นเดียวสูง 12 เมตร ส่วนโซน B จะแบ่งออกเป็น 2 ชั้น ชั้นล่างจะเป็นที่วางขบวนการผลิตมีขนาดสูง 8 เมตร ส่วนชั้นบนจะเป็นห้องควบคุมสูง 4 เมตร โดยมีรูปแปลนของผนังด้านต่างๆ ดังรูปที่ 4.13 – 4.14



รูปที่ 4.13 แสดงโครงสร้างของผนังด้านที่ 1, 2, 3 และ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 แสดงโครงสร้างของผนังด้านที่ 4, 5 และ 6

ซึ่งสามารถสรุปรายละเอียดต่างๆ ของอาคารได้ดังตารางที่ 4.9

ลักษณะอาคาร	รายละเอียด
ผนังทึบ	เสาคอนกรีตเสริมเหล็กชั้นบน 200 มม. เสาคอนกรีตเสริมเหล็กชั้นล่าง 300 มม. ผนังภายนอกทาสีอ่อน คานคอนกรีตเสริมเหล็กชั้นบนสุด 300 มม. คานคอนกรีตเสริมเหล็กชั้นที่เหลือ 400 มม. ผนังภายนอกทาสีอ่อน ผนังอิฐถือปูน อิฐแห้งหนา 100 มม. ถือปูนหนา 10 มม. ทั้ง 2 ด้าน ผนังภายนอกทาสีอ่อน
หน้าต่างและผนังโปร่งใส	กระจกใสหนา 6 มม. สูง 2 ม. กว้าง 2.5 ม. ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก (SC) เท่า กับ 0.95 ไม่มีอุปกรณ์บังแดด

ตารางที่ 4.9 แสดงรายละเอียดของอาคาร

4.3.2 การคำนวณพื้นที่ผนังอาคาร

1. พื้นที่ผนังอาคารทางด้านที่ 1 (ทิศใต้)

เนื่องจากผนังอาคารแต่ละส่วนมีโครงสร้างไม่เหมือนกัน ซึ่งสามารถจำแนกออกได้ดังนี้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1. เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

เสาคอนกรีตเสริมเหล็กจะมีอยู่ 2 ขนาด คือ 200 มม. และ 300 มม.,

พื้นที่เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก 200 มม. ทั้งหมด = 32 ตร.ม.

พื้นที่เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก 300 มม. ทั้งหมด = 96 ตร.ม.

1.2. คานคอนกรีตเสริมเหล็ก

คานคอนกรีตเสริมเหล็กจะมีอยู่ 2 ขนาด คือ 300 มม. และ 400 มม.,

พื้นที่คานคอนกรีตเสริมเหล็ก 300 มม. ทั้งหมด = 45.6 ตร.ม.

พื้นที่คานคอนกรีตเสริมเหล็ก 400 มม. ทั้งหมด = 118.4 ตร.ม.

1.3. ผนังอิฐถือปูน

พื้นที่ผนังอิฐถือปูนทั้งหมด = 1487.2 ตร.ม.

1.4. กระจก

พื้นที่กระจกทั้งหมด = 200 ตร.ม.

2. พื้นที่ผนังอาคารทางด้านที่ 2 (ทิศตะวันออก)

เนื่องจากผนังอาคารแต่ละส่วนมีโครงสร้างไม่เหมือนกัน ซึ่งสามารถจำแนกออกได้ดังนี้

2.1. เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

เสาคอนกรีตเสริมเหล็กจะมีอยู่ 2 ขนาด คือ 200 มม. และ 300 มม.,

พื้นที่เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก 200 มม. ทั้งหมด = 16.8 ตร.ม.

พื้นที่เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก 300 มม. ทั้งหมด = 50.4 ตร.ม.

2.2. คานคอนกรีตเสริมเหล็ก

คานคอนกรีตเสริมเหล็กจะมีอยู่ 2 ขนาด คือ 300 มม. และ 400 มม.,

พื้นที่คานคอนกรีตเสริมเหล็ก 300 มม. ทั้งหมด = 23.64 ตร.ม.

พื้นที่คานคอนกรีตเสริมเหล็ก 400 มม. ทั้งหมด = 61.36 ตร.ม.

2.3. ผนังอิฐถือปูน

พื้นที่ผนังอิฐถือปูนทั้งหมด = 738.8 ตร.ม.

2.4. กระจก

พื้นที่กระจกทั้งหมด = 105 ตร.ม.

3. พื้นที่ผนังอาคารทางด้านที่ 3 (ทิศเหนือ)

เนื่องจากผนังอาคารแต่ละส่วนมีโครงสร้างไม่เหมือนกัน ซึ่งสามารถจำแนกออกได้ดังนี้

3.1. เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

เสาคอนกรีตเสริมเหล็กจะมีอยู่ 2 ขนาด คือ 200 มม. และ 300 มม.,

พื้นที่เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก 200 มม. ทั้งหมด = 11.2 ตร.ม.

พื้นที่เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก 300 มม. ทั้งหมด = 33.6 ตร.ม.

3.2. คานคอนกรีตเสริมเหล็ก

คานคอนกรีตเสริมเหล็กจะมีอยู่ 2 ขนาด คือ 300 มม. และ 400 มม.,

พื้นที่คานคอนกรีตเสริมเหล็ก 300 มม. ทั้งหมด = 15.96 ตร.ม.

พื้นที่คานคอนกรีตเสริมเหล็ก 400 มม. ทั้งหมด = 41.44 ตร.ม.

3.3. ผนังอิฐถือปูน

พื้นที่ผนังอิฐถือปูนทั้งหมด = 499.8 ตร.ม.

3.4. กระจก

พื้นที่กระจกทั้งหมด = 70 ตร.ม.

4. พื้นที่ผนังอาคารทางด้านที่ 4 (ทิศตะวันออก)

เนื่องจากผนังอาคารแต่ละส่วนมีโครงสร้างไม่เหมือนกัน ซึ่งสามารถจำแนกออกได้ดังนี้

4.1. เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

เสาคอนกรีตเสริมเหล็กจะมีอยู่ 2 ขนาด คือ 200 มม. และ 300 มม.

พื้นที่เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก 200 มม. ทั้งหมด = 7.2 ตร.ม.

พื้นที่เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก 300 มม. ทั้งหมด = 21.6 ตร.ม.

4.2. คานคอนกรีตเสริมเหล็ก

คานคอนกรีตเสริมเหล็กจะมีอยู่ 2 ขนาด คือ 300 มม. และ 400 มม.

พื้นที่คานคอนกรีตเสริมเหล็ก 300 มม. ทั้งหมด = 10.56 ตร.ม.

พื้นที่คานคอนกรีตเสริมเหล็ก 400 มม. ทั้งหมด = 27.44 ตร.ม.

4.3. ผนังอิฐถือปูน

พื้นที่ผนังอิฐถือปูนทั้งหมด = 287.2 ตร.ม.

4.4. กระจก

พื้นที่กระจกทั้งหมด = 90 ตร.ม.

5. พื้นที่ผนังอาคารทางด้านที่ 5 (ทิศใต้)

เนื่องจากผนังอาคารแต่ละส่วนมีโครงสร้างไม่เหมือนกัน ซึ่งสามารถจำแนกออกได้ดังนี้

5.1. เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

เสาคอนกรีตเสริมเหล็กจะมีอยู่ 2 ขนาด คือ 200 มม. และ 300 มม.

พื้นที่เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก 200 มม. ทั้งหมด = 20.8 ตร.ม.

พื้นที่เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก 300 มม. ทั้งหมด = 62.4 ตร.ม.

5.2. คานคอนกรีตเสริมเหล็ก

คานคอนกรีตเสริมเหล็กจะมีอยู่ 2 ขนาด คือ 300 มม. และ 400 มม.

พื้นที่คานคอนกรีตเสริมเหล็ก 300 มม. ทั้งหมด = 29.64 ตร.ม.

พื้นที่คานคอนกรีตเสริมเหล็ก 400 มม. ทั้งหมด = 76.96 ตร.ม.

5.3. ผนังอิฐถือปูน

พื้นที่ผนังอิฐถือปูนทั้งหมด = 827.84 ตร.ม.

5.4. กระจก

พื้นที่กระจกทั้งหมด = 260 ตร.ม.

6. พื้นที่ผนังอาคารทางด้านที่ 6 (ทิศตะวันตก)

เนื่องจากผนังอาคารแต่ละส่วนมีโครงสร้างไม่เหมือนกัน ซึ่งสามารถจำแนกออกได้ดังนี้

6.1. เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

เสาคอนกรีตเสริมเหล็กจะมีอยู่ 2 ขนาด คือ 200 มม. และ 300 มม.

พื้นที่เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก 200 มม. ทั้งหมด = 7.2 ตร.ม.

พื้นที่เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก 300 มม. ทั้งหมด = 21.6 ตร.ม.

6.2. คานคอนกรีตเสริมเหล็ก

คานคอนกรีตเสริมเหล็กจะมีอยู่ 2 ขนาด คือ 300 มม. และ 400 มม.

พื้นที่คานคอนกรีตเสริมเหล็ก 300 มม. ทั้งหมด = 10.56 ตร.ม.

พื้นที่คานคอนกรีตเสริมเหล็ก 400 มม. ทั้งหมด = 27.44 ตร.ม.

6.3. ผนังอิฐถือปูน

พื้นที่ผนังอิฐถือปูนทั้งหมด = 287.2 ตร.ม.

6.4. กระจก

พื้นที่กระจกทั้งหมด = 90 ตร.ม.

7. พื้นที่ผนังอาคารทางด้านที่ 7 (ทิศตะวันตก)

เนื่องจากผนังอาคารแต่ละส่วนมีโครงสร้างไม่เหมือนกัน ซึ่งสามารถจำแนกออกได้ดังนี้

7.1. เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

เสาคอนกรีตเสริมเหล็กจะมีอยู่ 2 ขนาด คือ 200 มม. และ 300 มม.,

พื้นที่เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก 200 มม. ทั้งหมด = 16.8 ตร.ม.

พื้นที่เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก 300 มม. ทั้งหมด = 50.4 ตร.ม.

7.2. คานคอนกรีตเสริมเหล็ก

คานคอนกรีตเสริมเหล็กจะมีอยู่ 2 ขนาด คือ 300 มม. และ 400 มม.,

พื้นที่คานคอนกรีตเสริมเหล็ก 300 มม. ทั้งหมด = 23.64 ตร.ม.

พื้นที่คานคอนกรีตเสริมเหล็ก 400 มม. ทั้งหมด = 61.36 ตร.ม.

7.3. ผนังอิฐถือปูน

พื้นที่ผนังอิฐถือปูนทั้งหมด = 738.8 ตร.ม.

7.4. กระจก

พื้นที่กระจกทั้งหมด = 105 ตร.ม.

ซึ่งสามารถสรุปข้อมูลต่างๆ ของผนังและคุณลักษณะของวัสดุได้ดังตารางที่ 4.10 และ ตารางที่

4.11

ทิศ	ผนังทึบ			กระจก			รวมทั้งสิ้น (ม. ²)
	ลักษณะ	รหัสผนัง	พื้นที่ (ม. ²)	ลักษณะ	รหัสผนัง	พื้นที่ (ม. ²)	
ใต้	เสา ค.ส.ล. 200 มม.	ใต้-1	52.8	กระจก	ใต้-6	460	
	เสา ค.ส.ล. 300 มม.	ใต้-2	158.4				
	คาน ค.ส.ล. 300 มม.	ใต้-3	75.24				
	คาน ค.ส.ล. 400 มม.	ใต้-4	195.36				
	ผนังอิฐ	ใต้-5	2,314.74				
รวม			2,796.54			460	3,256.54
ตะวันออก	เสา ค.ส.ล. 200 มม.	ต.อ.-1	24	กระจก	ต.อ.-6	195	
	เสา ค.ส.ล. 300 มม.	ต.อ.-2	72				
	คาน ค.ส.ล. 300 มม.	ต.อ.-3	34.2				
	คาน ค.ส.ล. 400 มม.	ต.อ.-4	88.8				
	ผนังอิฐ	ต.อ.-5	1,026				
รวม			1,245			195	1,440

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทิศ	ผนังทึบ			กระจก			รวมทั้งสิ้น (ม. ²)
	ลักษณะ	รหัสผนัง	พื้นที่ (ม. ²)	ลักษณะ	รหัสผนัง	พื้นที่ (ม. ²)	
เหนือ	เสา ค.ส.ล. 200 มม.	เหนือ - 1	11.2	กระจก	เหนือ - 6	70	
	เสา ค.ส.ล. 300 มม.	เหนือ - 2	33.6				
	คาน ค.ส.ล. 300 มม.	เหนือ - 3	15.96				
	คาน ค.ส.ล. 400 มม.	เหนือ - 4	41.44				
	ผนังอิฐ	เหนือ - 5	499.8				
รวม			602			70	672
ตะวันออก	เสา ค.ส.ล. 200 มม.	ต.ต. - 1	24	กระจก	ต.ต. - 6	195	
	เสา ค.ส.ล. 300 มม.	ต.ต. - 2	72				
	คาน ค.ส.ล. 300 มม.	ต.ต. - 3	34.2				
	คาน ค.ส.ล. 400 มม.	ต.ต. - 4	88.8				
	ผนังอิฐ	ต.ต. - 5	3,610.8				
รวม			3,829.8			195	4,024.8

ตารางที่ 4.10 สรุปพื้นที่ผนังอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุ	ค่า k (วัตต์ ม. ² ซ.⁻¹)	ความหนา (มม.)	ความหนาแน่น (กก.ม. ³ .)
เสา ค.ส.ล. 200 มม.	1.4425	200	2,400
เสา ค.ส.ล. 300 มม.	1.4425	300	2,400
คาน ค.ส.ล. 300 มม	1.4425	150	2,400
คาน ค.ส.ล. 400 มม	1.4425	200	2,400
ผนังอิฐถือปูน	0.533	10	1,568
	0.807	100	1,760
	0.533	10	1,568
กระจกใส	1.053	0.006	-

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าคุณสมบัติของวัสดุ

เมื่อได้ข้อมูลทุกอย่างครบแล้วก็เริ่มการคำนวณหาค่า OTTV โดยใช้โปรแกรมที่ได้สร้างขึ้น ซึ่งสามารถสรุปค่า OTTV ได้ดังนี้

ทิศทางของผนัง	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่า OTTV (วัตต์ ม. ² .)
ทิศใต้	3,256.54	53.66
ทิศตะวันออก	1,440.00	52.87
ทิศเหนือ	672.00	40.96
ทิศตะวันตก	4,024.8	37.99
ค่าเฉลี่ย OTTV		45.91

ตารางที่ 4.12 สรุปค่าการคำนวณ OTTV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 การปรับปรุงโครงสร้างโรงงานเพื่อลดค่า OTTV

เนื่องจากค่าผลการคำนวณค่า OTTV ของโรงงานมีค่าสูงถึง 45.91 วัตต์.ม² จึงสมควรที่จะปรับปรุงค่า OTTV ซึ่งสามารถทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงลักษณะโครงสร้างของผนังอาคารโรงงานดังนี้

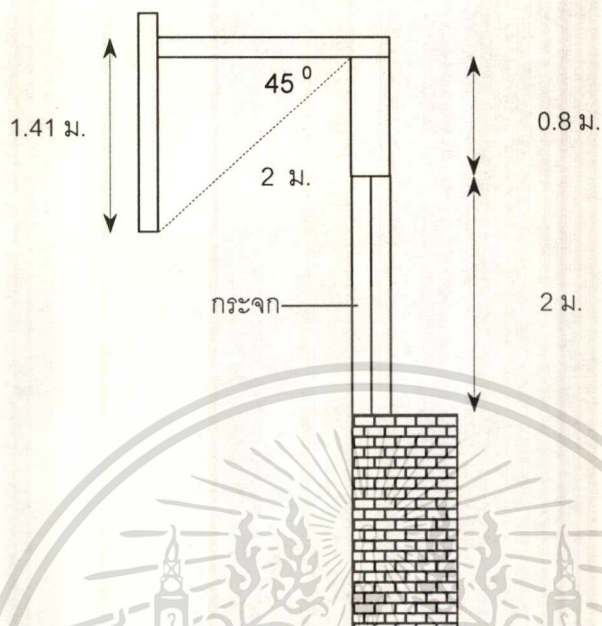
1. เปลี่ยนแปลงโครงสร้างของผนังทึบ ส่วนที่เป็นอิฐถือปูนชั้นเดียว ให้เป็นแบบอิฐถือปูนกับฉนวนใยแก้วแบบแผ่น โดยใช้ฉนวนใยแก้วบุด้านในของผนังอิฐถือปูนและให้มีช่องว่างอากาศระหว่างผนังอิฐถือปูนกับแผ่นฉนวนใยแก้วประมาณ 100 มม. ตามรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 แสดงผนังของโรงงานเมื่อปรับปรุงแล้ว

ผลการเปลี่ยนแปลงนี้จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวม (U_w) เปลี่ยนแปลงเป็น 1.18 วัตต์.ม.⁻²ซ.⁻¹

2. ปรับปรุงอุปกรณ์บังแดดในแนวนอนทุกด้านของโรงงานโดยให้ความกว้างของอุปกรณ์บังแดดเป็น 2 เมตร และมีระยะห่างระหว่างกระจกกับที่กำบังเป็น 0.8 เมตร และมีมุมกำบังเท่ากับ 45 องศา (ตามการวิเคราะห์ในบทที่ 5) ตามรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 แสดงการปรับปรุงอุปกรณ์บังแดด

3. เปลี่ยนชนิดกระจกจากเดิม จากที่เป็นกระจกใส 6 มม. (SC = 0.95) เป็นกระจกสีชา 10 มม. (SC = 0.52)

เมื่อได้ใช้โปรแกรมคำนวณค่า OTTV หลังจากที่ได้มีการปรับปรุงโครงของโรงงานสร้างใหม่ แล้ว ได้ผลดังตารางที่ 4.13

ทิศทางของผนัง	พื้นที่ (ตร.ม.)	ค่า OTTV (วัตต์ ม ² .)
ทิศใต้	3,256.54	23.69
ทิศตะวันออก	1,440.00	24.18
ทิศเหนือ	672.00	21.08
ทิศตะวันตก	4,024.8	16.12
ค่าเฉลี่ย OTTV		20.33

ตารางที่ 4.13 แสดงผลการคำนวณค่า OTTV หลังจากได้ปรับปรุงโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 การประเมินราคาพลังงานที่ลดลงเนื่องจากการปรับปรุงผนังอาคาร

ค่า OTTV ที่ลดลง	=	25.58	วัตต์ ม ² .
พื้นที่อาคารทั้งหมด	=	9,393.34	ตร.ม.
ดังนั้นวัตต์ความร้อนที่ลดลงได้	=	9,393.34 X 25.58	
	=	240.28	กิโลวัตต์
(1 กิโลวัตต์ความร้อน = 3,414 Btu ชม. ⁻¹)	=	3,414 X 240.28	
	=	820,321.5	Btu ชม. ⁻¹
	=	69	ตัน ชม. ⁻¹
ค่ามาตรฐานของเครื่องทำน้ำเย็น (ERR) = 0.77 กิโลวัตต์ไฟฟ้าต่อตันความเย็น			
ดังนั้นค่ากำลังงานไฟฟ้า	=	69 X 0.77	กิโลวัตต์
	=	53.13	กิโลวัตต์
อัตราความต้องการไฟฟ้า	=	1.07	บาท กิโลวัตต์ ชม. ⁻¹
เดินเครื่องทำความเย็น (คิดวันทำงาน 300 วัน)	=	7,200	ชม. ปี ⁻¹
ดังนั้นค่าพลังงานไฟฟ้า	=	7,200 X 53.13 X 1.07	บาท. ปี ⁻¹
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	=	409,313	บาท. ปี ⁻¹

4.3.5 การประเมินขนาดของระบบที่ลดลง

การที่ค่า OTTV ลดลง 25.58 วัตต์ ม² มีผลทำให้ภาระทำความเย็นลดลง 69 ตันความเย็น ดังนั้นขนาดของระบบปรับอากาศจะลดลงด้วย

ราคาของระบบปรับอากาศต่อตันความเย็น		30,000	บาท
ดังนั้น ราคาของระบบปรับอากาศที่ลดลง	=	69 X 30,000	บาท
	=	2,070,000	บาท

4.4 การทดสอบวัดค่าลูเมนเอาร์ทพุทของหลอดฟลูออเรสเซนต์เมื่อใช้ร่วมกับบัลลาสต์

4.4.1 ผลการทดสอบ

จากการได้ทดสอบวัดค่าลูเมนเอาร์ทพุทร่วมกันระหว่างหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา, หลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูงและบัลลาสต์ธรรมดาและบัลลาสต์ประสิทธิภาพสูง จะได้ค่าความเข้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงที่จุดต่างๆ แล้วนำมาคูณค่าโซนอลคอนสแตนต์ (Zonal Constant) ซึ่งจะได้ค่าลูเมนเอาทัพูทออกมาดังตารางที่ 4.14

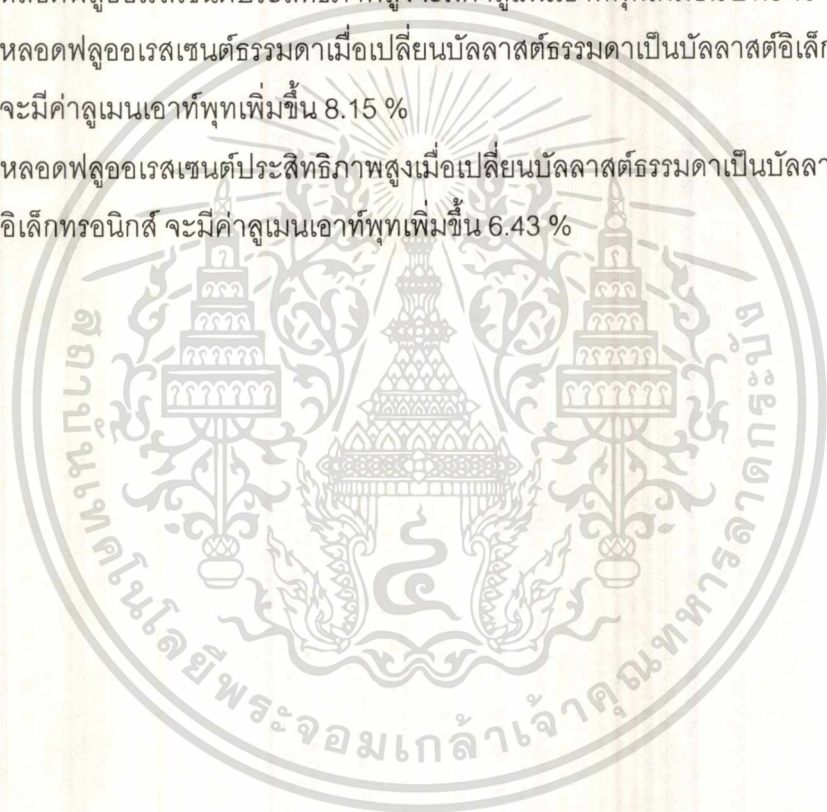
มุมแกมมา (องศา)	Illuminance (Lux)			
	ฟลูออเรสเซนต์ 18 W บัลลัสต์	ฟลูออเรสเซนต์ 20 W บัลลัสต์	ฟลูออเรสเซนต์ 18 W บัลลัสต์	ฟลูออเรสเซนต์ 20 W บัลลัสต์
	ธรรมดา	ธรรมดา	อิเล็กทรอนิกส์	อิเล็กทรอนิกส์
0	300	210	300	240
10	300	210	300	240
20	270	210	270	240
30	240	180	240	225
40	225	180	240	210
50	180	150	210	180
60	135	120	180	120
70	120	75	120	90
80	60	45	60	60
90	60	30	60	30
ค่าลูเมนรวมหลังคูณ ค่า Zonal Constant (Lumen)	958.53	732.72	1036.62	853.14

