

การประหยัด พลังงาน (Energy Conservation)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติ สถาพรประสาธน์
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ชื่อหนังสือ การประหยัดพลังงาน (Energy Conservation)

ผู้เขียน : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติ สถาพรประสาธน์
พิมพ์ครั้งแรก : มกราคม 2565
จำนวน : 100 เล่ม
จัดทำโดย : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติ สถาพรประสาธน์
ราคา : 350 บาท

ข้อมูลบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

กิตติ สถาพรประสาธน์.

การประหยัดพลังงาน = Energy Conservation.-- ปทุมธานี : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัย
ธรรมศาสตร์, 2565.

224 หน้า.

1. พลังงาน. 2. พลังงานไฟฟ้า. I. ชื่อเรื่อง.

333.79

ISBN 978-616-590-573-2

พิมพ์ที่: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, พ.ศ. 2565
โทรศัพท์ 0-2564-3104 ถึง 6
โทรสาร 0-2564-3119
<http://www.thammasatprintinghouse.com>

คำนำ

ตำราเล่มนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนวิชา ME 477 การประหยัดพลังงาน (Energy Conservation) ซึ่งเป็นรายวิชาทฤษฎีในหมวดวิชาเลือกเฉพาะ ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2560) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โดยมีรายละเอียดของวิชาตามที่กำหนดไว้ในเล่มหลักสูตรได้แก่ สถานการณ์ด้านพลังงาน การประหยัดพลังงานในครัวเรือน การประหยัดพลังงานในอุตสาหกรรมด้านพลังงานไฟฟ้า และ รูปแบบของพลังงาน ซึ่งเนื้อหาของตำราเล่มนี้ได้จัดทำขึ้นครอบคลุมเนื้อหาตามรายละเอียดของวิชาดังกล่าว และได้เพิ่มเติมในส่วนของขั้นตอนการปฏิบัติตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ระบบการจัดการพลังงานและการตรวจประเมิน การวิเคราะห์และติดตามค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน การกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นแนวทางในการกำหนดมาตรการการประหยัดพลังงานในระบบต่างๆ ได้ ผู้เขียนขอขอบคุณครอบครัวและเพื่อนๆ ที่ให้กำลังใจในการจัดทำตำราเล่มนี้ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าตำราเล่มนี้จะมีประโยชน์ต่อผู้ที่มีความสนใจเกี่ยวกับการประหยัดพลังงาน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติ สถาพรประสาธน์
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 รูปแบบของพลังงาน	1
1.1 บทนำ	1
1.2 พลังงานหมุนเวียน	3
1.3 พลังงานสิ้นเปลือง	18
1.4 แบบฝึกหัด	21
1.5 เอกสารอ้างอิง	22
 บทที่ 2 สถานการณ์ด้านพลังงาน	 24
2.1 สถานการณ์ด้านพลังงานของโลก	24
2.2 สถานการณ์ด้านพลังงานของประเทศไทย	28
2.3 ผลกระทบของสิ่งแวดล้อมจากการใช้พลังงาน	30
2.4 แบบฝึกหัด	32
2.5 เอกสารอ้างอิง	32
 บทที่ 3 ประวัติของการอนุรักษ์พลังงานในประเทศไทย	 33
3.1 ความสำคัญและความเป็นมา	33
3.2 สาระสำคัญของพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน	34
3.3 โครงสร้างกฎหมายตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน	41
3.4 แบบฝึกหัด	45
3.5 เอกสารอ้างอิง	46
 บทที่ 4 ระบบการจัดการพลังงานและการตรวจประเมิน	 47
4.1 ระบบการจัดการพลังงาน	47
4.2 การตรวจประเมินระบบการจัดการพลังงาน	63
4.3 แบบฝึกหัด	75
4.4 เอกสารอ้างอิง	75

	หน้า
บทที่ 5 การวิเคราะห์และติดตามค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน	76
5.1 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน	76
5.2 การจัดทำสมการพลังงาน	77
5.3 ตัวอย่างการวิเคราะห์สมการพลังงาน	78
5.4 แบบฝึกหัด	85
5.5 เอกสารอ้างอิง	86
บทที่ 6 การกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน	87
6.1 การวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูล	87
6.2 ประโยชน์ที่ได้จากการกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน	93
6.3 แบบฝึกหัด	95
6.4 เอกสารอ้างอิง	96
บทที่ 7 แนวทางการประหยัดพลังงานในครัวเรือน	97
7.1 การปรับปรุงสภาพแวดล้อมของบ้านกับการประหยัดพลังงาน	97
7.2 แนวทางการออกแบบอาคารให้เหมาะสมกับสภาวะแวดล้อม	118
7.3 ฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5	124
7.4 แบบฝึกหัด	135
7.5 เอกสารอ้างอิง	136
บทที่ 8 การประหยัดพลังงานในอุตสาหกรรมด้านพลังงานไฟฟ้า	137
8.1 การประหยัดพลังงานในระบบไฟฟ้ากำลัง	137
8.2 การประหยัดพลังงานในมอเตอร์ไฟฟ้า	148
8.3 การประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ	153
8.4 การประหยัดพลังงานในระบบอัดอากาศ	181
8.5 การประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่าง	195
8.6 แบบฝึกหัด	209
8.7 เอกสารอ้างอิง	212
บทที่ 9 ดัชนี	213

บทที่ 1

รูปแบบของพลังงาน

1.1 บทนำ

พลังงาน (Energy) ตามความหมายในพจนานุกรมศัพท์พลังงาน ฉบับราชบัณฑิตยสถาน หมายถึงสมบัติทางกายภาพของสสารที่เป็นแหล่งพลังงาน (Energy Source) หรือ เป็นสารทำงาน (Working Fluid) โดยพลังงานจะบ่งความสามารถหรือศักยภาพที่จะทำงาน ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของพลังงานออกตามการใช้งานได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ พลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) และ พลังงานสิ้นเปลือง (Modern Energy) โดยพลังงานหมุนเวียนเป็นพลังงานที่ได้มาจากกระแสพลังงานที่ต่อเนื่องและเกิดซ้ำๆ ในสิ่งแวดล้อม ในบางครั้งอาจมีเรียกว่า “พลังงานทดแทน” ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่เกิดขึ้นอยู่อย่างต่อเนื่องไม่หมดไป เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ ลม ชีวมวล ชีวภาพ น้ำขึ้น-น้ำลง ความร้อนใต้พิภพ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 1.1 ส่วนพลังงานสิ้นเปลืองหรือบางครั้งเรียกว่า “พลังงานฟอสซิล” เป็นอินทรีย์สารใต้พื้นโลกที่เกิดจากการทับถมกันของซากพืชซากสัตว์ได้ทะเลลึกเมื่อหลายพันล้านปีก่อนพร้อมกับได้รับความร้อนจากใต้พื้นพิภพ ทำให้ซากพืชซากสัตว์ที่ทับถมกันหนาแน่นได้ขึ้นหินตะกอนเกิดการย่อยสลายกลายเป็นแหล่งสะสมของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) ขนาดใหญ่ ที่มนุษย์นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงและแหล่งกำเนิดพลังงานต่างๆ ซึ่งเป็นพลังงานใช้แล้วหมดไป เช่น น้ำมัน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 1.2

หากจะกล่าวถึงรูปแบบของพลังงานสามารถแบ่งออกได้หลายอย่างเช่น พลังงานเคมี (Chemical Energy) พลังงานความร้อน (Thermal Energy) พลังงานกล (Kinetic Energy) พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Energy) พลังงานนิวเคลียร์ (Nuclear Energy) และ พลังงานไฟฟ้า (Electric Energy) เป็นต้น

2 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติ สถาพรประสาธน์



รูปที่ 1.1 พลังงานหมุนเวียน
ที่มา: <https://www.adheseal.com/พลังงานทดแทน>



รูปที่ 1.2 พลังงานสิ้นเปลือง
ที่มา: <https://blog.pttexpresso.com/save-energy-save-the-world/>

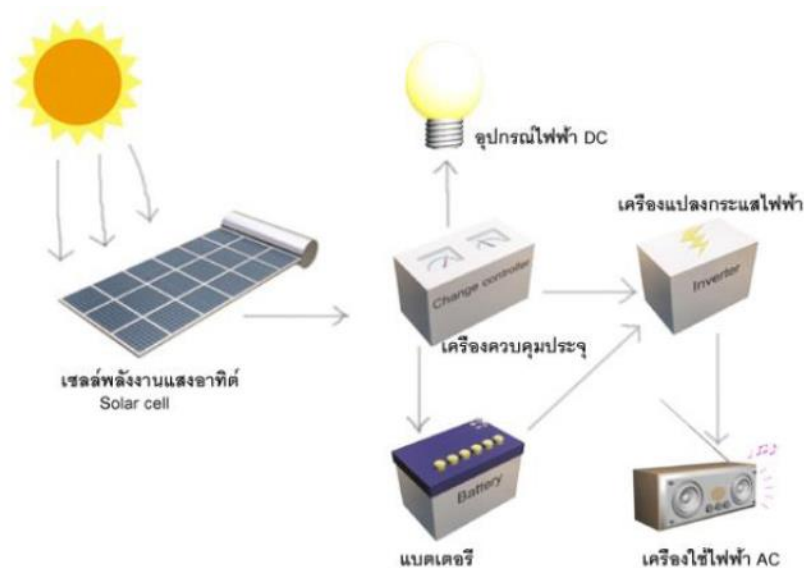
1.2 พลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy)

เป็นพลังงานที่ได้มาจากกระแสพลังงานที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติอย่างต่อเนื่องซ้ำๆ ในสิ่งแวดล้อม เป็นพลังงานที่สะอาด สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยมาก ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานชีวมวล พลังงานความร้อนใต้พิภพ เป็นต้น

พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy) เป็นต้นกำเนิดของวัฏจักรของสิ่งมีชีวิตในโลก พลังงานแสงอาทิตย์นับว่าเป็นหนึ่งในพลังงานทดแทนหรือพลังงานหมุนเวียนที่มีศักยภาพสูง ปรากฏการณ์พืชอีกทั้งยังเกิดขึ้นใหม่ได้อย่างต่อเนื่องไม่มีสิ้นสุด สำหรับการพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ไปประยุกต์ใช้งานให้เกิดประโยชน์สามารถนำมาใช้งานได้หลายรูปแบบ เช่น พลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ (Solar cell หรือ Photovoltaic) พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ (Solar collector) เครื่องทำความเย็นจากแสงอาทิตย์ (Solar cooling) เป็นต้น

การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell หรือ Photovoltaic) เป็นสิ่งประดิษฐ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง เซลล์แสงอาทิตย์จะผลิตขึ้นมาจากสารกึ่งตัวนำ ซึ่งดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์แล้วสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า ในท้องตลาดมีเทคโนโลยีของเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ 3 ชนิดหลักๆ คือ โมโนคริสตัลไลน์ (Monocrystalline) โพลีคริสตัลไลน์ (Polycrystalline) และ ฟิล์มบาง (Thin film) ซึ่งไฟฟ้าที่ได้จะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดยทั่วไปของการใช้ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จะต้องมีการแปลงกระแสไฟฟ้าที่ได้ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับโดยการใช้อุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าที่เรียกว่าอินเวอร์เตอร์

องค์ประกอบของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ 1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นส่วนประกอบสำคัญของระบบที่แปลงแสงอาทิตย์เป็นกระแสไฟฟ้ากระแสตรง 2. อุปกรณ์ควบคุมการประจุ เป็นตัวควบคุมแรงดันไฟฟ้าและ กระแสไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชาร์จแบตเตอรี่ ป้องกันแบตเตอรี่จากการชาร์จไฟเกิน และยังควบคุมการปล่อยประจุ 3. แบตเตอรี่ เป็นตัวเก็บกระแสไฟฟ้าที่ผลิตจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 4. อุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของระบบจะแปลงไฟกระแสตรงจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นไฟ กระแสสลับสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้า 5. ระบบป้องกันไฟกระชาก จะช่วยป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าจากความเสียหายที่เกิดจากฟ้าผ่าหรือเกิดไฟกระชากแรงสูง



รูปที่ 1.3 การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell หรือ Photovoltaic)

(ที่มา: https://www.dede.go.th/ewt_dl_link.php?nid=46188)

พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ (Solar collector) สำหรับการใช้ประโยชน์จากแสงอาทิตย์ ในรูปแบบของความร้อนจะต้องประกอบด้วยอุปกรณ์สำคัญๆ คือ 1. แผงรับแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการดูดกลืนแสงอาทิตย์แล้วจึงเปลี่ยนรูปให้ความร้อนเพื่อถ่ายเทความร้อนให้กับสารตัวกลางซึ่งอาจจะเป็นของเหลวเช่น น้ำ น้ำมัน หรือ อากาศ ซึ่งโดยปกติทั่วไปจะใช้วัสดุเป็นท่อทองแดงหรือท่ออะลูมิเนียมติดอยู่กับโลหะที่มีลักษณะเป็นแผ่นราบเพื่อรับแสงอาทิตย์และถ่ายเทความร้อนไปให้สารตัวกลางดังกล่าว โดยพื้นผิวของแผงรับแสงจะเป็นโลหะแผ่นราบส่วนใหญ่จะมีสีดำเพื่อช่วยในการดูดกลืนแสงอาทิตย์ได้ดี 2. กระจกใสที่อยู่ด้านหน้าของแผงรับแสงจะมีคุณสมบัติที่สำคัญคือยอมให้แสงอาทิตย์ความยาวคลื่นที่อยู่ในช่วง 0.3-3.0 ไมโครเมตรผ่านได้ ส่วนรังสีอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นในช่วง 3-4 ไมโครเมตร สามารถทะลุผ่านกระจกได้ประมาณร้อยละ 25 หากรังสีอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 4 ไมโครเมตรขึ้นไปไม่สามารถทะลุผ่านกระจกได้ และยังทำหน้าที่ลดความร้อนสูญเสียและเก็บสะสมความร้อนภายในช่องว่างระหว่างกระจกกับแผงรับแสง 3. อุปกรณ์เก็บสะสมพลังงาน เช่น ถังเก็บของเหลวหรืออากาศ เพื่อสามารถนำไปใช้งานได้ตามต้องการได้

ในกรณีที่ต้องการประยุกต์ใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้ในการทำน้ำร้อน โดยปกติจะต้องมีส่วนประกอบหลักๆ อยู่ 2 ส่วนคือ แผงรับแสงอาทิตย์ และ ถังเก็บน้ำร้อน ซึ่งมีหลักการทำงานคือเมื่อแสงอาทิตย์ทั้งรังสีตรงและรังสีกระจายทะลุผ่านกระจกใสตกกระทบบนแผงรับแสงอาทิตย์ แผงรับแสงจะดูดกลืนความร้อนและถ่ายเทไปยังน้ำที่ไหลผ่านท่อที่อยู่ติดกับแผงรับแสง ทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น นอกจากนี้กระจกที่ติดตั้งอยู่ด้านหน้าของแผงรับแสงจะช่วยป้องกันอากาศเคลื่อนที่มายังแผงรับ

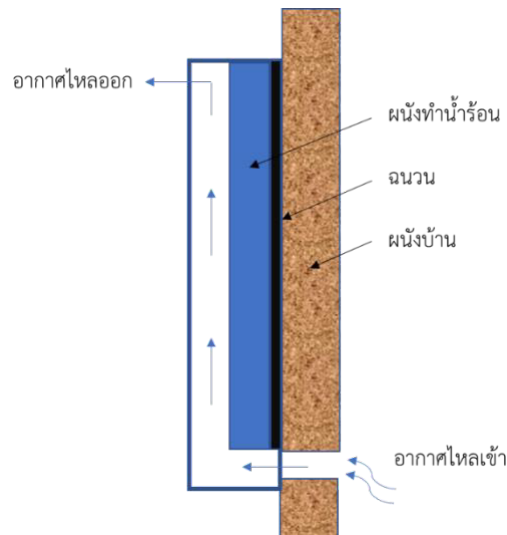
แสงและยังช่วยลดความร้อนสูญเสียเนื่องจากการพาความร้อนได้อีกด้วย น้ำร้อนที่ได้จากการถ่ายเทความร้อนจากแสงอาทิตย์จะไหลไปเก็บไว้ในถังเก็บน้ำร้อนซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส ส่วนการหมุนเวียนของน้ำร้อนผ่านแผงรับแสงจะมีอยู่ 2 คือ การไหลแบบธรรมชาติและการไหลแบบบังคับ โดยการไหลแบบธรรมชาติจะอาศัยหลักการของเทอร์โมไซฟอนคือ เมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณน้ำที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าก็จะลอยสูงขึ้นไปด้านบนของแผงรับแสง จากนั้นน้ำเย็นจากภายนอกก็จะไหลเข้ามาแทนที่ ส่วนการไหลแบบบังคับจะอาศัยการใช้ปั๊มน้ำในการไหลของน้ำในระบบ นอกจากนี้ถ้าจะต้องมีระบบความร้อนเสริมคือการใช้ขดลวดไฟฟ้าหรือแก๊สให้พลังงานเพื่อให้สามารถใช้ น้ำร้อนได้ตลอดเวลาแม้ในบางวันจะไม่มีแสงอาทิตย์ในเวลากลางวันเนื่องจากฝนตกหรือในเวลากลางคืน



รูปที่ 1.4 การใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ (Solar collector)

(ที่มา: http://nongcom-energy.blogspot.com/2014/10/blog-post_19.html)

โดยปกติแล้วแผงรับแสงอาทิตย์และถังเก็บน้ำร้อนจะแยกออกจากกันคนละส่วนโดยมีท่อน้ำเชื่อมต่อระหว่างกัน ตามรูปที่ 1.4 แต่มีงานวิจัยที่มีการรวมเอาแผงรับแสงอาทิตย์และถังเก็บน้ำร้อนเข้าด้วยกันคือ งานวิจัยของ (Khedari, J. et al. 2000) เป็นการพัฒนาการใช้ผนังทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งประโยชน์ที่ได้จากการใช้งานดังกล่าวคือ สามารถทำน้ำร้อนจากแสงอาทิตย์ มีการระบายอากาศภายในบ้าน และเป็นฉนวนป้องกันความร้อนในบริเวณของผนังด้านที่ติดตั้งอุปกรณ์ จากรูปที่ 1.5 – 1.6 แสดงการทำงานของผนังทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ คือ เมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบแผงรับแสงอาทิตย์จะทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น และเมื่อผนังรับแสงมีอุณหภูมิสูงขึ้นอากาศที่อยู่บริเวณด้านหน้าของแผงรับแสงจะมีความหนาแน่นน้อยลงทำให้สามารถลอยตัวสูงขึ้นและไหลออกที่ทางออกด้านบนของอุปกรณ์ อากาศที่อยู่ภายในบ้านจะไหลเข้ามาแทนที่ที่เกิดการระบายอากาศภายในบ้านอยู่สู่ภายนอกบ้านได้ อีกทั้งผนังของด้านที่ติดตั้งแผงรับแสงจะเป็นฉนวนช่วยป้องกันความร้อนจากภายนอกถ่ายเทเข้ามาในตัวบ้านได้



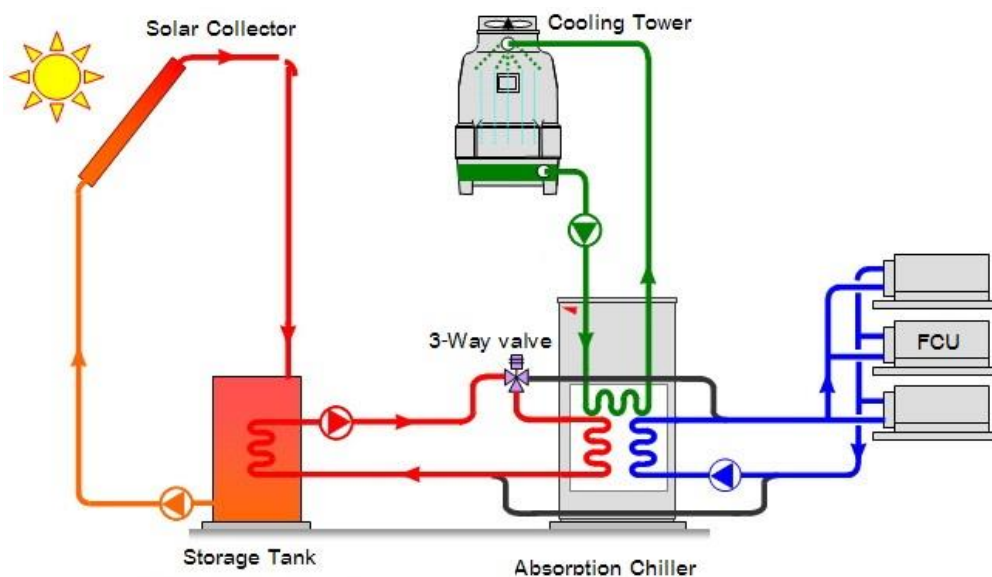
รูปที่ 1.5 ภาพตัดแสดงการใช้งานของผิวน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์
(ที่มา: Khedari, J. et al. 2000)



รูปที่ 1.6 ตัวอย่างการใช้ผิวน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์
(ที่มา: กิตติ สถาพรประสาธน์, 2541)

เครื่องทำความเย็นจากแสงอาทิตย์ (Solar cooling) ปัจจุบันการใช้เครื่องทำความเย็นและการปรับอากาศโดยใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ในอุตสาหกรรมและอาคารยังไม่เป็นที่แพร่หลาย การใช้งานเครื่องทำความเย็นในช่วงเวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์จำเป็นต้องแหล่งความร้อนสะสมน้ำร้อน

และมีแหล่งพลังงานสำรอง เช่น ฮีตเตอร์ไฟฟ้า หม้อต้มน้ำ เป็นต้น แหล่งพลังงานสำรองนี้ จำเป็นต้องทำความร้อนให้สารทำความเย็นมีอุณหภูมิมีค่าสูงพอสำหรับการแยกสารละลาย หรือการคายความชื้น ในกรณีเครื่องทำความเย็นชนิดดูดกลืน คือ อุณหภูมิประมาณ 90-95 องศาเซลเซียส แสดงรายละเอียดของอุปกรณ์ต่างๆ ดังรูปที่ 1.7 แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้งานเครื่องทำความเย็นและการปรับอากาศโดยใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ก็มีความน่าสนใจอยู่ไม่น้อย มีงานวิจัยของ (จอมวงศ์และกิตติ, 2558) การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ร่วมกับระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดกลืน: กรณีศึกษาอาคารเซลล์เฮาส์ จากการศึกษาพบว่า พื้นที่ว่างบนดาดฟ้าของอาคาร 1,085 ตารางเมตร ซึ่งสามารถติดตั้งระบบทำความเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์อย่างเหมาะสมได้ 2 ขนาด คือ 50 ตันความเย็น และ 80 ตันความเย็น ใช้พื้นที่ในการติดตั้งแผงรับความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ประมาณ 650 ตารางเมตร โดยสรุปโครงการระบบการทำความเย็นแบบโดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เหมาะสม และเป็นไปได้ทางเทคนิคและวิศวกรรม และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ คือ ขนาดทำความเย็น 80 ตัน



รูปที่ 1.7 เครื่องทำความเย็นจากแสงอาทิตย์ (Solar cooling)

(ที่มา: http://www.eurotubeuropa.it/english/NL/2015/07/nl_07_4.html)

ข้อดีของการใช้พลังงานแสงอาทิตย์

- เป็นแหล่งพลังงานธรรมชาติที่ใหญ่ที่สุด และสามารถใช้เป็นพลังงานที่ไม่มีวันหมด
- ไม่มีค่าใช้จ่ายเรื่องเชื้อเพลิง
- สามารถนำไปใช้ในแหล่งที่ไม่มีไฟฟ้าใช้หรืออยู่ห่างไกลระบบสายส่งไฟฟ้าและสายจำหน่ายไฟฟ้า

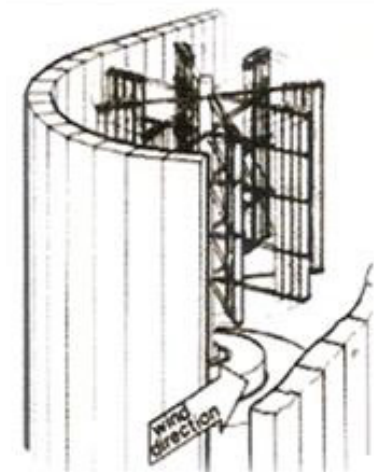
- การใช้ประโยชน์ไม่ยุ่งยาก การดูแลรักษาง่าย
- เป็นพลังงานสะอาด ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะในจากระบบการผลิตไฟฟ้า

ข้อจำกัดของการใช้พลังงานแสงอาทิตย์

- ยังไม่สามารถดำเนินการได้ในเชิงพาณิชย์ เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ยังมีราคาสูง
- แบตเตอรี่ที่ใช้ในการเก็บกักพลังงานมีอายุการใช้งานต่ำ
- ในกรณีความเข้มของแสงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอ จะมีผลต่อการผลิตกระแสไฟฟ้า

พลังงานลม (Wind Energy) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ซึ่งอาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิ ความกดดันของบรรยากาศ และแรงจากการหมุนของโลก สิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเร็วลม และกำลังลม พลังงานลมเป็นพลังงานที่สะอาดไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสภาพแวดล้อม และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างไม่รู้จักหมดสิ้น กังหันลมตัวแรกได้สร้างขึ้นในกลางศตวรรษที่ 7 โดยการสร้างของ Persians เป็นกังหันลมชนิดแกนตั้ง ดังรูปที่ 1.8 ซึ่งใช้แรงลมมาปะทะในแนวนอน มีประสิทธิภาพต่ำ ซึ่งถูกนำมาใช้ ในการบดข้าวโพดโดยสร้างขึ้นในประเทศฮอลแลนด์ เมื่อปี ค.ศ. 1439 ต่อมาได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งปี ค.ศ. 1600 กังหันลมที่สร้างขึ้นจะเป็นโรงโม่แบบหอคอยแบบนี้จะสร้างรูปทรงกรวยหรือรูปหลายเหลี่ยมทำด้วยอิฐ หรือไม้ พลังงานลมถูกนำมาใช้เป็นพลังงานทางเลือกเพื่อมาแทนที่พลังงานจากฟอสซิล โดยพลังงานลมมีปริมาณมาก มีอยู่ทั่วไป สะอาด หมุนเวียนได้ และมีผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมน้อยมาก

กังหันลมเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเปลี่ยนพลังงานจลน์ที่ได้จากการเคลื่อนที่ของลมให้เป็นพลังงานกลเพื่อนำมาใช้ประโยชน์โดยตรง เช่น การผลิตไฟฟ้า หรือสูบน้ำ เป็นต้น ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของกังหันลมได้ตามลักษณะการวางตัวของแกนหมุน ได้แก่ 1. *กังหันลมแนวแกนตั้ง (Vertical Axis Turbine, VAWT)* เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนและใบพัดตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของลมในแนวราบ ซึ่งทำให้สามารถรับลมในแนวราบได้ทุกทิศทาง มีเพียง 2 แบบ คือ กังหันลมแดร์เรียส (Darrieus) ซึ่งประดิษฐ์ขึ้นครั้งแรกประเทศฝรั่งเศส และกังหันลมซาโวเนียส (Savonius) ซึ่งประดิษฐ์ขึ้นครั้งแรกในประเทศฟินแลนด์ ดังรูปที่ 1.9 กังหันลมแบบแกนตั้งมีประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานต่ำกว่า มีข้อจำกัดในการขยายเขตให้มีความใหญ่และการยกชุดพัดเพื่อรับแรงลม การพัฒนาจึงอยู่ในวงจำกัดและความไม่ต่อเนื่อง ปัจจุบันมีการใช้งานกังหันลมแบบแกนตั้งน้อยมาก 2. *กังหันลมแนวแกนนอน (Horizontal Axis Wind Turbine, HAWT)* เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนขนานกับทิศทางของลม โดยมีใบพัดเป็นตัวตั้งฉากรับแรงลม ได้แก่ กังหันลมวินด์มิลล์ (Windmills) หรือ กังหันลมชนิดหลายใบพัดสำหรับสูบน้ำ โดยกังหันลมชนิดนี้ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และมีการใช้งานมากที่สุด