ตารางที่ 4.14 แสดงค่าความเข้มแสงที่จุดต่างๆ และค่าลูเมนรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 สรุปผลการทดสอบหลอดฟลูออเรสเซนต์และบัลลาสต์

1. บัลลาสต์ธรรมดาเมื่อเปลี่ยนจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดาเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูงจะมีค่าลูเมนเอาร์ทพุทเพิ่มขึ้น 31.64 %
2. บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ธรรมดาเมื่อเปลี่ยนจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดาเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูงจะมีค่าลูเมนเอาร์ทพุทเพิ่มขึ้น 21.5 %
3. หลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดาเมื่อเปลี่ยนบัลลาสต์ธรรมดาเป็นบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะมีค่าลูเมนเอาร์ทพุทเพิ่มขึ้น 8.15 %
4. หลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูงเมื่อเปลี่ยนบัลลาสต์ธรรมดาเป็นบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ จะมีค่าลูเมนเอาร์ทพุทเพิ่มขึ้น 6.43 %



บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป

5.1 สรุปผลของการใช้โปรแกรม

5.1.1 สรุปผลข้อมูลเปรียบเทียบการใช้โปรแกรมกับการคำนวณโดยปกติ

หลังจากได้ทดลองทดลองคำนวณเปรียบเทียบกันระหว่างการคำนวณโดยปกติ และการคำนวณโดยการใช้โปรแกรมสามารถสรุปข้อมูลได้ดังตารางที่ 5.1

ทิศทางผนัง	ค่า OTTV โดยการคำนวณปกติ (วัตต์ ม. ²)	ค่า OTTV โดยการคำนวณ โดยโปรแกรม (วัตต์ ม. ²)
ทิศเหนือ	35.46	35.50
ทิศใต้	36.62	36.59
ทิศตะวันออก	37.50	37.56
ทิศตะวันตก	37.38	37.06
ค่าเฉลี่ยของผนังทุกด้าน	36.74	36.68

ตารางที่ 5.1 ตารางเปรียบเทียบผลการคำนวณโดยการคำนวณปกติและการคำนวณโดยใช้โปรแกรม

จากตารางข้างต้นจะเห็นผลที่ได้จากการคำนวณทั้งสองแบบมีค่าใกล้เคียงกันมาก และค่าที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ MS Excel ก็มีค่าที่ได้เท่ากับแบบที่คำนวณโดยการใช้โปรแกรม ซึ่งพบว่ามีค่าแตกต่างจากการคำนวณปกติเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งจากการตรวจสอบในเบื้องต้นค่าผิดพลาดนั้นอาจจะมีสาเหตุได้หลายประการดังนี้

- การคำนวณโดยปกตินั้นเราจะนำทศนิยมมาคิดเพียง 3 ตำแหน่งเท่านั้น แต่การคำนวณโดยใช้โปรแกรมคำนวณ โปรแกรมจะนำค่าทศนิยมทั้งหมดที่เป็นไปได้ ซึ่งอาจจะมีมากกว่าค่ามากกว่า 15 หลักขึ้นไป จึงทำให้เกิดค่าที่ไม่เท่ากันได้
- ความผิดพลาดของข้อมูลที่ใช้อ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม้ว่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้นเราจะไม่สามารถสรุปได้ว่าเป็นความผิดพลาดของโปรแกรมหรือไม่ แต่ค่าความแตกต่างในแต่ละค่าก็มีค่าอยู่ในช่วง +0.3 และ -0.3 ซึ่งเป็นค่าที่สามารถยอมรับได้ และจากการทดสอบกับตัวอย่างอื่นๆ ค่าความผิดพลาดก็อยู่ในช่วงนี้เหมือนกัน

5.1.2 ข้อจำกัดของโปรแกรม

จากการทดลองใช้โปรแกรมเราได้พบข้อจำกัดดังนี้

1. ข้อจำกัดทางการใช้โปรแกรม

- โปรแกรมไม่สามารถบันทึกข้อมูลเป็นไฟล์เก็บไว้เพื่อที่จะนำมาเพิ่มเติมแก้ไขปรุ้งได้
- โปรแกรมไม่สามารถที่จะแก้ไขข้อมูลที่เราได้เพิ่มเข้าไปในรหัสหนังสือเข้าไปแล้วได้
- โปรแกรมยังไม่มีควมยืดหยุ่นให้เราสามารถที่จะทำความสะดวกให้ผู้ใช้ที่จะนำไปใช้ในงงานจริงๆ
- การแสดงผลลัพธ์ยังไม่สามารถแสดงรายละเอียดแต่ละค่าที่เกี่ยวข้องได้ละเอียดเพียงพอที่จะวิเคราะห์ค่าตัวประกอบแต่ละตัวในสมการได้

2. ข้อจำกัดทางการคำนวณ

- ไม่สามารถคำนวณในกรณีที่ระบบหน้าต่างมีที่กำบังแบบตั้งฉากกับพื้นดินได้

5.1.3 การใช้โปรแกรม

ในการที่จะต้องการใช้โปรแกรมในเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นๆ ก็สามารถทำได้ง่าย โดยในการใช้โปรแกรมจะมีไฟล์ที่จำเป็นอยู่ 2 ไฟล์ (ซึ่งอยู่แผ่นดิสก์ที่แนบมากับโครงงานนี้) คือ

- ottv.exe (174 KB) เป็นไฟล์โปรแกรมหลักในการรันโปรแกรม
- vb5runt.exe (1.23 MB) เป็นไฟล์เสริมที่โปรแกรมต้องใช้ในการรันโปรแกรม

ขั้นตอนการติดตั้งก็เพียงแต่เรียกไฟล์ vb5runt.exe เพื่อที่จะติดตั้งเข้าไปในฮาร์ดดิสก์ จากนั้นก็คัดลอกไฟล์ ottv.exe ไปไว้ในโฟลเดอร์ที่ต้องการ เมื่อต้องการใช้โปรแกรมก็เพียงแต่เรียกไฟล์ ottv.exe โปรแกรมก็จะเริ่มการทำงาน

5.1.4 สรุปผลและข้อคิดเห็นในการใช้โปรแกรม

จากการที่ได้ลองใช้โปรแกรมเก่าที่มีอยู่กับโปรแกรมที่ได้สร้างขึ้น ถ้าเทียบกันทางประสิทธิภาพทางการคำนวณและความครบถ้วนของเงื่อนไขต่างๆ แล้วโปรแกรมเก่านั้นมีประสิทธิภาพดีกว่า แต่ถ้าเทียบกันทางความสะดวก ความง่าย และความน่าใช้แล้ว โปรแกรมที่ได้เขียนนี้มีความสามารถที่ดีกว่า อย่างไรก็ตาม ถ้าได้มีการศึกษาพัฒนาโปรแกรมให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นแล้ว ก็คงจะสามารถใช้แทนโปรแกรมตัวเก่าได้เป็นอย่างดี

5.2 สรุปผลการวิเคราะห์ค่าต่างๆ ในสมการ OTTV

จากผลการวิเคราะห์ดังกราฟที่ 4.9 ระหว่างมุมก่าบังของที่ก่าบังกับค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของที่ก่าบังพบว่า ค่ามุมก่าบังที่เหมาะสมที่สุดในการลดค่า OTTV คือ ค่า 45-60 องศา ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าเราจะเลือกมุมใด ถ้าเป็นมุมที่ 60 องศา แสงสว่างที่ผ่านเข้ามา ก็จะน้อยลงและทัศนียภาพก็จะถูกบดบังไปด้วย แต่ก็ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของที่ก่าบังที่น้อยที่สุดซึ่งเป็นผลให้ค่า OTTV มีค่าน้อยตามลงไปด้วย อย่างไรก็ตามค่าที่เหมาะสมน่าจะอยู่ที่ 45 องศา เพราะค่าสัมประสิทธิ์มุมก่าบังของมุม 45 องศา กับมุม 60 องศา ต่างกันไม่มากแต่มุมที่ 45 องศาจะทำให้แสงส่องผ่านเข้ามาได้มากกว่า (ช่วยลดโหลดแสงสว่าง) และให้ทัศนียภาพที่ดีกว่า

จากผลการวิเคราะห์ดังกราฟที่ 4.10 ระหว่างระยะห่างระหว่างที่ก่าบังกับหน้าต่าง กับค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของที่ก่าบังพบว่า ค่าระยะห่างที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของที่ก่าบังน้อยที่สุดคือค่า 0.1 เมตร ซึ่งคือค่าที่น้อยที่สุดในการทำกรวิเคราะห์ครั้งนี้ แต่เนื่องจากยิ่งที่ก่าบังอยู่ติดกับหน้าต่างมากเท่าไร ปริมาณของแสงอาทิตย์และทัศนียภาพที่เห็นก็จะลดน้อยลงเท่านั้น เมื่อตรวจสอบแนวโน้มของกราฟแล้วเห็นว่าในช่วงแรกค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของที่บังแดดนั้นแปรผันโดยตรงกับระยะห่าง จนถึงค่าระยะห่างประมาณ 0.7 เมตร หลังจากนั้นค่าก็จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เพราะฉะนั้นเราจะพิจารณาใช้ค่าสุดท้ายที่มีการเพิ่มขึ้นอย่างเส้นตรงคือค่าที่ 0.7 เมตร โดยสามารถคิดเป็นอัตราส่วนระหว่างความสูงของหน้าต่างต่อ ระยะห่างระหว่างที่ก่าบังกับกระจกจะประมาณ 1 : 0.4

จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างของที่กำบัง กับค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของที่กำบังพบว่า ค่าความกว้างที่สรุปได้แบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ ด้านทิศเหนือและทิศที่เหลือด้านอื่นๆ

- สำหรับทางด้านทิศเหนือจะเห็นว่าค่าที่เหมาะสมที่สุดอยู่ที่ความกว้าง 0.9 เมตร เพราะเนื่องจากที่เพิ่มค่าความกว้างไปอีกค่า SC2 ลดลงไม่มาก การใช้ที่ความกว้างน้อยลงทำให้ลดค่าใช้จ่ายด้วย โดยคิดเป็นอัตราส่วนเมื่อเทียบกับความสูงของหน้าต่างเป็น 1:0.53
- สำหรับทางด้านทิศอื่นๆ เมื่อเพิ่มค่าความกว้างเข้าไปก็มีแนวโน้มลดลงมาเรื่อยๆ จนกระทั่งประมาณความกว้างประมาณ 1.7 เมตร ก็จะมีการลดน้อยลงน้อยลง เพราะฉะนั้นเราจะเลือกใช้ค่าที่ 1.7 โดยคิดเป็นอัตราส่วนเปรียบเทียบระหว่างความสูงของหน้าต่างเป็น 1:1

5.3 สรุปผลการปรับปรุงโครงสร้างโรงงานبندى

เมื่อได้มีการปรับปรุงโครงสร้างโดยการเพิ่มฉนวนใยแก้ว, เพิ่มช่องว่างอากาศ, เพิ่มที่กำบังและเปลี่ยนของชนิดกระจกแล้ว พบว่าสามารถลดค่า OTTV จากค่า 45.91 วัตต์. m^2 เป็น 20.33 วัตต์. m^2 ซึ่งทำให้สามารถลดค่าพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศได้ 409,313 บาท/ปี และลดราคาการลงทุนในการก่อสร้างระบบปรับอากาศได้ 2,070,000 บาท

5.4 สรุปการใช้ตัวเก็บประจุแก้ค่าตัวประกอบกำลังและลดค่าการใช้กำลังไฟฟ้า

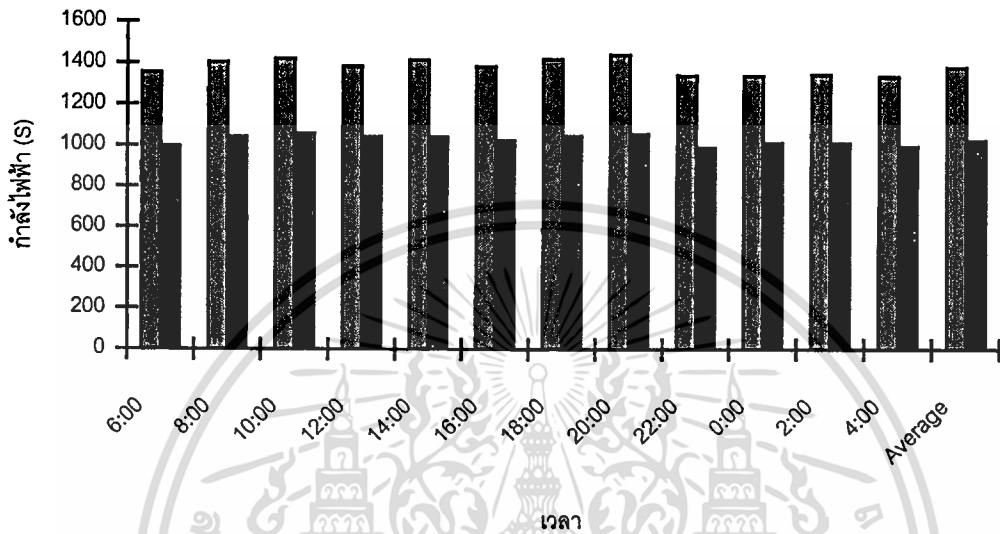
การนำค่าตัวเก็บประจุมาช่วยจ่ายค่ากำลังไฟฟ้าเสมือนให้กับโหลด จะทำให้ตัวประกอบกำลังสูงขึ้นและค่ากำลังไฟฟ้า (kVA) ที่ใช้ลดลง

1. จากข้อมูลที่ทำการคำนวณมาในไฟล์ PowerFactor.xls ที่แนบมากับโครงการนี้ จะเห็นได้ว่าค่าตัวประกอบกำลังสูงขึ้น และค่ากำลังไฟฟ้า (kVA) ที่ใช้ลดต่ำลง โดยค่าตัวประกอบกำลังเฉลี่ยหลังการปรับปรุง

	หม้อแปลง 1	หม้อแปลง 2	หม้อแปลง 3
ตัวประกอบกำลังก่อนปรับปรุง	0.714	0.747	0.731
ตัวประกอบกำลังหลังปรับปรุง	0.96	0.998	0.95

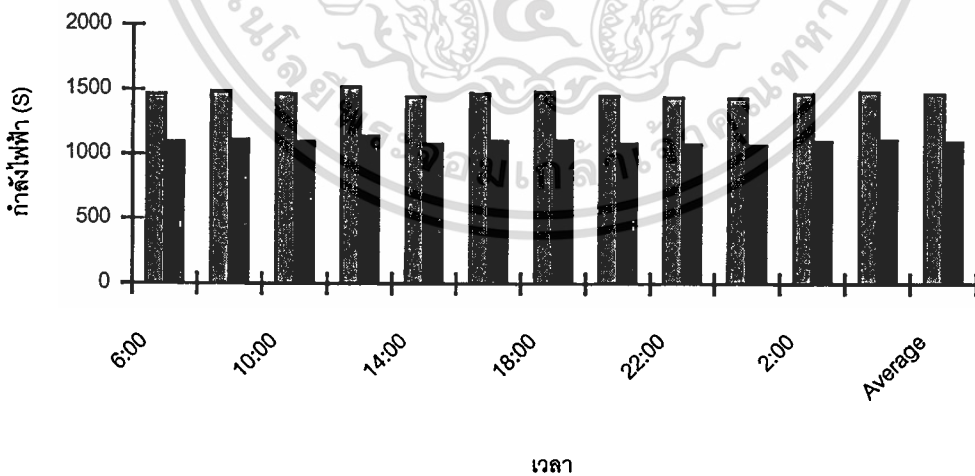
เอกสารนี้จัดทำขึ้นตามข้อ 5.2 แสดงค่าตัวประกอบกำลังของหม้อแปลงแต่ละตัว ทั้งก่อนและหลังปรับปรุง ยืนยันด้านการคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และค่ากำลังไฟฟ้าที่แสดงเปรียบเทียบดังรูปที่ 5.1 – 5.3 แสดงถึงค่ากำลังไฟฟ้าที่ลดลง



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงการค่ากำลังไฟฟ้าก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงของหม้อแปลงที่ 1

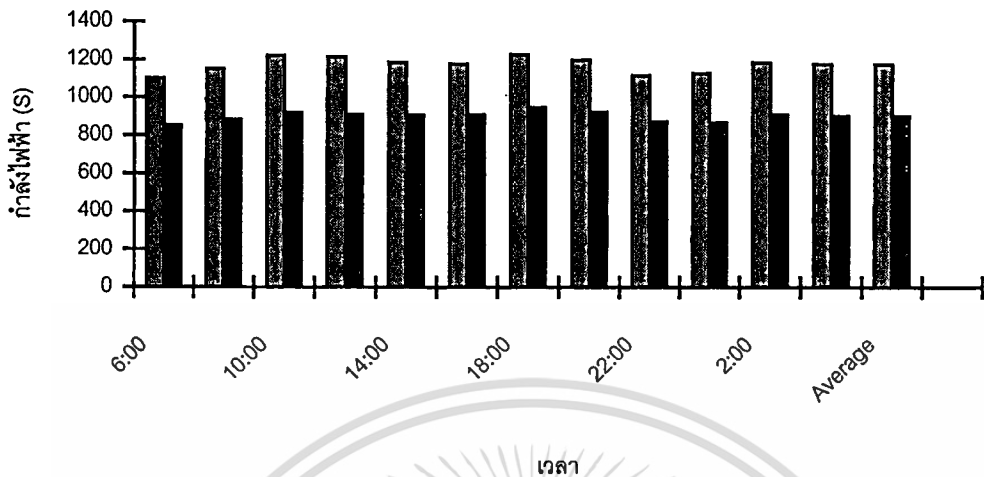
ค่ากำลังไฟฟ้าที่ลดลงของหม้อแปลงตัวที่ 1 มีค่า = 8,506.65 kVA-HR (ในหนึ่งวัน)



รูปที่ 5.2 กราฟแสดงการค่ากำลังไฟฟ้าก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงของหม้อแปลงที่ 2

ค่ากำลังไฟฟ้าที่ลดลงของหม้อแปลงตัวที่ 2 มีค่า = 8,871.089 kVA-HR (ในหนึ่งวัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 กราฟแสดงการค่ากำลังไฟฟ้าก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงของหม้อแปลงที่ 3

ค่ากำลังไฟฟ้าที่ลดลงของหม้อแปลงตัวที่ 3 มีค่า = 6,571.097 kVA-HR (ในหนึ่งวัน)

โดยสรุปแล้วเราสามารถลดค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด (ทั้ง 3 หม้อแปลง) ได้ 23,948 kVA-HR เมื่อเทียบในหนึ่งวัน และค่าตัวประกอบกำลังหลังปรับปรุงในแต่ละหม้อแปลงมีค่าตั้งแต่ 0.95 ขึ้นไปและเกือบถึง 1

5.5 สรุปผลการคำนวณระบบแสงสว่างใหม่

5.5.1 การวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างระบบเดิมกับระบบใหม่

จากการออกแบบระบบแสงสว่างตามลักษณะโรงงานปั้นด้ายใหม่ ซึ่งเลือกใช้หลอดไฟฟ้าอย่างเหมาะสมกับลักษณะของโรงงานแล้วปรากฏว่า ในระบบแสงสว่างที่ออกแบบใหม่ใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด 210 kW แต่ระบบแสงสว่างเดิมนั้นใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด 340 kW จะเห็นได้ว่าเมื่อเลือกหลอดชนิดที่เหมาะสมกับลักษณะของโรงงานและใช้หลอดที่มีประสิทธิภาพสูงสามารถลดการใช้พลังงานลงได้ถึงประมาณ 38 %

สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์เมื่อเปลี่ยนมาใช้เป็นแบบหลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง จะทำให้ประหยัดพลังงานได้ถึงประมาณ 10 % ในบริเวณเดียวกันของโรงงาน

5.5.2 สรุปผลการออกแบบระบบแสงสว่าง

ในการออกแบบระบบแสงสว่างนั้นจำเป็นที่จะต้องออกแบบให้ถูกต้องตามหลักการออกแบบ โดยจะต้องเลือกระดับความเข้มแสงให้ถูกต้องตรงกับลักษณะการใช้งาน หรือสถานที่ที่ติดตั้งระบบแสงสว่างนั้นๆ ซึ่งการที่ออกแบบให้ความเข้มแสงสูงกว่าเมื่อใช้งานจริง จะทำให้สิ้นเปลืองอุปกรณ์และพลังงานที่ใช้ไปโดยเปล่าประโยชน์ นอกจากการเลือกระดับความเข้มแสงที่เหมาะสมแล้ว การเลือกใช้ อุปกรณ์ การติดตั้งระบบควบคุม การปรับปรุงสภาพแวดล้อมของสถานที่ใช้งาน ฯลฯ ก็เป็นส่วนที่สำคัญที่จะต้องคำนึงถึงเพื่อลดการใช้พลังงานในระบบแสงสว่าง ดังนั้นในการออกแบบหรือปรับปรุงระบบแสงสว่างนั้นจำเป็นที่จะต้องพิจารณาถึงเทคนิคและส่วนประกอบหลายๆ ส่วนเข้าด้วยกัน อันจะทำให้เกิดการประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่างได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด



ภาคผนวก ก

Azimuth = -90									
21 March					22 June				
Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d	Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d
7.00	8.20	2.44	136.61	22.70	7.00	15.49	-21.09	112.97	28.85
8.00	22.85	6.33	181.65	60.80	8.00	29.60	-19.50	168.84	58.65
9.00	37.66	11.19	215.65	101.05	9.00	43.58	-19.34	196.81	84.15
10.00	52.68	18.40	211.48	128.05	10.00	57.52	-21.60	176.01	107.37
11.00	67.93	31.90	147.91	145.08	11.00	71.46	-30.18	108.77	138.03
12.00	83.34	65.12	47.74	151.70	12.00	85.41	-65.08	28.04	161.38
13.00	0.00	0.00	0.00	148.39	13.00	0.00	0.00	0.00	164.30
14.00	0.00	0.00	0.00	142.63	14.00	0.00	0.00	0.00	151.27
15.00	0.00	0.00	0.00	124.96	15.00	0.00	0.00	0.00	130.85
16.00	0.00	0.00	0.00	95.33	16.00	0.00	0.00	0.00	102.13
17.00	0.00	0.00	0.00	58.39	17.00	0.00	0.00	0.00	59.00

Azimuth = -90									
23 Sept					22 Dec				
Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d	Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d
7.00	12.07	4.05	92.91	24.90	7.00	4.45	25.33	120.97	15.95
8.00	26.76	8.18	95.67	66.65	8.00	19.40	30.17	249.39	43.77
9.00	41.65	13.60	149.22	95.72	9.00	34.92	37.19	268.05	65.45
10.00	56.76	22.14	123.19	114.72	10.00	51.08	47.56	250.47	71.72
11.00	72.10	39.26	63.50	126.59	11.00	67.83	62381	155.31	78.52
12.00	87.57	80.86	11.01	132.48	12.00	84.98	83.41	34.13	92.02
13.00	0.00	0.00	0.00	114.25	13.00	0.00	0.00	0.00	101.70
14.00	0.00	0.00	0.00	80.97	14.00	0.00	0.00	0.00	101.01
15.00	0.00	0.00	0.00	68.03	15.00	0.00	0.00	0.00	86.56
16.00	0.00	0.00	0.00	49.88	16.00	0.00	0.00	0.00	60.80
17.00	0.00	0.00	0.00	27.98	17.00	0.00	0.00	0.00	29.58

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลดวงอาทิตย์สำหรับด้านที่หันหน้าไปทางทิศตะวันออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Azimuth = -45									
21 March					22 June				
Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d	Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d
7.00	11.06	-42.36	100.71	22.70	7.00	35.57	-64.10	49.06	28.85
8.00	28.21	-38.67	142.69	60.85	8.00	51.21	-64.50	77357	58.65
9.00	42.34	-33.81	182.65	101.05	9.00	64.25	-64.34	90.32	84.15
10.00	54.31	-26.60	199.30	128.05	10.00	74.79	-66.01	75.17	107.37
11.00	65.06	-16.10	169.69	145.08	11.00	84.33	-75.18	32.19	138.03
12.00	75.39	20.12	106.57	151.70	12.00	0.00	0.00	0.00	161.38
13.00	86.07	76.58	27.83	114.25	13.00	0.00	0.00	0.00	164.30
14.00	0.00	0.00	0.00	80.97	14.00	0.00	0.00	0.00	151.27
15.00	0.00	0.00	0.00	68.03	15.00	0.00	0.00	0.00	130.85
16.00	0.00	0.00	0.00	49.88	16.00	0.00	0.00	0.00	102.13
17.00	0.00	0.00	0.00	24.98	17.00	0.00	0.00	0.00	59.00
Azimuth = -45									
23 Sept					22 Dec				
Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d	Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d
7.00	15.77	-40.95	70.35	24.90	7.00	4.27	-19.67	102.08	15.95
8.00	31.95	-36.82	77.37	66.65	8.00	17.48	-14.84	278.81	43.77
9.00	45.36	-31.40	131.04	95.72	9.00	29.31	-7.81	333.38	65.45
10.00	56.90	-22.86	122.54	114.72	10.00	39.92	2.56	370.79	71.72
11.00	67.46	-5.74	81.59	126.59	11.00	49.67	17.81	323.56	78.52
12.00	77.84	35.86	56.13	132.48	12.00	59.06	38.41	232.99	92.02
13.00	88.73	83.68	6.31	114.25	13.00	68.69	60.75	132.14	101.70
14.00	0.00	0.00	0.00	80.97	14.00	79.50	79.26	45.00	101.01
15.00	0.00	0.00	0.00	68.03	15.00	0.00	0.00	0.00	86.56
16.00	0.00	0.00	0.00	49.88	16.00	0.00	0.00	0.00	60.80
17.00	0.00	0.00	0.00	24.98	17.00	0.00	0.00	0.00	29.58

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลดวงอาทิตย์สำหรับด้านที่หันหน้าไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Azimuth = 0									
21 March					22 June				
Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d	Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d
7.00	73.55	-87.86	5.81	22.70	7.00	0.00	0.00	0.00	28.85
8.00	75.26	-83.67	50.14	60.85	8.00	0.00	0.00	0.00	58.65
9.00	75.62	-78.81	42.66	101.05	9.00	0.00	0.00	0.00	84.15
10.00	75.77	-71.60	70.37	128.05	10.00	0.00	0.00	0.00	107.37
11.00	75.84	-58.10	92.07	145.08	11.00	0.00	0.00	0.00	138.03
12.00	75.86	-24.88	102.97	151.70	12.00	0.00	0.00	0.00	161.38
13.00	75.86	31.58	102.14	148.39	13.00	0.00	0.00	0.00	164.30
14.00	75.83	60.67	90.89	142.63	14.00	0.00	0.00	0.00	151.27
15.00	75.75	72.83	72.60	124.96	15.00	0.00	0.00	0.00	130.85
16.00	75.59	79.58	49.58	95.33	16.00	0.00	0.00	0.00	102.13
17.00	75.17	84.25	24.92	58.39	17.00	0.00	0.00	0.00	59.00

Azimuth = 0									
23 Sept					22 Dec				
Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d	Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d
7.00	71.67	-85.95	6.58	24.90	7.00	9.33	-64.68	82.65	15.95
8.00	74.10	-81.82	13.75	66.65	8.00	31.21	-59.83	144.95	43.77
9.00	74.78	-76.40	36.10	95.72	9.00	42.61	-52.81	203.42	65.45
10.00	75.08	-67.86	50.11	114.72	10.00	48.56	-42.44	273.91	71.72
11.00	75.21	-50.74	51.0	126.59	11.00	51.58	-27.19	302.27	78.52
12.00	75.26	-93.14	68.37	132.48	12.00	52.76	-6.59	295.37	92.02
13.00	75.24	41.38	74.97	114.25	13.00	52.46	15.75	260.30	101.69
14.00	75.16	63.90	62.65	80.97	14.00	50.58	34.26	202.17	101.01
15.00	74.90	74.21	52.22	68.03	15.00	46.52	47.28	171.90	86.56
16.00	74.39	80.32	34.18	49.88	16.00	38.73	56.08	136.71	60.80
17.00	72.89	84.74	11.44	24.98	17.00	23.67	62.08	73.00	29.58

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลดวงอาทิตย์สำหรับด้านที่หันหน้าไปทางทิศใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Azimuth = -45									
21 March					22 June				
Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d	Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d
7.00	0.00	0.00	0.00	22.70	7.00	0.00	0.00	0.00	28.85
8.00	0.00	0.00	0.00	60.85	8.00	0.00	0.00	0.0	58.65
9.00	0.00	0.00	0.00	101.05	9.00	0.00	0.00	0.00	84.15
10.00	0.00	0.00	0.00	128.05	10.00	0.00	0.00	0.00	107.37
11.00	0.00	0.00	0.00	145.08	11.00	0.00	0.00	00	138.03
12.00	84.54	-69.88	39.05	151.70	12.00	0.00	0.00	0.00	161.38
13.00	73.96	-13.42	116.62	148.39	13.00	0.00	0.00	0.00	164.30
14.00	63.61	15.66	178.64	142.63	14.00	81.11	70.96	33.01	151.27
15.00	52.74	27.83	217.50	124.96	15.00	71.35	65.42	29.87	130.85
16.00	40.53	34.58	225.72	95.33	16.00	60.17	64.20	17.15	102.13
17.00	26.03	39.25	102.65	58.39	17.00	45.67	64.91	14.95	59.00

Azimuth = -90									
23 Sept					22 Dec				
Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d	Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d
7.00	0.00	0.00	0.00	24.90	7.00	0.00	0.00	0.00	15.95
8.00	0.00	0.00	0.00	66.65	8.00	0.00	0.00	0.00	43.77
9.00	0.00	0.00	0.00	95.72	9.00	0.00	0.00	0.0	65.45
10.00	0.00	0.00	0.00	114.72	10.00	89.94	-87.44	16.57	71.72
11.00	0.00	0.00	0.00	126.59	11.00	74.75	-72.19	103.92	78.52
12.00	81.13	-54.21	40.57	132.48	12.00	64.58	-51.59	181.72	92.02
13.00	39.68	-3.62	99.71	114.25	13.00	55.14	-29.25	235.98	101.69
14.00	0.27	18.90	134.75	80.97	14.00	45.66	-10.74	210.33	101.01
15.00	49.13	29.21	107.45	68.03	15.00	35.60	2.28	253.20	86.56
16.00	36.40	35.32	105.87	49.88	16.00	24.52	11.07	240.39	60.80
17.00	21.17	39.74	95.94	24.98	17.00	12.12	17.08	149.02	29.58

ตารางที่ ก.4 ข้อมูลดวงอาทิตย์สำหรับด้านที่หันหน้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Azimuth = 90									
21 March					22 June				
Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d	Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d
7.00	0.00	0.00	0.00	22.70	7.00	0.00	0.00	0.00	28.85
8.00	0.00	0.00	0.00	60.80	8.00	0.00	0.00	0.00	58.65
9.00	0.00	0.00	0.0	101.05	9.00	0.00	0.0	0.00	84.15
10.00	0.00	0.00	0.00	128.05	10.00	0.00	0.00	0.00	107.37
11.00	0.00	0.00	0.00	145.08	11.00	0.00	0.00	0.00	138.03
12.00	0.00	0.00	0.00	151.70	12.00	0.00	0.00	0.00	161.38
13.00	81.20	-58.42	62.48	148.39	13.00	80.63	47.02	53.23	164.30
14.00	65381	-29.33	161.71	142.63	14.00	66.68	25.97	90.99	151.27
15.00	50.59	-17.17	234.99	124.96	15.00	52.74	20.42	67.31	130.85
16.00	35.59	-10.42	269.64	95.33	16.00	38.80	19.20	37.87	102.13
17.00	20.81	-5.75	247.53	58.39	17.00	24.78	19.91	33.16	59.00

Azimuth = 90									
23 Sept					22 Dec				
Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d	Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d
7.00	0.00	0.00	0.00	24.90	7.00	0.00	0.00	0.00	15.95
8.00	0.00	0.00	0.00	66.65	8.00	0.00	0.00	0.00	43.77
9.00	0.00	0.00	0.00	95.72	9.00	0.00	0.00	0.00	65.75
10.00	0.00	0.00	0.00	114.72	10.00	0.00	0.00	0.00	71.72
11.00	0.00	0.00	0.00	126.59	11.00	0.00	0.00	0.00	78.52
12.00	0.00	0.00	0.00	132.48	12.00	0.00	0.00	0.00	92.02
13.00	76.93	-48.62	66.04	114.25	13.00	77.77	-74.25	73.43	101.69
14.00	61.54	-26.10	127.91	80.97	14.00	60.76	-55.74	137.71	101.01
15.00	46.35	-15.79	184.60	68.03	15.00	44.24	-42.72	186.17	86.56
16.00	31.39	-9.68	200.10	49.88	16.00	28.35	-33.92	203.25	60.80
17.00	16.65	-5.26	124.24	24.98	17.00	13.07	-27.92	137.75	29.58

ตารางที่ ก.5 ข้อมูลดวงอาทิตย์สำหรับด้านที่หันหน้าไปทางทิศตะวันตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Azimuth = 135									
21 March					22 June				
Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d	Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d
7.00	0.00	0.00	0.00	22.70	7.00	0.00	0.00	0.00	28.85
8.00	0.00	0.00	0.00	60.85	8.00	0.00	0.00	0.00	58.65
9.00	0.00	0.00	0.00	101.05	9.00	0.00	0.00	0.00	84.15
10.00	0.00	0.00	0.00	128.05	10.00	0.00	0.00	0.00	107.37
11.00	0.00	0.00	0.00	145.08	11.00	0.00	0.00	0.00	138.03
12.00	0.00	0.00	0.00	151.70	12.00	86.26	69.92	22.85	161.38
13.00	0.00	0.00	0.00	148.39	13.00	76.40	2.02	78.02	164.30
14.00	82.08	-74.33	50.10	142.63	14.00	65.61	-19.03	95.68	151.27
15.00	68.12	-62.17	114.83	124.96	15.00	53.57	-24.58	65.32	130.85
16.00	51.12	-55.42	155.60	95.33	16.00	40.14	-25.80	36.10	102.13
17.00	30.87	-50.75	157.41	58.39	17.00	25.61	-25.09	31.94	59.00

Azimuth = 135									
23 Sept					22 Dec				
Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d	Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d
7.00	0.00	0.00	0.00	24.90	7.00	0.00	0.00	0.00	15.95
8.00	0.00	0.00	0.00	66.65	8.00	0.00	0.00	0.00	43.77
9.00	0.00	0.00	0.00	95.72	9.00	0.00	0.00	0.00	65.45
10.00	0.00	0.00	0.00	114.72	10.00	0.00	0.00	0.00	71.72
11.00	0.00	0.00	0.00	126.59	11.00	0.00	0.00	0.00	78.52
12.00	0.00	0.00	0.00	132.48	12.00	0.00	0.00	0.00	92.02
13.00	0.00	0.00	0.00	114.25	13.00	0.00	0.00	0.00	101.69
14.00	78.94	-71.10	46.15	80.97	14.00	0.00	0.00	0.00	101.01
15.00	64.18	-60.79	93.61	68.03	15.00	86.81	-87.72	10.03	86.56
16.00	46.14	-54.68	117.54	49.88	16.00	66.77	-78.93	47.06	60.80
17.00	24.98	-50.26	79.76	24.98	17.00	34.94	-72.92	45.70	29.58

ตารางที่ ก.6 ข้อมูลดวงอาทิตย์สำหรับด้านที่หันหน้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Azimuth = 180									
21 March					22 June				
Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d	Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d
7.00	0.00	0.00	0.00	22.70	7.00	35.69	68.90	43.58	25.85
8.00	0.00	0.00	0.00	60.80	8.00	58.06	70.50	60.15	58.65
9.00	0.00	0.00	0.00	101.05	9.00	69.76	70.66	69.7	84.15
10.00	0.00	0.00	0.00	128.05	10.00	75.85	68.39	69.71	107.37
11.00	0.00	0.00	0.00	145.08	11.00	78.96	59.82	63.25	138.03
12.00	0.00	0.00	0.00	151.370	12.00	80.20	24.92	60.36	161.38
13.00	0.00	0.00	0.00	148.39	13.00	79.96	-42.98	57.11	164.30
14.00	0.00	0.00	0.00	142.63	14.00	78.14	-64.04	443.1	151.27
15.00	0.00	0.00	0.00	124.96	15.00	74.18	-69.58	25.07	130.85
16.00	0.00	0.00	0.00	95.33	16.00	66.58	-70.80	13.18	102.13
17.00	0.00	0.00	0.00	58.39	17.00	51.89	-70.09	12.01	59.00

Azimuth = 180									
23 Sept					22 Dec				
Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d	Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d
7.00	0.00	0.00	0.00	24.90	7.00	0.00	0.00	0.00	15.95
8.00	0.00	0.00	0.00	66.65	8.00	0.00	0.00	0.00	43.77
9.00	0.00	0.00	0.00	95.72	9.00	0.00	0.00	0.00	65.45
10.00	0.00	0.00	0.00	114.72	10.00	0.00	0.00	0.00	71.72
11.00	0.00	0.00	0.00	126.59	11.00	0.00	0.00	0.00	78.52
12.00	0.00	0.00	0.00	132.48	12.00	0.00	0.00	0.00	92.02
13.00	0.00	0.00	0.00	114.25	13.00	0.00	0.00	0.00	101.69
14.00	0.00	0.00	0.00	80.97	14.00	0.00	0.00	0.00	101.01
15.00	0.00	0.00	0.00	68.03	15.00	0.00	0.00	0.00	86.56
16.00	0.00	0.00	0.00	49.88	16.00	0.00	0.00	0.00	60.80
17.00	0.00	0.00	0.00	24.98	17.00	0.00	0.00	0.00	29.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Azimuth = -135									
21 March					22 June				
Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d	Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d
7.00	12.02	47.44	92.48	22.70	7.00	15.79	23.91	110.69	28.85
8.00	33.83	51.33	114.21	60.85	8.00	60.68	25.50	162.63	58.65
9.00	53.68	56.19	122.33	101.05	9.00	44.89	25.66	188.00	84.15
10.00	70.22	63.41	99.78	128.05	10.00	57.85	23.40	173075	107.37
11.00	83.82	76.90	39.49	145.08	11.00	69.44	14.82	121.64	138.03
12.00	0.00	0.00	0.00	151.70	12.00	79.86	-20.08	62.51	161.38
13.00	0.00	0.00	0.00	148.39	13.00	82.51	-82.89	2.75	164.30
14.00	0.00	0.00	0.00	142.63	14.00	0.00	0.00	0.00	151.27
15.00	0.00	0.00	0.00	124.96	15.00	0.00	0.00	0.00	130.85
16.00	0.00	0.00	0.00	95.33	16.00	0.00	0.00	0.00	102.13
17.00	0.00	0.00	0.00	58.39	17.00	0.00	0.00	0.00	59.00

Azimuth = -135									
23 Sept					22 Dec				
Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d	Time	θ_1	θ_2	I_D	I_d
7.00	18.03	49.05	61.04	24.90	7.00	11.79	70.32	55.77	15.95
8.00	39.79	53.18	57.93	66.65	8.00	49.93	75.17	73.85	43.77
9.00	58.92	58.60	79.99	95.72	9.00	76.28	82.19	45.70	65.45
10.00	74.63	67.14	51.67	114.72	10.00	0.00	0.00	0.00	71.72
11.00	87.61	84.26	8.20	126.59	11.00	0.00	0.00	0.00	78.52
12.00	0.00	0.00	0.00	132.48	12.00	0.00	0.00	0.00	92.02
13.00	0.00	0.00	0.00	114.25	13.00	0.00	0.00	0.00	101.69
14.00	0.00	0.00	0.00	80.97	14.00	0.00	0.00	0.00	101.01
15.00	0.00	0.00	0.00	68.03	15.00	0.00	0.00	0.00	86.56
16.00	0.00	0.00	0.00	49.88	16.00	0.00	0.00	0.00	60.80
17.00	0.00	0.00	0.00	24.98	17.00	0.00	0.00	0.00	29.58

ตารางที่ ก.8 ข้อมูลดวงอาทิตย์สำหรับด้านที่หันหน้าไปทางทิศเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.
โค้ดการเขียนโปรแกรม OTTV

Option Base 1 'เพิ่มค่าเริ่มต้นของ Array ให้เท่ากับ 1

Public WallData(20, 50) As Variant 'เก็บข้อมูลผนังชนิดผนังทึบ

Public GlassData(20, 11) As Variant 'เก็บข้อมูลผนังชนิดกระจก

Public KData(2, 20) As Double 'เก็บข้อมูลค่า k เพื่อนำไปใส่ใน Array ของ WallData

Public NorthMarch(11, 3) As Double 'เก็บข้อมูลดวงอาทิตย์ที่หันไปทางทิศเหนือ

Public NorthJune(11, 3) As Double

Public NorthSep(11, 3) As Double

Public NorthDec(11, 3) As Double

Public NorthEastMarch(11, 3) As Double 'เก็บข้อมูลดวงอาทิตย์ที่หันไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

Public NorthEastJune(11, 3) As Double

Public NorthEastSep(11, 3) As Double

Public NorthEastDec(11, 3) As Double

Public EastMarch(11, 3) As Double 'เก็บข้อมูลดวงอาทิตย์ที่หันไปทางทิศตะวันออก

Public EastJune(11, 3) As Double

Public EastSep(11, 3) As Double

Public EastDec(11, 3) As Double

Public SouthEastMarch(11, 3) As Double 'เก็บข้อมูลดวงอาทิตย์ที่หันไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้

Public SouthEastJune(11, 3) As Double

Public SouthEastSep(11, 3) As Double

Public SouthEastDec(11, 3) As Double

Public SouthMarch(11, 3) As Double 'เก็บข้อมูลดวงอาทิตย์ที่หันไปทางทิศใต้

Public SouthJune(11, 3) As Double

Public SouthSep(11, 3) As Double

Public SouthDec(11, 3) As Double

Public SouthWestMarch(11, 3) As Double 'เก็บข้อมูลดวงอาทิตย์ที่หันไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้

Public SouthWestJune(11, 3) As Double

Public SouthWestSep(11, 3) As Double

Public SouthWestDec(11, 3) As Double

Public WestMarch(11, 3) As Double 'เก็บข้อมูลดวงอาทิตย์ที่หันไปทางทิศตะวันตก

Public WestJune(11, 3) As Double

Public WestSep(11, 3) As Double

Public WestDec(11, 3) As Double

Public NorthWestMarch(11, 3) As Double 'เก็บข้อมูลดวงอาทิตย์ที่หันไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

Public NorthWestJune(11, 3) As Double

Public NorthWestSep(11, 3) As Double

Public NorthWestDec(11, 3) As Double

Public w As Integer 'กำหนดค่าตัวแปรเพื่อเช็คว่ามีข้อมูลของผนังอยู่ที่ค่าไหนแล้ว และมีค่าเท่าไร

Public G As Integer 'กำหนดค่าตัวแปรเพื่อเช็คว่ามีข้อมูลของกระจกอยู่ที่ค่าไหนแล้ว

Public i As Integer 'ตัวแปรสำหรับใช้ใน For Loop ทั่วไป

Public x As Integer 'ตัวแปรสำหรับใช้ใน For Loop ทั่วๆ ไป

Public k As Integer 'กำหนดค่า เพื่อหาจำนวนชั้นของวัสดุ

Public n As Integer

Public WallType As Integer 'มีค่า 0 กับ 1 และ 2 เพื่อเช็คว่าเป็น ผนังชนิดไหน

Public DirectionData As String 'Return ค่าจาก Combo Box

Public SurfaceData As Double

Public WallAngleData As Integer

Public Uw As Double 'ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน

Public Rg As Double 'ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ช่องอากาศ

Public SumAreaN, SumWattN As Double 'ประกาศตัวแปรใช้ใน MainCalculation

Public SumAreaS, SumWattS As Double

Public SumAreaE, SumWattE As Double

Public SumAreaW, SumWattW As Double

Public SumAreaNE, SumWattNE As Double

Public SumAreaNW, SumWattNW As Double

Public SumAreaSE, SumWattSE As Double

Public SumAreaSW, SumWattSW As Double

Public R1, R2, SumIt, G12, G1, G2, SumG As Double

Public Const Ro = 0.044 'ค่าคงที่ของความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายนอก

Sub AddNorthMarchData() 'เพิ่ม Data เข้าไปในข้อมูลดวงอาทิตย์ทางทิศเหนือ

For i = 1 To 11

NorthMarch(i, 1) = 0

NorthMarch(i, 2) = 0

Next i

NorthMarch(1, 3) = 22.7: NorthMarch(2, 3) = 60.8: NorthMarch(3, 3) = 101.05

NorthMarch(4, 3) = 128.05: NorthMarch(5, 3) = 145.08: NorthMarch(6, 3) = 151.7

NorthMarch(7, 3) = 148.39: NorthMarch(8, 3) = 142.63: NorthMarch(9, 3) = 124.96

NorthMarch(10, 3) = 95.33: NorthMarch(11, 3) = 58.39

End Sub

Sub AddNorthJuneData()

NorthJune(1, 1) = 35.69: NorthJune(2, 1) = 58.06: NorthJune(3, 1) = 69.76

NorthJune(4, 1) = 75.85: NorthJune(5, 1) = 78.96: NorthJune(6, 1) = 80.2

NorthJune(7, 1) = 79.96: NorthJune(8, 1) = 78.14: NorthJune(9, 1) = 74.18

NorthJune(10, 1) = 66.58: NorthJune(11, 1) = 51.89

NorthJune(1, 2) = 43.58: NorthJune(2, 2) = 60.15: NorthJune(3, 2) = 69.07

NorthJune(4, 2) = 69.71: NorthJune(5, 2) = 63.25: NorthJune(6, 2) = 60.36

NorthJune(7, 2) = 57.11: NorthJune(8, 2) = 44.31: NorthJune(9, 2) = 25.07

NorthJune(10, 2) = 13.18: NorthJune(11, 2) = 12.01

NorthJune(1, 3) = 28.85: NorthJune(2, 3) = 58.65: NorthJune(3, 3) = 84.15

NorthJune(4, 3) = 107.37: NorthJune(5, 3) = 138.03: NorthJune(6, 3) = 161.38

NorthJune(7, 3) = 164.3: NorthJune(8, 3) = 151.27: NorthJune(9, 3) = 130.85

NorthJune(10, 3) = 102.13: NorthJune(11, 3) = 59

End Sub

Sub AddNorthSepData()

For i = 1 To 11

NorthSep(i, 1) = 0

NorthSep(i, 2) = 0

Next i

เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NorthSep(1, 3) = 24.9: NorthSep(2, 3) = 66.65: NorthSep(3, 3) = 95.72
 NorthSep(4, 3) = 114.72: NorthSep(5, 3) = 126.59: NorthSep(6, 3) = 132.48
 NorthSep(7, 3) = 114.25: NorthSep(8, 3) = 80.97: NorthSep(9, 3) = 68.03
 NorthSep(10, 3) = 49.88: NorthSep(11, 3) = 24.98