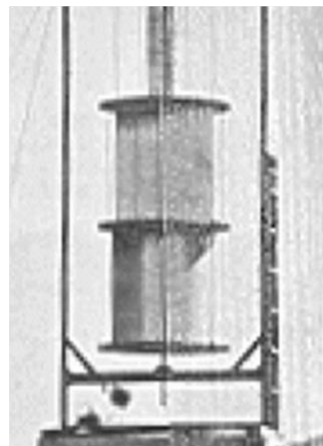


รูปที่ 1.8 กังหันของ Persians เป็นกังหันลมชนิดแกนตั้ง

(ที่มา: <http://www.thaigoodview.com/library/contest1/science04/85/2/energy/html/winden01.html>)



กังหันลม Darrieus



กังหันลม Savonius

รูปที่ 1.9 กังหันลมแนวแกนตั้ง

(ที่มา: https://www.dede.go.th/ewt_w3c/ewt_news.php?nid=516)

ส่วนประกอบสำคัญของระบบกังหันลมต่างๆ ไปอาจแบ่งได้ดังนี้

1. ใบพัด เป็นตัวรับพลังลมและเปลี่ยนให้เป็นพลังงานกล ซึ่งยึดติดกับชุดแกนหมุนและส่งแรงจากแกนหมุนไปยังเพลากลานหมุน
2. เพลากลานหมุน ซึ่งรับแรงจากแกนหมุนใบพัดและส่งผ่านระบบกำลัง เพื่อหมุนและปั่นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

3. ห้องส่งกำลัง ซึ่งเป็นระบบปรับเปลี่ยนและควบคุมความเร็วในการหมุนระหว่างเพลาแกนหมุนกับเพลลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
4. ห้องเครื่อง ซึ่งมีขนาดใหญ่และมีความสำคัญต่อกังหันลม ใช้บรรจุระบบต่างๆ ของกังหันลม เช่น ระบบเกียร์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เบรก และระบบควบคุม
5. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า
6. ระบบควบคุมไฟฟ้า ซึ่งใช้ระบบคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมการทำงาน และจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ระบบ
7. ระบบเบรก เป็นระบบกลไกเพื่อใช้ควบคุมการหยุดหมุนของใบพัดและเพลาแกนหมุนของกังหัน เมื่อได้รับความเร็วลม เกินความสามารถของกังหัน ที่จะรับได้ และในระหว่างการซ่อมบำรุงรักษา
8. แกนคอกหมุนรับทิศทางการลม เป็นตัวควบคุมการหมุนห้องเครื่อง เพื่อให้ใบพัดรับทิศทางการลม โดยระบบอิเล็กทรอนิกส์ ที่เชื่อมต่อให้มีความสัมพันธ์ กับทางเสื่อรับทิศทางการลมที่อยู่ด้านบนของเครื่อง
9. เครื่องวัดความเร็วลมและทิศทางการลม ซึ่งเชื่อมต่อสายสัญญาณเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อเป็นตัวชี้ขนาดของความเร็วและทิศทางของลม เพื่อที่คอมพิวเตอร์จะได้ควบคุมกลไกอื่นๆ ได้อย่างถูกต้อง
10. เสากังหันลม เป็นตัวแบกรับส่วนที่เป็นตัวเครื่องที่อยู่ข้างบน



รูปที่ 1.10 กังหันลมที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน
(ที่มา: <https://energynext.co.th/เทคโนโลยีกังหันลม/>)

ข้อดีของการใช้พลังงานลม

- เป็นแหล่งพลังงานที่ได้จากธรรมชาติ
- ไม่มีค่าใช้จ่ายเรื่องเชื้อเพลิง
- มีการลงทุนเพียงครั้งแรกหลังจากการติดตั้ง
- เป็นพลังงานสะอาด ใช้พื้นที่น้อย

ข้อจำกัดของการใช้พลังงานลม

- ความเร็วลมในประเทศไทยค่อนข้างต่ำ
- พื้นที่ที่เหมาะสมมีจำกัด
- ขึ้นอยู่กับสภาวะอากาศ ในบางฤดูอาจไม่มีลม
- ต้องใช้แบตเตอรี่ที่มีราคาแพงในการเก็บพลังงาน

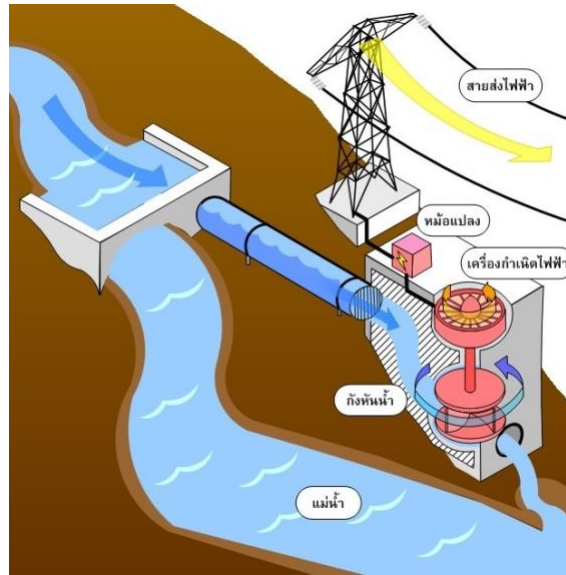
พลังงานน้ำ (Hydro power) เป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งที่ถูกนำไปใช้เพื่อการผลิตไฟฟ้า และการชลประทาน มนุษย์ได้มีการนำพลังงานของมวลน้ำที่เคลื่อนที่มาประยุกต์ใช้นานนับศตวรรษ โดยได้มีการสร้างกังหันน้ำ (Water Wheel) เพื่อใช้ในการงานต่างๆ ในประเทศอินเดีย และชาวโรมันก็ได้มีการประยุกต์ใช้เพื่อใช้ในการโม่แป้งจากเมล็ดพืชต่างๆ ส่วนผู้คนในประเทศจีนและตะวันออกไกลก็ได้มีการใช้พลังงานน้ำเพื่อสร้าง Pot Wheel เพื่อใช้ในวิดน้ำเพื่อการชลประทาน โดยในช่วงทศวรรษ 1830 ซึ่งเป็นยุคที่การสร้างคลองเพื่อส่งน้ำถึงที่สุด ก็ได้มีการประยุกต์เอาพลังงานน้ำมาใช้เพื่อขับเคลื่อนเรือขึ้นและลงจากเขา โดยอาศัยรางรถไฟที่ลาดเอียง (Inclined Plane Railroad: Funicular) โดยตัวอย่างของการประยุกต์ใช้แบบนี้ อยู่ที่คลอง Tyrone ในไอร์แลนด์เหนือ อย่างไรก็ตามเนื่องจากการประยุกต์ใช้พลังงานน้ำในยุคแรกนั้นเป็นการส่งต่อพลังงานโดยตรง (Direct Mechanical Power Transmission) ทำให้การใช้พลังงานน้ำในยุคนั้นต้องอยู่ใกล้แหล่งพลังงาน เช่น น้ำตก เป็นต้น แต่ปัจจุบันนี้พลังงานน้ำได้ถูกนำไปใช้เพื่อการผลิตไฟฟ้าและส่งต่อพลังงานไปใช้ในที่ต่างๆ ได้

สำหรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำนั้นทำได้โดยอาศัยการเคลื่อนที่ของน้ำจากที่สูงไปสู่ที่ต่ำ เช่น การใช้พลังงานของน้ำตกที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือน้ำตกที่เกิดจากสร้างขึ้น เช่น น้ำตกที่เกิดจากการสร้างเขื่อนกั้นน้ำ น้ำตกจากทะเลสาบบนเทือกเขาสูงหุบเขา เป็นต้น สำหรับการสร้างเขื่อนกั้นน้ำและให้น้ำตกไหลผ่านกังหันน้ำซึ่งติดอยู่บนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กำลังงานน้ำที่ได้จะขึ้นอยู่กับความสูงของน้ำและอัตราการไหลของน้ำที่ปล่อยลงมา ดังนั้นการผลิตพลังงานจากพลังงานน้ำ จำเป็นต้องมีบริเวณที่เหมาะสมและการสร้างเขื่อนนั้นจะต้องลงทุนอย่างมาก ส่วนประโยชน์ที่ได้จากพลังงานน้ำคือพลังงานน้ำเป็นพลังงานหมุนเวียนที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ไม่หมดสิ้น ซึ่งเมื่อใช้พลังงานของน้ำส่วนหนึ่งไปแล้ว น้ำส่วนนั้นก็จะไหลลงสู่ทะเลและน้ำในทะเลเมื่อได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์ก็จะระเหยกลายเป็นไอน้ำ เมื่อไอน้ำรวมตัวเป็นเมฆจะตกลงมาเป็นฝนหมุนเวียนกลับมาทำให้เราสามารถนำพลังงานน้ำได้ตลอดไปไม่หมดสิ้น และหลังจากการนำพลังงานน้ำไปใช้แล้ว น้ำก็ยังคงมีคุณภาพเหมือนเดิมทำให้สามารถนำไป

ใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้อีก เช่น เพื่อการชลประทาน การรักษาระดับน้ำในแม่น้ำให้ไหลลึกพอแก่การเดินเรือ เป็นต้น อย่างไรก็ตามพลังงานน้ำก็มีข้อเสียบางประการ เช่น การพัฒนาแหล่งพลังงานน้ำต้องใช้เงินลงทุนสูง และยังทำให้เสียพื้นที่ของป่าไปบางส่วน นอกจากนี้พลังงานน้ำยังมีความไม่แน่นอนเกิดขึ้น เช่น หนาวแล้งหรือกรณีที่ฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาล และมักเกิดปัญหาในเรื่องการจัดหาบุคลากรไปปฏิบัติงาน รวมทั้งการซ่อมแซม บำรุงรักษาสสิ่งก่อสร้าง และอุปกรณ์ต่าง ๆ จะไม่ค่อยสะดวกนัก เพราะสถานที่ตั้งอยู่ห่างไกลจากชุมชน

สำหรับเขื่อนในประเทศไทยที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มีดังต่อไปนี้

1. เขื่อนศรีนครินทร์ จ.กาญจนบุรี กำลังการผลิต 720 เมกะวัตต์ และสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ปีละประมาณ 1,250 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง
2. เขื่อนภูมิพล จ.ตาก กำลังการผลิต 779 เมกะวัตต์ และสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ปีละประมาณ 1,062 ล้านกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง
3. เขื่อนสิริกิติ์ จ.อุตรดิตถ์ กำลังการผลิต 500 เมกะวัตต์ และสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ปีละประมาณ 1,000 ล้านกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง
4. เขื่อนอุบลรัตน์ จ.ขอนแก่น กำลังการผลิต 25.2 เมกะวัตต์ และสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ปีละประมาณ 55 ล้านกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง
5. เขื่อนวชิราลงกรณ์ จ.กาญจนบุรี กำลังการผลิต 300 เมกะวัตต์ และสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ปีละประมาณ 777 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง
6. เขื่อนสิรินธร จ.อุบลราชธานี กำลังการผลิต 36 เมกะวัตต์ และสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ปีละประมาณ 90 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง
7. เขื่อนจุฬาภรณ์ จ.ชัยภูมิ กำลังการผลิต 40 เมกะวัตต์ และสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ปีละประมาณ 57 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง
8. เขื่อนน้ำพุง จ.สกลนคร กำลังการผลิต 6 เมกะวัตต์
9. เขื่อนปากมูล จ.อุบลราชธานี กำลังการผลิต 136 เมกะวัตต์ และสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ปีละประมาณ 280 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง
10. เขื่อนรัชชประภา จ.สุราษฎร์ธานี กำลังการผลิต 240 เมกะวัตต์ และสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ปีละประมาณ 554 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง
11. เขื่อนบางลาง จ.ปัตตานี กำลังการผลิต 84 เมกะวัตต์ และสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ปีละประมาณ 289 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง
12. เขื่อนแก่งกระจาน จ.เพชรบุรี กำลังการผลิต 19 เมกะวัตต์ และสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ปีละประมาณ 70 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง
13. เขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล จ.เชียงใหม่ กำลังการผลิต 11.25 เมกะวัตต์ และสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ปีละประมาณ 28.75 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง



รูปที่ 1.11 การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ
(ที่มา: <http://reca.or.th/water/>)

ข้อดีของการใช้พลังงานน้ำ

- ไม่ก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการผลิตไฟฟ้า
- ไม่มีค่าใช้จ่ายเรื่องเชื้อเพลิง
- โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่ มีขีดความสามารถสูงในการรักษาความมั่นคงให้ระบบไฟฟ้า

ข้อจำกัดของการใช้พลังงานน้ำ

- การเดินเครื่องผลิตไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับปริมาณการปล่อยน้ำ
- การก่อสร้างขึ้นขนาดใหญ่มีผลกระทบกับพื้นที่บริเวณกว้าง

พลังงานชีวมวล (Biomass) ชีวมวล หมายถึง สิ่งที่ได้จากสิ่งมีชีวิตหรือสารอินทรีย์ที่สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานได้ โดยรวมถึง วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรต่างๆ เช่น ฟางข้าว แกลบ กากอ้อย ทะลายปาล์ม เศษไม้ ของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ดังนั้นคำว่า พลังงานชีวมวล จึงหมายถึง พลังงานที่ได้จากชีวมวลชนิดต่างๆ โดยกระบวนการแปรรูปชีวมวลไปเป็นพลังงานรูปแบบต่างๆ ซึ่งการแปรรูปชีวมวลไปเป็นพลังงานรูปแบบต่างๆ สามารถทำได้ดังต่อไปนี้

1. การเผาไหม้โดยตรง (combustion) เมื่อนำชีวมวลมาเผา จะได้รับความร้อนออกมาตามค่าความร้อนของชนิดชีวมวล ความร้อนที่ได้จากการเผาสามารถนำไปใช้ในการผลิตไอน้ำที่มีอุณหภูมิและความดันสูง ไอน้ำนี้จะถูกนำไปขับเคลื่อนกังหันไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าต่อไป ตัวอย่างชีวมวลประเภทนี้คือ เศษวัสดุทางการเกษตร และเศษไม้

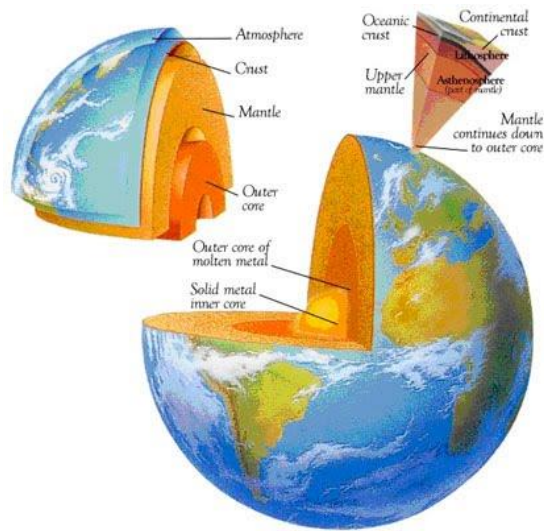
- มีการพัฒนาอุตสาหกรรมอื่นๆ ตามมา เนื่องจาก โครงการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล สามารถช่วยพัฒนาอุตสาหกรรม ต่อเนื่องในท้องถิ่นได้
- ช่วยสร้างงานในท้องถิ่นนั้น เพราะจะมีการจ้างงานเพื่อทำงานในโรงไฟฟ้า เกิดระบบเศรษฐกิจรอบแหล่งผลิต เงินหมุนเวียนอยู่ในท้องถิ่น ประชาชนไม่ย้ายถิ่นฐานเพื่อหางานทำที่อื่น
- เป็นทางเลือกใหม่ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
- ความมั่นคงในการผลิตกระแสไฟฟ้าของประเทศจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีโรงไฟฟ้าพลังชีวมวลขนาดเล็กกระจายอยู่ทั่วประเทศ ปัญหาไฟดับในพื้นที่ห่างไกลจะลดลง หากมี โรงไฟฟ้าขนาดเล็กไปอยู่ใกล้ๆ

ข้อจำกัดของพลังงานชีวมวล

- ชีวมวลมีการเก็บรักษาและการขนส่งที่ยาก
- มีความเสี่ยงสูงในการจัดหาหรือรวบรวมปริมาณชีวมวลที่ต้องการใช้ให้คงที่ตลอดปี เพราะชีวมวลบางประเภท เช่น กากอ้อยมีจำกัดเพียงบางเดือน อีกทั้งชีวมวลทุกประเภทต่างต้องการพื้นที่ในการเก็บรักษาขนาดใหญ่กว่าเชื้อเพลิงฟอสซิล
- หากต้องการปริมาณความร้อนที่เท่ากันจะต้องใช้ชีวมวลในปริมาณที่มากกว่าน้ำมันเตา

พลังงานจากความร้อนใต้พิภพ (Geothermal)

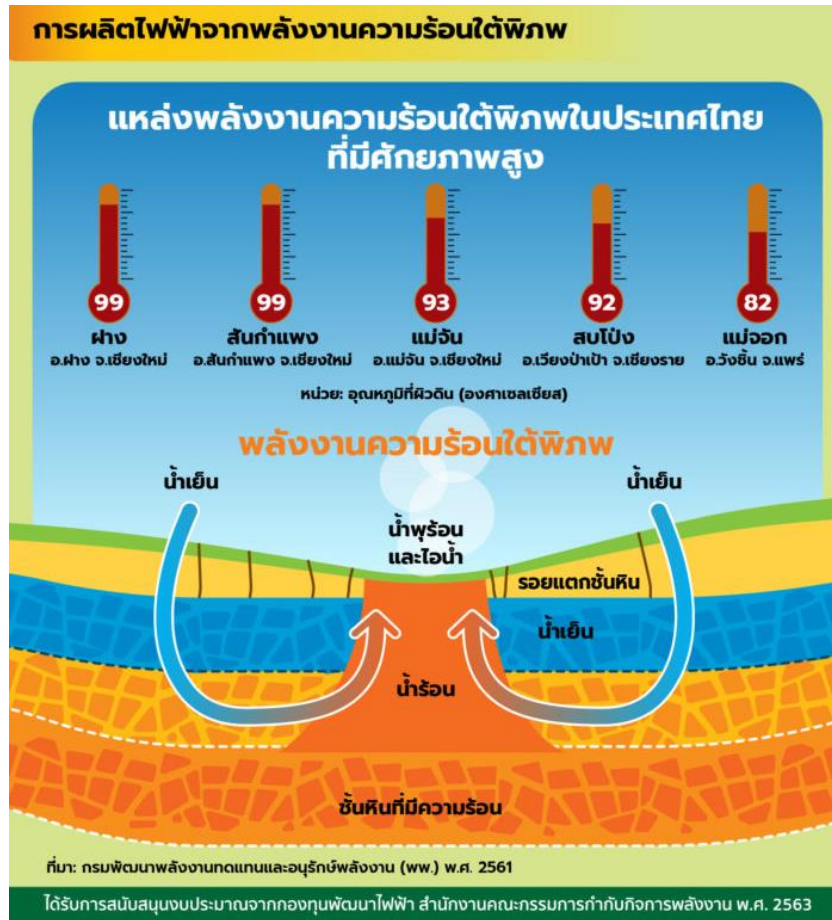
พลังงานความร้อนใต้พิภพ เป็นพลังงานธรรมชาติที่เกิดจากความร้อนที่ถูกกักเก็บอยู่ใต้ผิวโลก โดยปกติแล้วอุณหภูมิภายในใต้ผิวโลกจะเพิ่มขึ้นตามความลึก คือยิ่งลึกลงไป อุณหภูมิจะยิ่งสูงขึ้น และบริเวณส่วนล่างของชั้นเปลือกโลก หรือที่ความลึกประมาณ 25-30 กิโลเมตร อุณหภูมิจะมีค่าอยู่ในเกณฑ์เฉลี่ย ประมาณ 250-1,000 องศาเซลเซียส ในขณะที่จุดศูนย์กลางของโลก อุณหภูมิอาจจะสูงถึง 3,500-4,500 องศาเซลเซียส ประโยชน์ที่สำคัญของการใช้ความร้อนจากพลังงานความร้อนใต้พิภพ คือการนำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 1.13 ความร้อนใต้พิภพตามความลึกของโลก

(ที่มา: <https://sites.google.com/site/iviciivz/phlangngan-khwam-rxn-ti-phi-phph>)

หลักการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนใต้พิภพคือ การควบคุมการใช้แรงดันของไอน้ำที่ได้จากความร้อนใต้พิภพให้ผ่านชุดกังหันไอน้ำ โดยแกนของกังหันไอน้ำต่อแกนเดียวกันกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จากการสำรวจแหล่งพลังงานจากความร้อนใต้พิภพสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าในประเทศไทยที่มีศักยภาพสูงพบอยู่ 5 แหล่ง ได้แก่ อ.ฝาง อ.สันกำแพง อ.แม่อิง จ.เชียงใหม่ และ อ.สบโป่ง อ.แม่จอก จ.เชียงราย ดังแสดงในรูปที่ 1.13



รูปที่ 1.14 แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพในประเทศไทย

(ที่มา: <https://www.thebangkokinsight.com/news/environmental-sustainability/562287/>)

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตได้เลือก อ.ฝาง เป็นโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพเป็นแห่งแรกของประเทศไทยเมื่อ พ.ศ. 2532 กำลังการผลิต 300 กิโลวัตต์ โดยมีอัตราการไหลของไอน้ำประมาณ 30 ลิตรต่อวินาที และ อุณหภูมิประมาณ 118-130 องศาเซลเซียส ซึ่งในการผลิตกระแสไฟฟ้าตั้งแต่ปี 2532-2562 สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้รวมประมาณ 44.26 ล้านหน่วย นอกจากนั้นน้ำร้อนที่ผ่านกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้ายังมีอุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส ซึ่งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและยังเป็นการส่งเสริมการท่องเที่ยวได้อีกทางหนึ่ง



รูปที่ 1.15 แผนผังการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนใต้พิภพ

(ที่มา: <https://www.thebangkokinsight.com/news/environmental-sustainability/562287/>)

1.3 พลังงานสิ้นเปลือง (Modern Energy)

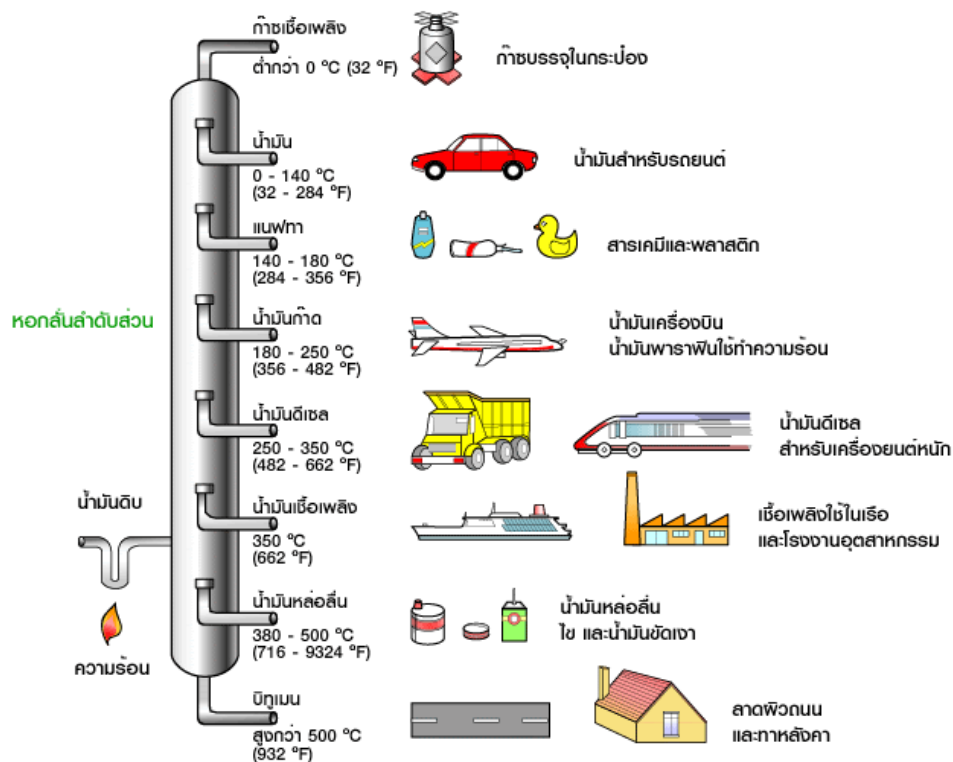
พลังงานสิ้นเปลือง หมายถึง พลังงานที่ได้จากทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดไป ไม่สามารถสร้างขึ้นหรือเกิดทดแทนขึ้นใหม่ได้ พลังงานสิ้นเปลืองที่เป็นฟอสซิล (Fossil) เกิดจากซากพืชซากสัตว์ที่ทับถมกันเป็นเวลานานนับล้านๆ ปีภายใต้เปลือกโลกที่มีความร้อนและความดันสูง ได้แก่ ปิโตรเลียม ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน

พลังงานสิ้นเปลืองที่ใช้อยู่ทั่วไปสามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ

1. เชื้อเพลิงแข็ง หมายถึง เชื้อเพลิงที่มีสถานะที่เป็นของแข็งที่อุดมสมบูรณ์ปกติ และธาตุที่เป็นองค์ประกอบของเชื้อเพลิงชนิดนี้ส่วนมากจะประกอบไปด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน กำมะถัน และ เถ้า เมื่อทำปฏิกิริยาทางเคมีกับออกซิเจนในอากาศแล้วจะให้พลังงานความร้อนออกมาโดยปกติเมื่อเกิดเผาไหม้คาร์บอนจะได้คาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนไฮโดรเจนเมื่อเกิดการเผาไหม้จะได้ น้ำ เชื้อเพลิงแข็งที่ได้จากธรรมชาติได้แก่ ถ่านหิน หินน้ำมัน ถ่านไม้ และถ่านโค้ก เป็นต้น

2. เชื้อเพลิงเหลว หมายถึง เชื้อเพลิงที่มีสถานะที่เป็นของเหลวที่อุณหภูมิปกติ เชื้อเพลิงประเภทนี้ ได้แก่ น้ำมันที่ได้จากการกลั่นปิโตรเลียม น้ำมันจากพืช น้ำมันจากสัตว์ เป็นต้น เชื้อเพลิงเหลวเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้มากในประเทศไทยโดยจะนิยมใช้กับยานพาหนะและโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ เพราะสะดวกต่อการใช้งาน และให้ค่าทางความร้อนสูง เชื้อเพลิงเหลวที่ใช้กันส่วนมากจะได้รับการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม เช่น น้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา เป็นต้น สำหรับเชื้อเพลิงเหลวที่ได้จากพืชผลทางการเกษตร เช่น การผลิตไบโอดีเซล การสกัดน้ำมันจากเมล็ดสบู่ดำ เป็นต้น

3. เชื้อเพลิงก๊าซ หมายถึง เชื้อเพลิงที่มีสถานะที่เป็นก๊าซที่อุณหภูมิปกติ หรืออาจหมายถึงก๊าซทุกชนิดที่สามารถนำมาทำปฏิกิริยากับออกซิเจนแล้วเกิดการเผาไหม้ทำให้ได้พลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เชื้อเพลิงประเภทนี้จะมีสารไฮโดรคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก และก๊าซแต่ละชนิดจะให้ความร้อนจากการเผาไหม้ที่ไม่เท่ากัน เช่น ก๊าซชีวมวล ก๊าซธรรมชาติหรือก๊าซเอ็น.จี.วี. ก๊าซแอล.พี.จี. เป็นต้น



รูปที่ 1.16 ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ

(ที่มา: <https://sites.google.com/site/rsu15donnapa/week-12>)

ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ จากรูปที่ 1.16 จะเห็นว่ามีความผลิตได้มาหลากหลายชนิดตามช่วงอุณหภูมิในการกลั่นน้ำมันดิบ ได้แก่