End Sub

Sub AddNorthDecData()

For i = 1 To 11

NorthDec(i, 1) = 0

NorthDec(i, 2) = 0

Next i

NorthDec(1, 3) = 15.95: NorthDec(2, 3) = 43.77: NorthDec(3, 3) = 65.45

NorthDec(4, 3) = 71.72: NorthDec(5, 3) = 78.52: NorthDec(6, 3) = 92.02

NorthDec(7, 3) = 101.69: NorthDec(8, 3) = 101.01: NorthDec(9, 3) = 86.56

NorthDec(10, 3) = 60.8: NorthDec(11, 3) = 29.58

End Sub

Sub AddNorthEastMarchData()

NorthEastMarch(1, 1) = 12.02: NorthEastMarch(2, 1) = 33.83: NorthEastMarch(3, 1) = 53.68

NorthEastMarch(4, 1) = 70.22: NorthEastMarch(5, 1) = 83.82

For i = 6 To 11

NorthEastMarch(i, 1) = 0

Next i

NorthEastMarch(1, 2) = 92.48: NorthEastMarch(2, 2) = 114.21: NorthEastMarch(3, 2) = 123.33

NorthEastMarch(4, 2) = 99.78: NorthEastMarch(5, 2) = 39.49

For i = 6 To 11

NorthEastMarch(i, 2) = 0

Next i

NorthEastMarch(1, 3) = 22.7: NorthEastMarch(2, 3) = 60.85: NorthEastMarch(3, 3) = 101.05

NorthEastMarch(4, 3) = 128.05: NorthEastMarch(5, 3) = 145.08: NorthEastMarch(6, 3) = 151.7

NorthEastMarch(7, 3) = 148.39: NorthEastMarch(8, 3) = 142.63: NorthEastMarch(9, 3) = 124.96

NorthEastMarch(10, 3) = 95.33: NorthEastMarch(11, 3) = 58.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

End Sub

Sub AddNorthEastJuneData()

NorthEastJune(1, 1) = 15.79: NorthEastJune(2, 1) = 30.68: NorthEastJune(3, 1) = 44.89

NorthEastJune(4, 1) = 57.85: NorthEastJune(5, 1) = 69.44: NorthEastJune(6, 1) = 79.86:

NorthEastJune(7, 1) = 82.51

For i = 8 To 11

 NorthEastJune(i, 1) = 0

Next i

NorthEastJune(1, 2) = 110.69: NorthEastJune(2, 2) = 162.63: NorthEastJune(3, 2) = 188

NorthEastJune(4, 2) = 173.75: NorthEastJune(5, 2) = 121.64: NorthEastJune(6, 2) = 62.51

NorthEastJune(7, 2) = 2.75

For i = 8 To 11

 NorthEastJune(i, 2) = 0

Next i

NorthEastJune(1, 3) = 28.85: NorthEastJune(2, 3) = 58.65: NorthEastJune(3, 3) = 84.15

NorthEastJune(4, 3) = 107.37: NorthEastJune(5, 3) = 138.03: NorthEastJune(6, 3) = 161.38

NorthEastJune(7, 3) = 164.3: NorthEastJune(8, 3) = 151.27: NorthEastJune(9, 3) = 130.85

NorthEastJune(10, 3) = 102.13: NorthEastJune(11, 3) = 59

End Sub

Sub AddNorthEastSepData()

NorthEastSep(1, 1) = 18.03: NorthEastSep(2, 1) = 39.79: NorthEastSep(3, 1) = 58.92

NorthEastSep(4, 1) = 74.63: NorthEastSep(5, 1) = 87.61

For i = 6 To 11

 NorthEastSep(i, 1) = 0

Next i

NorthEastSep(1, 2) = 61.04: NorthEastSep(2, 2) = 57.93: NorthEastSep(3, 2) = 79.99

NorthEastSep(4, 2) = 51.67: NorthEastSep(5, 2) = 8.2

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

For i = 6 To 11

NorthEastSep(i, 2) = 0

Next i

NorthEastSep(1, 3) = 24.9: NorthEastSep(2, 3) = 66.65: NorthEastSep(3, 3) = 95.72

NorthEastSep(4, 3) = 114.72: NorthEastSep(5, 3) = 126.59: NorthEastSep(6, 3) = 132.48

NorthEastSep(7, 3) = 114.25: NorthEastSep(8, 3) = 80.97: NorthEastSep(9, 3) = 68.03

NorthEastSep(10, 3) = 49.88: NorthEastSep(11, 3) = 24.98

End Sub

Sub AddNorthEastDecData()

NorthEastDec(1, 1) = 11.79: NorthEastDec(2, 1) = 49.93: NorthEastDec(3, 1) = 79.28

For i = 4 To 11

NorthEastDec(i, 1) = 0

Next i

NorthEastDec(1, 2) = 55.77: NorthEastDec(2, 2) = 73.85: NorthEastDec(3, 2) = 45.7

For i = 4 To 11

NorthEastDec(i, 2) = 0

Next i

NorthEastDec(1, 3) = 15.95: NorthEastDec(2, 3) = 43.77: NorthEastDec(3, 3) = 65.45

NorthEastDec(4, 3) = 71.72: NorthEastDec(5, 3) = 78.52: NorthEastDec(6, 3) = 92.02

NorthEastDec(7, 3) = 101.69: NorthEastDec(8, 3) = 101.01: NorthEastDec(9, 3) = 86.56

NorthEastDec(10, 3) = 60.8: NorthEastDec(11, 3) = 29.58

End Sub

Sub AddEastMarchData()

EastMarch(1, 1) = 8.2: EastMarch(2, 1) = 22.85: EastMarch(3, 1) = 37.66

EastMarch(4, 1) = 52.68: EastMarch(5, 1) = 67.93: EastMarch(6, 1) = 83.34

For i = 7 To 11

EastMarch(i, 1) = 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Next i

EastMarch(1, 2) = 136.61: EastMarch(2, 2) = 181.65: EastMarch(3, 2) = 215.65

EastMarch(4, 2) = 211.48: EastMarch(5, 2) = 147.91: EastMarch(6, 2) = 47.74

For i = 7 To 11

EastMarch(i, 2) = 0

Next i

EastMarch(1, 3) = 22.7: EastMarch(2, 3) = 60.8: EastMarch(3, 3) = 101.05

EastMarch(4, 3) = 128.05: EastMarch(5, 3) = 145.08: EastMarch(6, 3) = 151.7

EastMarch(7, 3) = 148.39: EastMarch(8, 3) = 142.63: EastMarch(9, 3) = 124.96

EastMarch(10, 3) = 95.33: EastMarch(11, 3) = 58.39

End Sub

Sub AddEastJuneData()

EastJune(1, 1) = 15.49: EastJune(2, 1) = 29.6: EastJune(3, 1) = 43.58

EastJune(4, 1) = 57.52: EastJune(5, 1) = 71.46: EastJune(6, 1) = 85.41

For i = 7 To 11

EastJune(i, 1) = 0

Next i

EastJune(1, 2) = 112.97: EastJune(2, 2) = 169.84: EastJune(3, 2) = 196.81

EastJune(4, 2) = 176.01: EastJune(5, 2) = 108.77: EastJune(6, 2) = 28.04

For i = 7 To 11

EastJune(i, 2) = 0

Next i

EastJune(1, 3) = 28.85: EastJune(2, 3) = 58.65: EastJune(3, 3) = 84.15

EastJune(4, 3) = 107.37: EastJune(5, 3) = 138.03: EastJune(6, 3) = 161.38

EastJune(7, 3) = 164.3: EastJune(8, 3) = 151.27: EastJune(9, 3) = 130.85

EastJune(10, 3) = 102.13: EastJune(11, 3) = 59

End Sub

Sub AddEastSepData()

EastSep(1, 1) = 12.07: EastSep(2, 1) = 26.76: EastSep(3, 1) = 41.65

EastSep(4, 1) = 56.76: EastSep(5, 1) = 72.1: EastSep(6, 1) = 85.57

For i = 7 To 11

 EastSep(i, 1) = 0

Next i

EastSep(1, 2) = 92.91: EastSep(2, 2) = 95.67: EastSep(3, 2) = 149.22

EastSep(4, 2) = 123.19: EastSep(5, 2) = 63.5: EastSep(6, 2) = 11.01

For i = 7 To 11

 EastSep(i, 2) = 0

Next i

EastSep(1, 3) = 24.9: EastSep(2, 3) = 66.65: EastSep(3, 3) = 95.72

EastSep(4, 3) = 114.72: EastSep(5, 3) = 126.59: EastSep(6, 3) = 132.48

EastSep(7, 3) = 114.25: EastSep(8, 3) = 80.97: EastSep(9, 3) = 68.03

EastSep(10, 3) = 49.88: EastSep(11, 3) = 24.98

End Sub

Sub AddEastDecData()

EastDec(1, 1) = 4.45: EastDec(2, 1) = 19.4: EastDec(3, 1) = 34.92

EastDec(4, 1) = 51.08: EastDec(5, 1) = 67.83: EastDec(6, 1) = 84.98

For i = 7 To 11

 EastDec(i, 1) = 0

Next i

EastDec(1, 2) = 120.97: EastDec(2, 2) = 249.39: EastDec(3, 2) = 268.05

EastDec(4, 2) = 250.47: EastDec(5, 2) = 155.31: EastDec(6, 2) = 34.13

For i = 7 To 11

 EastDec(i, 2) = 0

Next i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EastDec(1, 3) = 15.95: EastDec(2, 3) = 43.77: EastDec(3, 3) = 65.45
 EastDec(4, 3) = 71.72: EastDec(5, 3) = 78.52: EastDec(6, 3) = 92.02
 EastDec(7, 3) = 101.7: EastDec(8, 3) = 101.01: EastDec(9, 3) = 86.56
 EastDec(10, 3) = 60.8: EastDec(11, 3) = 29.58

End Sub

Sub AddSouthEastMarchData()

SouthEastMarch(1, 1) = 11.06: SouthEastMarch(2, 1) = 28.21: SouthEastMarch(3, 1) = 42.34
 SouthEastMarch(4, 1) = 54.31: SouthEastMarch(5, 1) = 65.06: SouthEastMarch(6, 1) = 75.39
 SouthEastMarch(7, 1) = 86.07

For i = 8 To 11

 SouthEastMarch(i, 1) = 0

Next i

SouthEastMarch(1, 2) = 100.71: SouthEastMarch(2, 2) = 142.69: SouthEastMarch(3, 2) = 182.65
 SouthEastMarch(4, 2) = 199.3: SouthEastMarch(5, 2) = 169.69: SouthEastMarch(6, 2) = 106.57
 SouthEastMarch(7, 2) = 27.83

For i = 8 To 11

 SouthEastMarch(i, 2) = 0

Next i

SouthEastMarch(1, 3) = 22.7: SouthEastMarch(2, 3) = 60.85: SouthEastMarch(3, 3) = 101.05
 SouthEastMarch(4, 3) = 128.05: SouthEastMarch(5, 3) = 145.08: SouthEastMarch(6, 3) = 151.7
 SouthEastMarch(7, 3) = 114.25: SouthEastMarch(8, 3) = 80.97: SouthEastMarch(9, 3) = 68.03
 SouthEastMarch(10, 3) = 49.88: SouthEastMarch(11, 3) = 24.98

End Sub

Sub AddSouthEastJuneData()

SouthEastJune(1, 1) = 32.54: SouthEastJune(2, 1) = 51.21: SouthEastJune(3, 1) = 64.25

SouthEastJune(4, 1) = 74.79: SouthEastJune(5, 1) = 84.33

For i = 6 To 11

 SouthEastJune(i, 1) = 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อให้บริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Next i

SouthEastJune(1, 2) = 49.06: SouthEastJune(2, 2) = 77.57: SouthEastJune(3, 2) = 90.32

SouthEastJune(4, 2) = 75.17: SouthEastJune(5, 2) = 32.19

For i = 6 To 11

SouthEastJune(i, 2) = 0

Next i

SouthEastJune(1, 3) = 28.85: SouthEastJune(2, 3) = 58.65: SouthEastJune(3, 3) = 84.15

SouthEastJune(4, 3) = 107.37: SouthEastJune(5, 3) = 138.03: SouthEastJune(6, 3) = 161.38

SouthEastJune(7, 3) = 164.3: SouthEastJune(8, 3) = 151.27: SouthEastJune(9, 3) = 130.85

SouthEastJune(10, 3) = 102.13: SouthEastJune(11, 3) = 59

End Sub

Sub AddSouthEastSepData()

SouthEastSep(1, 1) = 15.77: SouthEastSep(2, 1) = 31.95: SouthEastSep(3, 1) = 45.36

SouthEastSep(4, 1) = 56.9: SouthEastSep(5, 1) = 67.46: SouthEastSep(6, 1) = 77.81

SouthEastSep(7, 1) = 88.73

For i = 8 To 11

SouthEastSep(i, 1) = 0

Next i

SouthEastSep(1, 2) = 70.35: SouthEastSep(2, 2) = 77.37: SouthEastSep(3, 2) = 131.04

SouthEastSep(4, 2) = 122.54: SouthEastSep(5, 2) = 81.59: SouthEastSep(6, 2) = 56.13

SouthEastSep(7, 2) = 6.31

For i = 8 To 11

SouthEastSep(i, 2) = 0

Next i

SouthEastSep(1, 3) = 24.9: SouthEastSep(2, 3) = 66.65: SouthEastSep(3, 3) = 95.72

SouthEastSep(4, 3) = 114.72: SouthEastSep(5, 3) = 126.59: SouthEastSep(6, 3) = 132.48

SouthEastSep(7, 3) = 114.25: SouthEastSep(8, 3) = 80.97: SouthEastSep(9, 3) = 68.03

เอกส SouthEastSep(10, 3) = 49.88: SouthEastSep(11, 3) = 24.98 นั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

End Sub

Sub AddSouthEastDecData()

SouthEastDec(1, 1) = 4.27: SouthEastDec(2, 1) = 17.48: SouthEastDec(3, 1) = 29.31
 SouthEastDec(4, 1) = 39.92: SouthEastDec(5, 1) = 49.67: SouthEastDec(6, 1) = 59.06
 SouthEastDec(7, 1) = 68.69: SouthEastDec(8, 3) = 79.5

For i = 9 To 11

SouthEastDec(i, 1) = 0

Next i

SouthEastDec(1, 2) = 102.08: SouthEastDec(2, 2) = 278.81: SouthEastDec(3, 2) = 333.38
 SouthEastDec(4, 2) = 370.79: SouthEastDec(5, 2) = 323.56: SouthEastDec(6, 2) = 232.99
 SouthEastDec(7, 2) = 132.14: SouthEastDec(8, 2) = 45

For i = 9 To 11

SouthEastDec(i, 2) = 0

Next i

SouthEastDec(1, 3) = 15.95: SouthEastDec(2, 3) = 43.77: SouthEastDec(3, 3) = 65.45
 SouthEastDec(4, 3) = 71.72: SouthEastDec(5, 3) = 78.52: SouthEastDec(6, 3) = 92.02
 SouthEastDec(7, 3) = 101.7: SouthEastDec(8, 3) = 101.01: SouthEastDec(9, 3) = 86.56
 SouthEastDec(10, 3) = 60.8: SouthEastDec(11, 3) = 29.58

End Sub

Sub AddSouthMarchData()

SouthMarch(1, 1) = 73.55: SouthMarch(2, 1) = 75.26: SouthMarch(3, 1) = 75.62
 SouthMarch(4, 1) = 75.77: SouthMarch(5, 1) = 75.84: SouthMarch(6, 1) = 75.86
 SouthMarch(7, 1) = 75.86: SouthMarch(8, 1) = 75.83: SouthMarch(9, 1) = 75.75
 SouthMarch(10, 1) = 75.59: SouthMarch(11, 1) = 75.17

SouthMarch(1, 2) = 5.81: SouthMarch(2, 2) = 20.14: SouthMarch(3, 2) = 42.66

SouthMarch(4, 2) = 70.37: SouthMarch(5, 2) = 92.07: SouthMarch(6, 2) = 102.97

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SouthMarch(7, 2) = 102.14: SouthMarch(8, 2) = 90.89: SouthMarch(9, 2) = 72.6

SouthMarch(10, 2) = 49.58: SouthMarch(11, 2) = 24.92

SouthMarch(1, 3) = 22.7: SouthMarch(2, 3) = 60.85: SouthMarch(3, 3) = 101.05

SouthMarch(4, 3) = 128.05: SouthMarch(5, 3) = 145.08: SouthMarch(6, 3) = 151.7

SouthMarch(7, 3) = 148.39: SouthMarch(8, 3) = 142.63: SouthMarch(9, 3) = 124.96

SouthMarch(10, 3) = 95.33: SouthMarch(11, 3) = 58.39

End Sub

Sub AddSouthJuneData()

For i = 1 To 11

 SouthJune(i, 1) = 0

Next i

For i = 1 To 11

 SouthJune(i, 2) = 0

Next i

SouthJune(1, 3) = 28.85: SouthJune(2, 3) = 58.65: SouthJune(3, 3) = 84.15

SouthJune(4, 3) = 107.37: SouthJune(5, 3) = 138.03: SouthJune(6, 3) = 161.38

SouthJune(7, 3) = 164.3: SouthJune(8, 3) = 151.27: SouthJune(9, 3) = 130.85

SouthJune(10, 3) = 102.13: SouthJune(11, 3) = 59

End Sub

Sub AddSouthSepData()

SouthSep(1, 1) = 71.67: SouthSep(2, 1) = 74.1: SouthSep(3, 1) = 74.78

SouthSep(4, 1) = 75.08: SouthSep(5, 1) = 75.21: SouthSep(6, 1) = 75.26

SouthSep(7, 1) = 75.24: SouthSep(8, 1) = 75.13: SouthSep(9, 1) = 74.9

SouthSep(10, 1) = 74.39: SouthSep(11, 1) = 72.89

SouthSep(1, 2) = 6.58: SouthSep(2, 2) = 13.75: SouthSep(3, 2) = 36.1

SouthSep(4, 2) = 50.11: SouthSep(5, 2) = 51.9: SouthSep(6, 2) = 68.37

โปรดให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SouthSep(7, 2) = 74.97: SouthSep(8, 2) = 62.65: SouthSep(9, 2) = 52.22

SouthSep(10, 2) = 34.18: SouthSep(11, 2) = 11.44

SouthSep(1, 3) = 24.9: SouthSep(2, 3) = 66.65: SouthSep(3, 3) = 95.72

SouthSep(4, 3) = 114.72: SouthSep(5, 3) = 126.59: SouthSep(6, 3) = 132.48

SouthSep(7, 3) = 114.25: SouthSep(8, 3) = 80.97: SouthSep(9, 3) = 68.03

SouthSep(10, 3) = 49.88: SouthSep(11, 3) = 24.98

End Sub

Sub AddSouthDecData()

SouthDec(1, 1) = 9.33: SouthDec(2, 1) = 31.21: SouthDec(3, 1) = 42.61

SouthDec(4, 1) = 48.56: SouthDec(5, 1) = 51.58: SouthDec(6, 1) = 52.76

SouthDec(7, 1) = 52.46: SouthDec(8, 1) = 50.58: SouthDec(9, 1) = 46.52

SouthDec(10, 1) = 38.73: SouthDec(11, 1) = 23.67

SouthDec(1, 2) = 82.65: SouthDec(2, 2) = 144.95: SouthDec(3, 2) = 203.42

SouthDec(4, 2) = 273.91: SouthDec(5, 2) = 302.27: SouthDec(6, 2) = 295.37

SouthDec(7, 2) = 260.3: SouthDec(8, 2) = 202.17: SouthDec(9, 2) = 171.9

SouthDec(10, 2) = 136.71: SouthDec(11, 2) = 73

SouthDec(1, 3) = 15.95: SouthDec(2, 3) = 43.77: SouthDec(3, 3) = 65.45

SouthDec(4, 3) = 71.72: SouthDec(5, 3) = 78.52: SouthDec(6, 3) = 92.02

SouthDec(7, 3) = 101.69: SouthDec(8, 3) = 101.01: SouthDec(9, 3) = 86.56

SouthDec(10, 3) = 60.8: SouthDec(11, 3) = 29.58

End Sub

Sub AddSouthWestMarchData()

For i = 1 To 5

 SouthWestMarch(i, 1) = 0

Next i

SouthWestMarch(6, 1) = 84.54

SouthWestMarch(7, 1) = 73.96: SouthWestMarch(8, 1) = 63.61: SouthWestMarch(9, 1) = 52.74 ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SouthWestMarch(10, 1) = 40.53: SouthWestMarch(11, 1) = 26.03

For i = 1 To 5

 SouthWestMarch(i, 2) = 0

Next i

SouthWestMarch(6, 2) = 39.05

SouthWestMarch(7, 2) = 116.62: SouthWestMarch(8, 2) = 178.64: SouthWestMarch(9, 2) = 217.5

SouthWestMarch(10, 2) = 225.72: SouthWestMarch(11, 2) = 102.65

SouthWestMarch(1, 3) = 22.7: SouthWestMarch(2, 3) = 60.85: SouthWestMarch(3, 3) = 101.05

SouthWestMarch(4, 3) = 128.05: SouthWestMarch(5, 3) = 145.08: SouthWestMarch(6, 3) = 151.7

SouthWestMarch(7, 3) = 148.39: SouthWestMarch(8, 3) = 142.63: SouthWestMarch(9, 3) = 124.96

SouthWestMarch(10, 3) = 95.33: SouthWestMarch(11, 3) = 58.39

End Sub

Sub AddSouthWestJuneData()

For i = 1 To 7

 SouthWestJune(i, 1) = 0

Next i

SouthWestJune(8, 1) = 81.11: SouthWestJune(9, 1) = 71.35

SouthWestJune(10, 1) = 60.17: SouthWestJune(11, 1) = 45.67

For i = 1 To 7

 SouthWestJune(i, 2) = 0

Next i

SouthWestJune(8, 2) = 33.01: SouthWestJune(9, 2) = 29.87

SouthWestJune(10, 2) = 17.15: SouthWestJune(11, 2) = 14.95

SouthWestJune(1, 3) = 28.85: SouthWestJune(2, 3) = 58.65: SouthWestJune(3, 3) = 84.15

SouthWestJune(4, 3) = 107.37: SouthWestJune(5, 3) = 138.03: SouthWestJune(6, 3) = 161.38

SouthWestJune(7, 3) = 164.3: SouthWestJune(8, 3) = 151.27: SouthWestJune(9, 3) = 130.85

SouthWestJune(10, 3) = 102.13: SouthWestJune(11, 3) = 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

End Sub

Sub AddSouthWestSepData()

For i = 1 To 5

 SouthWestSep(i, 1) = 0

Next i

SouthWestSep(6, 1) = 81.13

SouthWestSep(7, 1) = 69.68: SouthWestSep(8, 1) = 60.27: SouthWestSep(9, 1) = 49.13

SouthWestSep(10, 1) = 36.4: SouthWestSep(11, 1) = 21.17

For i = 1 To 5

 SouthWestSep(i, 2) = 0

Next i

SouthWestSep(6, 2) = 40.57

SouthWestSep(7, 2) = 99.71: SouthWestSep(8, 2) = 134.75: SouthWestSep(9, 2) = 107.45

SouthWestSep(10, 2) = 105.87: SouthWestSep(11, 2) = 95.94

SouthWestSep(1, 3) = 24.9: SouthWestSep(2, 3) = 66.65: SouthWestSep(3, 3) = 95.72

SouthWestSep(4, 3) = 114.72: SouthWestSep(5, 3) = 126.59: SouthWestSep(6, 3) = 132.48

SouthWestSep(7, 3) = 114.25: SouthWestSep(8, 3) = 80.97: SouthWestSep(9, 3) = 68.03

SouthWestSep(10, 3) = 49.88: SouthWestSep(11, 3) = 24.98

End Sub

Sub AddSouthWestDecData()

For i = 1 To 3

 SouthWestDec(i, 1) = 0

Next i

SouthWestDec(4, 1) = 89.94: SouthWestDec(5, 1) = 74.75: SouthWestDec(6, 1) = 64.58

SouthWestDec(7, 1) = 55.14: SouthWestDec(8, 1) = 45.66: SouthWestDec(9, 1) = 35.6

SouthWestDec(10, 1) = 24.52: SouthWestDec(11, 1) = 12.12

SouthWestDec(i, 2) = 0

Next i

SouthWestDec(4, 2) = 16.57: SouthWestDec(5, 2) = 103.92: SouthWestDec(6, 2) = 181.72

SouthWestDec(7, 2) = 235.98: SouthWestDec(8, 2) = 210.33: SouthWestDec(9, 2) = 253.2

SouthWestDec(10, 2) = 240.39: SouthWestDec(11, 2) = 149.02

SouthWestDec(1, 3) = 15.95: SouthWestDec(2, 3) = 43.77: SouthWestDec(3, 3) = 65.45

SouthWestDec(4, 3) = 71.72: SouthWestDec(5, 3) = 78.52: SouthWestDec(6, 3) = 92.02

SouthWestDec(7, 3) = 101.69: SouthWestDec(8, 3) = 101.01: SouthWestDec(9, 3) = 86.56

SouthWestDec(10, 3) = 60.8: SouthWestDec(11, 3) = 29.58

End Sub

Sub AddWestMarchData()

For i = 1 To 6

WestMarch(i, 1) = 0

Next i

WestMarch(7, 1) = 81.2: WestMarch(8, 1) = 65.81: WestMarch(9, 1) = 50.59

WestMarch(10, 1) = 35.59: WestMarch(11, 1) = 20.81

For i = 1 To 6

WestMarch(i, 2) = 0

Next i

WestMarch(7, 2) = 62.78: WestMarch(8, 2) = 161.71: WestMarch(9, 2) = 234.99

WestMarch(10, 2) = 269.64: WestMarch(11, 2) = 247.53

WestMarch(1, 3) = 22.7: WestMarch(2, 3) = 60.8: WestMarch(3, 3) = 101.05

WestMarch(4, 3) = 128.05: WestMarch(5, 3) = 145.08: WestMarch(6, 3) = 151.7

WestMarch(7, 3) = 148.39: WestMarch(8, 3) = 142.63: WestMarch(9, 3) = 124.96

WestMarch(10, 3) = 95.33: WestMarch(11, 3) = 58.39

End Sub

Sub AddWestJuneData()

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

For i = 1 To 6

WestJune(i, 1) = 0

Next i

WestJune(7, 1) = 80.63: WestJune(8, 1) = 66.68

WestJune(9, 1) = 52.74: WestJune(10, 1) = 38.8: WestJune(11, 2) = 24.78

For i = 1 To 6

WestJune(i, 2) = 0

Next i

WestJune(7, 2) = 53.23: WestJune(8, 2) = 90.99

WestJune(9, 2) = 67.31: WestJune(10, 2) = 37.87: WestJune(11, 2) = 33.16

WestJune(1, 3) = 28.85: WestJune(2, 3) = 58.65: WestJune(3, 3) = 84.15

WestJune(4, 3) = 107.37: WestJune(5, 3) = 138.03: WestJune(6, 3) = 161.38

WestJune(7, 3) = 164.3: WestJune(8, 3) = 151.27: WestJune(9, 3) = 130.85

WestJune(10, 3) = 102.13: WestJune(11, 3) = 59

End Sub

Sub AddWestSepData()

For i = 1 To 6

WestSep(i, 1) = 0

Next i

WestSep(7, 1) = 76.93: WestSep(8, 1) = 61.54: WestSep(9, 1) = 46.35

WestSep(10, 1) = 31.39: WestSep(11, 1) = 16.65

For i = 1 To 6

WestSep(i, 2) = 0

Next i

WestSep(7, 2) = 66.04: WestSep(8, 2) = 127.91: WestSep(9, 2) = 184.6

WestSep(10, 2) = 200.4: WestSep(11, 2) = 124.24

เอกสาร WestSep(1, 3) = 24.9: WestSep(2, 3) = 66.65: WestSep(3, 3) = 95.72 อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WestSep(4, 3) = 114.72: WestSep(5, 3) = 126.59: WestSep(6, 3) = 132.48

WestSep(7, 3) = 114.25: WestSep(8, 3) = 80.97: WestSep(9, 3) = 68.03

WestSep(10, 3) = 49.88: WestSep(11, 3) = 24.98

End Sub

Sub AddWestDecData()

For i = 1 To 6

WestDec(i, 1) = 0

Next i

WestDec(7, 1) = 77.77: WestDec(8, 1) = 60.76: WestDec(9, 1) = 44.24

WestDec(10, 1) = 28.35: WestDec(11, 1) = 13.07

For i = 1 To 6

WestDec(i, 2) = 0

Next i

WestDec(7, 2) = 73.43: WestDec(8, 2) = 137.71: WestDec(9, 2) = 186.17

WestDec(10, 2) = 203.25: WestDec(11, 2) = 137.75

WestDec(1, 3) = 15.95: WestDec(2, 3) = 43.77: WestDec(3, 3) = 65.45

WestDec(4, 3) = 71.72: WestDec(5, 3) = 78.52: WestDec(6, 3) = 92.02

WestDec(7, 3) = 101.69: WestDec(8, 3) = 101.01: WestDec(9, 3) = 86.56

WestDec(10, 3) = 60.8: WestDec(11, 3) = 29.58

End Sub

Sub AddNorthWestMarchData()

For i = 1 To 7

NorthWestMarch(i, 1) = 0

Next i

NorthWestMarch(8, 1) = 82.08: NorthWestMarch(9, 1) = 68.12

NorthWestMarch(10, 1) = 51.12: NorthWestMarch(11, 1) = 30.87

เอกสาร For i = 1 To 7 ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NorthWestMarch(i, 2) = 0

Next i

NorthWestMarch(8, 2) = 50.1: NorthWestMarch(9, 2) = 114.83

NorthWestMarch(10, 2) = 155.6: NorthWestMarch(11, 2) = 157.41

NorthWestMarch(1, 3) = 22.7: NorthWestMarch(2, 3) = 60.85: NorthWestMarch(3, 3) = 101.05

NorthWestMarch(4, 3) = 128.05: NorthWestMarch(5, 3) = 145.08: NorthWestMarch(6, 3) = 151.7

NorthWestMarch(7, 3) = 148.39: NorthWestMarch(8, 3) = 142.63: NorthWestMarch(9, 3) = 124.96

NorthWestMarch(10, 3) = 95.33: NorthWestMarch(11, 3) = 58.39

End Sub

Sub AddNorthWestJuneData()

For i = 1 To 5

NorthWestJune(i, 1) = 0

Next i

NorthWestJune(6, 1) = 86.26: NorthWestJune(7, 1) = 76.4: NorthWestJune(8, 1) = 65.61

NorthWestJune(9, 1) = 53.57: NorthWestJune(10, 1) = 40.14: NorthWestJune(11, 2) = 25.61

For i = 1 To 5

NorthWestJune(i, 2) = 0

Next i

NorthWestJune(6, 2) = 22.85: NorthWestJune(7, 2) = 78.02: NorthWestJune(8, 2) = 95.68

NorthWestJune(9, 2) = 65.32: NorthWestJune(10, 2) = 36.1: NorthWestJune(11, 2) = 31.94

NorthWestJune(1, 3) = 28.85: NorthWestJune(2, 3) = 58.65: NorthWestJune(3, 3) = 84.15

NorthWestJune(4, 3) = 107.37: NorthWestJune(5, 3) = 138.03: NorthWestJune(6, 3) = 161.38

NorthWestJune(7, 3) = 164.3: NorthWestJune(8, 3) = 151.27: NorthWestJune(9, 3) = 130.85

NorthWestJune(10, 3) = 102.13: NorthWestJune(11, 3) = 59

End Sub

Sub AddNorthWestSepData()

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

For i = 1 To 7

NorthWestSep(i, 1) = 0

Next i

NorthWestSep(8, 1) = 78.94: NorthWestSep(9, 1) = 64.18

NorthWestSep(10, 1) = 46.14: NorthWestSep(11, 1) = 24.98

For i = 1 To 7

NorthWestSep(i, 2) = 0

Next i

NorthWestSep(8, 2) = 46.15: NorthWestSep(9, 2) = 93.61

NorthWestSep(10, 2) = 117.54: NorthWestSep(11, 2) = 79.76

NorthWestSep(1, 3) = 24.9: NorthWestSep(2, 3) = 66.65: NorthWestSep(3, 3) = 95.72

NorthWestSep(4, 3) = 114.72: NorthWestSep(5, 3) = 126.59: NorthWestSep(6, 3) = 132.48

NorthWestSep(7, 3) = 114.25: NorthWestSep(8, 3) = 80.97: NorthWestSep(9, 3) = 68.03

NorthWestSep(10, 3) = 49.88: NorthWestSep(11, 3) = 24.98

End Sub

Sub AddNorthWestDecData()

For i = 1 To 8

NorthWestDec(i, 1) = 0

Next i

NorthWestDec(9, 1) = 86.81: NorthWestDec(10, 1) = 66.77: NorthWestDec(11, 1) = 34.94

For i = 1 To 8

NorthWestDec(i, 2) = 0

Next i

NorthWestDec(9, 2) = 10.03: NorthWestDec(10, 2) = 47.06: NorthWestDec(11, 2) = 45.7

NorthWestDec(1, 3) = 15.95: NorthWestDec(2, 3) = 43.77: NorthWestDec(3, 3) = 65.45

NorthWestDec(4, 3) = 71.72: NorthWestDec(5, 3) = 78.52: NorthWestDec(6, 3) = 92.02

NorthWestDec(7, 3) = 101.69: NorthWestDec(8, 3) = 101.01: NorthWestDec(9, 3) = 86.56

NorthWestDec(10, 3) = 60.8: NorthWestDec(11, 3) = 29.58

นั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

End Sub

Sub CheckDirection() 'เก็บข้อมูลของ combo box ด้านทิศทางแล้วเก็บเป็นสตริงใน Array

Select Case frmMainInput.cboDirection.ListIndex

Case 0

DirectionData = "North"

Case 1

DirectionData = "South"

Case 2

DirectionData = "East"

Case 3

DirectionData = "West"

Case 4

DirectionData = "NorthEast"

Case 5

DirectionData = "SouthEast"

Case 6

DirectionData = "NorthWest"

Case 7

DirectionData = "SouthWest"

End Select

End Sub

Sub CheckSurface() 'เก็บข้อมูลของลักษณะพื้นผิวผนังในผนังที่บ

Select Case frmMainInput.cboSurface.ListIndex

Case 0

SurfaceData = 0.1

Case 1

SurfaceData = 0.3

Case 2

SurfaceData = 0.5

เอกสาร Case 3 สารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SurfaceData = 0.7
```

```
Case 4
```

```
SurfaceData = 0.9
```

```
End Select
```

```
End Sub
```

```
Sub CheckWallAngle() 'เก็บข้อมูลของลักษณะมุมเอียงของผนังซึ่งเป็นมุมเอียงของกระจกด้วย
```

```
Select Case frmMainInput.cboWallAngle.ListIndex
```

```
Case 0
```

```
WallAngleData = 90
```

```
Case 1
```

```
WallAngleData = 85
```

```
Case 2
```

```
WallAngleData = 80
```

```
Case 3
```

```
WallAngleData = 75
```

```
Case 4
```

```
WallAngleData = 70
```

```
End Select
```

```
End Sub
```

```
Sub AddWallData(w) 'เพิ่มข้อมูลเข้าไปใน Array ของ ArrayWall
```

```
CheckDirection
```

```
WallData(w, 1) = DirectionData
```

```
WallData(w, 2) = Val(frmMainInput.txtAreaAw.Text)
```

```
WallData(w, 3) = Val(frmMainInput.txtMass.Text)
```

```
CheckSurface
```

```
WallData(w, 4) = SurfaceData
```

```
If frmMainInput.cboRadiantFactor.ListIndex = 0 Then
```

```
WallData(w, 5) = 0.12
```

```
Elseif frmMainInput.cboRadiantFactor.ListIndex = 1 Then
```

```
WallData(w, 5) = 0.299
```

```
End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

If frmMainInput.optGapNone.Value = True Then
    WallData(w, 6) = 0
ElseIf frmMainInput.optGapYes.Value = True Then
    WallData(w, 6) = Val(frmMainInput.txtThickGap.Text)
End If

```

```

For i = 1 To k - 1 'นำค่า k จาก KData มาใส่

```

```

    WallData(w, 2 * i + 5) = Val(KData(1, i))

```

```

    WallData(w, 2 * i + 6) = Val(KData(2, i))

```

```

Next i

```

```

For i = 2 * (k - 1) + 7 To 50

```

```

    WallData(w, i) = "12345"

```

```

Next i

```

```

End Sub

```

```

Sub AddGlassData(G) 'เพิ่มข้อมูลเข้าไปใน Array ของ Glass

```

```

    CheckDirection

```

```

        GlassData(G, 1) = DirectionData

```

```

    GlassData(G, 2) = Val(frmMainInput.txtAreaAf.Text)

```

```

    CheckWallAngle

```

```

        GlassData(G, 3) = WallAngleData

```

```

    GlassData(G, 4) = Val(frmMainInput.txtGlassK.Text)

```

```

    GlassData(G, 5) = Val(frmMainInput.txtGlass.Text)

```

```

    GlassData(G, 6) = Val(frmMainInput.txtFilm.Text)

```

```

    GlassData(G, 7) = Val(frmMainInput.txtFinAngle.Text)

```

```

    GlassData(G, 8) = Val(frmMainInput.txtWindowHeight.Text)

```

```

    GlassData(G, 9) = Val(frmMainInput.txtWindowWidth.Text)

```

```

    GlassData(G, 10) = Val(frmMainInput.txtWindowDistance.Text)

```

```

    GlassData(G, 11) = Val(frmMainInput.txtGlassKThickness.Text)

```

```

End Sub

```

```

Sub CheckType() 'ค่า 0 เป็นผนังทึบ ค่า 1 เป็นกระจก และ 2 ในกรณีที่เป็นกรณีอื่นๆ

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

If frmMainInput.optWall.Value = True Then
    WallType = 0
ElseIf frmMainInput.optGlass.Value = True Then
    WallType = 1
Else
    WallType = 2
End If

```

```
End Sub
```

```

Sub AddData() 'เพิ่มข้อมูลไปใน Array
    CheckType
    If WallType = 0 Then
        w = 1

        Do While WallData(w, 1) <> Empty
            w = w + 1
        Loop

        AddWallData (w)
    ElseIf WallType = 1 Then
        G = 1

        Do While GlassData(G, 1) <> Empty
            G = G + 1
        Loop

        AddGlassData (G)
    ElseIf WallType = 2 Then
        MsgBox "คุณยังไม่ได้กรอกข้อมูล", , "พบข้อผิดพลาด!"
    End If
End Sub

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sub CalRg() 'หาค่า Rg โดยการทำการประมาณค่า

If WallData(n, 6) = 0 Then

Rg = 0

Elseif WallData(n, 6) >= 0 And WallData(n, 6) <= 5 Then

Rg = (0.11 / 5) * WallData(n, 6)

Elseif WallData(n, 6) > 5 And WallData(n, 6) <= 20 Then

Rg = 0.11 + 0.002533333 * (WallData(n, 6) - 5)

Elseif WallData(n, 6) > 20 And WallData(n, 6) <= 100 Then

Rg = 0.148 + 0.00015 * (WallData(n, 6) - 20)

Elseif WallData(n, 6) > 100 Then

Rg = 0.16

End If

End Sub

Function CalWallUw() As Double 'คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน

Dim SumRw As Double

Dim b As Integer

SumRw = 0

b = 1

Do While WallData(n, b) <> "12345" 'ตรวจดูค่าข้อมูลในArray เพื่อดูว่าสิ้นสุดตรงไหน

b = b + 1

Loop

For i = 1 To (b - 7) / 2 'หาค่า SumRw

SumRw = SumRw + WallData(n, 8 + 2 * (i - 1)) / WallData(n, 7 + 2 * (i - 1))

Next i

CalRg

CalWallUw = WallData(n, 5) + Ro + SumRw + Rg

CalWallUw = 1 / CalWallUw

End Function

Function CheckTDeq() As Integer 'หาค่าอุณหภูมิเทียบเท่า TDeq จากมวลของผนัง

Select Case WallData(n, 4)

Case 0.1

If 0 <= WallData(n, 3) And WallData(n, 3) <= 125 Then

ไม่ผ่านการนี้เป็เอกสารที่สงวนไว้สำหรับ การใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CheckTDeq = 14

Elseif 126 <= WallData(n, 3) And WallData(n, 3) <= 195 Then

CheckTDeq = 11

Elseif WallData(n, 3) > 195 Then

CheckTDeq = 9

End If

Case 0.3

If 0 <= WallData(n, 3) And WallData(n, 3) <= 125 Then

CheckTDeq = 15

Elseif 126 <= WallData(n, 3) And WallData(n, 3) <= 195 Then

CheckTDeq = 12

Elseif WallData(n, 3) > 195 Then

CheckTDeq = 10

End If

Case 0.5

If 0 <= WallData(n, 3) And WallData(n, 3) <= 125 Then

CheckTDeq = 16

Elseif 126 <= WallData(n, 3) And WallData(n, 3) <= 195 Then

CheckTDeq = 13

Elseif WallData(n, 3) > 195 Then

CheckTDeq = 11

End If

Case 0.7

If 0 <= WallData(n, 3) And WallData(n, 3) <= 125 Then

CheckTDeq = 17

Elseif 126 <= WallData(n, 3) And WallData(n, 3) <= 195 Then

CheckTDeq = 14

Elseif WallData(n, 3) > 195 Then

CheckTDeq = 12

End If

Case 0.9

If 0 <= WallData(n, 3) And WallData(n, 3) <= 125 Then

CheckTDeq = 18

Elseif 126 <= WallData(n, 3) And WallData(n, 3) <= 195 Then

CheckTDeq = 15

Elseif WallData(n, 3) > 195 Then

CheckTDeq = 13

End If

End Select

End Function

Function CalGlassUf() As Double คำนวณค่าส.ป.ส การถ่ายเทความร้อนของกระจก

CalGlassUf = 0.12 + Ro + GlassData(n, 11) / GlassData(n, 4)

CalGlassUf = 1 / CalGlassUf

End Function

Function CalSf() As Double เปรียบเทียบค่าต่างๆ แบบตาราง

Select Case GlassData(n, 3)

Case 90

If GlassData(n, 1) = "North" Then

CalSf = 112

Elseif GlassData(n, 1) = "South" Then

CalSf = 177.6

Elseif GlassData(n, 1) = "East" Then

CalSf = 179.2

Elseif GlassData(n, 1) = "West" Then

CalSf = 164.8

Elseif GlassData(n, 1) = "NorthEast" Then

CalSf = 139.2

Elseif GlassData(n, 1) = "NorthWest" Then

CalSf = 180.8

Elseif GlassData(n, 1) = "SouthEast" Then

CalSf = 187.2

Elseif GlassData(n, 1) = "SouthWest" Then

CalSf = 180.8

End If

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Case 85

```

If GlassData(n, 1) = "North" Then
    CalSf = 124.8
Elseif GlassData(n, 1) = "South" Then
    CalSf = 198.4
Elseif GlassData(n, 1) = "East" Then
    CalSf = 195.2
Elseif GlassData(n, 1) = "West" Then
    CalSf = 187.2
Elseif GlassData(n, 1) = "NorthEast" Then
    CalSf = 153.6
Elseif GlassData(n, 1) = "NorthWest" Then
    CalSf = 206.4
Elseif GlassData(n, 1) = "SouthEast" Then
    CalSf = 148.8
Elseif GlassData(n, 1) = "SouthWest" Then
    CalSf = 200
End If

```

Case 80

```

If GlassData(n, 1) = "North" Then
    CalSf = 139.2
Elseif GlassData(n, 1) = "South" Then
    CalSf = 219.2
Elseif GlassData(n, 1) = "East" Then
    CalSf = 211.2
Elseif GlassData(n, 1) = "West" Then
    CalSf = 204.8
Elseif GlassData(n, 1) = "NorthEast" Then
    CalSf = 168
Elseif GlassData(n, 1) = "NorthWest" Then
    CalSf = 225.6

```

```

Elseif GlassData(n, 1) = "SouthEast" Then
    CalSf = 163.2
Elseif GlassData(n, 1) = "SouthWest" Then
    CalSf = 219.2
End If

```

Case 75

```

If GlassData(n, 1) = "North" Then
    CalSf = 153.6
Elseif GlassData(n, 1) = "South" Then
    CalSf = 240
Elseif GlassData(n, 1) = "East" Then
    CalSf = 227.2
Elseif GlassData(n, 1) = "West" Then
    CalSf = 220.8
Elseif GlassData(n, 1) = "NorthEast" Then
    CalSf = 182.4
Elseif GlassData(n, 1) = "NorthWest" Then
    CalSf = 243.2
Elseif GlassData(n, 1) = "SouthEast" Then
    CalSf = 179.2
Elseif GlassData(n, 1) = "SouthWest" Then
    CalSf = 236.8
End If

```

Case 70

```

If GlassData(n, 1) = "North" Then
    CalSf = 169.6
Elseif GlassData(n, 1) = "South" Then
    CalSf = 260.8
Elseif GlassData(n, 1) = "East" Then

```

```

Elseif GlassData(n, 1) = "West" Then
    CalSf = 236.8
Elseif GlassData(n, 1) = "NorthEast" Then
    CalSf = 198.4
Elseif GlassData(n, 1) = "NorthWest" Then
    CalSf = 260.8
Elseif GlassData(n, 1) = "SouthEast" Then
    CalSf = 195.2
Elseif GlassData(n, 1) = "SouthWest" Then
    CalSf = 256
End If
End Select

```

```
End Function
```

```
Function CalSC1() As Double 'หาค่าประสิทธิภาพการกำบังของกระจก
```

```

If GlassData(n, 6) = 0 Then
    CalSC1 = GlassData(n, 5)
Elseif GlassData(n, 6) <> 0 Then
    CalSC1 = GlassData(n, 5) * GlassData(n, 6)
End If