1. ก๊าซเชื้อเพลิง เป็นเชื้อเพลิงแบบหนึ่งในสถานะปกติอยู่ในรูปของแก๊สประกอบด้วยสารไฮโดรคาร์บอน เช่นมีเทน หรือโพรเพนบวกรับกับไฮโดรเจน คาร์บอนมอนอกไซด์หรือสารประกอบอื่นๆ เป็นสารที่สร้างพลังงานความร้อนโดยจะบรรจุลงถังตามขนาดต่างๆ หรือส่งออกตามท่อไปยังที่ต่างๆ
2. น้ำมัน ใช้สำหรับรถยนต์ซึ่งมีจุดเดือดอยู่ในช่วง 180-250 องศาเซลเซียส
3. แนฟทา เป็นชื่อปิโตรเลียมในรูปแบบที่ระเหยได้ง่ายขึ้น เป็นของเหลวไวไฟที่มีส่วนผสมของไฮโดรคาร์บอน ประกอบด้วยพาราฟินแนฟทีนและอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน นิยมใช้ในอุตสาหกรรมปิโตรเลียมเพื่อใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เคมีต่างๆ
4. น้ำมันก๊าด ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับให้พลังงานความร้อนและแสงสว่าง ประกอบด้วยสารไฮโดรคาร์บอนที่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนในช่วง 12-16 อะตอม และมีจุดเดือดอยู่ในช่วง 180-250 องศาเซลเซียส เหมาะสำหรับใช้จุดตะเกียงเพื่อให้แสงสว่างนิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่สะอาด นอกจากนี้ยังมีการนำไปใช้เป็นตัวทำละลายสารบางชนิดในการผลิต น้ำยาทำความสะอาด น้ำมันชักเงา และสารกำจัดแมลง
5. น้ำมันดีเซล เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล เป็นส่วนหนึ่งของน้ำมันดิบที่ได้จากโรงกลั่นน้ำมัน (เช่นเดียวกับน้ำมันเบนซิน) มีจุดเดือดอยู่ที่ประมาณ 250-350 องศาเซลเซียส
6. น้ำมันเชื้อเพลิง สำหรับใช้ในเรือหรือในโรงงานอุตสาหกรรม
7. น้ำมันหล่อลื่น เป็นผลิตภัณฑ์ที่อยู่ส่วนล่างของหอกกลั่น เช่นเดียวกับ น้ำมันเตา แต่ต้องนำมาผ่านกระบวนการอีกครั้งหนึ่งก่อนจึงนำมาใช้งานได้
8. ยางมะตอย (บิทูเมน) เป็นวัสดุที่สกัดจากน้ำมันดิบ มีสีดำ มีลักษณะเหนียวและความหนืดต่ำ ยางมะตอยนิยมนำมาใช้ในการก่อสร้างถนน โดยใช้เป็นวัสดุผิวหน้า ซึ่งคุณสมบัติที่สำคัญของยางมะตอยทำหน้าที่ประสานระหว่างวัสดุเติมเช่นหินและทรายเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน โดยวัสดุที่นำมาใช้ในการเทผิวหน้าถนนจะเรียกชื่อเต็มว่า แอสฟัลต์คอนกรีต (asphalt concrete) หรือเรียกย่อๆ ว่า แอสฟัลต์

1.4 แบบฝึกหัด

1. พลังงานสามารถแบ่งออกได้กี่รูปแบบและอะไรบ้าง
2. พลังงานแสงอาทิตย์สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้อย่างไรบ้าง
3. กังหันลมที่ใช้ยู่มีกี่ประเภทและอะไรบ้าง
4. จงบอกข้อดีและข้อจำกัดของการใช้กังหันลมในการผลิตไฟฟ้า
5. กังหันลมในประเทศไทยที่สามารถผลิตไฟฟ้ามีกี่แห่งและมีอยู่ที่ไหนบ้าง
6. เชื้อนในประเทศไทยที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้เป็นแห่งแรกชื่อว่าเชื้อนอะไรและตั้งอยู่ที่ไหน
7. ประโยชน์ของการสร้างเชื้อนคืออะไรบ้าง
8. เชื้อนในประเทศไทยที่มีขนาดของการเก็บกักน้ำได้มากที่สุดคือ
9. เชื้อนในประเทศไทยที่มีสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากที่สุดคือ
10. การใช้พลังงานชีวมวลเหมาะสมกับประเทศไทยอย่างไร
11. แหล่งผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนใต้พิภพในประเทศไทยมีอยู่ที่ไหนบ้าง
12. จงบอกข้อดีและข้อจำกัดในการใช้พลังงานความร้อนใต้พิภพ

1.5 เอกสารอ้างอิง

1. Khedari, J., Sathapornprasath, K., and Hirunlabh, J., 2000, “Development of a Multi-purpose solar water wall for Thailand”, The Int.J. of Ambient Energy, Vol. 21(2), pp. 59-66.
2. <http://www.eduzones.com>
3. <http://www.egat.co.th>
4. <http://www.peane.com>
5. <http://www.schoolscience.co.uk>
6. <https://www.adheseal.com/พลังงานทดแทน>
7. <https://blog.pttexpresso.com/save-energy-save-the-world/>
8. https://www.dede.go.th/ewt_dl_link.php?nid=46188
9. http://nongcom-energy.blogspot.com/2014/10/blog-post_19.html
10. http://www.eurotubieuropa.it/english/NL/2015/07/nl_07_4.html
11. <http://www.thaigoodview.com/library/contest1/science04/85/2/energy/html/winden01.html>
12. https://www.dede.go.th/ewt_w3c/ewt_news.php?nid=516
13. <https://energynext.co.th/เทคโนโลยีกักเก็บลม/>
14. <http://reca.or.th/water/>
15. <https://bioenergyfields.org/wp-content/uploads/2016/11/Biomass-4.jpg>
16. <https://sites.google.com/site/iviciivz/phlangngan-khwam-rxn-ti-phi-phph>
17. <https://www.thebangkokinsight.com/news/environmental-sustainability/562287/>
18. <https://www.thebangkokinsight.com/news/environmental-sustainability/562287/>
19. <https://sites.google.com/site/rsu15donnapa/week-12>
20. การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ กองถ่ายทอดและเผยแพร่เทคโนโลยี กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
21. กิตติ สถาพรประสารณ์, 2541, “การพัฒนาการใช้ผนังทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับประเทศไทย”, วิทยานิพนธ์สาขาวิชาการจัดการพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

22. จอมวงศ์ สุวรรณราช และ กิตติ สถาพรประสาธน์, 2558, “การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ร่วมกับระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดกลืน: กรณีศึกษาอาคารเซลล์เฮาส์”, การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 11, 17 - 19 มิถุนายน, จังหวัดชลบุรี.
23. พจนานุกรมศัพท์พลังงาน อังกฤษ-ไทย ฉบับราชบัณฑิตยสถาน กรุงเทพฯ อักษรเจริญทัศน์, 2551.

บทที่ 2

สถานการณ์ด้านพลังงาน

2.1 สถานการณ์ด้านพลังงานของโลก

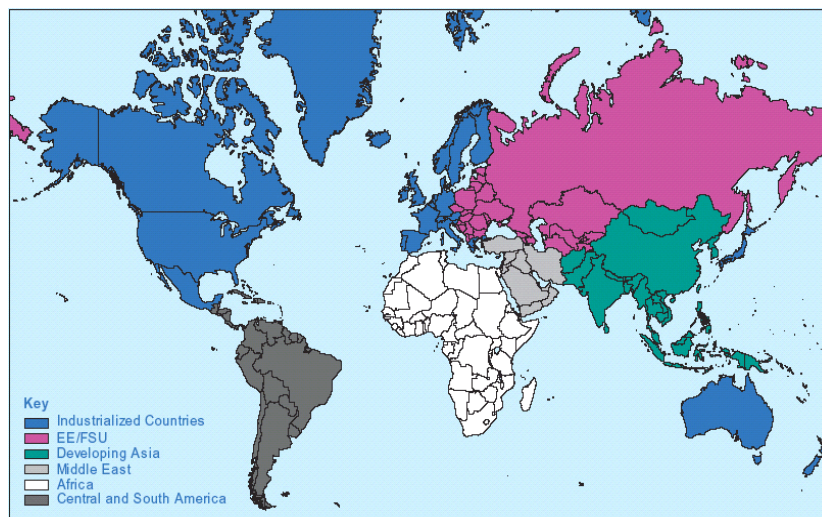
มนุษย์ได้นำเอาพลังงานมาเพื่อใช้ในการดำรงชีวิตและตอบสนองความต้องการต่อสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ตลอดจนเพื่อการพัฒนาประเทศทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคม โดยในยุคแรกๆ มนุษย์ใช้พลังงานส่วนใหญ่เพียงเพื่อการดำรงชีพ ต่อมาเมื่อมีความต้องการในการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นตามการพัฒนาของแต่ละประเทศให้มีความทันสมัย ทำให้มีเพิ่มขึ้นของความสิ้นเปลืองในการใช้พลังงานอย่างต่อเนื่อง แต่เมื่อปลายปี ค.ศ. 2019 ถึงปัจจุบัน (ค.ศ. 2021) สถานการณ์ด้านพลังงานของโลกภายใต้สถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส COVID-19 ทำให้ทั่วโลกมีความต้องการในการใช้พลังงานลดลงในช่วงเวลาดังกล่าว แต่อย่างไรก็ตามเมื่อสถานการณ์ของการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส COVID-19 เริ่มสามารถควบคุมได้ ก็จะมีแนวโน้มของการใช้พลังงานที่สูงขึ้นอีก

ความสำคัญของการใช้พลังงานจำเป็นต้องคำนึงถึงสมดุลระหว่างความต้องการใช้พลังงานกับปริมาณของแหล่งพลังงานที่มีเหลืออยู่ อีกทั้งจำเป็นต้องทำการศึกษาค้นคว้าแหล่งพลังงานใหม่ๆ หรือแหล่งพลังงานในรูปแบบใหม่ๆ ต่อไป นอกจากนี้สิ่งที่ต้องตระหนักเป็นอย่างยิ่งคือผลกระทบที่จะเกิดขึ้นตามมาอันเนื่องมาจากการใช้พลังงานทั้งหลายเหล่านี้ โดยเฉพาะปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งจะเกิดขึ้นตามมาเป็นอย่างมาก โดยอาจจะทำให้เสียสมดุลตามธรรมชาติและอาจจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพยากรหรือความเป็นอยู่ของสิ่งมีชีวิตต่างๆ บนโลกนี้

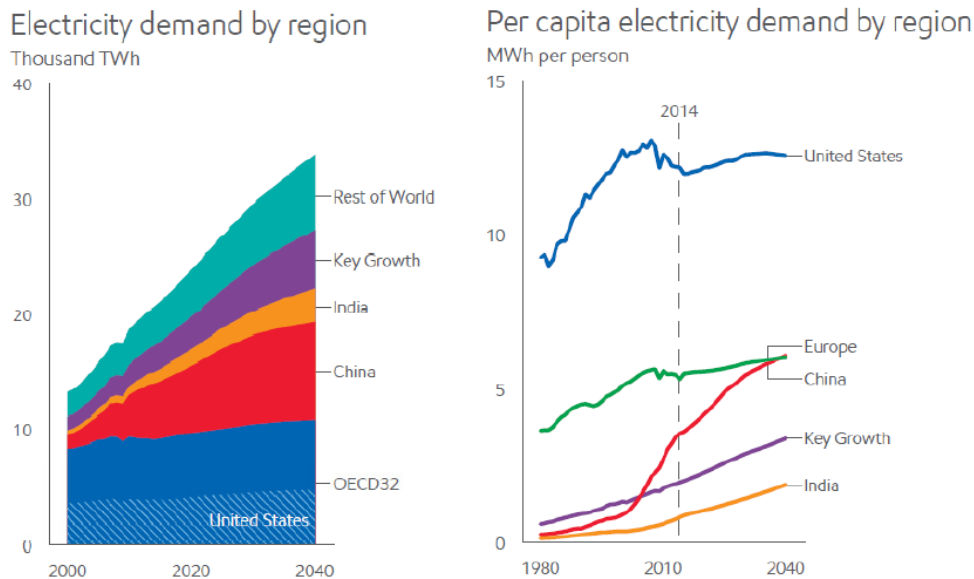
2.1.1 ความต้องการพลังงานของโลก

หากจะวิเคราะห์ในรายละเอียดของปริมาณการใช้และความต้องการใช้พลังงานในอนาคตจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัจจัยของการเพิ่มจำนวนของประชากรโลก ประเทศสหรัฐอเมริกา ร่วมกับสมาชิกกลุ่มประเทศอุตสาหกรรม 26 ประเทศ ได้ร่วมมือกันจัดตั้งหน่วยงานชื่อ อีไอเอ (Energy Information Administration, EIA) เพื่อทำหน้าที่รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวกับสถานการณ์พลังงานของโลกและได้จัดทำรายงานชื่อว่า อินเตอร์เนชันแนล เอ็นเนอร์ยี เอาท์ลุค (International Energy Outlook) นอกจากนี้ยังได้แบ่งกลุ่มประเทศต่างๆ ออกเป็น 6 กลุ่มดังแสดงในรูปที่ 2.1 โดยแต่ละกลุ่มจะประกอบด้วยประเทศที่มีสถานภาพใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มประเทศได้ดังต่อไปนี้

- กลุ่มประเทศอุตสาหกรรม (Industrialized countries) (Organization for Economic Cooperation and Development, OECD) ประเทศเหล่านี้ส่วนใหญ่อยู่ในทวีปยุโรปและอเมริกา ยกเว้นพวยุโรปตะวันออกซึ่งจะอยู่อีกกลุ่ม ส่วนจากทวีปเอเชียมีเพียงประเทศญี่ปุ่นที่อยู่ในกลุ่มนี้
- กลุ่มประเทศยุโรปตะวันออกรวมถึงรัสเซียเดิมทั้งหมด (Eastern Europe and the Former Soviet Union, EE/FSU) โดยกลุ่ม อีอี ได้แก่ อัลบาเนีย บัลแกเรีย สาธารณรัฐเชก ฮังการี โปแลนด์ โรมาเนีย สโลวาเกีย และยูโกสลาเวีย ส่วนกลุ่มเอฟเอสยู ได้แก่ เอสโตเนีย ลัตเวีย ลิทัวเนีย อาร์มีเนีย อาเซอร์ไบจาน เบลารุส คาซัคสถาน จอร์เจีย อุซเบกิสถาน ยูเครน และรัสเซีย เป็นต้น
- กลุ่มประเทศกำลังพัฒนาในเอเชีย (Developing Asia) หมายถึงประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ทั้งหมดยกเว้นญี่ปุ่น
- กลุ่มประเทศตะวันออกกลาง (Middle East) หมายถึงกลุ่มประเทศแถบตะวันออกกลาง เช่น อิรัก อิหร่าน คูเวต เลบานอน บาร์เรน ซาอุดีอาระเบีย ซีเรีย เยเมน เป็นต้น
- กลุ่มประเทศในทวีปแอฟริกา (Africa)
- กลุ่มประเทศที่อยู่ในตอนกลางและตอนใต้ของทวีปอเมริกา (Central and South America)



รูปที่ 2.1 การแบ่งกลุ่มประเทศต่างๆ ตาม Energy Information Administration



รูปที่ 2.2 ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า

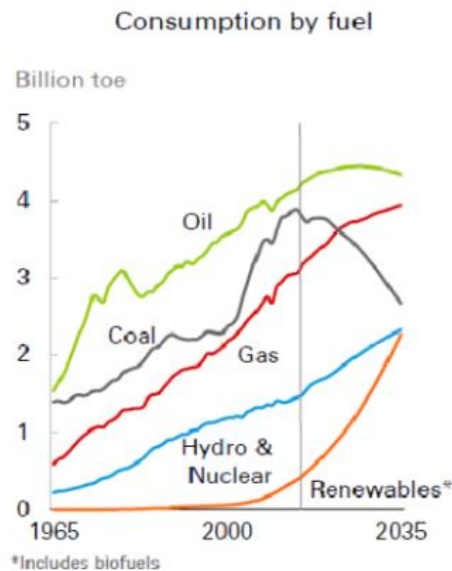
(ที่มา: แผนยุทธศาสตร์ สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน พ.ศ. 2560-2564)

จากรูปที่ 2.2 จะเห็นได้ว่าแม้การอนุรักษ์พลังงานและการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานพลังงานให้เพิ่มสูงขึ้นจนทำให้ความต้องการพื้นฐานเดิมมีแนวโน้มลดลง และความต้องการไฟฟ้าโดยรวมยังคงมีความต้องการเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากปัจจัยด้านขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมที่หันพึ่งพาการใช้ไฟฟ้ามากขึ้น การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร และการปรับปรุงมาตรฐานการครองชีพที่ดีขึ้น ทำให้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในชีวิตประจำวันเพิ่มมากขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการต่างๆ ของมนุษย์ เช่น ด้านความปลอดภัย ความสะดวกสบาย ความบันเทิงต่างๆ เป็นต้น สำหรับประเทศที่มีประชากรอาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก เช่น ประเทศจีน และ ประเทศอินเดีย จะมีความต้องการในการใช้ไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เป็นจำนวนมากในชีวิตประจำวัน โดยประเทศจีนมีความต้องการไฟฟ้าสูงสุด คาดว่ามีปริมาณหนึ่งในสี่ของทั้งโลก ในปี 2040 และมีความต้องการใช้ไฟฟ้าต่อคนเพิ่มขึ้นร้อยละ 70 ในปี 2040 จนเท่ากับประชากรในทวีปยุโรป ในขณะที่ประเทศอินเดียมีความต้องการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 1.85 เท่าในช่วงปี 2014-2040 รวมทั้งประเทศที่มีการขยายตัวทางเศรษฐกิจสูง มีอัตราการเพิ่มขึ้นของการใช้กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นสูงกว่าประเทศที่พัฒนาแล้วอย่างสหรัฐอเมริกาและยุโรปเป็นอย่างมาก

2.1.2 การใช้พลังงานตามประเภทของแหล่งพลังงาน

การใช้พลังงานตามประเภทของแหล่งพลังงาน จากประมาณการพลังงานในอนาคต คาดว่าจะมีการขยายตัวเฉลี่ยต่อปีร้อยละ 1.0 จากปี 2010-2040 โดยพลังงานจากปิโตรเลียม หรือ ไฮโดรคาร์บอน ยังคงเป็นแหล่งพลังงานหลักของโลก โดยน้ำมันดิบยังคงเป็นเชื้อเพลิงที่มีบทบาทสำคัญ เป็นแหล่ง

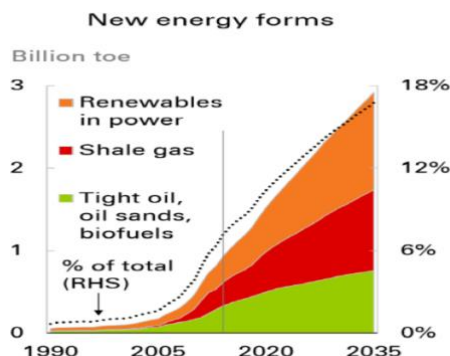
พลังงานที่มีการใช้มากที่สุดในอนาคต แต่มีอัตราการขยายตัวน้อยกว่าการขยายตัวของก๊าซธรรมชาติ โดยในช่วงปี 2010-2040 คาดว่าน้ำมันดิบจะมีการขยายตัวอยู่ที่ร้อยละ 0.8 ต่อปี ขณะที่ก๊าซธรรมชาติจะเป็น ไฮโดรคาร์บอนที่มีการเจริญเติบโตสูงสุด ถึงเฉลี่ยร้อยละ 1.6 ต่อปี สาเหตุที่ทำให้ก๊าซธรรมชาติมีอัตราการขยายตัวสูงนั้นมาจากสาเหตุหลักๆ คือ การที่ประเทศต่างๆ ให้ความสำคัญกับประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมมากขึ้น มีความพยายามลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งในบรรดาแหล่งพลังงานจากปิโตรเลียมนี้ ก๊าซธรรมชาติเป็นพลังงานที่สะอาดที่สุด มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุด และอีกประเด็นหนึ่งคือการพัฒนาเทคโนโลยีการสำรวจและผลิต น้ำมันชีวภาพ (Shale Gas) เป็นส่วนสำคัญอันหนึ่งที่ทำให้สัดส่วนของการใช้ก๊าซในอนาคตเพิ่มขึ้นมาก เนื่องจากมีปริมาณมากและราคาไม่แพง ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ความต้องการพลังงานตามชนิดของแหล่งพลังงาน

(ที่มา: แผนยุทธศาสตร์ สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน พ.ศ.2560-2564)

ทั้งนี้หากพิจารณาในรายละเอียดของแหล่งพลังงานใหม่ ที่เกิดขึ้นจะเห็นว่า น้ำมันและก๊าซธรรมชาติในส่วนที่เป็น Unconventional รวมถึงพลังงานทดแทนอื่นๆ มีอัตราการขยายตัวสูงมาก ดังแสดงในรูปที่ 2.4

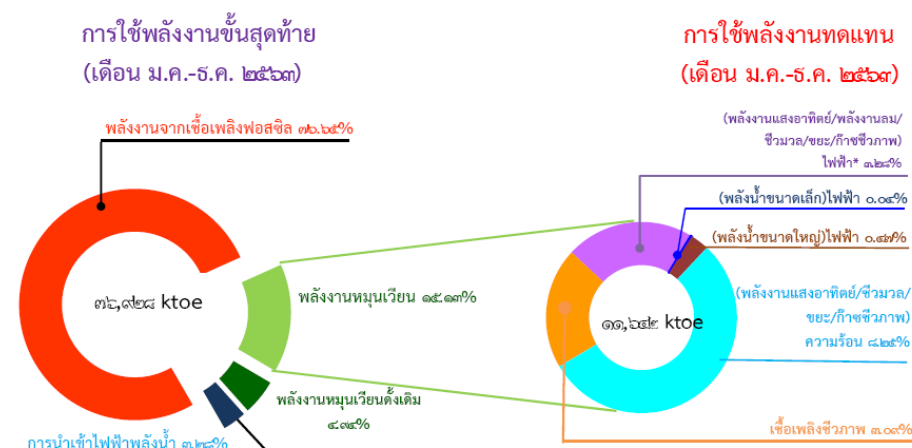


รูปที่ 2.4 การผลิตพลังงานจากแหล่งพลังงานใหม่

(ที่มา: แผนยุทธศาสตร์ สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน พ.ศ. 2560-2564)

2.2 สถานการณ์ด้านพลังงานของประเทศไทย

จากข้อมูลของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายและพลังงานทดแทนในปี 2563 ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ประเทศไทยมีการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในช่วงปี 2563 มีปริมาณ 76,928 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ลดลงจากช่วงเดียวกันของปีก่อน ร้อยละ 10.2 คิดเป็นมูลค่ากว่า 718,614 ล้านบาท ดังแสดงในรูปที่ 2.5 จะเห็นได้ว่า การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายตั้งแต่เดือน ม.ค.-ธ.ค. 2563 มีการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลสูงที่สุดถึง 76.65% พลังงานหมุนเวียน 20.07% และ การนำเข้าไฟฟ้าพลังน้ำจากเพื่อนบ้าน 3.28%

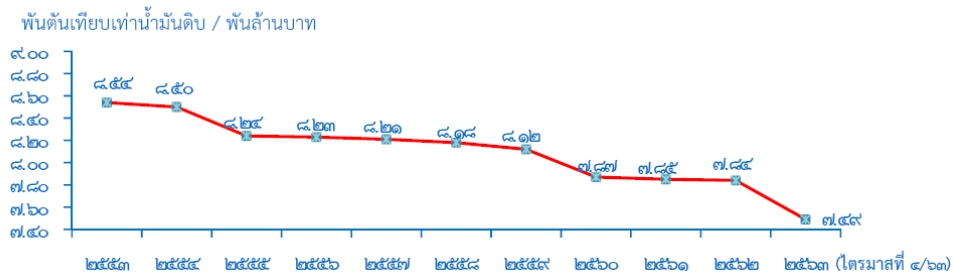


รูปที่ 2.5 การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายและพลังงานทดแทนในปี 2563

(ที่มา: https://www.dede.go.th/download/stat63/fontpage_dec2020.pdf)

ส่วนดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Energy Intensity) จะเห็นได้ว่ามีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553-2563 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานทดแทน 11,642 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบลดลงร้อยละ 19.0 จากช่วงเดียวกันของปีก่อน ส่วนสัดส่วนการใช้พลังงานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเปรียบเทียบกับปี 2553 ซึ่งเป็นปีฐานที่เริ่มดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554 – 2573) และแผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558 – 2579

ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Energy Intensity)

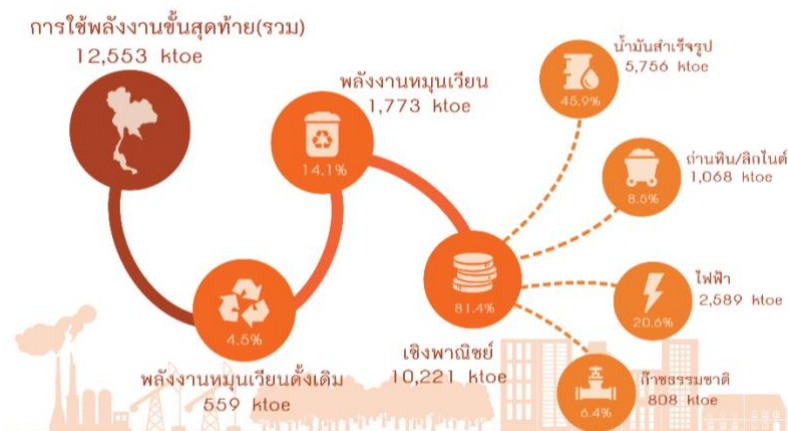


รูปที่ 2.6 ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการใช้พลังงานในปี 2563

(ที่มา: https://www.dede.go.th/download/stat63/fontpage_dec2020.pdf)

พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe) = 40.047×106 ปีพียู

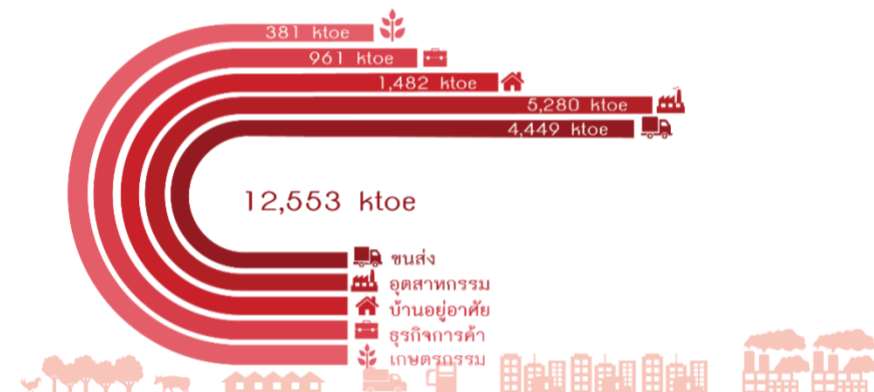
สำหรับการใช้พลังงานจำแนกตามชนิดพลังงานในช่วงเดือน ม.ค.-ก.พ. 2564 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย 12,553 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ประกอบด้วยพลังงานหมุนเวียนแบบดั้งเดิม 4.5% พลังงานหมุนเวียน 14.1% และพลังงานฟอสซิล 81.4% ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การใช้พลังงานจำแนกตามชนิดพลังงาน (ม.ค.-ก.พ.64)

(ที่มา: https://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=56081)

การใช้พลังงานจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจในช่วงเดือน ม.ค.-ก.พ. 2564 ดังแสดงในรูปที่ 2.8 พบว่า ใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมสูงสุดเท่ากับ 5,280 ktoe ภาคขนส่ง 4,449 ktoe บ้านอยู่อาศัย 1,482 ktoe ธุรกิจการค้า 961 ktoe และ เกษตรกรรม 381 ktoe ตามลำดับ



รูปที่ 2.8 การใช้พลังงานจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ (ม.ค.-ก.พ.64)

(ที่มา: https://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=56081)