```

```
End Function
```

```
Function Rad(degree As Variant) As Double 'ฟังก์ชันทำองศาเป็นเรเดียน
```

```
Rad = degree * (Pi / 180)
```

```
End Function
```

```
Function CalSC2() As Double 'คำนวณค่า SC2
```

```
If GlassData(n, 7) = 0 And GlassData(n, 8) = 0 And GlassData(n, 9) = 0 And GlassData(n, 10) = 0
```

```
Then
```

```
CalSC2 = 1
```

```
Else
```

```
SumIt = 0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SumG = 0

R1 = GlassData(n, 9) / (GlassData(n, 8) + GlassData(n, 10))

If GlassData(n, 10) = 0 Then R2 = 0 Else: R2 = GlassData(n, 9) / GlassData(n, 10)

Select Case GlassData(n, 1)

Case "North"

AddNorthMarchData

AddNorthJuneData

AddNorthSepData

AddNorthDecData

For i = 1 To 11

SumIt = SumIt + NorthMarch(i, 2)

SumIt = SumIt + NorthMarch(i, 3)

SumIt = SumIt + NorthJune(i, 2)

SumIt = SumIt + NorthJune(i, 3)

SumIt = SumIt + NorthSep(i, 2)

SumIt = SumIt + NorthSep(i, 3)

SumIt = SumIt + NorthDec(i, 2)

SumIt = SumIt + NorthDec(i, 3)

Next i

For i = 1 To 11

G1 = 1 - R1 * (Cos(Rad(GlassData(n, 7))) * Tan(Rad(NorthMarch(i, 1))) + Sin(Rad(GlassData(n, 7))))

If G1 >= 0 And G1 < 1 Then G1 = G1 Else G1 = 0

G2 = 1 - R2 * (Cos(Rad(GlassData(n, 7))) * Tan(Rad(NorthMarch(i, 1))) + Sin(Rad(GlassData(n, 7))))

If G2 >= 0 And G2 < 1 Then G2 = G2 Else G2 = 0

G12 = (G1 * (GlassData(n, 8) + GlassData(n, 10))) / GlassData(n, 8) - (G2 * (GlassData(n, 10))) / GlassData(n, 8)

SumG = G12 * NorthMarch(i, 2) + NorthMarch(i, 3) + SumG

$G1 = 1 - R1 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{NorthJune}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$

If $G1 \geq 0$ And $G1 < 1$ Then $G1 = G1$ Else $G1 = 0$

$G2 = 1 - R2 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{NorthJune}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$

If $G2 \geq 0$ And $G2 < 1$ Then $G2 = G2$ Else $G2 = 0$

$G12 = (G1 * (\text{GlassData}(n, 8) + \text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8) - (G2 * (\text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8)$

$\text{SumG} = G12 * \text{NorthJune}(i, 2) + \text{NorthJune}(i, 3) + \text{SumG}$

$G1 = 1 - R1 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{NorthSep}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$

If $G1 \geq 0$ And $G1 < 1$ Then $G1 = G1$ Else $G1 = 0$

$G2 = 1 - R2 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{NorthSep}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$

If $G2 \geq 0$ And $G2 < 1$ Then $G2 = G2$ Else $G2 = 0$

$G12 = (G1 * (\text{GlassData}(n, 8) + \text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8) - (G2 * (\text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8)$

$\text{SumG} = G12 * \text{NorthSep}(i, 2) + \text{NorthSep}(i, 3) + \text{SumG}$

$G1 = 1 - R1 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{NorthDec}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$

If $G1 \geq 0$ And $G1 < 1$ Then $G1 = G1$ Else $G1 = 0$

$G2 = 1 - R2 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{NorthDec}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$

If $G2 \geq 0$ And $G2 < 1$ Then $G2 = G2$ Else $G2 = 0$

$G12 = (G1 * (\text{GlassData}(n, 8) + \text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8) - (G2 * (\text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8)$

$\text{SumG} = G12 * \text{NorthDec}(i, 2) + \text{NorthDec}(i, 3) + \text{SumG}$

Next i

CalISC2 = SumG

Case "South"

AddSouthMarchData

AddSouthJuneData

AddSouthSepData

AddSouthDecData

For i = 1 To 11

SumIt = SumIt + SouthMarch(i, 2)

SumIt = SumIt + SouthMarch(i, 3)

SumIt = SumIt + SouthJune(i, 2)

SumIt = SumIt + SouthJune(i, 3)

SumIt = SumIt + SouthSep(i, 2)

SumIt = SumIt + SouthSep(i, 3)

SumIt = SumIt + SouthDec(i, 2)

SumIt = SumIt + SouthDec(i, 3)

Next i

For i = 1 To 11

$G1 = 1 - R1 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{SouthMarch}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$

If $G1 \geq 0$ And $G1 < 1$ Then $G1 = G1$ Else $G1 = 0$

$G2 = 1 - R2 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{SouthMarch}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$

If $G2 \geq 0$ And $G2 < 1$ Then $G2 = G2$ Else $G2 = 0$

$G12 = (G1 * (\text{GlassData}(n, 8) + \text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8) - (G2 * (\text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8)$

$\text{SumG} = G12 * \text{SouthMarch}(i, 2) + \text{SouthMarch}(i, 3) + \text{SumG}$

$G1 = 1 - R1 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{SouthJune}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$

If $G1 \geq 0$ And $G1 < 1$ Then $G1 = G1$ Else $G1 = 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$G2 = 1 - R2 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{SouthJune}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$

If $G2 \geq 0$ And $G2 < 1$ Then $G2 = G2$ Else $G2 = 0$

$G12 = (G1 * (\text{GlassData}(n, 8) + \text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8) - (G2 * (\text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8)$

$\text{SumG} = G12 * \text{SouthJune}(i, 2) + \text{SouthJune}(i, 3) + \text{SumG}$

$G1 = 1 - R1 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{SouthSep}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$

If $G1 \geq 0$ And $G1 \leq 1$ Then $G1 = G1$ Else $G1 = 0$

$G2 = 1 - R2 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{SouthSep}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$

If $G2 \geq 0$ And $G2 < 1$ Then $G2 = G2$ Else $G2 = 0$

$G12 = (G1 * (\text{GlassData}(n, 8) + \text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8) - (G2 * (\text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8)$

$\text{SumG} = G12 * \text{SouthSep}(i, 2) + \text{SouthSep}(i, 3) + \text{SumG}$

$G1 = 1 - R1 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{SouthDec}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$

If $G1 \geq 0$ And $G1 < 1$ Then $G1 = G1$ Else $G1 = 0$

$G2 = 1 - R2 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{SouthDec}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$

If $G2 \geq 0$ And $G2 < 1$ Then $G2 = G2$ Else $G2 = 0$

$G12 = (G1 * (\text{GlassData}(n, 8) + \text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8) - (G2 * (\text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8)$

$\text{SumG} = G12 * \text{SouthDec}(i, 2) + \text{SouthDec}(i, 3) + \text{SumG}$

Next i

CalSC2 = SumG

Case "East"

AddEastMarchData

AddEastJuneData

AddEastSepData

AddEastDecData

For i = 1 To 11

SumIt = SumIt + EastMarch(i, 2)

SumIt = SumIt + EastMarch(i, 3)

SumIt = SumIt + EastJune(i, 2)

SumIt = SumIt + EastJune(i, 3)

SumIt = SumIt + EastSep(i, 2)

SumIt = SumIt + EastSep(i, 3)

SumIt = SumIt + EastDec(i, 2)

SumIt = SumIt + EastDec(i, 3)

Next i

For i = 1 To 11

$G1 = 1 - R1 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{EastMarch}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$

If $G1 \geq 0$ And $G1 < 1$ Then $G1 = G1$ Else $G1 = 0$

$G2 = 1 - R2 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{EastMarch}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$

If $G2 \geq 0$ And $G2 < 1$ Then $G2 = G2$ Else $G2 = 0$

$G12 = (G1 * (\text{GlassData}(n, 8) + \text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8) - (G2 * (\text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8)$

SumG = $G12 * \text{EastMarch}(i, 2) + \text{EastMarch}(i, 3) + \text{SumG}$

$G1 = 1 - R1 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{EastJune}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$

If $G1 \geq 0$ And $G1 < 1$ Then $G1 = G1$ Else $G1 = 0$

$G2 = 1 - R2 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{EastJune}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$

If $G2 \geq 0$ And $G2 < 1$ Then $G2 = G2$ Else $G2 = 0$

$G12 = (G1 * (\text{GlassData}(n, 8) + \text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8) - (G2 * (\text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8)$

SumG = $G12 * \text{EastJune}(i, 2) + \text{EastJune}(i, 3) + \text{SumG}$

$G1 = 1 - R1 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{EastSep}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$

If $G1 \geq 0$ And $G1 < 1$ Then $G1 = G1$ Else $G1 = 0$

$G2 = 1 - R2 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{EastSep}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$

If $G2 \geq 0$ And $G2 < 1$ Then $G2 = G2$ Else $G2 = 0$

$G12 = (G1 * (\text{GlassData}(n, 8) + \text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8) - (G2 * (\text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8)$

$\text{SumG} = G12 * \text{EastSep}(i, 2) + \text{EastSep}(i, 3) + \text{SumG}$

$G1 = 1 - R1 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{EastDec}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$

If $G1 \geq 0$ And $G1 < 1$ Then $G1 = G1$ Else $G1 = 0$

$G2 = 1 - R2 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{EastDec}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$

If $G2 \geq 0$ And $G2 < 1$ Then $G2 = G2$ Else $G2 = 0$

$G12 = (G1 * (\text{GlassData}(n, 8) + \text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8) - (G2 * (\text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8)$

$\text{SumG} = G12 * \text{EastDec}(i, 2) + \text{EastDec}(i, 3) + \text{SumG}$

Next i

CalSC2 = SumG

Case "West"

AddWestMarchData

AddWestJuneData

AddWestSepData

AddWestDecData

For i = 1 To 11

$\text{SumIt} = \text{SumIt} + \text{WestMarch}(i, 2)$

$\text{SumIt} = \text{SumIt} + \text{WestMarch}(i, 3)$

$\text{SumIt} = \text{SumIt} + \text{WestJune}(i, 2)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SumIt = SumIt + WestJune(i, 3)

SumIt = SumIt + WestSep(i, 2)

SumIt = SumIt + WestSep(i, 3)

SumIt = SumIt + WestDec(i, 2)

SumIt = SumIt + WestDec(i, 3)

Next i

For i = 1 To 11

$G1 = 1 - R1 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{WestMarch}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$

If $G1 \geq 0$ And $G1 < 1$ Then $G1 = G1$ Else $G1 = 0$

$G2 = 1 - R2 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{WestMarch}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$

If $G2 \geq 0$ And $G2 < 1$ Then $G2 = G2$ Else $G2 = 0$

$G12 = (G1 * (\text{GlassData}(n, 8) + \text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8) - (G2 * (\text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8)$

SumG = $G12 * \text{WestMarch}(i, 2) + \text{WestMarch}(i, 3) + \text{SumG}$

$G1 = 1 - R1 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{WestJune}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$

If $G1 \geq 0$ And $G1 < 1$ Then $G1 = G1$ Else $G1 = 0$

$G2 = 1 - R2 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{WestJune}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$

If $G2 \geq 0$ And $G2 < 1$ Then $G2 = G2$ Else $G2 = 0$

$G12 = (G1 * (\text{GlassData}(n, 8) + \text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8) - (G2 * (\text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8)$

SumG = $G12 * \text{WestJune}(i, 2) + \text{WestJune}(i, 3) + \text{SumG}$

$G1 = 1 - R1 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{WestSep}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$

If $G1 \geq 0$ And $G1 < 1$ Then $G1 = G1$ Else $G1 = 0$

$G2 = 1 - R2 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{WestSep}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

If G2 >= 0 And G2 < 1 Then G2 = G2 Else G2 = 0

G12 = (G1 * (GlassData(n, 8) + GlassData(n, 10))) / GlassData(n, 8) - (G2 * (GlassData(n, 10))) / GlassData(n, 8)

SumG = G12 * WestSep(i, 2) + WestSep(i, 3) + SumG

G1 = 1 - R1 * (Cos(Rad(GlassData(n, 7))) * Tan(Rad(WestDec(i, 1))) + Sin(Rad(GlassData(n, 7))))

If G1 >= 0 And G1 < 1 Then G1 = G1 Else G1 = 0

G2 = 1 - R2 * (Cos(Rad(GlassData(n, 7))) * Tan(Rad(WestDec(i, 1))) + Sin(Rad(GlassData(n, 7))))

If G2 >= 0 And G2 < 1 Then G2 = G2 Else G2 = 0

G12 = (G1 * (GlassData(n, 8) + GlassData(n, 10))) / GlassData(n, 8) - (G2 * (GlassData(n, 10))) / GlassData(n, 8)

SumG = G12 * WestDec(i, 2) + WestDec(i, 3) + SumG

Next i

CalSC2 = SumG

Case "NorthEast"

AddNorthEastMarchData

AddNorthEastJuneData

AddNorthEastSepData

AddNorthEastDecData

For i = 1 To 11

SumIt = SumIt + NorthEastMarch(i, 2)

SumIt = SumIt + NorthEastMarch(i, 3)

SumIt = SumIt + NorthEastJune(i, 2)

SumIt = SumIt + NorthEastJune(i, 3)

SumIt = SumIt + NorthEastSep(i, 2)

SumIt = SumIt + NorthEastSep(i, 3)

SumIt = SumIt + NorthEastDec(i, 2)

SumIt = SumIt + NorthEastDec(i, 3)

Next i

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

For i = 1 To 11

$G1 = 1 - R1 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{NorthEastMarch}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$

If $G1 \geq 0$ And $G1 < 1$ Then $G1 = G1$ Else $G1 = 0$

$G2 = 1 - R2 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{NorthEastMarch}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$

If $G2 \geq 0$ And $G2 < 1$ Then $G2 = G2$ Else $G2 = 0$

$G12 = (G1 * (\text{GlassData}(n, 8) + \text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8) - (G2 * (\text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8)$

$\text{SumG} = G12 * \text{NorthEastMarch}(i, 2) + \text{NorthEastMarch}(i, 3) + \text{SumG}$

$G1 = 1 - R1 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{NorthEastJune}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$

If $G1 \geq 0$ And $G1 < 1$ Then $G1 = G1$ Else $G1 = 0$

$G2 = 1 - R2 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{NorthEastJune}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$

If $G2 \geq 0$ And $G2 < 1$ Then $G2 = G2$ Else $G2 = 0$

$G12 = (G1 * (\text{GlassData}(n, 8) + \text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8) - (G2 * (\text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8)$

$\text{SumG} = G12 * \text{NorthEastJune}(i, 2) + \text{NorthEastJune}(i, 3) + \text{SumG}$

$G1 = 1 - R1 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{NorthEastSep}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$

If $G1 \geq 0$ And $G1 < 1$ Then $G1 = G1$ Else $G1 = 0$

$G2 = 1 - R2 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{NorthEastSep}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$

If $G2 \geq 0$ And $G2 < 1$ Then $G2 = G2$ Else $G2 = 0$

$G12 = (G1 * (\text{GlassData}(n, 8) + \text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8) - (G2 * (\text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8)$

$\text{SumG} = G12 * \text{NorthEastSep}(i, 2) + \text{NorthEastSep}(i, 3) + \text{SumG}$

```

G1 = 1 - R1 * (Cos(Rad(GlassData(n, 7))) * Tan(Rad(NorthEastDec(i, 1))) + Sin(Rad
(GlassData(n, 7))))
If G1 >= 0 And G1 < 1 Then G1 = G1 Else G1 = 0
G2 = 1 - R2 * (Cos(Rad(GlassData(n, 7))) * Tan(Rad(NorthEastDec(i, 1))) + Sin(Rad
(GlassData(n, 7))))
If G2 >= 0 And G2 < 1 Then G2 = G2 Else G2 = 0
G12 = (G1 * (GlassData(n, 8) + GlassData(n, 10))) / GlassData(n, 8) - (G2 * (GlassData(n,
10))) / GlassData(n, 8)
SumG = G12 * NorthEastDec(i, 2) + NorthEastDec(i, 3) + SumG

```

```
Next i
```

```
CalISC2 = SumG
```

```
Case "NorthWest"
```

```
AddNorthWestMarchData
```

```
AddNorthWestJuneData
```

```
AddNorthWestSepData
```

```
AddNorthWestDecData
```

```
For i = 1 To 11
```

```
SumIt = SumIt + NorthWestMarch(i, 2)
```

```
SumIt = SumIt + NorthWestMarch(i, 3)
```

```
SumIt = SumIt + NorthWestJune(i, 2)
```

```
SumIt = SumIt + NorthWestJune(i, 3)
```

```
SumIt = SumIt + NorthWestSep(i, 2)
```

```
SumIt = SumIt + NorthWestSep(i, 3)
```

```
SumIt = SumIt + NorthWestDec(i, 2)
```

```
SumIt = SumIt + NorthWestDec(i, 3)
```

```
Next i
```

```
For i = 1 To 11
```

```
G1 = 1 - R1 * (Cos(Rad(GlassData(n, 7))) * Tan(Rad(NorthWestMarch(i, 1))) + Sin(Rad
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

(GlassData(n, 7))))

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

If G1 >= 0 And G1 < 1 Then G1 = G1 Else G1 = 0

G2 = 1 - R2 * (Cos(Rad(GlassData(n, 7))) * Tan(Rad(NorthWestMarch(i, 1))) + Sin(Rad(GlassData(n, 7))))

If G2 >= 0 And G2 < 1 Then G2 = G2 Else G2 = 0

G12 = (G1 * (GlassData(n, 8) + GlassData(n, 10))) / GlassData(n, 8) - (G2 * (GlassData(n, 10))) / GlassData(n, 8)

SumG = G12 * NorthWestMarch(i, 2) + NorthWestMarch(i, 3) + SumG

G1 = 1 - R1 * (Cos(Rad(GlassData(n, 7))) * Tan(Rad(NorthWestJune(i, 1))) + Sin(Rad(GlassData(n, 7))))

If G1 >= 0 And G1 < 1 Then G1 = G1 Else G1 = 0

G2 = 1 - R2 * (Cos(Rad(GlassData(n, 7))) * Tan(Rad(NorthWestJune(i, 1))) + Sin(Rad(GlassData(n, 7))))

If G2 >= 0 And G2 < 1 Then G2 = G2 Else G2 = 0

G12 = (G1 * (GlassData(n, 8) + GlassData(n, 10))) / GlassData(n, 8) - (G2 * (GlassData(n, 10))) / GlassData(n, 8)

SumG = G12 * NorthWestJune(i, 2) + NorthWestJune(i, 3) + SumG

G1 = 1 - R1 * (Cos(Rad(GlassData(n, 7))) * Tan(Rad(NorthWestSep(i, 1))) + Sin(Rad(GlassData(n, 7))))

If G1 >= 0 And G1 < 1 Then G1 = G1 Else G1 = 0

G2 = 1 - R2 * (Cos(Rad(GlassData(n, 7))) * Tan(Rad(NorthWestSep(i, 1))) + Sin(Rad(GlassData(n, 7))))

If G2 >= 0 And G2 < 1 Then G2 = G2 Else G2 = 0

G12 = (G1 * (GlassData(n, 8) + GlassData(n, 10))) / GlassData(n, 8) - (G2 * (GlassData(n, 10))) / GlassData(n, 8)

SumG = G12 * NorthWestSep(i, 2) + NorthWestSep(i, 3) + SumG

G1 = 1 - R1 * (Cos(Rad(GlassData(n, 7))) * Tan(Rad(NorthWestDec(i, 1))) + Sin(Rad(GlassData(n, 7))))

If G1 >= 0 And G1 < 1 Then G1 = G1 Else G1 = 0

G2 = 1 - R2 * (Cos(Rad(GlassData(n, 7))) * Tan(Rad(NorthWestDec(i, 1))) + Sin(Rad(GlassData(n, 7))))

$$G12 = (G1 * (GlassData(n, 8) + GlassData(n, 10))) / GlassData(n, 8) - (G2 * (GlassData(n, 10))) / GlassData(n, 8)$$

$$SumG = G12 * NorthWestDec(i, 2) + NorthWestDec(i, 3) + SumG$$

Next i

CalSC2 = SumG

Case "SouthEast"

AddSouthEastMarchData

AddSouthEastJuneData

AddSouthEastSepData

AddSouthEastDecData

For i = 1 To 11

$$SumIt = SumIt + SouthEastMarch(i, 2)$$

$$SumIt = SumIt + SouthEastMarch(i, 3)$$

$$SumIt = SumIt + SouthEastJune(i, 2)$$

$$SumIt = SumIt + SouthEastJune(i, 3)$$

$$SumIt = SumIt + SouthEastSep(i, 2)$$

$$SumIt = SumIt + SouthEastSep(i, 3)$$

$$SumIt = SumIt + SouthEastDec(i, 2)$$

$$SumIt = SumIt + SouthEastDec(i, 3)$$

Next i

For i = 1 To 11

$$G1 = 1 - R1 * (\text{Cos}(\text{Rad}(GlassData(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{SouthEastMarch}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(GlassData(n, 7))))$$

If G1 >= 0 And G1 < 1 Then G1 = G1 Else G1 = 0

$$G2 = 1 - R2 * (\text{Cos}(\text{Rad}(GlassData(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{SouthEastMarch}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(GlassData(n, 7))))$$

If G2 >= 0 And G2 < 1 Then G2 = G2 Else G2 = 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$G12 = (G1 * (GlassData(n, 8) + GlassData(n, 10))) / GlassData(n, 8) - (G2 * (GlassData(n, 10))) / GlassData(n, 8)$$

$$SumG = G12 * SouthEastMarch(i, 2) + SouthEastMarch(i, 3) + SumG$$

$$G1 = 1 - R1 * (Cos(Rad(GlassData(n, 7))) * Tan(Rad(SouthEastJune(i, 1))) + Sin(Rad(GlassData(n, 7))))$$

$$\text{If } G1 \geq 0 \text{ And } G1 < 1 \text{ Then } G1 = G1 \text{ Else } G1 = 0$$

$$G2 = 1 - R2 * (Cos(Rad(GlassData(n, 7))) * Tan(Rad(SouthEastJune(i, 1))) + Sin(Rad(GlassData(n, 7))))$$

$$\text{If } G2 \geq 0 \text{ And } G2 < 1 \text{ Then } G2 = G2 \text{ Else } G2 = 0$$

$$G12 = (G1 * (GlassData(n, 8) + GlassData(n, 10))) / GlassData(n, 8) - (G2 * (GlassData(n, 10))) / GlassData(n, 8)$$

$$SumG = G12 * SouthEastJune(i, 2) + SouthEastJune(i, 3) + SumG$$

$$G1 = 1 - R1 * (Cos(Rad(GlassData(n, 7))) * Tan(Rad(SouthEastSep(i, 1))) + Sin(Rad(GlassData(n, 7))))$$

$$\text{If } G1 \geq 0 \text{ And } G1 < 1 \text{ Then } G1 = G1 \text{ Else } G1 = 0$$

$$G2 = 1 - R2 * (Cos(Rad(GlassData(n, 7))) * Tan(Rad(SouthEastSep(i, 1))) + Sin(Rad(GlassData(n, 7))))$$

$$\text{If } G2 \geq 0 \text{ And } G2 < 1 \text{ Then } G2 = G2 \text{ Else } G2 = 0$$

$$G12 = (G1 * (GlassData(n, 8) + GlassData(n, 10))) / GlassData(n, 8) - (G2 * (GlassData(n, 10))) / GlassData(n, 8)$$

$$SumG = G12 * SouthEastSep(i, 2) + SouthEastSep(i, 3) + SumG$$

$$G1 = 1 - R1 * (Cos(Rad(GlassData(n, 7))) * Tan(Rad(SouthEastDec(i, 1))) + Sin(Rad(GlassData(n, 7))))$$

$$\text{If } G1 \geq 0 \text{ And } G1 < 1 \text{ Then } G1 = G1 \text{ Else } G1 = 0$$

$$G2 = 1 - R2 * (Cos(Rad(GlassData(n, 7))) * Tan(Rad(SouthEastDec(i, 1))) + Sin(Rad(GlassData(n, 7))))$$

$$\text{If } G2 \geq 0 \text{ And } G2 < 1 \text{ Then } G2 = G2 \text{ Else } G2 = 0$$

$$G12 = (G1 * (GlassData(n, 8) + GlassData(n, 10))) / GlassData(n, 8) - (G2 * (GlassData(n, 10))) / GlassData(n, 8)$$

$$SumG = G12 * SouthEastDec(i, 2) + SouthEastDec(i, 3) + SumG$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Next i

CalSC2 = SumG

Case "SouthWest"

AddSouthWestMarchData

AddSouthWestJuneData

AddSouthWestSepData

AddSouthWestDecData

For i = 1 To 11

SumIt = SumIt + SouthWestMarch(i, 2)

SumIt = SumIt + SouthWestMarch(i, 3)

SumIt = SumIt + SouthWestJune(i, 2)

SumIt = SumIt + SouthWestJune(i, 3)

SumIt = SumIt + SouthWestSep(i, 2)

SumIt = SumIt + SouthWestSep(i, 3)

SumIt = SumIt + SouthWestDec(i, 2)

SumIt = SumIt + SouthWestDec(i, 3)

Next i

For i = 1 To 11

$G1 = 1 - R1 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{SouthWestMarch}(i, 1)))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7)))$

If $G1 \geq 0$ And $G1 < 1$ Then $G1 = G1$ Else $G1 = 0$

$G2 = 1 - R2 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{SouthWestMarch}(i, 1)))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7)))$

If $G2 \geq 0$ And $G2 < 1$ Then $G2 = G2$ Else $G2 = 0$

$G12 = (G1 * (\text{GlassData}(n, 8) + \text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8) - (G2 * (\text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8)$

$\text{SumG} = G12 * \text{SouthWestMarch}(i, 2) + \text{SouthWestMarch}(i, 3) + \text{SumG}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$G1 = 1 - R1 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{SouthWestJune}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$$

If G1 >= 0 And G1 < 1 Then G1 = G1 Else G1 = 0

$$G2 = 1 - R2 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{SouthWestJune}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$$

If G2 >= 0 And G2 < 1 Then G2 = G2 Else G2 = 0

$$G12 = (G1 * (\text{GlassData}(n, 8) + \text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8) - (G2 * (\text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8)$$

$$\text{SumG} = G12 * \text{SouthWestJune}(i, 2) + \text{SouthWestJune}(i, 3) + \text{SumG}$$

$$G1 = 1 - R1 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{SouthWestSep}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$$

If G1 >= 0 And G1 < 1 Then G1 = G1 Else G1 = 0

$$G2 = 1 - R2 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{SouthWestSep}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$$

If G2 >= 0 And G2 < 1 Then G2 = G2 Else G2 = 0

$$G12 = (G1 * (\text{GlassData}(n, 8) + \text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8) - (G2 * (\text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8)$$

$$\text{SumG} = G12 * \text{SouthWestSep}(i, 2) + \text{SouthWestSep}(i, 3) + \text{SumG}$$

$$G1 = 1 - R1 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{SouthWestDec}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$$

If G1 >= 0 And G1 < 1 Then G1 = G1 Else G1 = 0

$$G2 = 1 - R2 * (\text{Cos}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))) * \text{Tan}(\text{Rad}(\text{SouthWestDec}(i, 1))) + \text{Sin}(\text{Rad}(\text{GlassData}(n, 7))))$$

If G2 >= 0 And G2 < 1 Then G2 = G2 Else G2 = 0

$$G12 = (G1 * (\text{GlassData}(n, 8) + \text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8) - (G2 * (\text{GlassData}(n, 10))) / \text{GlassData}(n, 8)$$

$$\text{SumG} = G12 * \text{SouthWestDec}(i, 2) + \text{SouthWestDec}(i, 3) + \text{SumG}$$

Next i

CalISC2 = SumG

End Select

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CalSC2 = CalSC2 / SumIt
```

```
End If
```

```
End Function
```

```
Function CalSC() As Double
```

```
CalSC1
```

```
CalSC2
```

```
CalSC = CalSC1 * CalSC2
```

```
End Function
```

```
Sub MainCalculation()
```

```
SumAreaN = 0
```

```
SumWattN = 0
```

```
SumAreaS = 0
```

```
SumWattS = 0
```

```
SumAreaE = 0
```

```
SumWattE = 0
```

```
SumAreaW = 0
```

```
SumWattW = 0
```

```
SumAreaNE = 0
```

```
SumWattNE = 0
```

```
SumAreaNW = 0
```

```
SumWattNW = 0
```

```
SumAreaSE = 0
```

```
SumWattSE = 0
```

```
SumAreaSW = 0
```

```
SumWattSW = 0
```

```
n = 1
```

```
Do While WallData(n, 1) <> Empty
```

```
    Select Case WallData(n, 1)
```

```
        Case "North"
```

```
            SumAreaN = WallData(n, 2) + SumAreaN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CalWallUw

CheckTDeq

SumWattN = WallData(n, 2) * CalWallUw * CheckTDeq + SumWattN

Case "South"

SumAreaS = WallData(n, 2) + SumAreaS

CalWallUw

CheckTDeq

SumWattS = WallData(n, 2) * CalWallUw * CheckTDeq + SumWattS

Case "East"

SumAreaE = WallData(n, 2) + SumAreaE

CalWallUw

CheckTDeq

SumWattE = WallData(n, 2) * CalWallUw * CheckTDeq + SumWattE

Case "West"

SumAreaW = WallData(n, 2) + SumAreaW

CalWallUw

CheckTDeq

SumWattW = WallData(n, 2) * CalWallUw * CheckTDeq + SumWattW

Case "NorthEast"

SumAreaNE = WallData(n, 2) + SumAreaNE

CalWallUw

CheckTDeq

SumWattNE = WallData(n, 2) * CalWallUw * CheckTDeq + SumWattNE

Case "NorthWest"

SumAreaNW = WallData(n, 2) + SumAreaNW

CalWallUw

CheckTDeq

SumWattNW = WallData(n, 2) * CalWallUw * CheckTDeq + SumWattNW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Case "SouthEast"

SumAreaSE = WallData(n, 2) + SumAreaSE

CalWallUw

CheckTDeq

SumWattSE = WallData(n, 2) * CalWallUw * CheckTDeq + SumWattSE

Case "SouthWest"

SumAreaSW = WallData(n, 2) + SumAreaSW

CalWallUw

CheckTDeq

SumWattSW = WallData(n, 2) * CalWallUw * CheckTDeq + SumWattSW

End Select

n = n + 1

Loop

n = 1

Do While GlassData(n, 1) <> Empty

Select Case GlassData(n, 1)

Case "North"

SumAreaN = GlassData(n, 2) + SumAreaN

CalGlassUf

CalSC

CalSf

SumWattN = GlassData(n, 2) * (CalGlassUf * 5 + CalSC * CalSf) + SumWattN

Case "South"

SumAreaS = GlassData(n, 2) + SumAreaS

CalGlassUf

CalSC

CalSf

SumWattS = GlassData(n, 2) * (CalGlassUf * 5 + CalSC * CalSf) + SumWattS

Case "East"

$$\text{SumAreaE} = \text{GlassData}(n, 2) + \text{SumAreaE}$$

$$\text{CalGlassUf}$$

$$\text{CalSC}$$

$$\text{CalSf}$$

$$\text{SumWattE} = \text{GlassData}(n, 2) * (\text{CalGlassUf} * 5 + \text{CalSC} * \text{CalSf}) + \text{SumWattE}$$

Case "West"

$$\text{SumAreaW} = \text{GlassData}(n, 2) + \text{SumAreaW}$$

$$\text{CalGlassUf}$$

$$\text{CalSC}$$

$$\text{CalSf}$$

$$\text{SumWattW} = \text{GlassData}(n, 2) * (\text{CalGlassUf} * 5 + \text{CalSC} * \text{CalSf}) + \text{SumWattW}$$

Case "NorthEast"

$$\text{SumAreaNE} = \text{GlassData}(n, 2) + \text{SumAreaNE}$$

$$\text{CalGlassUf}$$

$$\text{CalSC}$$

$$\text{CalSf}$$

$$\text{SumWattNE} = \text{GlassData}(n, 2) * (\text{CalGlassUf} * 5 + \text{CalSC} * \text{CalSf}) + \text{SumWattNE}$$

Case "NorthWest"

$$\text{SumAreaNW} = \text{GlassData}(n, 2) + \text{SumAreaNW}$$

$$\text{CalGlassUf}$$

$$\text{CalSC}$$

$$\text{CalSf}$$

$$\text{SumWattNW} = \text{GlassData}(n, 2) * (\text{CalGlassUf} * 5 + \text{CalSC} * \text{CalSf}) + \text{SumWattNW}$$

Case "SouthEast"

$$\text{SumAreaSW} = \text{GlassData}(n, 2) + \text{SumAreaSE}$$

$$\text{CalGlassUf}$$

$$\text{CalSC}$$

$$\text{CalSf}$$

$$\text{SumWattSE} = \text{GlassData}(n, 2) * (\text{CalGlassUf} * 5 + \text{CalSC} * \text{CalSf}) + \text{SumWattSE}$$

Case "SouthWest"

$$\text{SumAreaSW} = \text{GlassData}(n, 2) + \text{SumAreaSW}$$

$$\text{CalGlassUf}$$

$$\text{CalSC}$$

$$\text{CalSf}$$

```
SumWattSW = GlassData(n, 2) * (CalGlassUf * 5 + CalSC * CalSf) + SumWattSW
```

```
End Select
```

```
n = n + 1
```

```
Loop
```

```
frmConclusion.IblAreaN.Caption = Format(SumAreaN, "##,##0.00")
```

```
frmConclusion.IblAreaS.Caption = Format(SumAreaS, "##,##0.00")
```

```
frmConclusion.IblAreaE.Caption = Format(SumAreaE, "##,##0.00")
```

```
frmConclusion.IblAreaW.Caption = Format(SumAreaW, "##,##0.00")
```

```
frmConclusion.IblAreaNE.Caption = Format(SumAreaNE, "##,##0.00")
```

```
frmConclusion.IblAreaSE.Caption = Format(SumAreaSE, "##,##0.00")
```

```
frmConclusion.IblAreaNW.Caption = Format(SumAreaNW, "##,##0.00")
```

```
frmConclusion.IblAreaSW.Caption = Format(SumAreaSW, "##,##0.00")
```

```
If SumAreaN = 0 Then
```

```
    frmConclusion.IblOttvN.Caption = 0
```

```
Else
```

```
    frmConclusion.IblOttvN.Caption = Format(SumWattN / SumAreaN, "##,##0.00")
```

```
End If
```

```
If SumAreaS = 0 Then
```

```
    frmConclusion.IblOttvS.Caption = 0
```

```
Else
```

```
    frmConclusion.IblOttvS.Caption = Format(SumWattS / SumAreaS, "##,##0.00")
```

```
End If
```

```
If SumAreaE = 0 Then
```

```
    frmConclusion.IblOttvE.Caption = 0
```

```
Else
```

```
    frmConclusion.IblOttvE.Caption = Format(SumWattE / SumAreaE, "##,##0.00")
```

```
End If
```

```
If SumAreaW = 0 Then
```

```
    frmConclusion.IblOttvW.Caption = 0
```

```
Else
```

```
    frmConclusion.IblOttvW.Caption = Format(SumWattW / SumAreaW, "##,##0.00")
```

```
End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

If SumAreaNE = 0 Then

frmConclusion.IblOttvNE.Caption = 0

Else

frmConclusion.IblOttvNE.Caption = Format(SumWattNE / SumAreaNE, "##,##0.00")

End If

If SumAreaSE = 0 Then

frmConclusion.IblOttvSE.Caption = 0

Else

frmConclusion.IblOttvSE.Caption = Format(SumWattSE / SumAreaSE, "##,##0.00")

End If

If SumAreaNW = 0 Then

frmConclusion.IblOttvNW.Caption = 0

Else

frmConclusion.IblOttvNW.Caption = Format(SumWattNW / SumAreaNW, "##,##0.00")

End If

If SumAreaSW = 0 Then

frmConclusion.IblOttvSW.Caption = 0

Else

frmConclusion.IblOttvSW.Caption = Format(SumWattSW / SumAreaSW, "##,##0.00")

End If

frmConclusion.txtfinal.Text = (SumWattN + SumWattS + SumWattE + SumWattW + SumWattNE +
SumWattSE + SumWattNW + SumWattSW) / (SumAreaN + SumAreaS + SumAreaE + SumAreaW +
SumAreaNE + SumAreaSE + SumAreaNW + SumAreaSW)

End Sub

Private Sub Form_Load()

cboDirection.AddItem "เหนือ" 'เพิ่มข้อมูลไปที่ DropDown List

cboDirection.AddItem "ใต้"

cboDirection.AddItem "ตะวันออก"

cboDirection.AddItem "ตะวันตก"

cboDirection.AddItem "ตะวันออกเฉียงเหนือ"

cboDirection.AddItem "ตะวันออกเฉียงใต้"

cboDirection.AddItem "ตะวันตกเฉียงเหนือ"

cboDirection.AddItem "ตะวันตกเฉียงใต้"

cboSurface.AddItem "วัสดุที่มีผิวสีสะท้อนแสง"

cboSurface.AddItem "วัสดุที่มีผิวอ่อน"

cboSurface.AddItem "วัสดุที่มีผิวสีปานกลาง"

cboSurface.AddItem "วัสดุที่มีผิวสีค่อนข้างเข้ม"

cboSurface.AddItem "วัสดุที่มีผิวสีเข้ม"

cboWallAngle.AddItem "90"

cboWallAngle.AddItem "85"

cboWallAngle.AddItem "80"

cboWallAngle.AddItem "75"

cboWallAngle.AddItem "70"

cboRadiantFactor.AddItem "สูง"

cboRadiantFactor.AddItem "ต่ำ"

fraWall.Enabled = False 'เปลี่ยนให้ส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องในตอนเริ่มแรกไม่สามารถยุ่งเกี่ยวได้

lblAreaAw.Enabled = False

txtAreaAw.Enabled = False

lblAreaAwUnit.Enabled = False

fraWallTDeq.Enabled = False

lblMass.Enabled = False

txtMass.Enabled = False

lblSurface.Enabled = False

cboSurface.Enabled = False

fraWallMaterial.Enabled = False

lblRadiantFactor.Enabled = False

cboRadiantFactor.Enabled = False

lblGap.Enabled = False

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

optGapNone.Enabled = False

optGapYes.Enabled = False

lblThickGap.Enabled = False

txtThickGap.Enabled = False

lblThickGapUnit.Enabled = False

fraWallK.Enabled = False

lblThickK.Enabled = False

lblThickKUnit.Enabled = False

lstThickK.Enabled = False

lblWallK.Enabled = False

lstWallK.Enabled = False

cmdAddWallK.Enabled = False

cmdClearWallK.Enabled = False

fraGlass.Enabled = False **เริ่มต้นที่เป็นกระจก**

lblAreaAf.Enabled = False

txtAreaAf.Enabled = False

lblAreaAfUnit.Enabled = False

fraGlassSolarFactor.Enabled = False

lblWallAngle.Enabled = False

cboWallAngle.Enabled = False

fraGlassMaterial.Enabled = False

fraGlassFin.Enabled = False

lblGlassK.Enabled = False

lblGlass.Enabled = False

txtGlass.Enabled = False

lblFilm.Enabled = False

txtFilm.Enabled = False

lblGlassKThickness.Enabled = False

txtGlassKThickness.Enabled = False

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

fraFin.Enabled = False
IbIFinAngle.Enabled = False
IbWindowHeight.Enabled = False
IbWindowWidth.Enabled = False
IbWindowDistance.Enabled = False
txtFinAngle.Enabled = False
txtWindowHeight.Enabled = False
txtWindowWidth.Enabled = False
txtWindowDistance.Enabled = False

```

```
k = 1
```

```
End Sub
```

```
Private Sub IstThickK_DbIcClick()
```

```

    IstWallK.RemoveItem ListIndex 'ลบข้อมูลออกจากลิสต์เมื่อ Double Click
    IstThickK.RemoveItem ListIndex

```

```
End Sub
```

```
Private Sub IstWallK_DbIcClick()
```

```

    IstWallK.RemoveItem ListIndex "ลบข้อมูลออกจากลิสต์เมื่อ Double Click
    IstThickK.RemoveItem ListIndex

```

```
End Sub
```

```
Private Sub mnuQuit_Click()
```

```
End
```

```
End Sub
```

```
Private Sub optGapNone_Click()
```

```

    IbIThickGap.Enabled = False 'ส่วนที่ใส่ช่องว่างอากาศเป็น Disable
    txtThickGap.Enabled = False
    IbIThickGapUnit.Enabled = False

```

```
End Sub
```

เอก Private Sub optGapYes_Click() รับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IblThickGap.Enabled = True ส่วนที่ใส่ช่องว่างอากาศเป็น Enabled

txtThickGap.Enabled = True

IblThickGapUnit.Enabled = True

End Sub

Private Sub optGlass_Click()

fraWall.Enabled = False ทำให้ส่วนผนังที่ทำงานไม่ได้

IblAreaAw.Enabled = False

txtAreaAw.Enabled = False

IblAreaAwUnit.Enabled = False

fraWallTDeq.Enabled = False

IblMass.Enabled = False

txtMass.Enabled = False

IblSurface.Enabled = False

cboSurface.Enabled = False

fraWallMaterial.Enabled = False

IblRadiantFactor.Enabled = False

cboRadiantFactor.Enabled = False

IblGap.Enabled = False

optGapNone.Enabled = False

optGapYes.Enabled = False

IblThickGap.Enabled = False

txtThickGap.Enabled = False

IblThickGapUnit.Enabled = False

fraWallK.Enabled = False

IblThickK.Enabled = False

IblThickKUnit.Enabled = False

IstThickK.Enabled = False

IblWallK.Enabled = False

IstWallK.Enabled = False

cmdAddWallK.Enabled = False

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสำนักงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
cmdClearWallK.Enabled = False
```