2.3 ผลกระทบของสิ่งแวดล้อมจากการใช้พลังงาน

ภาวะโลกร้อน (Global Warming) หรือ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) อันมีสาเหตุจากปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นตัวการสำคัญ ซึ่งเป็นที่ทราบกันอยู่แล้วว่าเกิดขึ้นจากการที่มนุษย์เผาผลาญเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ เพื่อผลิตพลังงาน เป็นจำนวนมากและเป็นเวลาต่อเนื่องมายาวนาน และเพื่อให้สามารถเข้าใจถึงความสัมพันธ์ของผลกระทบสิ่งแวดล้อมกับการใช้พลังงาน สามารถอธิบายความสัมพันธ์และความเชื่อมโยงของปัจจัยต่างๆ ดังกล่าว ดังแสดงในรูปที่ 2.9 ซึ่งจะเห็นได้ว่า การใช้พลังงานอย่างมากมายมีความสำคัญและส่งผลกระทบต่อเนื่องกับการเปลี่ยนแปลงด้านสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก เช่น ความรุนแรงของการเปลี่ยนแปลงของฤดู น้ำท่วมสูง พายุแห่งแล้งขั้นรุนแรง ไฟป่า เป็นต้น

2.4 แบบฝึกหัด

1. ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานของโลกที่สูงขึ้นได้แก่อะไรบ้าง
2. บทบาทหน้าที่ของ Energy Information Administration, EIA
3. Organization for Economic Cooperation and Development, OECD ได้แก่ประเทศอะไรบ้าง
4. น้ำมันชีวมวล (Shale Gas) คืออะไร
5. จงอธิบายความหมายของพีดตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe)
6. ประโยชน์ของดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการใช้พลังงานคืออะไร
7. ภาวะโลกร้อน (Global Warming) คืออะไร
8. สาเหตุของการเกิดภาวะโลกร้อน
9. จงอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงกระแสความร้อน/น้ำเย็นที่เกิดขึ้นจากภาวะโลกร้อน
10. จงอธิบายถึงปรากฏการณ์เอลนีโญและลานินยา

2.5 เอกสารอ้างอิง

1. https://www.dede.go.th/download/stat63/fontpage_dec2020.pdf
2. https://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=56081
3. สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย เดือนมกราคม - ธันวาคม 2563 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
4. สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย เดือนมกราคม - กุมภาพันธ์ 2564 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
5. แผนยุทธศาสตร์ สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน พ.ศ. 2560-2564 กระทรวงพลังงาน

บทที่ 3

ประวัติของการอนุรักษ์พลังงานในประเทศไทย

3.1 ความสำคัญและความเป็นมา

เมื่อปี พ.ศ. 2516 ประเทศไทยได้เริ่มกำหนดให้มีนโยบายทางด้านการประหยัดพลังงาน ซึ่งในขณะนั้นเกิดวิกฤตการณ์ด้านการขาดแคลนน้ำมัน ทางรัฐบาลจึงได้กำหนดมาตรการป้องกันการขาดแคลนน้ำมันและประหยัดการใช้น้ำมันเป็นหลัก โดยอยู่ในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2515-2519) ต่อมาในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2520-2524) ก็ยังคงมีการกำหนดมาตรการทางด้านการควบคุมการใช้น้ำมันอย่างต่อเนื่องเนื่องจากยังมีปริมาณการใช้น้ำมันที่สูงอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งการผลิตไฟฟ้าส่วนใหญ่ก็ยังต้องอาศัยการพึ่งพาน้ำมันปิโตรเลียมจากต่างประเทศในอัตราที่สูงมาก โดยมาตรการประหยัดพลังงานในขณะนั้นจะครอบคลุมทั้งภาคการขนส่ง อุตสาหกรรม และภาคส่วนราชการ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นมาตรการชั่วคราวที่เน้นการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าเท่านั้น เช่น จำกัดความเร็วรถยนต์นั่ง และรถบรรทุก กำหนดบัสเลน ห้ามจอดรถในถนนสายหลัก ห้ามไม่ให้โรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ใช้ไฟฟ้าในช่วงพลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak Load) มีการสาธิตการประหยัดพลังงานของอุปกรณ์ต่างๆ กำหนดเวลาการปิด-เปิดของสถานบริการเรียมรย์ รวมทั้งการลดเวลาออกอากาศทางโทรทัศน์ในช่วงเย็น เป็นต้น

จากมาตรการต่างๆ ที่รัฐบาลได้กำหนดใช้เพื่อเป็นการลดการใช้น้ำมันและไฟฟ้าในช่วงที่ราคาน้ำมันดิบในตลาดโลกมีราคาแพงและขาดแคลนนั้น ยังไม่สามารถลดการใช้น้ำมันและลดการพึ่งพาน้ำมันปิโตรเลียมจากต่างประเทศลงได้อย่างเป็นรูปธรรม จนกระทั่งแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 5 (พ.ศ. 2525-2529) ได้มีการกำหนดนโยบายทางด้านพลังงานไว้เพื่อใช้เป็นหลักในการพัฒนาด้านพลังงานของประเทศที่ก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อการพัฒนาประเทศ โดยรวมถึงการพิจารณากระบวนการผลิตและการใช้พลังงานให้ลดลงเป็นมาตรการประหยัดพลังงานที่นำมาใช้เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรม เน้นถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่อหน่วยการผลิต ส่งผลให้เกิดการลดการใช้พลังงานลง และให้มีการดำเนินงานในลักษณะของโครงการประหยัดพลังงานของประเทศอย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น

โครงการประหยัดพลังงานในเบื้องต้นของประเทศได้กำหนดให้กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน สังกัดกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการพลังงาน ตามประกาศพระราชบัญญัติการพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน พ.ศ. 2535 ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 109 ตอนที่ 9 ลงวันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2535 เป็นผู้ดำเนินมาตรการส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัดในภาคอุตสาหกรรม อาทิเช่น การให้บริการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานกับอาคารภาครัฐก่อนในเบื้องต้น และเสนอแนะ

วิธีการประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมการจัดฝึกอบรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการอนุรักษ์พลังงาน ตั้งแต่ระดับผู้บริหาร วิศวกร และช่างเทคนิคของโรงงาน อีกทั้งยังมีการให้สิ่งจูงใจด้วยการลดอากรศุลกากรขาเข้าของเครื่องจักรอุปกรณ์ที่ช่วยในการประหยัดพลังงาน และการให้เงินกู้ดอกเบี้ยต่ำแก่โรงงานเพื่อการสาธิตการประหยัดพลังงาน รวมทั้งการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารประหยัดพลังงานด้วยวารสารข่าวเอกสารวิชาการ โปสเตอร์ และแผ่นพับ เป็นต้น

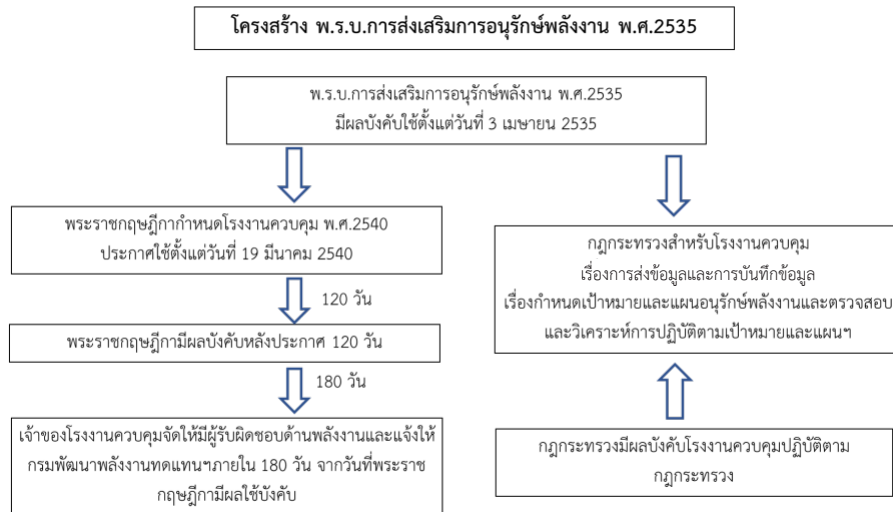
โครงการดังกล่าวได้ดำเนินมาอย่างต่อเนื่อง และขยายขอบเขตกว้างขวางเพิ่มขึ้น จนถึงในช่วงของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2530-2534) จึงได้กำหนดเป้าหมายเพิ่มขึ้นให้มีการอนุรักษ์พลังงานในอาคารพาณิชย์และที่อยู่อาศัยด้วย ต่อมาในปี พ.ศ. 2529 ภายหลังจากที่ได้ดำเนินมาตรการส่งเสริมการประหยัดพลังงาน จนได้ผลมาในระดับหนึ่ง แต่จากการที่เศรษฐกิจของประเทศมีแนวโน้มที่ขยายตัวอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะในด้านการส่งออกการลงทุน และการท่องเที่ยว ทำให้ความต้องการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ขยายตัวขึ้นสูงตามไปด้วยจึงเป็นภาระของทั้งภาครัฐและเอกชนในการจัดหาพลังงานมาสนองตอบความต้องการใช้ให้ได้อย่างเพียงพอ ดังนั้นนอกเหนือจากการพัฒนาแหล่งพลังงานใหม่ๆ แล้ว การอนุรักษ์พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนจะเป็นมาตรการอีกอย่างหนึ่งที่จะช่วยรักษาเสถียรภาพทางด้านพลังงานของประเทศได้ และจากการเห็นผลสำเร็จของต่างประเทศในการอนุรักษ์พลังงาน อาทิ ญี่ปุ่น เยอรมัน แคนาดา ซึ่งประเทศเหล่านี้มีกฎหมายอนุรักษ์พลังงานเป็นเครื่องมือสำคัญในการให้การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานแก่ภาคเอกชน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานได้ยกร่างกฎหมายส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานขึ้นมา และได้ผ่านการพิจารณาจากสภานิติบัญญัติแห่งชาติ และได้มีพระบรมราชโองการฯ ให้ประกาศใช้ในพระราชกิจจานุเบกษาเมื่อวันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2535 ทำให้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2535 นับเป็นกฎหมายด้านอนุรักษ์พลังงานฉบับแรกของประเทศไทย

3.2 สารสำคัญของ พ.ร.บ.

กฎหมายด้านอนุรักษ์พลังงานมีชื่อเต็มว่า "พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535" ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเมื่อวันที่ 2 เมษายน 2535 และมีผลให้ใช้บังคับในวันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป คือ วันที่ 3 เมษายน 2535 ซึ่งแสดงรายละเอียดของโครงสร้าง พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ในรูปที่ 3.1 โดยหลักการของกฎหมายมีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1. กำกับดูแลส่งเสริม และสนับสนุนให้ผู้ที่อยู่ภายใต้บังคับของกฎหมาย (อาคารควบคุม และโรงงานควบคุม) มีการอนุรักษ์พลังงานด้วยการผลิต และการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และประหยัด
2. ส่งเสริม และสนับสนุนให้เกิดการผลิตเครื่องจักรอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ และวัสดุที่ใช้ในการอนุรักษ์พลังงานขึ้นภายในประเทศ และมีการใช้อย่างแพร่หลาย

3. ส่งเสริม และสนับสนุนให้การอนุรักษ์พลังงานเป็นรูปธรรม ด้วยการจัดตั้ง "กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน" เพื่อใช้เป็นกลไกในการให้การอุดหนุนช่วยเหลือทางการเงินในการอนุรักษ์พลังงาน



รูปที่ 3.1 โครงสร้าง พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

กลุ่มเป้าหมายที่รัฐจะเข้าไปกำกับดูแลและให้การส่งเสริมช่วยเหลือคือ

1. โรงงานควบคุม
2. อาคารควบคุม
3. ผู้ผลิต หรือผู้จำหน่ายเครื่องจักรอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงและวัสดุที่ใช้ในการอนุรักษ์

พลังงาน

สำหรับกลุ่มโรงงานควบคุม และอาคารควบคุมจะเน้นไปที่โรงงาน และอาคารที่ใช้พลังงานในปริมาณมาก และมีศักยภาพพร้อมที่จะดำเนินการอนุรักษ์พลังงานได้ทันทีโดยจะมีการออก "พระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุม" และ "พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม" เพื่อกำหนดว่าโรงงานและอาคารประเภทใดใช้พลังงานชนิดใดในปริมาณเท่าใดจึงจะเป็นโรงงานควบคุมและอาคารควบคุมที่จะต้องดำเนินการอนุรักษ์พลังงานตามพระราชบัญญัตินี้

ในส่วนของกลุ่มผู้ผลิต หรือผู้จำหน่ายเครื่องจักรอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง และวัสดุที่ใช้ในการอนุรักษ์พลังงานจะได้รับสิทธิในการอุดหนุนช่วยเหลือเพื่อให้มีการผลิต หรือจำหน่ายเครื่องจักรอุปกรณ์ และวัสดุเหล่านี้แก่ประชาชนทั่วไปอย่างแพร่หลาย และมีราคาถูก ซึ่งจะช่วยให้ประชาชนทั่วไปลดการใช้พลังงานลงได้ ทั้งนี้จะได้มีการกำหนดประเภท และมาตรฐานของคุณภาพของเครื่องจักรอุปกรณ์ และวัสดุที่จะได้รับสิทธิอุดหนุนช่วยเหลือไว้ในกฎกระทรวงต่อไป

กิจกรรมที่ถือว่าการอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน ได้แก่ การดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

1. การปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิง
2. การป้องกันการสูญเสียพลังงาน
3. การนำพลังงานที่เหลือจากการใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่
4. การเปลี่ยนไปใช้พลังงานอีกประเภทหนึ่ง
5. การปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าด้วยวิธีปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า การลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วงความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของระบบ การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับภาระและวิธีการอื่นๆ
6. การใช้เครื่องจักร หรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง ตลอดจนระบบควบคุมการทำงาน และวัสดุที่ช่วยในการอนุรักษ์พลังงาน
7. การอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีอื่นตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

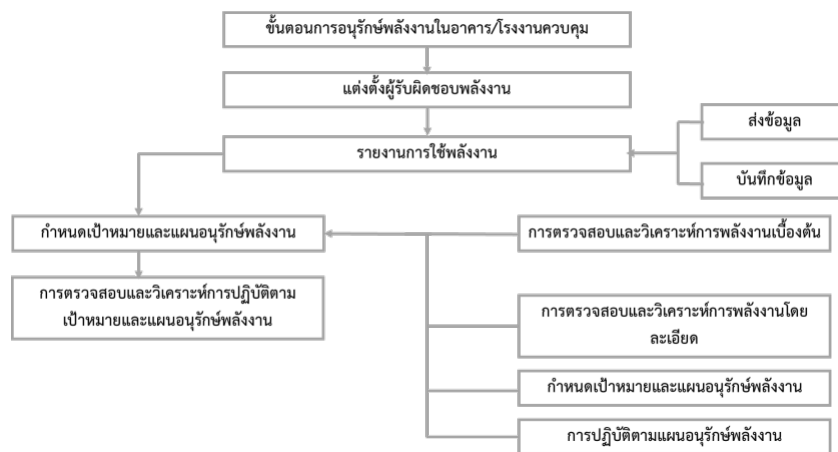
กิจกรรมการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร ได้แก่ การดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

1. การลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เข้ามาในอาคาร
2. การปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งการรักษาอุณหภูมิภายในอาคารที่อยู่ระดับที่เหมาะสม
3. การใช้วัสดุก่อสร้างอาคารที่จะช่วยอนุรักษ์พลังงาน ตลอดจนการแสดงคุณภาพของวัสดุก่อสร้างนั้นๆ
4. การใช้แสงสว่างในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ
5. การใช้ และการติดตั้งเครื่องจักรอุปกรณ์ และวัสดุที่ก่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร
6. การใช้ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องจักร และอุปกรณ์
7. การอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีอื่นตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

การกำหนดประเภทกิจกรรมที่ถือว่าการอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน และอาคารดังกล่าวข้างต้น เพื่อให้ผู้ที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องทั้งในส่วนผู้ปฏิบัติ และผู้กำกับดูแลมีความเข้าใจชัดเจนตรงกันว่าการดำเนินการอย่างใดที่ถือว่าการอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมายนี้

การปฏิบัติตาม พ.ร.บ.การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 สำหรับอาคารควบคุมหรือโรงงานควบคุมนั้น จะพิจารณาจากการที่มีการติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป หรือติดตั้งหม้อแปลงตั้งแต่ 1,175 กิโลโวลท์แอมแปร์ หรือมีการใช้พลังงานไฟฟ้า ความร้อนจากไอน้ำ หรือพลังงานสิ้นเปลืองตั้งแต่ 20 ล้านเมกะจูลต่อปี ซึ่งจะต้องปฏิบัติตามพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุมและโรงงานควบคุมตามขั้นตอนต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ซึ่งในระยะแรกของ พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 จะเริ่มบังคับใช้กับอาคารควบคุมก่อนและบังคับใช้กับโรงงาน

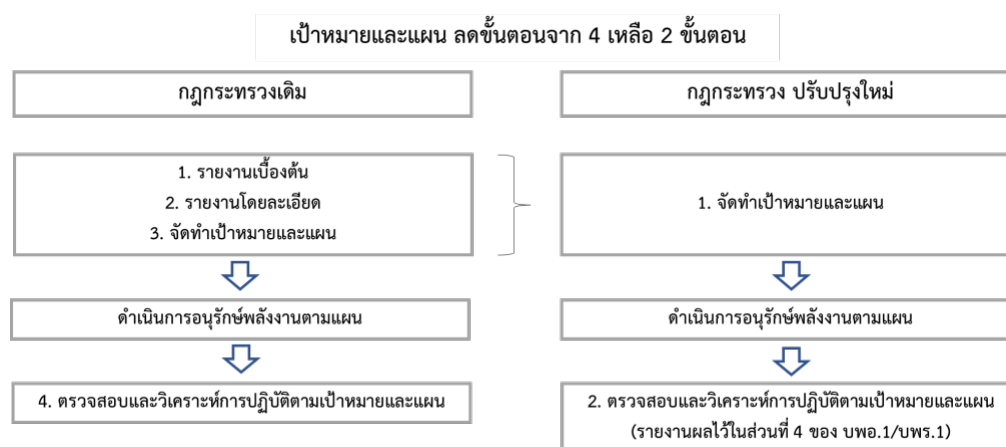
ควบคุมตามมาในปี พ.ศ. 2540 โดยหน่วยงานราชการที่มีความเกี่ยวข้องโดยตรงคือ กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน และเมื่อวันที่ 3 ตุลาคม 2545 เปลี่ยนชื่อเป็น “กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน” สังกัดกระทรวงพลังงานตามประกาศพระราชบัญญัติปรับปรุงกระทรวง ทบวง กรม พ.ศ. 2545 ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 119 ตอนที่ 99 ก ลงวันที่ 2 ตุลาคม 2545 ซึ่งจะเป็นผู้กำกับ ดูแล ส่งเสริม และให้ความช่วยเหลือผู้อยู่ใต้กฎหมายฉบับนี้ให้มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการอนุรักษ์พลังงานสำหรับอาคารควบคุม/โรงงานควบคุม

จากรูปที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการอนุรักษ์พลังงานสำหรับอาคารควบคุม/โรงงานควบคุม โดยเมื่ออาคารควบคุม/โรงงานควบคุมทราบว่าตนเองเข้าข่ายที่จะต้องปฏิบัติตาม พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 จะเริ่มต้นจากการแต่งตั้งผู้รับผิดชอบพลังงานประจำอาคารควบคุม/โรงงานควบคุมอย่างน้อย 1 คน ตามคุณสมบัติที่กำหนดของผู้รับผิดชอบพลังงาน และจะต้องเป็นผู้บันทึกข้อมูลและส่งข้อมูลไปยัง พ.พ. ทุกๆ 6 เดือน สำหรับผู้ที่จะสามารถดำเนินการตาม พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ในส่วนของการกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน ได้แก่ การจัดทำรายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้น/โดยละเอียด และการกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน รวมทั้งการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผน จะต้องเป็นบริษัทที่ปรึกษาที่ได้ขึ้นทะเบียนกับทาง พ.พ. ไว้เท่านั้น และเพื่อให้สามารถดำเนินการตาม พ.ร.บ. ได้อย่างต่อเนื่อง ทาง พ.พ. จึงได้ให้การสนับสนุนเงินงบประมาณในการจัดทำรายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้น/โดยละเอียด และการกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน โดยใช้เงินงบประมาณจากกองทุนน้ำมัน แต่จากการปฏิบัติตาม พ.ร.บ. ดังกล่าวมากระยะหนึ่งพบว่า ข้อมูลต่างๆ ที่รวบรวมมาจัดทำรายงานการวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้นและโดยละเอียดส่วนใหญ่ไม่สามารถนำมาปฏิบัติได้จริงอย่างเป็นรูปธรรมที่ชัดเจน อาจเป็นสาเหตุเนื่องมาจากมาตรการต่างๆ ที่กำหนดขึ้นนั้น

เป็นมาตรการที่ทางบริษัทที่ปรึกษาเป็นผู้ตรวจวัด วิเคราะห์และกำหนดมาตรการต่างๆ ให้ทางอาคารหรือโรงงานเป็นผู้ดำเนินการตาม มิได้เกิดขึ้นจากความต้องการในการดำเนินการในมาตรการต่างๆ ตามความเหมาะสมของอาคารหรือโรงงานควบคุม ดังนั้นทาง พ.พ. จึงได้พยายามที่จะปรับปรุงและลดขั้นตอนการดำเนินการตามกฎหมายเพื่อสามารถนำมาตรการที่เกิดขึ้นไปใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างเป็นรูปธรรมโดยอาศัยตัวแทนหรือทีมงานของอาคารหรือโรงงานควบคุมเป็นผู้ตรวจวัด วิเคราะห์และกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงานขึ้นเองได้โดยไม่ต้องอาศัยจากบริษัทที่ปรึกษาด้านพลังงาน ในที่สุดจึงสามารถลดขั้นตอนลงจากเดิมลงเหลือเพียงการจัดทำเป้าหมายและอนุรักษ์พลังงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.3 การดำเนินการจัดทำรายงานเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานสำหรับกฎกระทรวงใหม่นั้นสามารถทำได้โดยตัวแทนของเจ้าของอาคารหรือโรงงานควบคุมแทนบริษัทที่ปรึกษาจากภายนอก แต่จะต้องมีวิศวกรที่มีใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม (กว.) เช่นเดียวกับมาตรการที่แสดงอยู่ในรายงานเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งจะต้องให้ทาง พ.พ. ทุกๆ 3 ปี แต่หากบริษัทใดไม่มีวิศวกรหรือต้องการให้ทางบริษัทที่ปรึกษาเป็นผู้ดำเนินการก็สามารถดำเนินการได้



รูปที่ 3.3 แสดงขั้นตอนการอนุรักษ์พลังงาน (ปรับปรุงใหม่)

จากผลของการเปลี่ยนแปลงขั้นตอนการปฏิบัติตาม พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ให้เหมาะสมมากขึ้นนั้นพบว่า มาตรการต่างๆ ที่เกิดขึ้นสามารถนำไปปฏิบัติได้จริงและพนักงานหรือทีมงานอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุม/โรงงานควบคุมก็ได้มีส่วนร่วมในการกำหนดมาตรการต่างๆ ให้เหมาะสมตามวัฒนธรรมการทำงานของแต่ละแห่ง รวมทั้งสร้างความภาคภูมิใจให้กับผู้นำเสนอมาตรการนั้นๆ

ในขณะเดียวกันทาง พ.พ. ได้พยายามที่จะหาแนวทางการอนุรักษ์พลังงานให้เกิดผลประหยัดอย่างเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น โดยวิธีหนึ่งที่ได้ศึกษาและให้ความสนใจเป็นพิเศษคือการมีส่วนร่วมในการ

อนุรักษ์พลังงานจากพนักงานทุกคน ซึ่งได้ศึกษาจากโครงการนำร่องการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมสำหรับอาคารและโรงงาน รวมทั้งสถานประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อมในระยะแรกเพียงจำนวนหนึ่งเท่านั้น พบว่าสามารถลดการใช้พลังงานลงได้อย่างเป็นรูปธรรม ดังนั้นจึงได้ขยายผลและให้ความสนใจต่อโครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมอย่างต่อเนื่อง ซึ่งผลของการดำเนินการโครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมในโรงงานอุตสาหกรรม โครงการอนุรักษ์พลังงานสำหรับอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็ก (SMES) อย่างต่อเนื่องนั้นแสดงดังตารางที่ 3.1 ซึ่งจะเห็นได้ว่าในช่วงแรกของโครงการจะเป็นโครงการนำร่องการประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมด้วยเทคนิคการจัดการ โดยเริ่มต้นจากโรงงาน 5 แห่ง ซึ่งในช่วงเวลานั้นทางสำนักงานนโยบายและแผนพลังงานก็ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในประเด็นดังกล่าว จนเมื่อปิดโครงการ โรงงานที่เข้าร่วมโครงการสามารถได้ผลประหยัดจากกิจกรรมต่างๆ ถึง 48.68 ล้านบาท ในขณะที่ใช้เงินลงทุนเพียง 2.78 ล้านบาท ซึ่งนับว่าเป็นจุดเริ่มต้นที่มีความสำคัญอย่างมากที่จะต่อยอดไปยังโรงงานอื่นๆ ที่ให้ความสนใจ และในปีต่อมาก็มา ทาง พ.พ. ก็สนับสนุนให้โรงงานเข้าร่วมโครงการเพิ่มขึ้นโดยใช้ชื่อโครงการว่า โครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม ทั้งนี้จะอาศัยแนวคิด 3 อย่างคือ

1. ผลผลิตเท่าเดิมการใช้พลังงานลดลง ดำเนินการโดยการตรวจวัดการใช้พลังงาน และลงมือตามขั้นตอนโดยเริ่มจาก House keeping, Process improvement, Machine change ตามลำดับ
2. การใช้พลังงานเท่าเดิมได้ผลผลิตมากขึ้น ใช้เครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ เช่น TPM, TQM, VE, Small group analysis, Zero waste เป็นต้น
3. การใช้พลังงานมากขึ้นได้ผลผลิตลดลงแต่ได้มูลค่าของผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น สามารถดำเนินการได้โดยการค้นหาจุดแตกต่าง เพิ่มประโยชน์ใช้สอย เพิ่มมูลค่าสินค้าให้สูงขึ้น ย้ายตลาดสู่กลุ่มลูกค้าที่มีกำลังซื้อสูงขึ้น

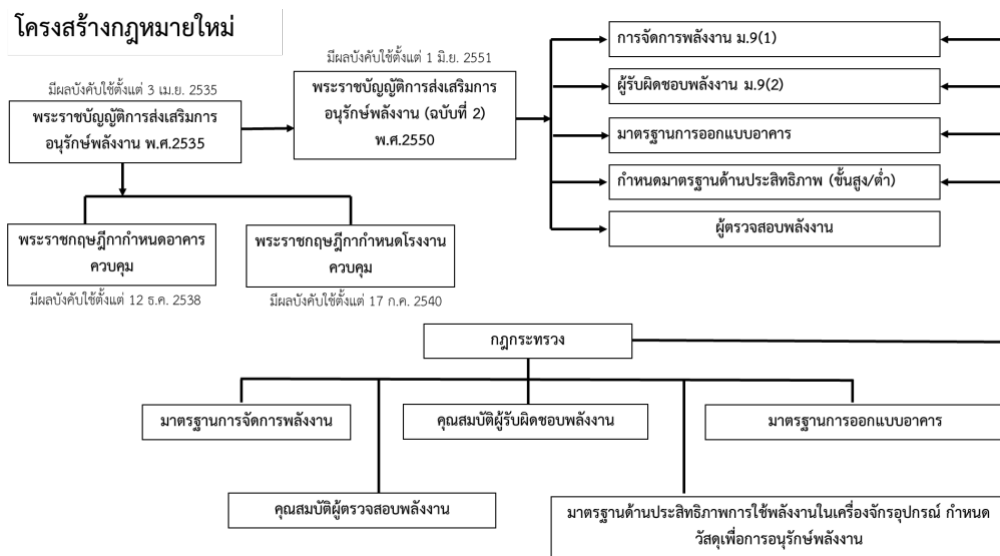
ประเด็นที่สำคัญของโครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมคือ จะต้องไม่บังคับ ไม่ลดคุณภาพชีวิตหรือมาตรฐานการทำงาน ต้องมีส่วนร่วมของพนักงานในองค์กร ต้องเปลี่ยนบทบาทจากผู้รับเป็นผู้ให้ เป็นต้น ซึ่งจากแนวคิดดังกล่าวทั้งอาคารและโรงงานที่ให้ความสนใจเข้าร่วมโครงการฯ ทั้ง 835 แห่ง เพียงระยะเวลา 3 ปี สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ถึง 414.33 ล้านบาท ในขณะที่มีการลงทุนในการดำเนินการประมาณ 77.85 ล้านบาท ระยะเวลาคืนทุนเฉลี่ย 0.18 ปี เท่านั้น และเพื่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานอย่างยั่งยืนต่อไปนั้น จะต้องอาศัยการดำเนินการอย่างเป็นระบบเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด จึงเป็นที่มาของความจำเป็นที่จะต้องมีการพัฒนาระบบการจัดการพลังงานเพื่อที่จะนำไปสู่การบังคับใช้มาตรฐานการจัดการพลังงานในอนาคต

ตารางที่ 3.1 ผลสำเร็จการดำเนินการโครงการที่ผ่านมาในการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม
(ปี 2545-2548) ข้อมูล ณ มกราคม 2549
(ข้อมูลจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน)

	รายชื่อโครงการ	ปี พ.ศ. ที่ ดำเนินการ	จำนวน (แห่ง)	ผลประหยัด (ล้านบาท)	เงินลงทุน (ล้านบาท)	ระยะเวลา คืนทุน (ปี)
1	โครงการนำร่องการประหยัดพลังงานใน โรงงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยเทคนิค การจัดการ	45	5	48.68	278	0.07
2	โครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม โดยโรงงานควบคุม	46	31	30.1	282	0.16
3	โครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม ด้วยเทคนิคการจัดการ	46	10	20.35	3.16	0.16
4	โครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม โดยโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางและ ขนาดเล็ก	46	38	39.53	10.28	0.26
5	โครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม โดยโรงงานควบคุม	47	50	87.49	25.97	0.29
6	โครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม โดยอาคารควบคุม	47	53	27.45	5.13	0.18
7	โครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม โดยโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางและ ขนาดเล็ก	47	32	869	1.09	0.13
8	โครงการอนุรักษ์พลังงานในนิคม อุตสาหกรรม (ความร่วมมือระหว่าง พพ. กับ กนอ.)	47	31	22.04	11.12	0.50
9	โครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม โดยโรงงานควบคุม	48	285	75	8	0.11
10	โครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม โดยอาคารควบคุม	48	100	35	25	0.07
11	โครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม โดยโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางและ ขนาดเล็ก	48	200	20	5	0.25
รวมทั้งสิ้น			835	414.33	77.85	0.18

3.3 โครงสร้างกฎหมายใหม่

หลายปีที่ผ่านมาการดำเนินการของโครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม ทางกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานรวมทั้งหน่วยงานเกี่ยวข้องได้มีการรวบรวมข้อบกพร่องและข้อเสนอแนะต่างๆ จากการดำเนินการที่ผ่านมาดังกล่าว จึงเป็นที่มาของการนำไปสู่การปรับปรุงและประกาศใช้โครงสร้างกฎหมายใหม่ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 และได้ประกาศในพระราชกิจจานุเบกษาเมื่อวันที่ 4 ธันวาคม 2550 ซึ่งมีผลบังคับใช้เมื่อวันที่ 1 มิถุนายน 2551 โดยมีการปรับปรุงให้ง่ายต่อการปฏิบัติมากขึ้น ซึ่งจะแสดงรายละเอียดไว้ในกฎกระทรวง (ใหม่) ดังแสดงในรูปที่ 3.4 โดยจากโครงสร้างใหม่จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงที่จากเดิมที่มีการบังคับใช้ในกฎกระทรวงได้แก่ มาตรฐานการจัดการพลังงาน คุณสมบัติของผู้ตรวจสอบพลังงาน คุณสมบัติผู้รับผิดชอบพลังงาน มาตรฐานด้านประสิทธิภาพการใช้พลังงานในเครื่องจักรอุปกรณ์กำหนดเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน และ มาตรฐานการออกแบบอาคาร



รูปที่ 3.4 แสดงรายละเอียดของโครงสร้างกฎหมายใหม่

3.3.1 กฎกระทรวงมาตรฐานการจัดการพลังงาน

สำหรับกฎกระทรวงการจัดการพลังงานมีข้อกำหนดให้เจ้าของอาคาร/โรงงานควบคุมต้องดำเนินการจัดการพลังงานดังต่อไปนี้

- กำหนดนโยบายพลังงาน
- กำหนดโครงสร้าง อำนาจหน้าที่ ความรับผิดชอบของพนักงาน
- ฝึกอบรม ประชาสัมพันธ์ กลไกควบคุมการปฏิบัติงานของพนักงาน
- ประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน
- กำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน

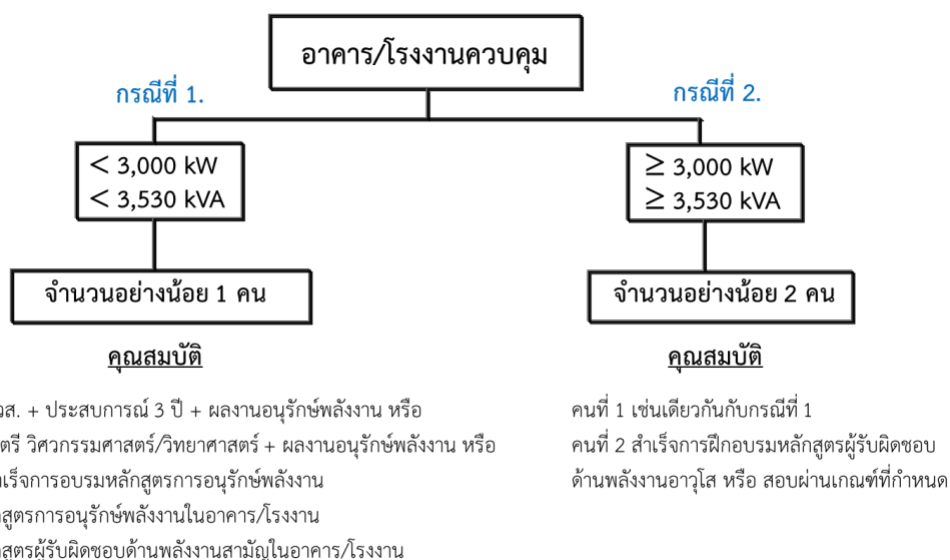
- ตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนฯ
- ตรวจสอบระบบการจัดการพลังงาน
- ทบทวน วิเคราะห์ แก่ไขระบบการจัดการพลังงาน

โดยจะต้องส่งรายงานผลการตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงานให้ พ.พ. ภายในเดือน มีนาคมของทุกปี ทั้งนี้การตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงานต้องดำเนินการโดยผู้ตรวจสอบ พลังงานที่ขึ้นทะเบียนกับ พ.พ. เท่านั้น

3.3.2 กฎกระทรวงผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน

เจ้าของอาคาร/โรงงานควบคุมต้องจัดให้มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงานประจำอาคาร (ผขอ.) / โรงงาน (ผสร.) ควบคุมในแต่ละแห่ง โดยมีจำนวน/คุณสมบัติ (ผขอ./ผสร.) เป็นไปตามขนาดเครื่องวัด ไฟฟ้า/หม้อแปลงไฟฟ้าของอาคาร/โรงงานควบคุม ดังแสดงในรูปที่ 3.5

ในกรณีที่ผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน ผขอ./ผสร. ที่ประจำอาคาร/โรงงานควบคุมอยู่เดิมให้เป็น ผขอ./ผสร. ประจำอาคาร/โรงงานควบคุมนั้นต่อไป หากอาคาร/โรงงานควบคุมใดที่มีขนาดติดตั้ง เครื่องวัดไฟฟ้าน้อยกว่า 3,000 kW หรือ ติดตั้งหม้อแปลงน้อยกว่า 3,530 kVA ที่เกิดขึ้นหลังกฎกระทรวง มีผลบังคับใช้ จะต้องแจ้งแต่งตั้ง ผขอ./ผสร. ภายใน 180 วัน นับแต่วันที่ เป็นอาคารควบคุม/โรงงาน ควบคุม ส่วนอาคาร/โรงงานควบคุมที่มีการติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้ามากกว่าเท่ากับ 3,000 kW หรือ ติดตั้ง หม้อแปลงมากกว่าเท่ากับ 3,530 kVA ต้องแจ้งแต่งตั้ง ผขอ./ผสร. อาวุโส ภายใน 1 ปี นับแต่วันที่ กฎกระทรวงมีผลบังคับใช้เป็นอาคารควบคุม/โรงงานควบคุม สำหรับกรณีเปลี่ยน ผขอ./ผสร. ใหม่ ต้องแจ้งเปลี่ยน ผขอ./ผสร. ทั้งคนเก่าและคนใหม่ต่อ พ.พ. ซึ่งการแจ้งแต่งตั้ง ผขอ./ผสร. ให้แจ้งตาม แบบแต่งตั้งตามที่ พ.พ. กำหนด



รูปที่ 3.5 คุณสมบัติผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน

บทบาทหน้าที่ของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน

1. บำรุงรักษาและตรวจสอบประสิทธิภาพเครื่องจักร อุปกรณ์
2. ปรับปรุงวิธีการใช้พลังงานให้อนุรักษ์พลังงาน
3. ช่วยเจ้าของอาคาร/โรงงานควบคุม ดำเนินการจัดการพลังงาน

3.3.3 กฎกระทรวงการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

ข้อกำหนดสำหรับอาคารที่ก่อสร้างแล้วเสร็จหรือดัดแปลงแล้วเสร็จ มีขนาดพื้นที่รวมกันทุกชั้นในหลังเดียวกันตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป ต้องออกแบบให้อนุรักษ์พลังงาน โดยจะต้องมีมาตรฐานการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงานในอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

- ระบบกรอบอาคาร (ผนัง หลังคา)
- ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
- ระบบปรับอากาศ (ขนาดเล็ก ขนาดใหญ่ แบบดูดกลืน)
- อุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน (หม้อไอน้ำ หม้อต้มน้ำร้อน ฮีตปั๊ม)

สำหรับอาคารใดที่มีการยื่นแบบอาคารก่อนกฎกระทรวงนี้มีผลบังคับใช้ ให้ยกเว้นไม่ต้องปฏิบัติตามกฎกระทรวงนี้

3.3.4 กฎกระทรวงผู้ตรวจสอบพลังงาน

หน้าที่ผู้ตรวจสอบพลังงานคือ ดำเนินการตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงาน การใช้พลังงานในเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ และคุณภาพวัสดุหรืออุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

สำหรับผู้มีสิทธิเป็นผู้ตรวจสอบพลังงานจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดข้อใดข้อหนึ่งดังนี้

1. นิติบุคคลไทย มีวัตถุประสงค์ประกอบธุรกิจหรือให้บริการเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงาน หรือการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการใช้และการผลิตพลังงาน

2. สถาบันการศึกษา

3. หน่วยงานภาครัฐ

ส่วนคุณสมบัติ / จำนวนบุคลากรของผู้ตรวจสอบพลังงานประกอบด้วย

1. ผู้ชำนาญการอย่างน้อย 1 คน
 - จบ ป.ตรี วิศวกรรมศาสตร์/วิทยาศาสตร์/พลังงาน
 - มีประสบการณ์การอนุรักษ์พลังงาน การจัดการพลังงาน อย่างน้อย 7 ปี
 - ผ่านหลักสูตรวิธีการตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงาน
 - มีใบประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ระดับสามัญขึ้นไป

2. ผู้ช่วยผู้ชำนาญการอย่างน้อย 2 คน
 - จบ ป.ตรี วิศวกรรมศาสตร์/วิทยาศาสตร์/พลังงาน
 - มีประสบการณ์การอนุรักษ์พลังงาน การจัดการพลังงาน อย่างน้อย 3 ปี
 3. ผู้ชำนาญการต้องเข้ารับการอบรมหลักสูตรวิธีการตรวจสอบภายใน 2 ปี นับแต่วันที่กฎกระทรวงมีผลบังคับใช้ หรือนับจากวันที่เป็นผู้ชำนาญการ
เงื่อนไขสำหรับการเป็นผู้ตรวจสอบพลังงานมีดังต่อไปนี้
 1. ต้องไม่เป็นผู้ชำนาญการ และผู้ช่วยผู้ชำนาญการให้กับผู้ตรวจสอบพลังงานรายอื่น
 2. ต้องไม่เป็นบุคลากรประจำของอาคาร/โรงงานควบคุม ที่เข้าไปดำเนินการตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงาน
 3. ผู้ชำนาญการตรวจสอบพลังงาน สามารถตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงานให้กับอาคาร/โรงงานควบคุม ไม่เกิน 30 แห่ง ในแต่ละรอบของการตรวจสอบ
 4. การตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงานแต่ละแห่งต้องประกอบด้วยผู้ชำนาญการอย่างน้อย 1 คน ผู้ช่วยผู้ชำนาญการอย่างน้อย 2 คน
 5. ผู้ตรวจสอบพลังงานมีอายุ 3 ปี
- จากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างกฎหมายใหม่นั้น ทำให้การปฏิบัติงานด้านการอนุรักษ์พลังงานมีความชัดเจนและเหมาะสมมากยิ่งขึ้น แต่ทั้งนี้อาจจะทำให้เกิดความยุ่งยากในด้านเอกสารบ้างในระยะแรก แต่หากมีการจัดการอย่างเป็นระบบแล้ว ก็น่าที่จะทำให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานอย่างเป็นรูปธรรม

3.4 แบบฝึกหัด

1. กฎหมายอนุรักษ์พลังงานฉบับแรกของประเทศไทยได้ประกาศในพระราชกฤษฎีกาเบกษาเมื่อใดและมีผลบังคับใช้ตั้งแต่เมื่อใด
2. อาคารควบคุมและโรงงานควบคุมคืออะไร
3. การปฏิบัติตาม พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 สำหรับอาคารควบคุมหรือโรงงานควบคุมจะพิจารณาจากสิ่งใด
4. พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 มีผลบังคับใช้ตั้งแต่เมื่อใด
5. พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ประกอบด้วยกฎกระทรวงกี่ฉบับ และมีอะไรบ้าง
6. ขั้นตอนของระบบการจัดการพลังงานประกอบด้วยอะไรบ้าง
7. ความแตกต่างของการเป็นผู้รับผิดชอบด้านพลังงานใน พ.ร.บ.การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 และ พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 คืออะไรบ้าง
8. สำหรับกฎกระทรวงการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานกำหนดให้อาคารที่ก่อสร้างแล้วเสร็จมีขนาดพื้นที่รวมกันทุกชั้นในหลังเดียวกันตั้งแต่กี่ตารางเมตรขึ้นไป ต้องออกแบบให้มีมาตรฐานเพื่อการอนุรักษ์พลังงานของอุปกรณ์ต่างๆ
9. ผู้ชำนาญการที่ดำเนินการตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงาน จะต้องมีใบประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมสาขาใดบ้าง ตั้งแต่ระดับใดขึ้นไป

3.5 เอกสารอ้างอิง

1. <http://www.dede.go.th>
2. กิตติ สถาพรประสาธน์ การพัฒนาระบบการจัดการพลังงานสำหรับประเทศไทย วารสาร
ครบรอบ 15 ปี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ หน้า 63-67, 2550.
3. พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535.
4. พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550.
5. ราชกิจจานุเบกษา, พระราชบัญญัติโอนหน้าที่และกิจการบริหารของสำนักงานพลังงาน
แห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน ไปเป็นของกรมพัฒนา
และส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน พ.ศ. 2535,
เล่ม 109, ตอนที่ 9, วันที่ 12 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2535, หน้า 19.
6. ประกาศพระราชบัญญัติปรับปรุงกระทรวง ทบวง กรม พ.ศ. 2545 ในราชกิจจานุเบกษา
เล่ม 119 ตอนที่ 99 ก ลงวันที่ 2 ตุลาคม 2545.
7. แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2515-2519)
8. แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2520-2524)
9. แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 5 (พ.ศ. 2525-2529)
10. แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2530-2534)

บทที่ 4

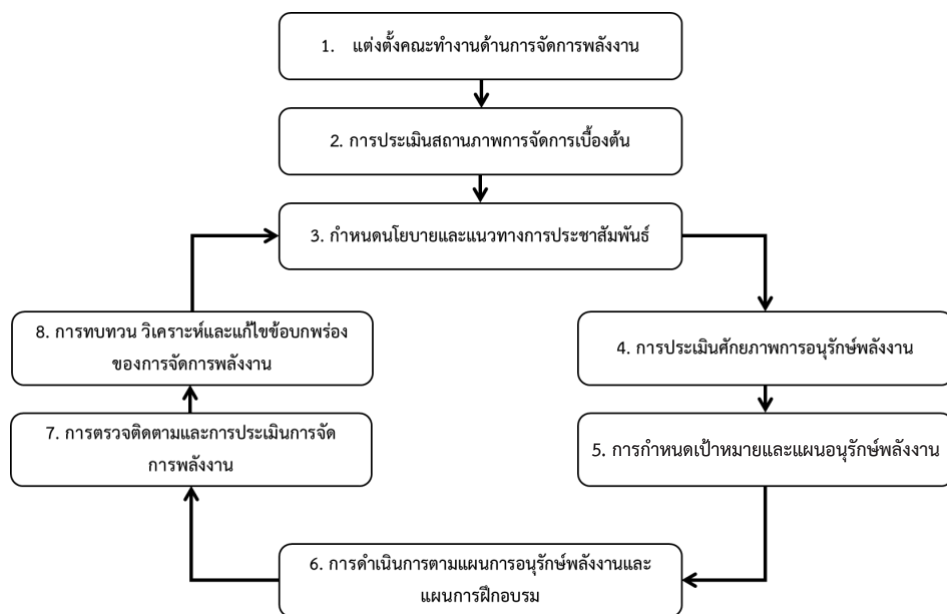
ระบบการจัดการพลังงานและการตรวจประเมิน

4.1 ระบบการจัดการพลังงาน

การพัฒนากระบวนการจัดการพลังงานเพื่อที่จะนำไปสู่มาตรฐานการจัดการพลังงานสำหรับประเทศไทยนั้นได้พยายามศึกษาจากต่างประเทศที่ประสบความสำเร็จ ซึ่งต้นแบบที่นำมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับประเทศไทยคือ มาตรฐานการจัดการพลังงานของประเทศอังกฤษ จนกระทั่งปี พ.ศ. 2550 ได้แก้ไขและปรับปรุงมาตรฐานให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสมและเพื่อนำไปสู่การกำหนดบรรทัดฐาน (Benchmark) ของการปฏิบัติงานที่ดีในการบริหารจัดการทรัพยากรพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล หากพิจารณาจากลักษณะเด่นของโครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมที่ผ่านมาแล้วนั้น สามารถนำมาขยายผลต่อเนื่องรวมทั้งพัฒนาให้เกิดระบบการจัดการพลังงานอย่างเป็นระบบได้ โดยขั้นตอนการพัฒนาระบบการจัดการพลังงานจะแบ่งออกเป็น 8 ขั้นตอน ได้แก่

1. แต่งตั้งคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน
2. ประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น
3. กำหนดนโยบายและแนวทางการประชาสัมพันธ์
4. การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน
5. การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน
6. การดำเนินการตามแผนการอนุรักษ์พลังงานและแผนการฝึกอบรม
7. การตรวจติดตามและการประเมินการจัดการพลังงาน
8. การทบทวน วิเคราะห์ และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงาน

โดยจะเริ่มต้นจากการกำหนด 2 ขั้นตอนแรกในปีแรกของการจัดทำระบบการจัดการพลังงานขององค์กรและในปีต่อไปจะดำเนินการต่อเนื่องเป็นวงรอบตั้งแต่ขั้นตอนที่ 3 - 8 ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ซึ่งสามารถอธิบายขั้นตอนการดำเนินงานได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.1 แสดงขั้นตอนระบบการจัดการพลังงาน

ขั้นตอนที่ 1 แต่งตั้งคณะกรรมการจัดการพลังงาน

คือการแต่งตั้งกลุ่มบุคคลจากเจ้าของโรงงานควบคุมหรือเจ้าของอาคารควบคุมซึ่งตั้งขึ้นตามกฎหมายว่าด้วยการกำหนดมาตรฐานหลักเกณฑ์และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม โดยคณะกรรมการจัดการพลังงานจะมีหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการดำเนินการด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการพลังงานทั้งหมดในโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุม และเพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องกำหนดโครงสร้างคณะทำงานที่จะรับผิดชอบในการประสานระบบการจัดการพลังงานที่เป็นระบบใหม่เข้ากับระบบที่มีอยู่เดิมโดยไม่ให้เกิดปัญหาหรือให้มีน้อยที่สุด นอกจากนั้นคณะกรรมการหรือทีมอนุรักษ์พลังงานยังมีหน้าที่ถ่ายทอดนโยบายด้านการอนุรักษ์พลังงาน ประชาสัมพันธ์ จัดโครงการหรือกิจกรรมต่างๆ ให้เกิดขึ้น และการจัดทำรายงานการจัดการพลังงาน รวมทั้งเป็นศูนย์กลางในการประสานงานระหว่างหน่วยงานต่างๆ ทั้งภายในและภายนอกองค์กร และยังเป็นผู้ขับเคลื่อนกิจกรรมต่างๆ ทางด้านการอนุรักษ์พลังงานให้มีความต่อเนื่องสม่ำเสมอ ทั้งนี้คณะทำงานด้านการจัดการพลังงานจะต้องได้รับการแต่งตั้งอย่างเป็นทางการจากผู้บริหารระดับสูง ซึ่งอาจจะแบ่งออกเป็น 2 ทีมหลักๆ คือ ทีมผู้บริหารที่ประกอบด้วย ผู้จัดการแผนกต่างๆ และทีมปฏิบัติงาน ยกตัวอย่างเช่น ผู้จัดการแผนก หัวหน้าแผนก ทีมประชาสัมพันธ์ เจ้าหน้าที่บันทึกข้อมูล ผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน เป็นต้น โดยจะต้องกำหนดภาระหน้าที่ความรับผิดชอบของคณะกรรมการให้ชัดเจน ตามประกาศในกฎกระทรวง กำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. 2552 โดยผู้รับผิดชอบด้านพลังงานจะเป็นผู้ที่มีบทบาทสำคัญในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ

ซึ่งพนักงานที่ได้รับมอบหมายให้เป็นผู้รับผิดชอบด้านพลังงานจะต้องยื่นเอกสารประวัติและผลงานไปยังกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานและจะต้องได้รับการแต่งตั้งการขึ้นทะเบียนเป็นผู้รับผิดชอบด้านพลังงานประจำองค์กร สำหรับจำนวนผู้รับผิดชอบพลังงานที่จะต้องแต่งตั้งภายในองค์กรนั้นจะขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่องวัดไฟฟ้าหรือขนาดหม้อแปลงไฟฟ้าชุดเดียวหรือหลายชุดรวมกัน หรือมีการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำหรือพลังงานสิ้นเปลืองอื่น ตามที่ประกาศไว้ในกฎกระทรวงกำหนดคุณสมบัติ หน้าที่ และจำนวนของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน พ.ศ. 2552 และที่สำคัญในการแต่งตั้งคณะกรรมการด้านการจัดการพลังงานจะต้องมีการเผยแพร่ให้ทราบโดยทั่วกันภายในองค์กร ซึ่งจะต้องมีผู้บริหารระดับสูงเป็นผู้ลงนามในคำสั่งประกาศแต่งตั้งคณะกรรมการดังกล่าว

แต่อย่างไรก็ตามจากกฎกระทรวง กำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. 2552 หน้าที่ 7-12 เล่มที่ 126 ตอนที่ 47ก ลงวันที่ 23 กรกฎาคม 2552 ได้ระบุไว้ว่า อำนาจหน้าที่ของคณะกรรมการจัดการพลังงานอย่างน้อยต้องมีดังต่อไปนี้

- (1) ดำเนินการจัดการพลังงานให้สอดคล้องกับนโยบายอนุรักษ์พลังงานและวิธีการจัดการพลังงานของโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุม
- (2) ประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อขอความร่วมมือในการปฏิบัติการตามนโยบายอนุรักษ์พลังงานและวิธีการจัดการพลังงาน รวมทั้งจัดการฝึกอบรมหรือกิจกรรมเพื่อสร้างจิตสำนึกของบุคลากรของโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุม
- (3) ควบคุมดูแลให้การจัดการพลังงานของโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมเป็นไปตามนโยบายอนุรักษ์พลังงานและวิธีการจัดการพลังงาน

คำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการจัดการพลังงาน

เพื่อให้การดำเนินงานด้านการจัดการพลังงานของบริษัทฯ เป็นไปอย่างต่อเนื่อง มีประสิทธิภาพ และมีประสิทธิผล จึงได้แต่งตั้งคณะกรรมการจัดการพลังงานขึ้นมา โดยประกอบด้วย ตัวแทนของหน่วยงานต่างๆ เพื่อร่วมประสานการทำงานด้านการอนุรักษ์พลังงานให้บรรลุผลสำเร็จตามนโยบายและวัตถุประสงค์ ดังมีรายชื่อต่อไปนี้

1.	ประธานคณะกรรมการ
2.	เลขานุการ
3.	คณะกรรมการ
4.	คณะกรรมการ
5.	คณะกรรมการ
6.	คณะกรรมการ
7.	คณะกรรมการ

โดยคณะกรรมการมีหน้าที่และความรับผิดชอบดังนี้

1. ดำเนินการจัดการพลังงานให้สอดคล้องกับนโยบายอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมที่กำหนดขึ้น
2. ประสานงานกับหน่วยงานทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง เพื่อขอความร่วมมือในการปฏิบัติตามนโยบายอนุรักษ์พลังงานและวิธีการจัดการพลังงาน รวมทั้งจัดการอบรมหรือกิจกรรมด้านการอนุรักษ์พลังงานให้เหมาะสมกับพนักงานในแต่ละหน่วยงาน
3. ควบคุมดูแลวิธีการจัดการพลังงานของ โรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุม ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยกำหนดให้มีการดำเนินการดังนี้
 - รวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานที่ผ่านมาจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
 - ตรวจสอบสถานภาพการใช้พลังงานในปัจจุบันของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
 - ตรวจสอบผลการดำเนินงานและการจัดการพลังงานของหน่วยงานต่างๆ จากรายงานผลการดำเนินงานที่หน่วยงานแต่ละหน่วยได้จัดทำขึ้น
4. รายงานผลการดำเนินงานให้กับเจ้าของโรงงานควบคุมหรือเจ้าของอาคารควบคุมรับทราบ
5. ทบทวนนโยบายอนุรักษ์พลังงานและการจัดการพลังงานอย่างสม่ำเสมอ พร้อมทั้งรวบรวมข้อเสนอแนะเกี่ยวกับนโยบายและวิธีการจัดการพลังงานให้เจ้าของโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมหรือผู้บริหารระดับสูงรับทราบ
6. ดำเนินการด้านอื่นตามที่ได้รับมอบหมาย

ทั้งนี้ มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ เป็นต้นไป

ลงชื่อ.....

(.....)

ตำแหน่ง.....(เจ้าของโรงงานควบคุม/อาคารควบคุม หรือผู้บริหารระดับสูง).....