```
fraGlass.Enabled = True 'ทำให้ส่วนผนังกระจกทำงานได้
```

```
lblAreaAf.Enabled = True
```

```
txtAreaAf.Enabled = True
```

```
lblAreaAfUnit.Enabled = True
```

```
fraGlassSolarFactor.Enabled = True
```

```
lblWallAngle.Enabled = True
```

```
cboWallAngle.Enabled = True
```

```
fraGlassMaterial.Enabled = True
```

```
fraGlassFin.Enabled = True
```

```
lblGlassK.Enabled = True
```

```
lblGlass.Enabled = True
```

```
txtGlass.Enabled = True
```

```
lblFilm.Enabled = True
```

```
txtFilm.Enabled = True
```

```
lblGlassKThickness.Enabled = True
```

```
txtGlassKThickness.Enabled = True
```

```
fraFin.Enabled = True
```

```
lblFinAngle.Enabled = True
```

```
lblWindowHeight.Enabled = True
```

```
lblWindowWidth.Enabled = True
```

```
lblWindowDistance.Enabled = True
```

```
txtFinAngle.Enabled = True
```

```
txtWindowHeight.Enabled = True
```

```
txtWindowWidth.Enabled = True
```

```
txtWindowDistance.Enabled = True
```

```
End Sub
```

```
Private Sub optWall_Click()
```

```
fraGlass.Enabled = False 'ทำให้ส่วนผนังกระจกทำงานไม่ได้' นั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
```

IblAreaAf.Enabled = False

txtAreaAf.Enabled = False

IblAreaAfUnit.Enabled = False

fraGlassSolarFactor.Enabled = False

IblWallAngle.Enabled = False

cboWallAngle.Enabled = False

fraGlassMaterial.Enabled = False

fraGlassFin.Enabled = False

IblGlassK.Enabled = False

IblGlass.Enabled = False

txtGlass.Enabled = False

IblFilm.Enabled = False

txtFilm.Enabled = False

IblGlassKThickness.Enabled = False

txtGlassKThickness.Enabled = False

fraFin.Enabled = False

IblFinAngle.Enabled = False

IblWindowHeight.Enabled = False

IblWindowWidth.Enabled = False

IblWindowDistance.Enabled = False

txtFinAngle.Enabled = False

txtWindowHeight.Enabled = False

txtWindowWidth.Enabled = False

txtWindowDistance.Enabled = False

fraWall.Enabled = True **ทำให้ส่วนผนังที่ทำงานได้**

IblAreaAw.Enabled = True

txtAreaAw.Enabled = True

IblAreaAwUnit.Enabled = True

fraWallTDeq.Enabled = True

lblMass.Enabled = True

txtMass.Enabled = True

lblSurface.Enabled = True

cboSurface.Enabled = True

fraWallMaterial.Enabled = True

lblRadiantFactor.Enabled = True

cboRadiantFactor.Enabled = True

lblGap.Enabled = True

optGapNone.Enabled = True

optGapYes.Enabled = True

lblThickGap.Enabled = True

txtThickGap.Enabled = True

lblThickGapUnit.Enabled = True

fraWallK.Enabled = True

lblThickK.Enabled = True

lblThickKUnit.Enabled = True

lstThickK.Enabled = True

lblWallK.Enabled = True

lstWallK.Enabled = True

cmdAddWallK.Enabled = True

cmdClearWallK.Enabled = True

End Sub

ภาคผนวก ค พระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุม

พระราชกฤษฎีกา กำหนดโรงงานควบคุม พ.ศ. 2540

(พระปรมาภิไธย) ภูมิพลอดุลยเดช พร.

ให้ไว้ ณ วันที่ 10 มีนาคม พ.ศ. 2540

เป็นปีที่ 52 ในรัชกาลปัจจุบัน

พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดชมีพระบรมราชโองการโปรดเกล้าฯ ให้
ประกาศว่า

โดยที่เป็นการสมควรกำหนดโรงงานบางประเภทให้เป็นโรงงานควบคุม เพื่อประโยชน์ในการ
อนุรักษ์พลังงาน

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 178 ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติม
โดยรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 5) พุทธศักราช 2538 และมาตรา 8
วรรคหนึ่งแห่งพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 จึงทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ
ให้ตราพระราชกฤษฎีกาขึ้นไว้ ดังต่อไปนี้

มาตรา 1 พระราชกฤษฎีกานี้เรียกว่า "พระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุม พ.ศ. 2540"

มาตรา 2 พระราชกฤษฎีกานี้ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนดหนึ่งร้อยยี่สิบวันนับแต่วันประกาศ
ในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

มาตรา 3 ให้โรงงานที่มีการใช้พลังงานดังต่อไปนี้เป็นโรงงานควบคุม

1. โรงงานเดียวหรือหลายโรงงานภายใต้เลขที่บ้านเดียวกันที่ได้รับอนุมัติจากผู้จำหน่ายพลังงานให้ใช้เครื่องวัดไฟฟ้า หรือให้ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าชุดเดียวหรือหลายชุดรวมกันมีขนาดตั้งแต่หนึ่งหมื่นกิโลวัตต์ หรือหนึ่งหมื่นหนึ่งพันเจ็ดร้อยห้าสิบกิโลวัตต์แอมแปร์ขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โรงงานเดี่ยวหรือหลายโรงงานภายใต้เลขที่บ้านเดียวกันที่ใช้ไฟฟ้าจากระบบของผู้จำหน่ายพลังงาน ความร้อนจากไอน้ำจากผู้จำหน่ายพลังงาน หรือพลังงานสิ้นเปลืองอื่นจากผู้จำหน่ายพลังงานหรือของตนเอง อย่างหนึ่งอย่างใดหรือรวมกันตั้งแต่วันที่ 1 มกราคมถึงวันที่ 31 ธันวาคมของปีที่ผ่านมา มีปริมาณพลังงานทั้งหมดเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่สองร้อยล้านเมกะจูลขึ้นไป

มาตรา 4 เมื่อพ้นกำหนดหนึ่งปีนับแต่วันที่พระราชกฤษฎีกานี้มีผลใช้บังคับ ให้โรงงานที่มีการใช้พลังงานดังต่อไปนี้ เป็นโรงงานควบคุมเพิ่มเติมจากที่กำหนดตามมาตรา 3

(1) โรงงานตามมาตรา 3(1) ที่มีขนาดตั้งแต่สามพันกิโลวัตต์แต่ไม่ถึงหนึ่งหมื่นกิโลวัตต์ หรือตั้งแต่สามพันห้าร้อยสามสิบกิโลวัตต์แอมแปร์แต่ไม่ถึงหนึ่งหมื่นหนึ่งพันเจ็ดร้อยห้าสิบกิโลวัตต์แอมแปร์

(2) โรงงานตามมาตรา 3(2) ที่มีปริมาณพลังงานทั้งหมดเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่หกสิบล้านเมกะจูลแต่ไม่ถึงสองร้อยล้านเมกะจูล

มาตรา 5 เมื่อพ้นกำหนดสองปีนับแต่วันที่พระราชกฤษฎีกานี้มีผลใช้บังคับ ให้โรงงานที่มีการใช้พลังงานดังต่อไปนี้ เป็นโรงงานควบคุมเพิ่มเติมจากที่กำหนดตามมาตรา 3 และ มาตรา 4

(1) โรงงานตามมาตรา 3(1) ที่มีขนาดตั้งแต่สองพันกิโลวัตต์แต่ไม่ถึงสามพันกิโลวัตต์ หรือตั้งแต่สองพันสามร้อยห้าสิบกิโลวัตต์แอมแปร์แต่ไม่ถึงสามพันห้าร้อยสามสิบกิโลวัตต์แอมแปร์

(2) โรงงานตามมาตรา 3(2) ที่มีปริมาณพลังงานทั้งหมดเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่สี่สิบล้านเมกะจูลแต่ไม่ถึงหกสิบล้านเมกะจูล

มาตรา 6 เมื่อพ้นกำหนดสามปีนับแต่วันที่พระราชกฤษฎีกานี้มีผลใช้บังคับ ให้โรงงานที่มีการใช้พลังงานดังต่อไปนี้ เป็นโรงงานควบคุมเพิ่มเติมจากที่กำหนดตามมาตรา 3 มาตรา 4 และ มาตรา 5

(1) โรงงานตามมาตรา 3(1) ที่มีขนาดตั้งแต่หนึ่งพันกิโลวัตต์แต่ไม่ถึงสองพันกิโลวัตต์ หรือตั้งแต่หนึ่งพันหนึ่งร้อยเจ็ดสิบกิโลวัตต์แอมแปร์แต่ไม่ถึงสองพันสามร้อยห้าสิบกิโลวัตต์แอมแปร์

(2) โรงงานตามมาตรา 3 ที่มีปริมาณพลังงานทั้งหมดเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่สี่สิบล้านเมกะจูลแต่ไม่ถึงสี่สิบล้านเมกะจูล

มาตรา 7 การคำนวณปริมาณการใช้พลังงานตามมาตรา 3(2) มาตรา 4(2) มาตรา 5(2) และมาตรา 6(2) ให้คำนวณเป็นหน่วยเมกะจูลตามหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

(1) กรณีไฟฟ้า ให้คำนวณปริมาณการใช้ไฟฟ้าเป็นหน่วยกิโลวัตต์ชั่วโมงแล้วคูณด้วย 3.60

(2) กรณีความร้อนจากไอน้ำ ให้คำนวณปริมาณความร้อนจากไอน้ำเป็นพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่า โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$E_s = (h_s - h_w) \times S \times e_{ff}$$

โดย E_s หมายถึง ปริมาณความร้อนจากไอน้ำเป็นพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่าหน่วยเป็นเมกะจูล/ปี

h_s หมายถึง ค่า Enthalpy ของไอน้ำที่ใช้ หน่วยเป็น เมกะจูล/ตัน จากตารางไอน้ำ (steam table) ทั่วไป

h_w หมายถึง ค่า Enthalpy ของน้ำอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส และความดันที่บรรยากาศ ในที่นี้ให้ใช้ค่าเท่ากับ 113 เมกะจูล/ตัน

S หมายถึง ปริมาณไอน้ำที่ใช้ หน่วยเป็น ตัน/ปี ดูจากเครื่องวันปริมาณไอน้ำของโรงงานควบคุม

e_{ff} หมายถึง ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่า ในที่นี้ให้ใช้ค่า 0.45

(3) กรณีพลังงานสิ้นเปลืองอื่น ให้คำนวณปริมาณความร้อนจากพลังงานสิ้นเปลืองอื่นเป็นพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่า โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$E_r = F \times HHV \times e_{ff}$$

โดย E_r หมายถึง ปริมาณความร้อนจากพลังงานสิ้นเปลืองอื่นเป็นปริมาณพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่า หน่วยเป็น เมกะจูล/ปี

F หมายถึง ปริมาณการใช้พลังงานสิ้นเปลือง หน่วยเป็น หน่วยน้ำหนัก หรือ ปริมาตรต่อปี

HHV หมายถึง ค่าความร้อนสูง (higher heating value) ของพลังงานสิ้นเปลืองที่ใช้ หน่วยเป็น เมกะจูล/หน่วยน้ำหนักหรือปริมาตร

e_{ff} หมายถึง ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่า ในที่นี้ให้ใช้ค่า 0.45

ในกรณีไม่มีค่าความร้อนสูงจากผู้จำหน่าย ให้ใช้ค่าความร้อนเฉลี่ยที่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานกำหนด

มาตรา 8 โรงงานใดที่กำหนดให้เป็นโรงงานควบคุมตามพระราชกฤษฎีกานี้แล้ว มิให้นำบทบัญญัติว่าด้วยการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุมมาใช้กับโรงงานดังกล่าว

มาตรา 9 ให้รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม รักษาการตามพระราชกฤษฎีกานี้

ประกาศใช้ราชกิจจานุเบกษา ฉบับกฤษฎีกา เล่ม 114 ตอนที่ 6 ก ลงวันที่ 19 มีนาคม 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กฎกระทรวง
ฉบับที่ 5 (พ.ศ. 2540)

ออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 6 วรรคสอง มาตรา 11(2) และ (3) แห่งพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม โดยคำแนะนำของคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ ออกกฎกระทรวงไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ในกฎกระทรวงนี้

“โรงงานควบคุม” หมายความว่า โรงงานที่มีพระราชกฤษฎีกากำหนดให้เป็นโรงงานควบคุมตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

“เจ้าของโรงงานควบคุม” หมายรวมถึง ผู้รับผิดชอบในการบริหารโรงงานควบคุมด้วย

หมวด 1
การส่งข้อมูล

ข้อ 2 เจ้าของโรงงานควบคุมต้องส่งข้อมูลเกี่ยวกับการผลิต การใช้พลังงาน และการอนุรักษ์พลังงานให้แก่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมตามแบบ บพร.1 ทำกฎกระทรวงนี้

ข้อ 3 ให้ส่งข้อมูลรายเดือนของเดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายนภายในเดือนกรกฎาคมของปีนั้น และข้อมูลรายเดือนของเดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคมภายในเดือนมกราคมของปีถัดไป โดยมีผู้รับผิดชอบด้านพลังงานเป็นผู้ลงนามรับรองความถูกต้องของข้อมูลดังกล่าว

ถ้าส่งข้อมูลตามวรรคหนึ่งทางไปรษณีย์ ให้ส่งโดยทางไปรษณีย์ลงทะเบียนตอบรับและให้ถือวันที่ลงทะเบียนเป็นวันที่ส่งข้อมูล สำหรับการส่งข้อมูลทางโทรสารให้ถือวันที่ส่งโทรสารเป็นวันที่ส่งข้อมูล ถ้าต่อมาเจ้าของโรงงานควบคุมได้ส่งแบบส่งข้อมูล (แบบ บพร.1) ฉบับจริงภายในเจ็ดวันนับแต่วันครบกำหนดการส่งข้อมูลตามวรรคหนึ่ง

หมวด 2
การบันทึกข้อมูล

ข้อ 4 เจ้าของโรงงานควบคุมต้องจัดให้มีการบันทึกข้อมูลการผลิต การใช้พลังงาน การติดตั้งหรือเปลี่ยนแปลงเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีผลต่อการใช้พลังงานและการใช้พลังงานและการอนุรักษ์พลังงาน ตามแบบ บพร. 2 ท้ายกฎกระทรวงนี้

ข้อ 5 การบันทึกข้อมูลให้บันทึกเป็นรายเดือน โดยมีผู้รับผิดชอบด้านพลังงานเป็นผู้ลงนามรับรองความถูกต้องของข้อมูลดังกล่าวของแต่ละเดือน

ให้ไว้ ณ วันที่

พ.ศ. 2540

ยิ่งพันธ์ มนะสิการ

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์

เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กฎกระทรวง
ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2540)
ออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 6 วรรคสอง และมาตรา 11(4) และ (5) แห่งพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม โดยคำแนะนำของคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติออกกฎกระทรวงไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ในกฎกระทรวงนี้

“โรงงานควบคุม” หมายความว่า โรงงานที่มีพระราชกฤษฎีกากำหนดให้เป็นโรงงานควบคุมตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

“เจ้าของโรงงานควบคุม” หมายความว่า ผู้รับผิดชอบในการบริหารโรงงานควบคุมด้วย

หมวด 1

การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน

ข้อ 2 เจ้าของโรงงานควบคุมต้องดำเนินการกำหนดเป้าหมาย และแผนอนุรักษ์พลังงานและดำเนินการอนุรักษ์พลังงานให้เป็นไปตามแผนและเป้าหมาย

ข้อ 3 ในการกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานตามข้อ 2 เจ้าของโรงงานควบคุมต้องดำเนินการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเพื่อใช้ประกอบในการกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน โดยให้ดำเนินการดังต่อไปนี้

(1) ดำเนินการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้นตามรายละเอียดในภาคผนวก 1 และจัดทำรายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้นตามแบบที่กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมประกาศกำหนด เพื่อจัดส่งให้แก่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานทุกสามปีนับแต่วันที่กฎกระทรวงนี้มีผลใช้บังคับ

(2) ดำเนินการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยละเอียดตามรายละเอียดในภาคผนวก 2 และจัดทำรายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยละเอียดตามแบบที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมประกาศกำหนด เพื่อจัดส่งให้แก่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานทุกสามปี โดยครั้งแรกให้ดำเนินการและจัดส่งภายในหกเดือนหลังจากการจัดส่งรายงานตาม (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) นำผลการตรวจสอบและวิเคราะห์ตาม (1) และ (2) มากำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานและจัดทำรายงานตามรายละเอียดในภาคผนวก 3 ส่งให้แก่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานให้ความเห็นชอบทุก 3 ปี โดยครั้งแรกให้จัดส่งรายงานภายในหกเดือนหลังจากการจัดส่งรายงานตาม (2)

ข้อ 4 ในการกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน เจ้าของโรงงานควบคุมต้องมอบหมายให้ที่ปรึกษาด้านการอนุรักษ์พลังงานที่ได้ขึ้นทะเบียนไว้กับกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานเป็นผู้ช่วยดำเนินการให้

ข้อ 5 ในการดำเนินการตามข้อ 3(2) หากมีความจำเป็นต้องติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดและบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานโดยละเอียด เจ้าของโรงงานควบคุมอาจยื่นขอขยายเวลาในการดำเนินการและการจัดส่งรายงานออกไปได้เป็นระยะเวลาไม่เกินหนึ่งเดือน ทั้งนี้ เพื่อติดตั้งเครื่องมือดังกล่าว

ข้อ 6 ในกรณีที่เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ของโรงงานควบคุมจำเป็นต้องหยุดทำงานชั่วคราวในช่วงที่ที่ปรึกษาด้านการอนุรักษ์พลังงานจะต้องทำการตรวจสอบ เจ้าของโรงงานควบคุมอาจขอขยายระยะเวลาการดำเนินการหรือของการตรวจสอบเครื่องจักรหรืออุปกรณ์นั้นต่อกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานได้

การยื่นคำขอตามวรรคหนึ่งต้องยื่นล่วงหน้าไม่น้อยกว่าสามเดือนก่อนครบกำหนดระยะเวลาตามข้อ 3(1) หรือ (2) แล้วแต่กรณี

การอนุมัติให้ขยายระยะเวลาให้เป็นอำนาจของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานหรือผู้ซึ่งกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานมอบหมายสั่งได้ในกรณีที่เห็นว่าจะไม่กระทบต่อการกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานและจะกำหนดเงื่อนไขให้มีการตรวจสอบเครื่องจักรหรืออุปกรณ์นั้นในระยะเวลาอื่นก็ได้

ข้อ 7 เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ใช้เฉพาะในเวลาฉุกเฉินหรือที่ใช้สำหรับการวิจัยพัฒนาโดยเฉพาะ ให้ได้รับยกเว้นจากการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงาน แต่ให้ระบุลักษณะการใช้พลังงานไว้ในรายงานด้วย

หมวด 2

การตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน

ข้อ 8 ให้เจ้าของโรงงานควบคุมทำการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานที่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานให้ความเห็นชอบแล้ว และจัดทำรายงานตามรายละเอียดในภาคผนวก 4 ทุกหนึ่งปี โดยครั้งแรกให้ดำเนินการจัดส่งรายงานภายในหกเดือนหลักจากแผนอนุรักษ์พลังงานได้รับความเห็นชอบ เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้เจ้าของโรงงานควบคุมให้ความร่วมมือแก่เจ้าหน้าที่ที่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานจัดส่งไปทำการตรวจสอบความก้าวหน้าในการลงทุนดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงานตามสมควร

ข้อ 9 ในการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานให้เจ้าของโรงงานควบคุมดำเนินการให้ถูกต้องตามระบบและวิธีการที่ยอมรับตามมาตรฐานสากล และให้นำความในข้อ 4 มาใช้บังคับโดยอนุโลม

ให้ ณ วันที่

พ.ศ. 2540

ยิ่งพันธ์ มนะสิการ

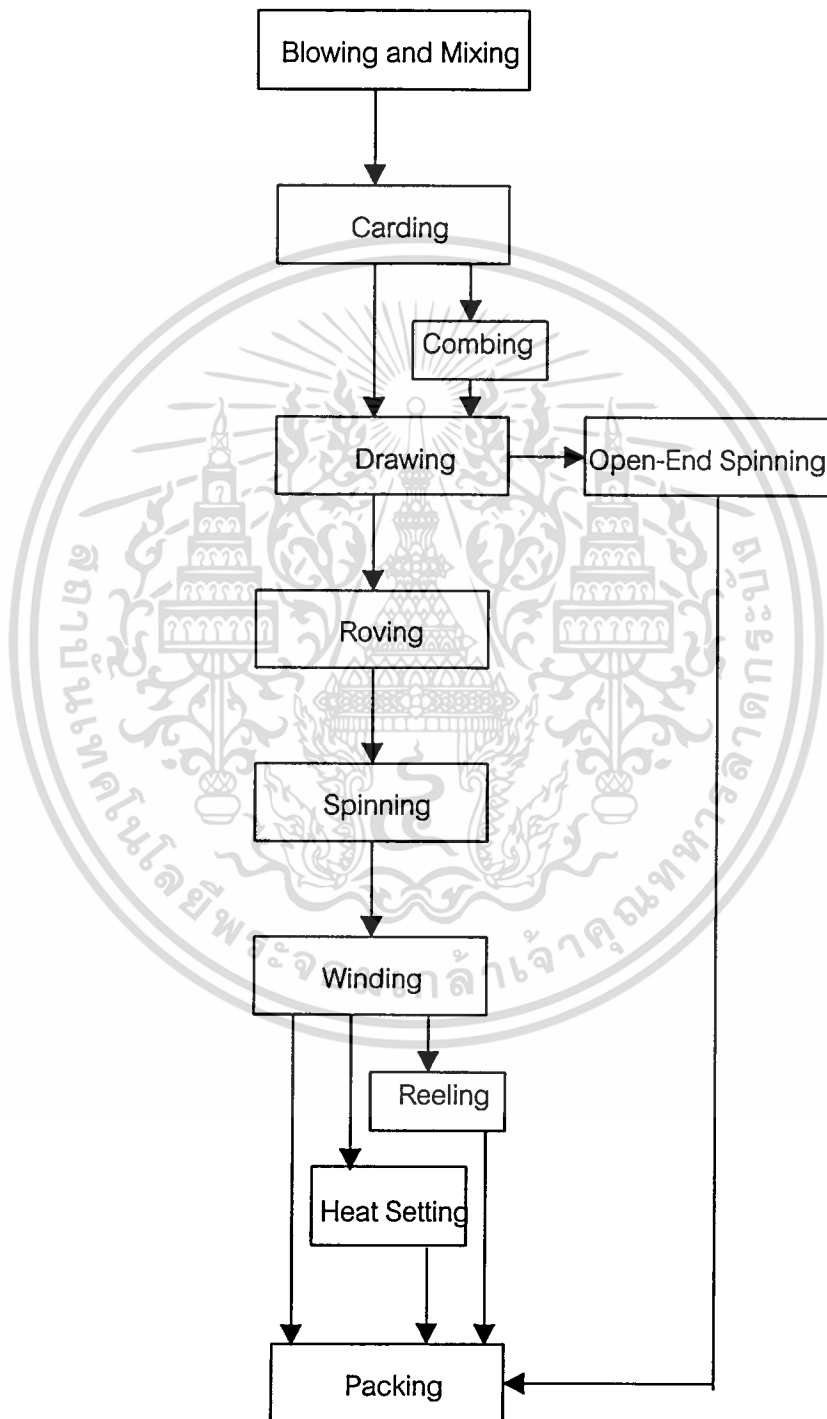
รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์

เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.
กระบวนการปั่นด้าย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. กระบวนการเป่าและผสม (BLOWING AND MIXING PROCESS)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้เส้นใยที่อัดมาในท่อนี้ได้คลายตัวออกและอยู่ในสภาพปกติ
2. เพื่อผสมเส้นใยต่างชนิดกัน ให้มีคุณภาพของเส้นใยตามต้องการ
3. เพื่อทำฟู (tuft) ของเส้นใย ให้แตกออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ ทำให้แยกวัสดุเจือปนที่ติดมากับเส้นใยได้สะดวก หรือแยกเส้นใยสั้น ๆ ออกจัดเส้นใยเหล่านี้ให้รวมตัวกันเป็นแผ่นหนาเหมือนม้วนสำลี เรียกว่า LAP

2. กระบวนการสาวใย (CARDING PROCESS)

วัตถุประสงค์

เพื่อนำ LAP มาสาวใยเอาวัสดุเจือปนและเส้นใยออก จัดทำให้เส้นใยเรียบและขนานกันให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ฝ้ายจะออกมาเป็นเส้นยาว เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 50 เซนติเมตร และมีควบคุมความยาวต่อหน่วยน้ำหนัก (Length Per Unit Weight)

3. กระบวนการหวี (COMBING PROCESS)

วัตถุประสงค์

เพื่อยืดเส้นใย Sliver ให้เหยียดตรงเรียงขนานกัน และจัดเส้นใยสั้น ๆ ออก เส้นใยที่ผ่านกระบวนการหวี เรียกว่า ด้ายหวี (combed Yarn) ส่วนเส้นใยที่ไม่ผ่านกระบวนการหวี เรียกว่า ด้ายสาว (Carded Yarn)

4. กระบวนการรีดเส้นใย (DRAWING PROCESS)

วัตถุประสงค์

เพื่อรีดเส้นใยที่ผ่านกระบวนการสาวใย เพื่อให้เส้นใยมีขนาดสม่ำเสมอเรียงตัวขนานกันยิ่งขึ้น และควบคุมเส้นใย 6-8 เส้นเข้าด้วยกัน แล้วดึงให้ยืดออกซ้ำ ๆ กัน 3 ครั้ง เพื่อให้เส้นใยเสมอกันยิ่งขึ้น เรียกว่า Sliver

5. กระบวนการรีดเพื่อจัดขนาด (ROVING PROCESS)

วัตถุประสงค์

เพื่อรีดจัดขนาดเส้นใย เพราะว่าเส้นใยที่ผ่านกระบวนการรีดเส้นใยใหญ่เกินไปที่จะป้อนเข้าเครื่องตีเกลียวโดยตรง ดังนั้นจะต้องผ่านกระบวนการรีดเพื่อวัดขนาดให้เล็กลงและตีเกลียว เพื่อให้เส้นใยมีความแข็งแรง ด้ายจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.2 เซนติเมตร เรียกว่า ด้ายหยาบ (Course Yarn)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. กระบวนการปั่น (SPINNING PROCESS)

วัตถุประสงค์

เพื่อดึง รีด จัดขนาดเส้นด้าย ตีเกลียว และม้วนเข้าหลอด โดยนำด้ายที่ผ่านกระบวนการรีด เพื่อจัดขนาด บ้อนเข้าไปในลูกรีด ผ่านแกนส่งด้าย ด้ายจะหมุนรอบวงแหวนกรอด้ายไปรอบ ๆ แกนพลาสติก (Bobbin) ซึ่งหมุนด้วยความเร็วประมาณ 10000 รอบต่อนาทีและเคลื่อนที่ขึ้นลงอย่างช้า ๆ เพื่อกรอด้ายเข้าจนเต็มหลอด ผลผลิตที่ด้ายเรียกว่า ด้าย (Yarn)

7. กระบวนการกรอด้าย (WINDING PROCESS)

วัตถุประสงค์

เพื่อนำด้ายจากกระบวนการปั่น มากรอเข้าหลอดด้ายใหญ่ทรงกระบอก เรียกว่า Cheese ถ้าเป็นหลอดด้ายทรงกรวย เรียกว่า Cone โดยมีเครื่องตรวจเส้นผ่าศูนย์กลางของด้ายให้สม่ำเสมอ ถ้าเป็นปมจะถูกตัดต่อโดยอัตโนมัติ ผลผลิตที่ได้พร้อมจะจำหน่ายให้ลูกค้า มีบางส่วนจะแยกไปอบด้วยไอน้ำเพื่อคุณภาพของเส้นด้าย และบางส่วนแยกไปผ่านกระบวนการทำด้ายเข็ดตามที่ลูกค้าต้องการ

8. กระบวนการอบด้าย (HEAT SETTING PROCESS)

วัตถุประสงค์

เพื่อคุณภาพของ เส้นด้ายและการเก็บรักษา โดยใช้ไอน้ำอบพร้อมกับเติมสารเคมีภายในเครื่องอบ ผลผลิตที่ได้พร้อมที่จะจำหน่าย

9. กระบวนการทำด้ายเข็ด (REELING PROCESS)

วัตถุประสงค์

เพื่อนำด้ายที่ผ่านกระบวนการกรอมาแล้ว มาทำเป็นขดโดยใช้ระวิน 6 เหลี่ยม ใช้สำหรับเตรียมเข็ดเพื่อฟอกขาว ย้อมสี หรือชุบมัน ด้ายในเข็ดจะถูกแบ่งเป็นใจ เพื่อป้องกันมิให้ด้ายพันกัน

10. กระบวนการปั่นด้ายระบบปลายเปิด (OPEN - END SPINNING PROCESS)

วัตถุประสงค์

เพื่อปั่นด้ายที่ผ่านกระบวนการรีดเส้นใย ตามข้อ 4 ให้ออกมาเป็นด้าย พร้อมกับกรอเข้าหลอดทรงกระบอกที่เรียกว่า Cheese เหมือนผลผลิตที่ผ่านกระบวนการกรอด้าย ตามข้อ 7 และจำหน่ายให้ลูกค้าได้เลย โดยปั่นที่ความเร็วรอบสูงกว่า 18,000 รอบต่อนาที เส้นใยที่บ้อนเข้าไปจะวิ่งเข้าไปจัดต่อกันกับเส้นด้ายที่เรียบร้อยแล้วและตีเกลียวไปพร้อม ๆ กัน



189

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้จะสำเร็จลงไม่ได้ หากไม่ได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจากบุคคล
หลายๆ ท่าน ตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นจนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ

รศ.มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ขอขอบคุณ

คุณ พงศ์พัฒน์ มั่งคั่ง หัวหน้าฝ่ายบริการอนุรักษ์พลังงาน สำนักกำกับและ
อนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน

นายชวน ศศิวงศ์ภักดี

นายณัฐพงษ์ เอกวินัย

นายดนุชพงศ์ เศวตศิลา

นายสมาน รักปัญญา

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้