รูปที่ 4.2 ตัวอย่างการแต่งตั้งคณะกรรมการจัดการพลังงาน

(4) รายงานผลการอนุรักษ์และการจัดการพลังงานตามนโยบายอนุรักษ์พลังงานและวิธีการจัดการพลังงานของโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมให้เจ้าของโรงงานควบคุมหรือเจ้าของอาคารควบคุมทราบ

(5) เสนอแนะเกี่ยวกับการกำหนดหรือทบทวนนโยบายอนุรักษ์พลังงานและวิธีการจัดการพลังงานให้เจ้าของโรงงานควบคุมหรือเจ้าของอาคารควบคุมพิจารณา

(6) สนับสนุนเจ้าของโรงงานควบคุมหรือเจ้าของอาคารควบคุมในการดำเนินการตามกฎหมายนี้

หากมีข้อความที่นอกเหนือจากข้อความที่กำหนดไว้ดังกล่าวในข้างต้น ทางคณะทำงานด้านการจัดการพลังงานสามารถเพิ่มเติมข้อความที่เห็นสมควรและเหมาะสมกับวัฒนธรรมขององค์กรได้ สำหรับตัวอย่างการกำหนดโครงสร้างการจัดการพลังงาน ดังแสดงในรูปที่ 4.2

ขั้นตอนที่ 2 การประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น

เพื่อให้ทราบถึงวัฒนธรรมในองค์กรและสถานะด้านการบริหารบุคลากร ด้านการเงิน และด้านเทคนิคทางวิศวกรรม ทั้งนี้จะช่วยให้สามารถทราบได้ว่าการจัดการพลังงานในปัจจุบันมีจุดอ่อน-จุดแข็งในเรื่องใดบ้าง เพื่อจะนำไปสู่แนวทางในการกำหนดนโยบายด้านอนุรักษ์พลังงานต่อไป โดยปกติตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น (Energy Management Matrix, EMM) จะกำหนดให้มีการดำเนินการเมื่อมีการจัดทำรายงานการจัดการพลังงานขึ้นเป็นครั้งแรก ซึ่งจะต้องครอบคลุมทุกส่วนงาน โดยมีตัวแทนทุกส่วนงานแสดงความคิดเห็นในแบบฟอร์มที่ทาง พ.พ. เป็นผู้กำหนดไว้ สำหรับการประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้นจะแบ่งออกเป็น 6 ด้าน ได้แก่ นโยบายการอนุรักษ์พลังงาน การจัดการ การกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจ ระบบข้อมูลข่าวสาร ประชาสัมพันธ์ และการลงทุน โดยแต่ละด้านจะมีการประเมินจากระดับคะแนนตั้งแต่ 0-4 คะแนน ซึ่งการดำเนินการประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้นจะต้องทำการประเมินจากตัวแทนของทุกแผนก ระบุจำนวนของพนักงานที่ตอบแบบสอบถามและคิดเป็นสัดส่วนของผู้ให้ข้อมูลในแบบประเมินเป็นเท่าไรเมื่อเทียบกับบุคลากรทั้งหมดขององค์กร และเมื่อได้ผลสรุปจากการสำรวจดังกล่าว จะต้องสรุปแต่ละด้านว่าได้คะแนนเฉลี่ยเท่าไร เพื่อจะได้วิเคราะห์ในแต่ละด้านว่าควรจะให้มีความสำคัญหรือจัดการอย่างเร่งด่วนในประเด็นด้านไหนบ้าง หากพบว่าประเด็นด้านไหนที่มีระดับต่ำกว่าระดับอื่นๆ ควรจะหาแนวทางในการที่จะยกระดับให้สูงขึ้นเท่ากับระดับที่สูงที่สุดที่ได้จากการประเมิน อาจกำหนดมาตรการมาจากระดับบริหารหรือจากการระดมสมองของคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน โดยปกติแล้วจะต้องมีการกำหนดเป้าหมายหรือความคาดหวังขององค์กรว่าจะอยู่ในระดับคะแนนเท่าไรในแต่ละด้าน ซึ่งควรจะอยู่ในแนวระนาบเดียวกัน สำหรับการประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้นอาจไม่จำเป็นที่จะต้องดำเนินการประเมินทุกปี แต่ควรจะต้องพิจารณาจากผลของการจัดทำรายงานการจัดการพลังงานว่าพนักงานส่วนใหญ่มีความเข้าใจของระบบการจัดการพลังงานอยู่หรือไม่ แต่ในทางปฏิบัติควรจัดให้มีการทบทวนอย่างน้อยทุกๆ 3 ปี เพื่อที่จะได้ข้อมูลที่ทันสมัยและสามารถนำไปใช้งานต่อได้ทันที ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 4.3

ระดับ คะแนน	นโยบายการอนุรักษ์ พลังงาน	การจัดองค์กร	การกระตุ้นและสร้าง แรงจูงใจ	ระบบข้อมูลข่าวสาร	ประชาสัมพันธ์	การลงทุน
4	มีนโยบายการจัด การพลังงานจากฝ่าย บริหารและถือเป็นส่วน หนึ่งของนโยบายของบริษัท	มีการจัดองค์กรและเป็น โครงสร้างส่วนหนึ่งของ ฝ่ายบริหารกำหนดหน้าที่ ความรับผิดชอบไว้ชัดเจน	มีการประสานงานระหว่าง ผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน และทีมงานทุก ระดับ อย่าง สม่ำเสมอ	กำหนดเป้าหมายที่ครอบคลุม ติดตามผล หรือติดตามผล ประเมินผล ควบคุมการ ใช้งบประมาณ	ประชาสัมพันธ์คุณค่าของ การประหยัดพลังงาน และผลการดำเนินงาน ของการจัดการพลังงาน	จัดสรรงบประมาณโดย ละเอียด โดยพิจารณาถึง ความสำคัญของโครงการ
3	มีนโยบายและมีการ สนับสนุนเป็นครั้งคราวจาก ฝ่ายบริหาร	ผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน รายงานโดยตรงต่อคณะ กรรมการผู้รับผิดชอบ ซึ่งประกอบด้วยหัวหน้า ฝ่ายต่างๆ	คณะกรรมการอนุรักษ์ พลังงานเป็นช่องทางหลัก ในการดำเนินงาน	แจ้งผลการใช้พลังงานจาก มิเตอร์ย่อยให้แต่ละฝ่ายทราบ แต่ไม่มีการแจ้งถึงผลการ ประหยัด	ให้พนักงานรับทราบ โครงการอนุรักษ์พลังงาน และให้มีการประชาสัมพันธ์อย่างสม่ำเสมอ	ใช้ระยะเวลา คุ่มทุนเป็น หลักในการพิจารณาการ ลงทุน
2	ไม่มีการกำหนดนโยบายที่ ชัดเจน โดยผู้บริหารหรือ ผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน	มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน รายงานต่อคณะกรรมการ เฉพาะกิจ แต่สายงาน บังคับบัญชาไม่ชัดเจน	คณะกรรมการเฉพาะกิจ เป็นผู้ดำเนินการ	ทำรายงานติดตามประเมิน ผล โดยดูจากมิเตอร์ให้คณะ กรรมการเฉพาะกิจเข้ามา เกี่ยวข้องกับการตั้งงบประมาณ	จัดฝึกอบรมให้พนักงาน รับทราบเป็นครั้งคราว	ลงทุนโดยดูมาตรการที่มี ระยะเวลาคุ่มทุนเร็ว
1	ไม่มีแนวทางปฏิบัติที่ทำไว้ เป็นลายลักษณ์อักษร	ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานมี ขอบเขตหน้าที่ความ รับผิดชอบจำกัด	มีการติดต่ออย่างไม่เป็น ทางการระหว่างวิศวกรกับ ผู้ใช้พลังงาน (พนักงาน)	มีการสรุปรายงานด้าน ค่าใช้จ่ายการใช้พลังงานเพื่อ ใช้ภายในฝ่ายวิศวกรรม	แจ้งให้พนักงานทราบ อย่างไม่เป็นทางการเพื่อ ส่งเสริมการใช้พลังงาน อย่างมีประสิทธิภาพ	พิจารณาเฉพาะมาตรการที่ ลงทุนต่ำ
0	ไม่มีนโยบายที่ ชัดเจน	ไม่มีผู้รับผิดชอบด้าน พลังงาน	ไม่มีการติดต่อกับผู้ใช้ พลังงาน	ไม่มีระบบรวบรวมข้อมูลและ บัญชีการใช้พลังงาน	ไม่มีการสนับสนุนการ ประหยัดพลังงาน	ไม่มีการลงทุนใดๆในการ ปรับปรุงประสิทธิภาพ การ ใช้พลังงาน

รูปที่ 4.3 ตัวอย่างการประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น

ขั้นตอนที่ 3 การกำหนดนโยบายและประชาสัมพันธ์

เมื่อทราบผลการประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้นแล้ว ก็จะนำผลการประเมินดังกล่าวมาพิจารณาในแต่ละประเด็นเพื่อใช้ข้อมูลในการกำหนดนโยบายอนุรักษ์พลังงาน เพื่อให้พนักงานทุกระดับในองค์กรทราบถึงความเอาใจจริงเอาใจใส่ วิสัยทัศน์ การสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูง ส่วนการประชาสัมพันธ์นั้นเพื่อให้เกิดการสื่อสารด้านการอนุรักษ์พลังงานทั่วทั้งองค์กร จากระดับผู้บริหารระดับสูงไปยังพนักงานระดับปฏิบัติงาน และจากพนักงานไปยังผู้บริหาร เพื่อให้เกิดความร่วมมือร่วมใจกันทั้งองค์กร โดยสิ่งที่จะต้องดำเนินการขั้นตอนนี้คือการประกาศนโยบายพลังงานอย่างเป็นทางการ รวมทั้งหัวข้อประชาสัมพันธ์หรือแนวทางการรณรงค์ให้ทราบทั่วทั้งองค์กร โดยทั่วไปสามารถสื่อสารได้หลายช่องทางเช่น เสียงตามสาย วารสาร แผ่นพับ จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ ประชุมพนักงาน บอร์ดประชาสัมพันธ์ เป็นต้น แต่สิ่งสำคัญคือจะทราบได้อย่างไรว่าได้ประชาสัมพันธ์ให้ทราบทั่วทั้งองค์กรแล้ว ยกตัวอย่างเช่น ทางคณะทำงานด้านการจัดการพลังงานจะต้องร่วมกันพิจารณาว่าตำแหน่งการติดตั้งของบอร์ดประชาสัมพันธ์อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมแล้วหรือไม่ โดยเนื้อหาที่จะประกาศในนโยบายอนุรักษ์พลังงานจะต้องสอดคล้องตามที่ประกาศไว้ในกฎกระทรวงฯ และที่สำคัญผู้บริหารระดับสูงจะต้องเป็นผู้ลงนามในนโยบายอนุรักษ์พลังงาน เพื่อให้พนักงานทั้งหมดในองค์กรได้ทราบว่าองค์กรมีความตั้งใจที่สนับสนุนให้มีการอนุรักษ์พลังงานอย่างจริงจัง

แต่อย่างไรก็ตามจากกฎกระทรวง กำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงาน ในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. 2552 ได้ระบุไว้ว่า นโยบายอนุรักษ์พลังงานต้องแสดงเจตจำนงและความมุ่งมั่นในการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม โดยจัดทำเป็นเอกสาร และลงลายมือชื่อเจ้าของโรงงานควบคุมหรือเจ้าของอาคารควบคุม และอย่างน้อยต้องมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- (1) ข้อความระบุว่าการอนุรักษ์พลังงานเป็นส่วนหนึ่งของการดำเนินงานของเจ้าของโรงงานควบคุมหรือเจ้าของอาคารควบคุม
- (2) นโยบายอนุรักษ์พลังงานที่เหมาะสมกับลักษณะและปริมาณพลังงานที่ใช้ในโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมนั้น

ประกาศ	
ฉบับที่ 001/2550	
บริษัทศรีสยาม จำกัด ได้ดำเนินการผลิตยางรถยนต์ เพื่อจำหน่ายทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2525 เนื่องจากในภาวะปัจจุบัน ประเทศชาติกำลังประสบปัญหาด้านพลังงาน ซึ่งเป็นปัญหาที่มีความสำคัญและมีผลกระทบต่อดำรงชีวิตของพนักงานและเศรษฐกิจของชาติเป็นอย่างมาก ดังนั้นทางบริษัทฯ จึงได้ดำเนินการนำระบบการจัดการพลังงานมาประยุกต์ใช้ภายในบริษัท ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 ทั้งนี้บริษัทเล็งเห็นว่า การอนุรักษ์พลังงานเป็นสิ่งสำคัญ และเป็นหน้าที่ของพนักงานทุกคนที่ต้องร่วมมือกันดำเนินการจัดการพลังงานอย่างต่อเนื่องและให้คงอยู่ต่อไป ดังนั้นบริษัทฯ จึงได้กำหนดนโยบายอนุรักษ์พลังงานเพื่อใช้เป็นแนวทางการดำเนินงานด้านพลังงานและเพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานให้เกิดประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด ทั้งนี้บริษัทฯ จึงกำหนดนโยบายดังต่อไปนี้ 1. บริษัทจะดำเนินการและพัฒนาระบบการจัดการพลังงานอย่างเหมาะสม โดยกำหนดให้การอนุรักษ์พลังงานเป็นส่วนหนึ่งของการดำเนินงานของบริษัทฯ สอดคล้องกับกฎหมายและข้อกำหนดอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง 2. บริษัทจะดำเนินการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรพลังงานขององค์กรอย่างต่อเนื่องและ เหมาะสมกับธุรกิจ เทคโนโลยีที่ใช้ และแนวทางการปฏิบัติงานที่ดี 3. บริษัทจะกำหนดแผนและเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานในแต่ละปี และสื่อสารให้พนักงานทุกคนเข้าใจและปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง 4. บริษัทถือว่าการอนุรักษ์พลังงานเป็นหน้าที่ความรับผิดชอบของเจ้าของ ผู้บริหาร และพนักงานของบริษัทฯ ทุก ระดับที่จะให้ความร่วมมือในการปฏิบัติตามมาตรการที่กำหนด ติดตามตรวจสอบ และรายงานต่อคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน 5. บริษัทจะให้การสนับสนุนที่จำเป็น รวมถึงทรัพยากรด้านบุคลากร ด้านงบประมาณ เวลาในการทำงาน การฝึกอบรม และการมีส่วนร่วมในการนำเสนอข้อคิดเห็นเพื่อพัฒนางานด้านพลังงาน 6. ผู้บริหารและคณะทำงานด้านการจัดการพลังงานจะทบทวนและปรับปรุงนโยบาย เป้าหมาย และแผนการดำเนินงานด้านพลังงานทุกปี จึงประกาศมาเพื่อทราบและถือปฏิบัติโดยทั่วกัน ประกาศ ณ วันที่..... ลงชื่อ..... (.....) ตำแหน่ง...(เจ้าของโรงงานควบคุม/อาคารควบคุม หรือผู้บริหารระดับสูง)...	

รูปที่ 4.4 ตัวอย่างการกำหนดนโยบายด้านพลังงาน

(3) การแสดงเจตจำนงที่จะปฏิบัติตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์และการจัดการพลังงาน

(4) แนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานอย่างต่อเนื่อง

(5) แนวทางในการจัดสรรทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพในการดำเนินการตามวิธีการจัดการพลังงาน แต่ทางผู้บริหารขององค์กรสามารถเพิ่มเติมข้อความที่นอกเหนือจากที่กำหนดไว้ดังกล่าวได้ และสำหรับตัวอย่างของนโยบายดังแสดงในรูปที่ 4.4

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน

กำหนดให้เจ้าของโรงงานควบคุมและเจ้าของอาคารควบคุมประเมินหาสภาพการใช้พลังงานที่มีนัยสำคัญในระดับองค์กร ระดับผลิตภัณฑ์หรือบริการ และระดับอุปกรณ์ ตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนดดังต่อไปนี้

(1) การประเมินระดับองค์กร เจ้าของโรงงานควบคุมและเจ้าของอาคารควบคุมรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับระบบไฟฟ้า การผลิตหรือการบริการและการใช้พลังงานตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคมของปีที่ผ่านมา (หรือครบจำนวน 12 เดือน) เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนและสัดส่วนการใช้พลังงานในระบบหรือกระบวนการผลิตต่างๆ ทั้งนี้เพื่อใช้เปรียบเทียบหาสถานภาพการใช้พลังงานรวมขององค์กร

เดือน	(1) พลังไฟฟ้าสูงสุด				(2) พลังงานไฟฟ้า		(3)	(4)	(5)
	P (กิโลวัตต์)	OP1 (กิโลวัตต์)	OP2 (กิโลวัตต์)	ค่าใช้จ่าย (บาท)	ปริมาณ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ค่าใช้จ่าย (บาท)	ค่าไฟฟ้ารวม (บาท)	ค่าตัวประกอบภาวะ (เปอร์เซ็นต์)	ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
ม.ค.	4,820	1,560	4,700	640,722.6	1,673,400	4,685,520	5,326,242.6	46.66	3.18
ก.พ.	4,920	2,100	4,780	654,015.6	1,617,600	4,529,280	5,183,295.6	48.93	3.20
มี.ค.	5,080	2,080	5,020	675,284.4	1,803,200	5,048,960	5,724,244.4	47.71	3.17
เม.ย.	5,020	2,160	4,920	667,308.6	1,709,600	4,786,880	5,454,188.6	47.30	3.19
พ.ค.	5,060	2,200	5,040	672,625.8	1,835,600	5,139,680	5,812,305.8	48.76	3.17
มิ.ย.	5,080	1,840	5,000	675,284.4	1,794,200	5,023,760	5,699,044.4	49.05	3.18
ก.ค.	5,060	2,000	5,050	672,625.8	1,849,200	5,177,760	5,850,385.8	49.12	3.16
ส.ค.	5,100	1,650	5,160	677,943.0	1,843,400	5,161,520	5,839,463.0	48.58	3.17
ก.ย.	5,120	1,940	5,060	680,601.6	1,774,800	4,969,440	5,650,041.6	48.14	3.18
ต.ค.	3,004	1,135	2,953	399,321.7	1,842,800	5,159,840	5,559,161.7	82.45	3.02
พ.ย.	3,252	1,239	3,214	432,288.4	1,687,600	4,725,280	5,157,568.4	72.08	3.06
ธ.ค.	3,488	1,311	3,447	463,659.8	1,627,600	4,557,280	5,020,939.8	62.72	3.08
รวม				7,311,681.7	21,059,000	58,965,200	66,276,881.7		
เฉลี่ย				609,306.8	1,754,916.67	4,913,766	5,523,073.4	54.29	3.15

รูปที่ 4.5 ตัวอย่างข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนของการประเมินระดับองค์กร

(1) ระบบ	(2) การใช้พลังงานไฟฟ้า		(3) หมายเหตุ
	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	ร้อยละ	
ปรับอากาศแบบรวมศูนย์	701,967	40	
ปรับอากาศแบบแยกส่วน	263,238	15	
ไฟฟ้าแสงสว่าง	386,082	22	
อื่นๆ	403,631	23	
รวม	1,754,916	100	

รูปที่ 4.6 ตัวอย่างการแสดงสัดส่วนการใช้พลังงาน

(2) การประเมินระดับผลิตภัณฑ์หรือบริการ ในกรณีที่ต้องมีการใช้พลังงานในการผลิตและบริการที่สามารถแยกได้เป็นหลายผลิตภัณฑ์หรือหลายบริการ ให้เปรียบเทียบต้นทุนทางพลังงานของการผลิตสินค้าหรือบริการ โดยการวิเคราะห์กระบวนการผลิตหรือการบริการและหาค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption, SEC) จากอัตราส่วนของปริมาณการใช้พลังงานต่อปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานในแต่ละผลิตภัณฑ์หรือบริการ ตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนดดังต่อไปนี้ (ก) โรงงานควบคุม ให้หาค่าการใช้พลังงานจำเพาะโดยใช้อัตราส่วนของปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดต่อหน่วยผลผลิต (ข) อาคารควบคุม ให้หาค่าการใช้พลังงานจำเพาะโดยใช้อัตราส่วนของปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดต่อปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานในอาคาร เช่น จำนวนห้องพักที่จำหน่ายได้ในกรณีของโรงแรม หรือจำนวนผู้ใช้บริการของอาคารในกรณีของโรงพยาบาลหรือจำนวนพื้นที่ใช้สอยที่ใช้งานจริงในกรณีของอาคารทั่วไป เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 4.7

(3) การประเมินระดับอุปกรณ์ ให้ประเมินการใช้พลังงานที่มีนัยสำคัญของแต่ละอุปกรณ์หลัก รวมทั้งวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการใช้พลังงานและการสูญเสียพลังงานในแต่ละอุปกรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.8

ซึ่งจากการดำเนินการในส่วนนี้จะสามารถนำไปสู่การประเมินประสิทธิภาพของการใช้พลังงาน และสามารถวิเคราะห์ถึงระดับพลังงานที่ต้องการใช้จริง หากพบความผิดปกติจะสามารถดำเนินการแก้ไขได้โดยอาศัยการระดมความคิดเพื่อค้นหาสาเหตุของความผิดปกติดังกล่าว

เดือน	(1) พื้นที่ใช้สอยที่ใช้งานจริง (ตารางเมตร)	(2) ปริมาณพลังงานที่ใช้		(3) ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) (เมกะจูล/ตารางเมตร)
		ไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ความร้อน (เมกะจูล)	
ม.ค.	217,346	1,673,400	4,821,339	49.90
ก.พ.	217,346	1,617,600	4,821,339	48.98
มี.ค.	217,346	1,803,200	4,821,339	52.05
เม.ย.	217,346	1,709,600	4,821,339	50.50
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
ก.ย.	217,346	1,774,800	4,821,339	51.58
ต.ค.	217,346	1,842,800	4,824,252	52.72
พ.ย.	217,346	1,687,600	4,821,339	50.14
ธ.ค.	217,346	1,627,600	4,849,855	49.27
รวม	217,346	21,059,000	57,888,476	615.15
เฉลี่ย	217,346	1,754,916.67	4,824,040	51.26

รูปที่ 4.7 ตัวอย่างการใช้พลังงานต่อหน่วยพื้นที่ของการประเมินระดับผลิตภัณฑ์หรือบริการ

(1) ระบบที่ใช้ พลังงาน	(2) ชื่อเครื่องจักร /อุปกรณ์หลัก	(3) พิกัด		(4) อายุการ ใช้งาน (ปี)	(5) จำนวน (หน่วย)	(6) ชั่วโมงใช้งาน เฉลี่ยต่อปี	(7) ปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)	(8) ค่าประสิทธิภาพ หรือสมรรถนะ		(9) ปริมาณการ สูญเสียพลังงาน (หน่วย)	หมายเหตุ
		ขนาด	หน่วย					ระบุค่า	หน่วย		
แสงสว่าง	บัลลาสต์	10	วัตต์	5	2,720 ชุด	3,000	81,600	-	-	4 วัตต์	
แสงสว่าง	หลอดแสงสว่าง	36	วัตต์	1	2,720 หลอด	3,000	293,760	-	-	-	
ปรับอากาศ	เครื่องปรับอากาศแยกส่วน	20,000	Btu/h	10	10 เครื่อง	2,000	44,000	1.25	kw/TR	-	

รูปที่ 4.8 ตัวอย่างการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ที่มีนัยสำคัญของการประเมินระดับอุปกรณ์

ขั้นตอนที่ 5 การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน

ในการจัดทำเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน ให้นำข้อมูลการใช้พลังงานและข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยอื่นที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงาน ตลอดจนผลการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน และมาตรการอนุรักษ์พลังงานมาใช้ประกอบการกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน โดยกำหนดเป้าหมายสามารถตั้งค่าเป้าหมายเป็นร้อยละที่ลดลงของปริมาณพลังงานที่ใช้เดิมหรือระดับของค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต การจัดทำเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานจะต้องแยกมาตรการด้านไฟฟ้า และด้านความร้อนซึ่งจะต้องมีรายละเอียดอย่างน้อยดังต่อไปนี้ (1) ชื่อมาตรการอนุรักษ์พลังงานและตัวชี้วัดความสำเร็จของเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานแต่ละมาตรการ ซึ่งกำหนดเป็นร้อยละของการใช้พลังงานที่ประสงค์จะให้ลดลง เทียบกับปริมาณการใช้พลังงานรวมของปีที่ผ่านมา (2) เงินลงทุนและระยะเวลาคืนทุนในการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานแต่ละมาตรการ และสามารถกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงานออกเป็น 3 ระดับ คือ มาตรการที่ไม่ต้องใช้เงินลงทุน มาตรการที่ใช้เงินลงทุนน้อยหรือบางส่วน และมาตรการที่ต้องใช้เงินลงทุนมากหรือจะต้องปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี หากเป็นไปได้มาตรการทั้งหมดควรจะเกิดขึ้นจากการเสนอโดยพนักงานทุกระดับและทางที่อนุรักษ์พลังงานนำมาพิจารณา คัดแยกตามความเหมาะสม

สำหรับแผนอนุรักษ์พลังงานที่จัดทำขึ้นจะต้องมีรายละเอียดอย่างน้อยดังต่อไปนี้ ดังแสดงในรูปที่ 4.9

- (1) ลำดับที่
- (2) รายชื่อมาตรการการอนุรักษ์พลังงาน
- (3) วัตถุประสงค์
- (4) ระยะเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของการดำเนินการในแต่ละมาตรการ
- (5) เงินลงทุนที่ใช้ในการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานในแต่ละมาตรการ
- (6) ผู้รับผิดชอบในการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานในแต่ละมาตรการ

(1) ลำดับ ที่	(2) มาตรการ	(3) วัตถุประสงค์	(4) ระยะเวลา		(5) เงินลงทุน (บาท)	(6) ผู้รับผิดชอบ
			เริ่มต้น (เดือน/ปี)	สิ้นสุด (เดือน/ปี)		
1	การใช้ปลาสตางค์อิเล็กทรอนิกส์แทนปลาสตางค์แบบเหล็ก	ลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในปลาสตางค์แบบเดิม	ส.ค. 2553	ต.ค. 2553	700,000	นายอนุรักษ์ พลังงาน
2	ปรับตั้งความดันเครื่องอัดอากาศให้เหมาะสม	ลดความดันเครื่องอัดอากาศให้เหมาะสมกับการใช้งาน	ส.ค. 2553	ส.ค. 2553	-	นายอนุรักษ์ พลังงาน
3	การใช้โคมสะท้อนแสง	ลดจำนวนหลอดไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง	ต.ค. 2553	ธ.ค. 2553	650,000	นายอนุรักษ์ พลังงาน

รูปที่ 4.9 ตัวอย่างแผนอนุรักษ์พลังงาน

(1) ลำดับ ที่	(2) หลักสูตร/กิจกรรม	(3) กลุ่ม ผู้เข้าอบรม	(4) เดือน												(5) ผู้รับผิดชอบ
			ม.ค.	ก.พ	มี.ค.	เม.ย	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
1	เทคนิคการอนุรักษ์พลังงานในระบบแสงสว่าง	พนักงาน ทุกคน		✓				✓			✓			นายมงคล มีดี	
2	เทคนิคการบำรุงรักษาหม้อไอน้ำ	แผนกซ่อม บำรุง					✓				✓			นายศักดิ์ ชูใจ	
3	การประกวดคำขวัญเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน	พนักงานทุก คน			✓					✓				นาย มงคล มีดี	
4	การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (PM)	ฝ่ายวิศวกรรม	✓									✓		นายศักดิ์ ชูใจ	

รูปที่ 4.10 ตัวอย่างแผนฝึกอบรมและกิจกรรมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

นอกจากแผนอนุรักษ์พลังงานแล้ว ในขั้นตอนนี้จะต้องกำหนดแผนการฝึกอบรมและแผนกิจกรรมเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานโดยอย่างน้อยต้องมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ โดยดังแสดงในรูปที่ 4.10

- (1) ลำดับกิจกรรม
- (2) ชื่อหลักสูตรการฝึกอบรมหรือกิจกรรมเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน
- (3) กลุ่มเป้าหมายของผู้เข้าอบรม
- (4) ระยะเวลาในการฝึกอบรมหรือดำเนินกิจกรรมเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน
- (5) ผู้รับผิดชอบในการฝึกอบรมแต่ละหลักสูตรหรือดำเนินกิจกรรมเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานแต่ละกิจกรรม

ขั้นตอนที่ 6 การดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน การตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานและแผนฝึกอบรมและกิจกรรมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

การดำเนินงานตามแผน เพื่อให้บุคลากรในองค์กรนำแผนงานปฏิบัติการไปปฏิบัติได้อย่างถูกต้องและเกิดผลอย่างแท้จริง โดยในระหว่างการดำเนินการจะต้องติดตามความก้าวหน้า ปัญหา อุปสรรคและเปรียบเทียบผลสำเร็จกับแผนงาน รวมถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการดำเนินการ โดยการจัดทำตารางสรุปของแต่ละมาตรการ ซึ่งจะต้องระบุผลการติดตามการดำเนินการว่าเป็นไปตามแผนหรือไม่ หากไม่สามารถดำเนินการได้ จะต้องระบุเหตุผลความจำเป็น โดยจำเป็นดำเนินการติดตามทุกๆ 3 เดือน ผลการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานสำหรับมาตรการด้านไฟฟ้าและมาตรการด้านความร้อน โดยอย่างน้อยต้องมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

- (ก) ชื่อมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่ดำเนินการแต่ละมาตรการ
- (ข) ระยะเวลาดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงานตามแผนและระยะเวลาที่เกิดขึ้นจริง
- (ค) สถานภาพการดำเนินการที่เกิดขึ้นจริง
- (ง) เงินลงทุนที่ใช้ตามแผนและเงินลงทุนที่เกิดขึ้นจริง
- (จ) ผลการอนุรักษ์พลังงานตามแผนและที่เกิดขึ้นจริง
- (ฉ) ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในระหว่างการดำเนินการ
- (ช) ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

ส่วนการติดตามการดำเนินการตามหลักสูตรของแผนฝึกอบรมและกิจกรรมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน จะต้องประกอบด้วยชื่อหลักสูตรหรือกิจกรรมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สถานภาพการดำเนินการ ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการ (ถ้ามี) และจำนวนผู้เข้าอบรม

(1) ลำดับที่	(2) มาตรการ	(3) สถานภาพการดำเนินการ	(4) หมายเหตุ
1	ตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสแตทเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสม	☒ ดำเนินการตามแผน ☐ ไม่ได้ดำเนินการ เนื่องจาก..... ☐ ล่าช้า เนื่องจาก.....	
2	ลดอัตราการรั่วไหลในระบบอัดอากาศ	☐ ดำเนินการตามแผน ☐ ไม่ได้ดำเนินการ เนื่องจาก..... ☒ ล่าช้า เนื่องจาก ขาดกำลังคน พนักงานมีงานประจำเยอะมาก	
3	การใช้บัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์แทนบัลลัสต์แกนเหล็ก	☐ ดำเนินการตามแผน ☒ ไม่ได้ดำเนินการ เนื่องจาก งบประมาณยังไม่ได้รับการอนุมัติ ☐ ล่าช้า เนื่องจาก.....	

รูปที่ 4.11 ตัวอย่างสรุปผลการติดตามการดำเนินการของมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

(1) ลำดับที่	(2) ชื่อหลักสูตร/กิจกรรม	(3) สถานภาพการดำเนินการ	(4) จำนวนผู้เข้าอบรม	(5) หมายเหตุ
1	เทคนิคการอนุรักษ์ในระบบแสงสว่าง	[✓] ดำเนินการตามแผน [] ไม่ได้ดำเนินการ เนื่องจาก [] ล่าช้า เนื่องจาก.....	100	
2	เทคนิคการบำรุงรักษาหม้อไอน้ำ	[] ดำเนินการตามแผน [] ไม่ได้ดำเนินการ เนื่องจาก [✓] ล่าช้า เนื่องจาก พนักงานติดงานประจำ	10	
3	การประกวดคำขวัญเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน	[✓] ดำเนินการตามแผน [] ไม่ได้ดำเนินการ เนื่องจาก [] ล่าช้า เนื่องจาก.....	ทุกคน	
4	การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (PM)	[] ดำเนินการตามแผน [✓] ไม่ได้ดำเนินการ เนื่องจาก ยังไม่ได้รับการอนุมัติ [] ล่าช้า เนื่องจาก.....		

รูปที่ 4.12 ตัวอย่างสรุปผลการติดตามแผนฝึกอบรมและกิจกรรมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

ขั้นตอนที่ 7 การตรวจติดตามและประเมินการจัดการพลังงาน

กำหนดให้เจ้าของโรงงานควบคุมและเจ้าของอาคารควบคุมดำเนินการตรวจติดตามและประเมินการจัดการพลังงาน โดยกระทำในลักษณะของการตรวจสอบภายในอย่างน้อยปีละหนึ่งครั้งตามหลักเกณฑ์และวิธีการดังต่อไปนี้

(1) ให้คณะทำงานด้านการจัดการพลังงานประชุมร่วมกับเจ้าของโรงงานควบคุมหรือเจ้าของอาคารควบคุมเพื่อแต่งตั้งคณะผู้ตรวจประเมินการจัดการพลังงานภายในองค์กร โดย ประกอบด้วยบุคคลอย่างน้อยสองคนซึ่งมีความรู้และความเข้าใจในวิธีการจัดการพลังงาน ความเป็นกลางและเป็นอิสระในการดำเนินการ

(2) เจ้าของโรงงานควบคุมหรือเจ้าของอาคารควบคุมจะต้องลงนามในคำสั่งแต่งตั้งคณะผู้ตรวจประเมินการจัดการพลังงานภายในองค์กรและประกาศให้ทราบโดยทั่วกัน

สำหรับบทบาทหน้าที่ของคณะผู้ตรวจประเมินการจัดการพลังงานภายในองค์กรจะต้องดำเนินการตรวจสอบว่าภายในองค์กรมีการจัดตั้งคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน มีการประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น มีการกำหนดนโยบายอนุรักษ์พลังงานซึ่งลงนามโดยผู้บริหารระดับสูงและมีการเผยแพร่ให้ทราบโดยทั่วทั้งองค์กร มีการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน มีการกำหนดเป้าหมายแผนอนุรักษ์พลังงานและแผนฝึกอบรมและแผนกิจกรรม ตรวจสอบการดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงานและการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน ตรวจติดตามและประเมินการจัดการพลังงาน และการทบทวน วิเคราะห์และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงาน โดยปกติแล้วทางคณะผู้ตรวจประเมินการจัดการพลังงานภายในองค์กรจะตรวจสอบจากรายการติดตามการดำเนินการจัดการพลังงาน หากมีข้อสงสัยบางประเด็นอาจจะสอบถามไปยังคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน และประธานคณะผู้ตรวจประเมินการจัดการพลังงานภายใน

องค์กรจะต้องลงนามด้านท้ายของตารางการตรวจติดตามการดำเนินการจัดการพลังงาน ดังแสดงในรูปที่ 4.13-4.14

ประกาศแต่งตั้ง คณะผู้ตรวจประเมินการจัดการพลังงานภายในองค์กร	
เพื่อให้การดำเนินงานด้านการจัดการพลังงานของบริษัทฯ เป็นไปอย่างต่อเนื่อง มีประสิทธิภาพ และมีประสิทธิผล จึงได้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจประเมินการจัดการพลังงานภายในองค์กร ดังมีรายชื่อต่อไปนี้	
1.	ประธาน
2.	รองประธาน
3.	เลขานุการ
4.	คณะทำงาน
5.	คณะทำงาน
โดยคณะผู้ตรวจประเมินทั้งหมดมีหน้าที่และความรับผิดชอบในการตรวจสอบและประเมินวิธีการจัดการพลังงานภายในองค์กร ทั้งนี้กำหนดให้คณะผู้ตรวจประเมินชุดนี้มีระยะเวลาในการทำงาน 2 ปี ทั้งนี้ผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ เป็นต้นไป	
ลงชื่อ..... (.....) (เจ้าของโรงงานควบคุม/อาคารควบคุม หรือผู้บริหารระดับสูง)	

รูปที่ 4.13 ตัวอย่างคำสั่งแต่งตั้งคณะผู้ตรวจประเมินการจัดการพลังงานภายในองค์กร

รายการตรวจประเมิน	สิ่งที่ต้องมีเอกสาร/หลักฐาน	ผลการตรวจสอบ		ความถูกต้องครบถ้วนตามข้อกำหนด		ข้อควรปรับปรุง/ข้อเสนอแนะ
		มี	ไม่มี	ครบ	ไม่ครบ	
1. คณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน	1. คำสั่งแต่งตั้งคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน ทุกระดับ	✓		✓		
	โครงสร้าง อำนาจหน้าที่และความรับผิดชอบของคณะทำงาน					
	2. เอกสารที่แสดงถึงการเผยแพร่คำสั่งแต่งตั้งคณะทำงานด้านการจัดการพลังงานให้บุคลากรรับทราบด้วยวิธีการต่างๆ	✓		✓		
	3. อื่นๆ (ระบุ)					
2. การประเมินสถานการณ์ภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น	1. ผลการประเมินการดำเนินงานด้านพลังงานที่ผ่านมา โดยใช้ตารางการประเมินการจัดการพลังงาน (Energy Management Matrix)	✓		✓		
	2. อื่นๆ (ระบุ)					
	3. นโยบายอนุรักษ์พลังงาน					
3. นโยบายอนุรักษ์พลังงาน	1. นโยบายอนุรักษ์พลังงาน	✓		✓		
	2. เอกสารที่แสดงถึงการเผยแพร่นโยบายอนุรักษ์พลังงานให้บุคลากรรับทราบด้วยวิธีการต่างๆ	✓		✓		
	3. อื่นๆ (ระบุ)					
	4. การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน					
4. การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน	1. การประเมินการใช้พลังงานระดับองค์กร	✓		✓		
	2. การประเมินการใช้พลังงานระดับบริการ	✓		✓		
	3. การประเมินการใช้พลังงานระดับเครื่องจักร/อุปกรณ์	✓		✓		
	4. อื่นๆ (ระบุ)					
	5. การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน					
5. การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน	1. มาตรการและเป้าหมายในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน	✓		✓		
	2. แผนการอนุรักษ์พลังงานด้านไฟฟ้า	✓		✓		
	3. แผนการอนุรักษ์พลังงานด้านความร้อน		✓	✓		
	4. แผนการฝึกอบรม	✓		✓		
	5. แผนกิจกรรมเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน	✓		✓		
	6. อื่นๆ (ระบุ)					
6. การดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน	1. ผลการดำเนินการตามมาตรการอนุรักษ์พลังงาน	✓		✓		
	2. ผลการตรวจสอบการปฏิบัติตามเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน	✓		✓		
	3. ผลการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานสำหรับมาตรการด้านไฟฟ้า	✓		✓		
	4. ผลการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานสำหรับมาตรการด้านความร้อน		✓	✓		
	5. ผลการติดตามการดำเนินการตามแผนฝึกอบรม	✓		✓		
	6. ผลการติดตามการดำเนินการตามแผนกิจกรรมเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน	✓		✓		
	7. อื่นๆ (ระบุ)					
7. การตรวจติดตามและประเมินการจัดการพลังงาน	1. คำสั่งแต่งตั้งคณะผู้ตรวจประเมินการจัดการพลังงานภายในองค์กร	✓		✓		
	2. รายงานผลการตรวจประเมิน	✓		✓		
	3. อื่นๆ (ระบุ)					
8. การทบทวนวิเคราะห์ และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงาน	1. แผนการทบทวนการดำเนินงานการจัดการพลังงาน	✓		✓		
	2. รายงานสรุปผลการทบทวนวิเคราะห์และแนวทางการแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงาน	✓		✓		
	3. อื่นๆ (ระบุ)					

ลงชื่อ.....

ประธานคณะผู้ตรวจประเมินการจัดการพลังงานภายในองค์กร

รูปที่ 4.14 ตัวอย่างตารางการตรวจติดตามการดำเนินการจัดการพลังงาน

ขั้นตอนที่ 8 การทบทวนผลการดำเนินงาน

เพื่อเป็นการยืนยันว่าระบบการจัดการพลังงานยังคงมีความเหมาะสม มีประสิทธิภาพ ประสิทธิผลและมีการปรับปรุงพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยผู้บริหารระดับสูงจะต้องพิจารณาในประเด็นดังต่อไปนี้คือ เมื่อผลการดำเนินงานของระบบการจัดการพลังงานครบตามกำหนดเวลา เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างขององค์กร มีการแก้ไขตามข้อกำหนดของกฎหมาย และการนำเทคโนโลยีใหม่ๆ มาใช้ และตามประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่องหลักเกณฑ์และวิธีการดำเนินการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. 2552 กำหนดให้คณะทำงานด้านการจัดการพลังงานของโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมจัดประชุมภายในองค์กรอย่างน้อยปีละหนึ่งครั้ง เพื่อสรุปผลการทบทวน วิเคราะห์และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงานของโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุม และรายงานให้เจ้าของโรงงานควบคุมหรือเจ้าของอาคารควบคุมทราบ โดยจะต้องมีผลการทบทวน การดำเนินการจัดการพลังงานในแต่ละขั้นตอนตามที่กฎกระทรวงกำหนดมีความเหมาะสมหรือควรปรับปรุง หากเห็นควรปรับปรุงให้ระบุข้อบกพร่องที่ตรวจพบ พร้อมแนวทางการปรับปรุงข้อบกพร่องแต่ละขั้นตอน และจะต้องมีการเผยแพร่ผลการประชุมตลอดจนผลการทบทวนวิเคราะห์และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงานให้บุคลากรของโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมทราบอย่างทั่วถึง ดังแสดงในรูปที่ 4.15

ขั้นตอน	ผลการทบทวน		ข้อบกพร่องที่ตรวจพบ	แนวทางการปรับปรุง	หมายเหตุ
	เหมาะสม	ควรปรับปรุง			
1. คณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน		✓	ฝ่ายบริหารไม่เข้าใจในแนวทางและวิธีดำเนินการ	เพิ่มคณะทำงานที่เป็นตัวแทนฝ่ายบริหาร	
2. การประเมินสถานการณ์การจัดการพลังงานเบื้องต้น	✓				
3. นโยบายอนุรักษ์พลังงาน	✓				
4. การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน		✓	ไม่สามารถประเมินการใช้พลังงานได้	ติดตั้งเครื่องวัดเพิ่มเติม	
5. การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน	✓				
6. การดำเนินการ การตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน		✓	ไม่สามารถประเมินผลการประหยัดพลังงานได้	ติดตั้งเครื่องวัดเพิ่มเติม	
7. การตรวจติดตามและประเมินการจัดการพลังงาน	✓				

รูปที่ 4.15 ตัวอย่างสรุปผลการทบทวน วิเคราะห์และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงาน

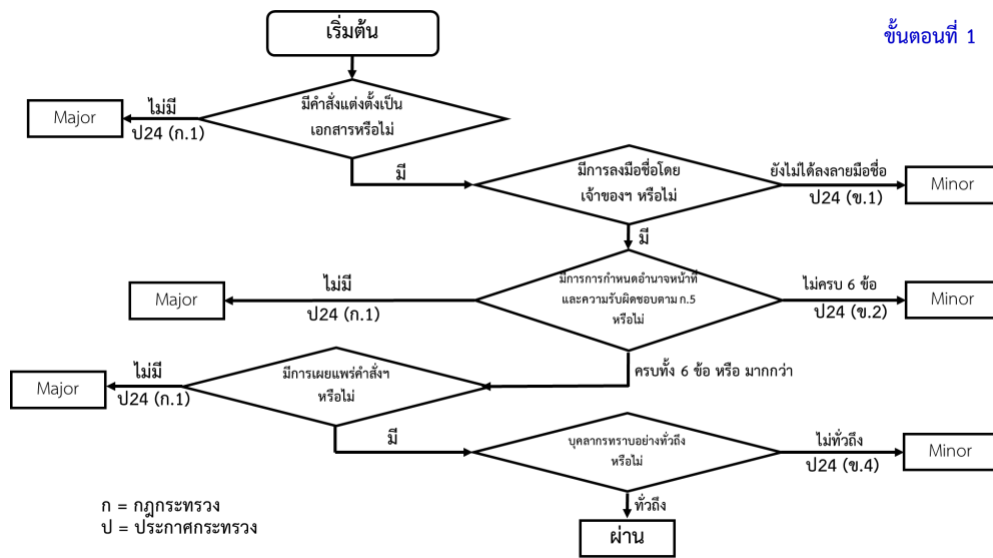
4.2 การตรวจประเมินระบบการจัดการพลังงาน

สำหรับในหัวข้อนี้จะได้กล่าวถึงรายละเอียดของการตรวจประเมินระบบการจัดการพลังงานเพื่อความเข้าใจในแต่ละขั้นตอนของระบบการจัดการพลังงานและให้เป็นไปตามกฎกระทรวง กำหนดคุณสมบัติของผู้รับใบอนุญาต หลักเกณฑ์ วิธีการ และ เงื่อนไขการขอรับใบอนุญาตและการอนุญาตตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงาน พ.ศ. 2555 ซึ่งทางคณะทำงานด้านการจัดการพลังงานและเจ้าโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุม จะต้องดำเนินการคัดเลือกผู้ที่จะมาดำเนินการตรวจประเมินระบบ

การจัดการพลังงานขององค์กรและจัดทำผลการตรวจประเมินระบบการจัดการพลังงานให้แล้วเสร็จก่อนนำส่งรายงานการจัดการพลังงาน โดยผู้ตรวจประเมินจากภายนอกจะต้องตรวจสอบหลักฐานที่ปรากฏในรายงานการจัดการพลังงานว่ามีความสอดคล้องหรือไม่มีความสอดคล้องตามประกาศกระทรวง เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการดำเนินการจัดการพลังงาน ในโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุม พ.ศ. 2552 หากตรวจสอบแล้วพบว่าไม่มีความสอดคล้อง จะต้องพิจารณาเกี่ยวกับการปฏิบัติที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดระบบการจัดการพลังงานหรือไม่เป็นไปตามระเบียบปฏิบัติหรือเอกสารที่เกี่ยวข้องที่กำหนดไว้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ 1. ความไม่สอดคล้องประเภทร้ายแรง (Major) หมายถึง การที่ไม่มีเอกสารในการดำเนินการจัดการพลังงานหรือไม่มีหลักฐานการปฏิบัติจริง และ 2. ความไม่สอดคล้องประเภทไม่ร้ายแรง (Minor) หมายถึง มีหลักฐานการปฏิบัติจริงแต่ขาดความครบถ้วนในรายละเอียดของเอกสารหรือมีความคลาดเคลื่อนในเชิงปฏิบัติ ทั้งนี้ผู้ตรวจประเมินจะต้องดำเนินการในครบทั้ง 8 ขั้นตอนตามที่กำหนดไว้ในรายงานการจัดการพลังงานซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.1 การตรวจประเมินในขั้นตอนที่ 1 การแต่งตั้งคณะกรรมการจัดการพลังงาน

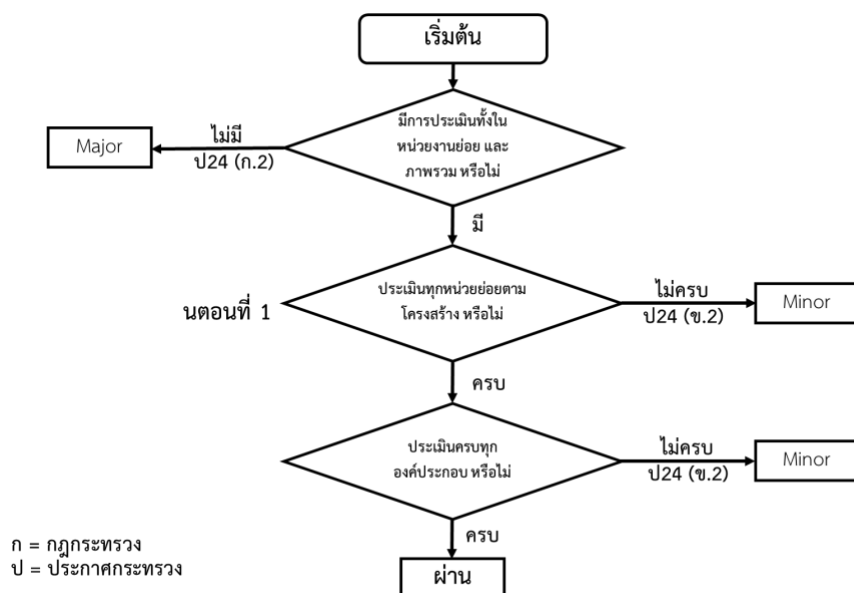
เริ่มต้นจากการพิจารณาในส่วนของคำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการจัดการพลังงาน กรณีที่ถือว่าเป็นความไม่สอดคล้องประเภทร้ายแรง (Major) ได้แก่ ไม่มีคำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการจัดการพลังงาน ไม่มีการกำหนดอำนาจหน้าที่และความรับผิดชอบตามที่ประกาศไว้ในกฎกระทรวง และไม่มี การเผยแพร่ความคำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการจัดการพลังงาน ส่วนความไม่สอดคล้องประเภทไม่ร้ายแรง (Minor) ได้แก่ มีคำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการจัดการพลังงานแต่ทางผู้บริหารยังไม่ได้ลงนามในคำสั่งฯ มีการกำหนดอำนาจหน้าที่และความรับผิดชอบแต่ไม่ครบ 6 ข้อตามที่ประกาศไว้ในกฎกระทรวงฯ และการเผยแพร่ความคำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการจัดการพลังงานยังไม่ทั่วถึงทั้งองค์กร นอกเหนือที่กล่าวไว้ข้างต้นถือว่าในขั้นตอนการแต่งตั้งคณะกรรมการจัดการพลังงานมีความครบถ้วนและสอดคล้องตามที่ประกาศไว้ในกฎกระทรวง ซึ่งแผนผังการตรวจประเมินในขั้นตอนการแต่งตั้งคณะกรรมการจัดการพลังงาน ดังแสดงในรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 แผนผังการตรวจประเมินในขั้นตอนการแต่งตั้งคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน

4.2.2 การตรวจประเมินในขั้นตอนที่ 2 การประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น

สำหรับขั้นตอนการประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้นจะมีความไม่สอดคล้องประเภทร้ายแรง (Major) ในกรณีเดียวคือ ไม่มีการจัดการประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น ส่วนความไม่สอดคล้องประเภทไม่ร้ายแรง (Minor) ได้แก่ การประเมินไม่ครบทุกหน่วยงานย่อยหรือตามโครงสร้างขององค์กร และการประเมินไม่ครบทุกองค์ประกอบที่ได้ระบุไว้แบบประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น ส่วนการดำเนินการจัดทำการประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น จะพิจารณาตามความเหมาะสมในแต่ละปี โดยจะให้ความสำคัญกับประเด็นที่มีคะแนนน้อยกว่าประเด็นอื่นๆ และควรต้องหาแนวทางในการปรับปรุงให้ประเด็นที่สนใจให้มีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้น ซึ่งแผนผังการตรวจประเมินในขั้นตอนการประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น ดังแสดงในรูปที่ 4.17

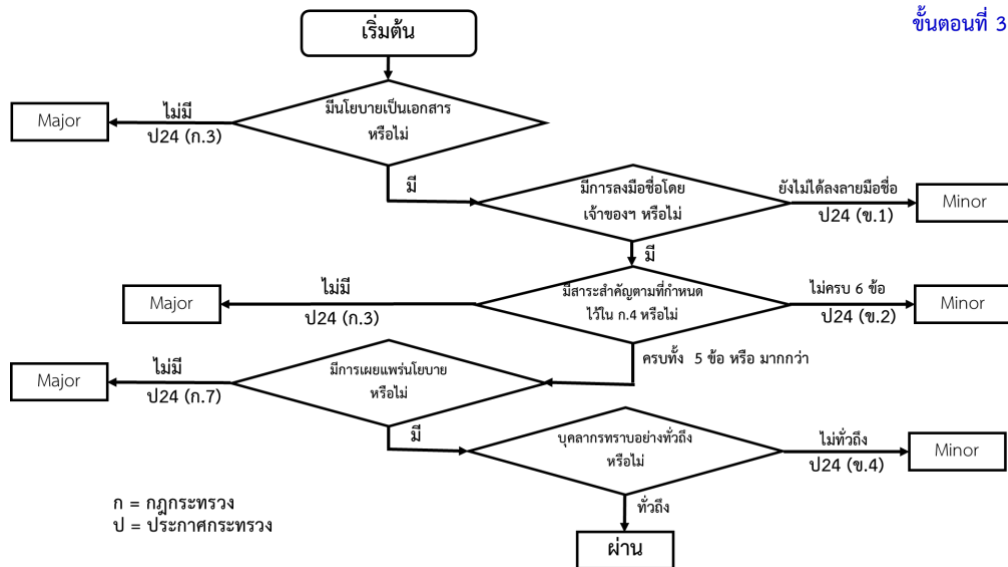


รูปที่ 4.17 แผนผังการตรวจประเมินในขั้นตอนการประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น

4.2.3 การตรวจประเมินในขั้นตอนที่ 3 การกำหนดนโยบายและประชาสัมพันธ์

การกำหนดนโยบายและประชาสัมพันธ์มีโอกาสที่จะมีความไม่สอดคล้องประเภทร้ายแรง (Major) ได้หลายกรณีได้แก่ การไม่กำหนดให้มีนโยบายด้านพลังงานภายในองค์กรคือทางองค์กรไม่จัดให้มีการแสดงรายละเอียดหรือข้อความที่จะแสดงให้เห็นถึงความตั้งใจที่จะดำเนินการด้านการจัดการด้านพลังงาน หรือมีการกำหนดนโยบายด้านพลังงานแต่ไม่มีสาระสำคัญตามที่ประกาศไว้ในกฎกระทรวงฯ รวมทั้งไม่มีการเผยแพร่รณโยบายด้านพลังงานให้กับพนักงานทุกระดับทราบ ส่วนความไม่สอดคล้องประเภทไม่ร้ายแรง (Minor) ได้แก่ มีการกำหนดนโยบายด้านพลังงานแต่ไม่มีลายมือชื่อของผู้บริหารระดับสูง มีสาระสำคัญตามที่ประกาศไว้ในกฎกระทรวงฯ แต่ไม่ครบ 6 ข้อ และการเผยแพร่ของนโยบายและประชาสัมพันธ์ให้กับพนักงานทุกระดับทราบไม่ทั่วถึง ซึ่งจะแสดงแผนผังการตรวจประเมินในขั้นตอนการกำหนดนโยบายและประชาสัมพันธ์ดังแสดงในรูปที่ 4.18

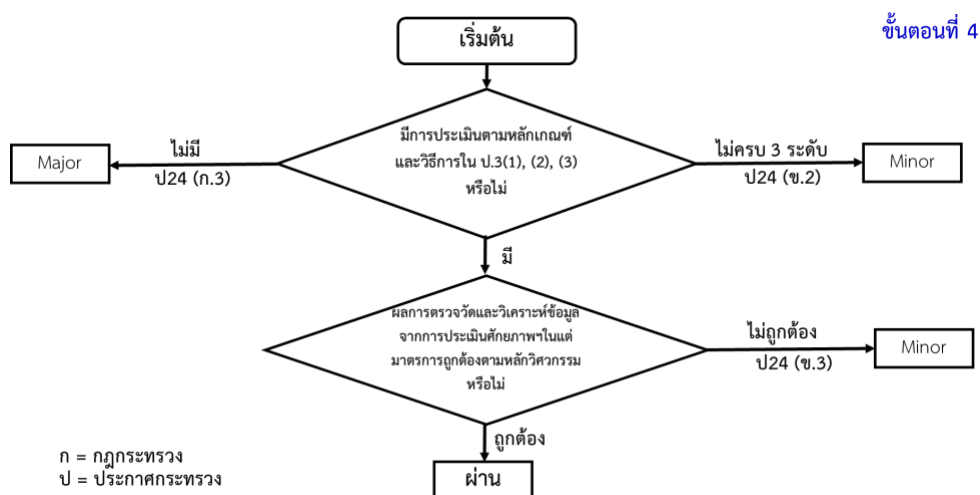
ขั้นตอนที่ 3



รูปที่ 4.18 แผนผังการตรวจประเมินในขั้นตอนการกำหนดนโยบายและประชาสัมพันธ์

4.2.4 การตรวจประเมินในขั้นตอนที่ 4 การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน

การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานในขั้นตอนที่ 4 นี้ จะมีเพียงกรณีเดียวที่มีความไม่สอดคล้องประเภทร้ายแรง (Major) คือ การไม่มีการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน ได้แก่ 1.การประเมินระดับองค์กร ซึ่งจะต้องแสดงรายละเอียดของข้อมูลผลผลิตและข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในปีที่ผ่านมาและข้อมูลสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละระบบ 2.การประเมินระดับผลิตภัณฑ์ โดยจะต้องอธิบายขั้นตอนของกระบวนการผลิต ค่าการใช้พลังงานจำเพาะต่อหน่วยผลผลิต เป็นต้น 3.การประเมินระดับเครื่องจักรและอุปกรณ์ ประกอบด้วยแบบประเมินการใช้พลังงานในเครื่องจักร/อุปกรณ์หลักและแบบบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีนัยสำคัญของเครื่องจักร/อุปกรณ์หลัก ซึ่งการประเมินทั้ง 3 ระดับจะต้องทำการประเมินตามรายละเอียดที่ประกาศไว้ในประกาศกระทรวงฯ ส่วนความไม่สอดคล้องประเภทไม่ร้ายแรง (Minor) ได้แก่ การประเมินไม่ครบทั้ง 3 ระดับตามที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น และ การตรวจวัด/วิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละมาตรการไม่ถูกต้องตามหลักวิศวกรรม ซึ่งจะแสดงแผนผังการตรวจประเมินในขั้นตอนการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานดังแสดงในรูปที่ 4.19

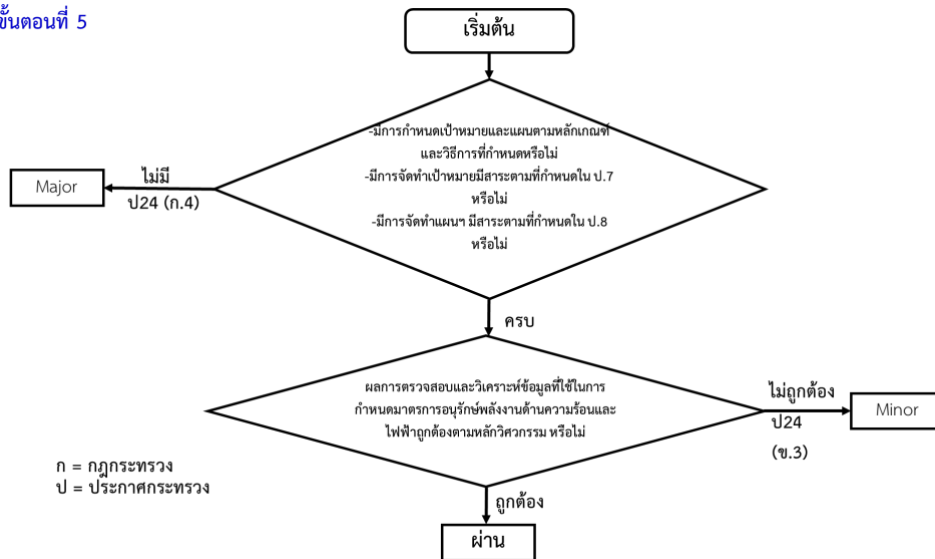


รูปที่ 4.19 แผนผังการตรวจประเมินในขั้นตอนการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน

4.2.5 การตรวจประเมินในขั้นตอนที่ 5 การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน

การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานจะพิจารณาการตรวจประเมินออกเป็น 2 ส่วน คือ การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน และการฝึกอบรมและกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงาน โดยวัตถุประสงค์ของขั้นตอนที่ 5 นี้จะประกอบไปด้วย 1.เพื่อกำหนดเป้าหมายการลดการใช้พลังงานขององค์กร 2. เพื่อกำหนดแผนการอนุรักษ์พลังงานเชิงเทคนิค (มาตรการอนุรักษ์พลังงาน) 3.เพื่อกำหนดแผนการฝึกอบรม และแผนกิจกรรมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำหรับความไม่สอดคล้องประเภทร้ายแรง (Major) คือ การไม่มีการกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน ทั้งนี้การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานจะต้องเป็นตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่ประกาศไว้ในประกาศกระทรวงฯ โดยทั่วไปแล้วการกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานจะมีการตั้งเป้าหมายอยู่ 2 ลักษณะคือ การกำหนดร้อยละที่ลดลงของพลังงานที่ใช้เดิม และระดับค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะ หากมีการกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานครบถ้วนตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่ประกาศไว้ในประกาศกระทรวงฯ แต่ผลการตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในการกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงานด้านความร้อนและไฟฟ้าไม่ถูกต้องตามหลักวิศวกรรมจะถือว่าเป็นความไม่สอดคล้องประเภทไม่ร้ายแรง (Minor) โดยในส่วนแรกนี้จะแสดงแผนผังการตรวจประเมินในขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานดังแสดงในรูปที่ 4.20

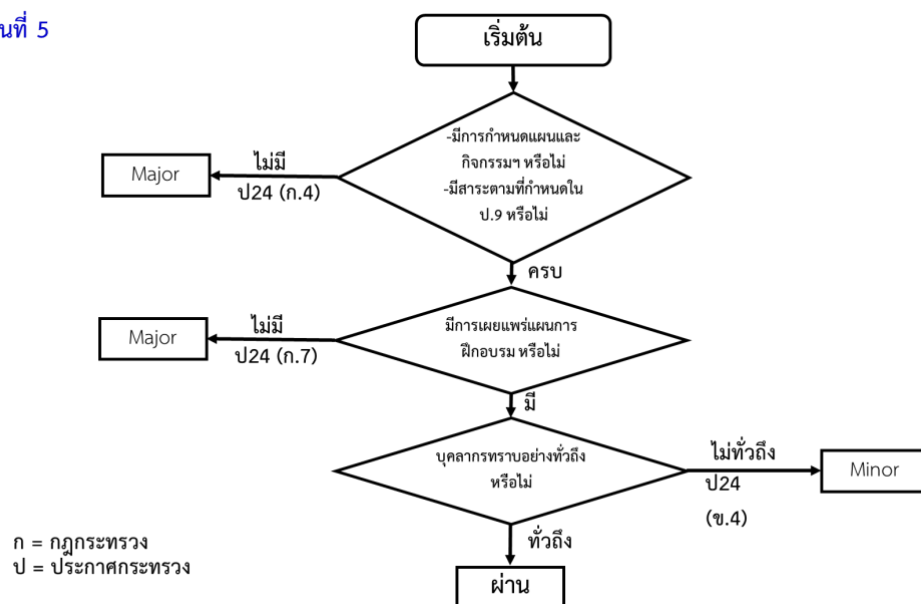
ขั้นตอนที่ 5



รูปที่ 4.20 แผนผังการตรวจประเมินในขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน

สำหรับการฝึกอบรมและกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงานในการตรวจประเมินของขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน จะพบความไม่สอดคล้องประเภทร้ายแรง (Major) ได้ 2 กรณีคือ 1. การที่ไม่มีการกำหนดแผนและกิจกรรมรวมทั้งสาระไม่เป็นไปตามที่ประกาศไว้ในประกาศกระทรวง 2. ไม่มีการเผยแพร่แผนฝึกอบรมและกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงาน หากดำเนินการได้ครบถ้วนแต่ไม่สามารถเผยแพร่ให้บุคลากรรับทราบอย่างทั่วถึงจะถือว่าเป็นความไม่สอดคล้องประเภทไม่ร้ายแรง (Minor) โดยจะแสดงแผนผังการตรวจประเมินในส่วนของการฝึกอบรมและกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงานดังแสดงในรูปที่ 4.21

ขั้นตอนที่ 5



รูปที่ 4.21 แผนผังการตรวจประเมินในส่วนของการฝึกอบรมและกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงาน

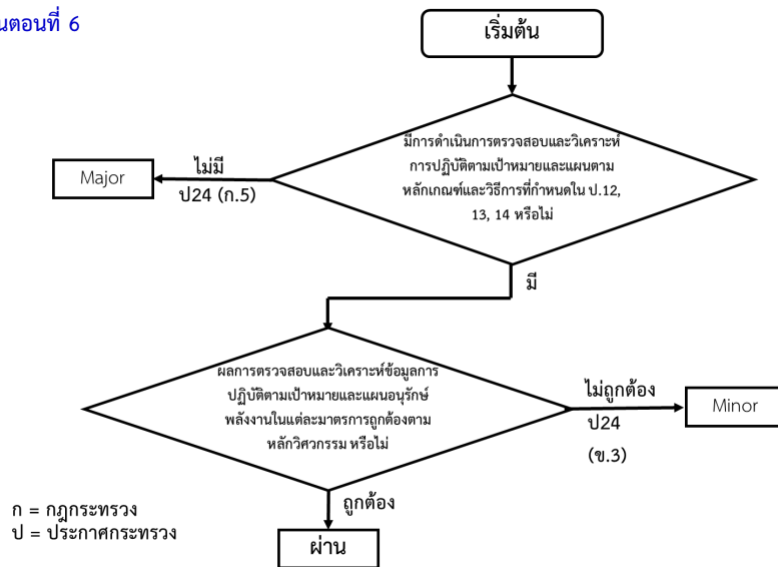
4.2.6 การตรวจประเมินในขั้นตอนที่ 6 การดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน การตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานและแผนฝึกอบรมและกิจกรรมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

การตรวจประเมินในขั้นตอนที่ 6 นี้ จะแยกออกเป็น 2 ส่วนคือ 1. การตรวจประเมินในส่วนของการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน 2. การตรวจประเมินในส่วนของการติดตามผลการดำเนินการของการฝึกอบรม โดยในส่วนแรกที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานจะพบความไม่สอดคล้องประเภทร้ายแรง (Major) ได้เพียงกรณีเดียวคือไม่มีการดำเนินการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่ประกาศไว้ในประกาศกระทรวงเรื่องหลักเกณฑ์และวิธีการดำเนินการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. 2552 ในข้อ 12, 13 และ 14 ซึ่งจะต้องดำเนินการตามช่วงเวลาที่เหมาะสมอย่างน้อย 3 เดือนต่อครั้ง หากมีการดำเนินการตามที่ประกาศไว้ในประกาศกระทรวงดังกล่าวแล้ว แต่ผลการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานในแต่ละมาตรการไม่ถูกต้องตามหลักวิศวกรรมจะถือว่าเป็นความไม่สอดคล้องประเภทไม่ร้ายแรง (Minor) โดยจะแสดงแผนผังการตรวจประเมินในส่วนของการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานดังแสดงในรูปที่ 4.22

สำหรับการตรวจประเมินในส่วนของการติดตามผลการดำเนินการของการฝึกอบรมจะพบความไม่สอดคล้องประเภทร้ายแรง (Major) ได้เพียงกรณีเดียวคือ ไม่มีการติดตามผลการดำเนินการ

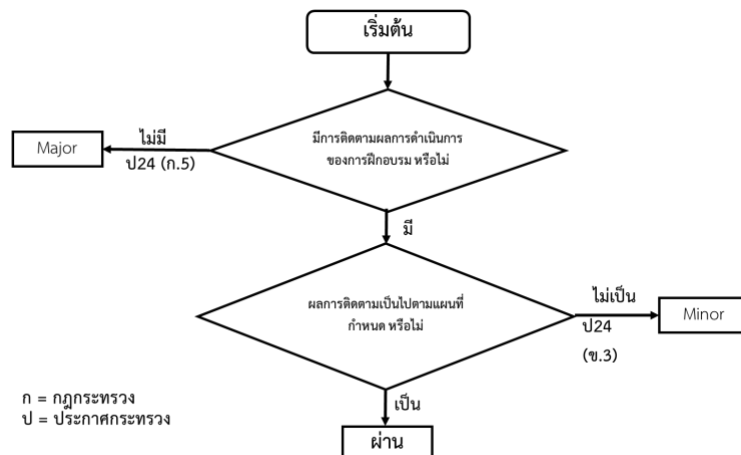
ของการฝึกอบรมตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่ประกาศไว้ในประกาศกระทรวงเรื่องหลักเกณฑ์และวิธีการดำเนินการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. 2552 ในข้อ 24 (ก.5) และความไม่สอดคล้องประเภทไม่ร้ายแรง (Minor) ตามประกาศกระทรวงดังกล่าวในข้อ 24 (ข.3) คือ ผลการติดตามการจัดการฝึกอบรมและกิจกรรมเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานไม่เป็นไปตามแผนที่กำหนดไว้ โดยจะแสดงแผนผังการตรวจประเมินในส่วนของการติดตามผลการดำเนินการของการฝึกอบรม ดังรูปที่ 4.23

ขั้นตอนที่ 6



รูปที่ 4.22 แผนผังการตรวจประเมินในส่วนของการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน

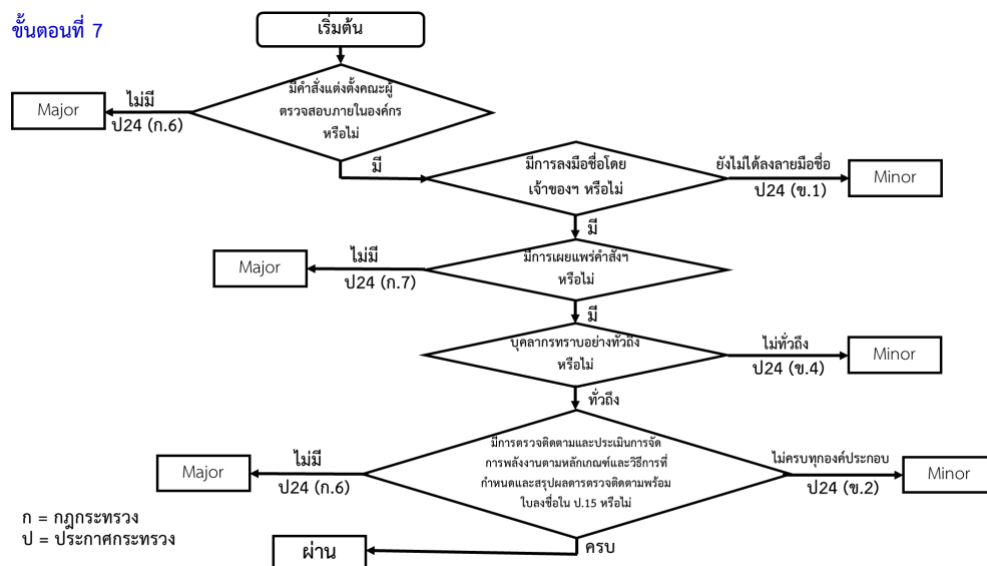
ขั้นตอนที่ 6



รูปที่ 4.23 แผนผังการตรวจประเมินในส่วนของการติดตามผลการดำเนินการของการฝึกอบรม

4.2.7 การตรวจประเมินในขั้นตอนที่ 7 การตรวจติดตามและประเมินการจัดการพลังงาน

สำหรับการตรวจประเมินในขั้นตอนการตรวจติดตามและประเมินการจัดการพลังงานจะพิจารณารายละเอียดจากประกาศกระทรวงเรื่องหลักเกณฑ์และวิธีการดำเนินการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. 2552 ซึ่งการตรวจประเมินในขั้นตอนนี้จะพบความไม่สอดคล้องประเภทร้ายแรง (Major) ได้หลายกรณี ได้แก่ ไม่มีคำสั่งแต่งตั้งผู้ตรวจประเมินภายในองค์กรตามที่ระบุไว้ในประกาศกระทรวงข้อ 24 (ก.6) ไม่มีการเผยแพร่คำสั่งผู้ตรวจประเมินภายในองค์กรตามที่ระบุไว้ในประกาศกระทรวงข้อ 24 (ก.7) ไม่นำผลการตรวจติดตามและประเมินการจัดการพลังงานนำเสนอคณะกรรมการด้านการจัดการพลังงาน เพื่อทบทวน วิเคราะห์และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงานในรอบปี รวมทั้งไม่มีผลการทบทวนวิเคราะห์และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงานตามที่ระบุไว้ในประกาศกระทรวงข้อ 24 (ก.6) ส่วนความไม่สอดคล้องประเภทไม่ร้ายแรง (Minor) ได้แก่ ยังไม่ลงลายมือชื่อในคำสั่งแต่งตั้งผู้ตรวจประเมินภายในตามที่ระบุไว้ในประกาศกระทรวงข้อ 24 (ข.1) การเผยแพร่คำสั่งแต่งตั้งผู้ตรวจประเมินภายในไม่ทราบทั่วถึงทั้งองค์กรตามที่ระบุไว้ในประกาศกระทรวงข้อ 24 (ข.4) และ การตรวจประเมินการจัดการพลังงาน และทบทวน วิเคราะห์และแก้ไขข้อบกพร่องการจัดการพลังงานในบางข้อหรือไม่ครบทุกองค์ประกอบตามหลักเกณฑ์ตามที่ระบุไว้ในประกาศกระทรวงข้อ 24 (ข.2) โดยจะแสดงแผนผังการตรวจประเมินในขั้นตอนการตรวจติดตามและประเมินการจัดการพลังงานดังแสดงในรูปที่ 4.24

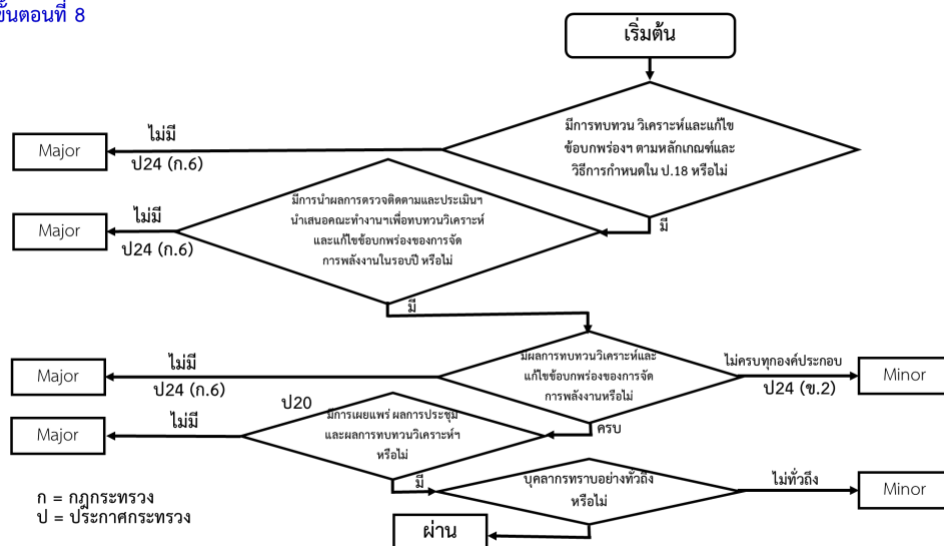


รูปที่ 4.24 แผนผังการตรวจประเมินในขั้นตอนการตรวจติดตามและประเมินการจัดการพลังงาน

4.2.8 การตรวจประเมินในขั้นตอนที่ 8 การทบทวนผลการดำเนินงาน

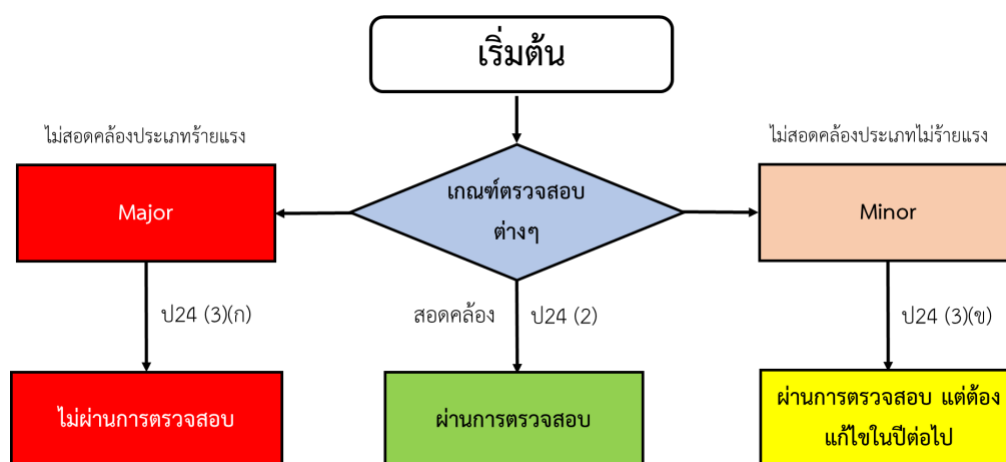
การทบทวนผลการดำเนินงานมีแนวทางในการตรวจประเมินจากประกาศกระทรวงเรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการดำเนินการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. 2552 โดย ผู้ตรวจประเมินจะต้องพิจารณาว่าองค์กรนั้นได้จัดให้มีการทบทวนผลการดำเนินงานด้านการจัดการ พลังงานหรือไม่ ซึ่งการตรวจประเมินในขั้นตอนนี้จะพบความไม่สอดคล้องประเภทร้ายแรง (Major) ตามที่ระบุไว้ในประกาศกระทรวงข้อ 24 (ก.6) ได้แก่ การไม่ทบทวนวิเคราะห์และแก้ไขข้อบกพร่องของ การจัดการพลังงานตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนดในประกาศนี้ การไม่นำผลการตรวจติดตามและ ประเมินการจัดการพลังงานนำเสนอคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน เพื่อทบทวน วิเคราะห์และแก้ไข ข้อบกพร่องของการจัดการพลังงานในรอบปี การไม่มีผลการทบทวน วิเคราะห์และแก้ไขข้อบกพร่อง ของการจัดการพลังงาน ส่วนความไม่สอดคล้องประเภทไม่ร้ายแรง (Minor) ตามที่ระบุไว้ในประกาศ กระทรวงข้อ 24 (ข.2) คือ มีการทบทวน วิเคราะห์และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงานใน บางข้อหรือไม่ครบทุกองค์ประกอบตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนดในประกาศนี้ โดยจะแสดงแผนผัง การตรวจประเมินในขั้นตอนการทบทวนผลการดำเนินงานดังแสดงในรูปที่ 4.25

ขั้นตอนที่ 8



รูปที่ 4.25 แผนผังการตรวจประเมินในขั้นตอนการทบทวนผลการดำเนินงาน

โดยสรุปการจัดทำรายงานการจัดการพลังงานและการตรวจประเมินตามที่ประกาศไว้ในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 / ประกาศกระทรวงเรื่องหลักเกณฑ์และวิธีการดำเนินการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. 2552 / กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. 2552 / กฎกระทรวง กำหนดคุณสมบัติของผู้ขอรับใบอนุญาต หลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขการขอรับใบอนุญาตและการอนุญาตตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงาน พ.ศ. 2555 เมื่อจัดทำรายงานการจัดการพลังงานของอาคารควบคุม/โรงงานควบคุมเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะต้องดำเนินการจัดหาทีมผู้ตรวจประเมินจากภายนอกที่ได้ขึ้นทะเบียนไว้กับกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานมาทำการตรวจประเมินรายงานการจัดการพลังงานและแจ้งผลการตรวจประเมินดังกล่าว แผนผังสรุปการดำเนินการตรวจประเมินดังแสดงในรูปที่ 2.26



รูปที่ 4.26 แผนผังสรุปการดำเนินการตรวจประเมิน

4.3 แบบฝึกหัด

1. ระบบการจัดการพลังงานแบ่งออกเป็นกี่ขั้นตอน อะไรบ้าง
2. ระบุเหตุผลที่ต้องจัดให้มีคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน
3. การแต่งตั้งการขึ้นทะเบียนเป็นผู้รับผิดชอบพลังงานจะต้องดำเนินการอย่างไรบ้าง
4. การประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น มีความจำเป็นที่ต้องประเมินจากบุคลากรทั้งหมดขององค์กรหรือไม่ เพราะเหตุใด
5. การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานมีกี่ระดับ ประกอบด้วยอะไรบ้าง
6. ตามกฎกระทรวงระบุไว้ว่าควรจัดให้มีการติดตามแผนการอนุรักษ์พลังงานอย่างไร
7. การตรวจประเมินระบบการจัดการพลังงาน หากพบว่าการดำเนินการในขั้นตอนใดที่ไม่มีความสอดคล้อง ทางผู้ตรวจประเมินจะต้องดำเนินการอย่างไร และองค์กรที่ได้รับการตรวจประเมินต้องดำเนินการอย่างไรบ้าง

4.4 เอกสารอ้างอิง

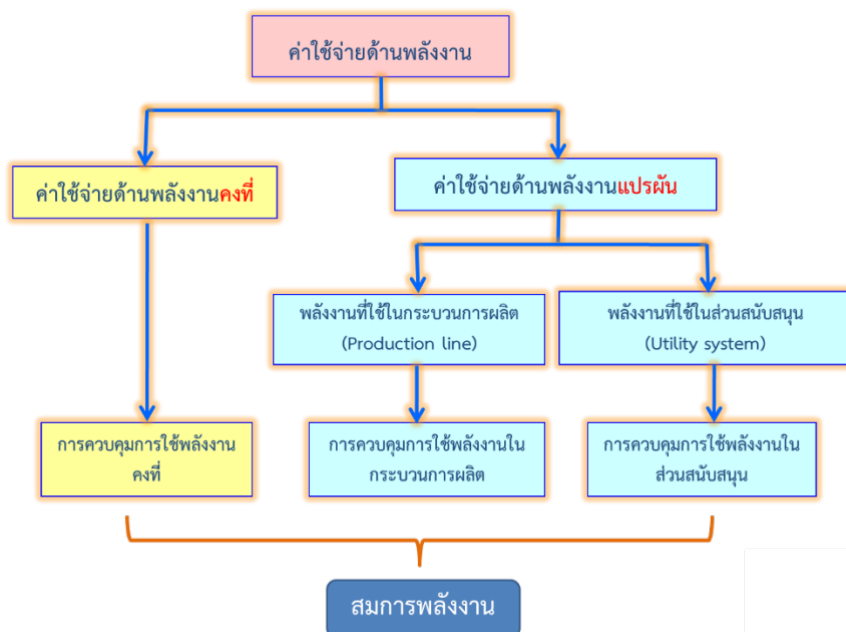
1. กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุม และอาคารควบคุม พ.ศ.2552 หน้าที่ 7-12 เล่มที่ 126 ตอนที่ 47ก ลงวันที่ 23 กรกฎาคม 2552
2. กฎกระทรวง กำหนดคุณสมบัติของผู้ขอรับใบอนุญาต หลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไข การขอรับใบอนุญาตและการอนุญาตตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงาน พ.ศ.2555 หน้าที่ 4-8 เล่มที่ 129 ตอนที่ 41ก ลงวันที่ 11 กรกฎาคม 2555
3. กฎกระทรวง กำหนดคุณสมบัติ หน้าที่ และจำนวนของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน พ.ศ.2552 หน้าที่ 20-25 เล่มที่ 126 ตอนที่ 49ก ลงวันที่ 31 กรกฎาคม 2552
4. ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่องหลักเกณฑ์และวิธีการดำเนินการจัดการพลังงานในโรงงาน ควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. 2552 สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา
5. พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550

บทที่ 5

การวิเคราะห์และติดตามค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

5.1 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของโรงงานหรืออาคารนั้นโดยปกติแล้วจะพิจารณาจาก 2 ส่วนคือ ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานคงที่และค่าใช้จ่ายด้านพลังงานแปรผัน ซึ่งค่าใช้จ่ายด้านพลังงานคงที่นั้นจะเกิดขึ้นมาจากการใช้พลังงานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่ต้องมีการใช้งานอยู่เป็นประจำโดยจะไม่มี การเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณผลผลิต โดยค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน คงที่นั้นจะมีมากหรือน้อยอาจจะขึ้นอยู่กับการควบคุมการใช้พลังงานเท่าที่จำเป็นอยู่หรือไม่ หรืออาจ ไม่มีการควบคุมการใช้พลังงานเลย ให้มีการใช้พลังงานอย่างอิสระตามความต้องการของผู้ใช้ ตัวอย่าง ระบบไฟฟ้าแสงสว่างส่วนกลาง อุปกรณ์สำนักงาน ฯลฯ สำหรับค่าใช้จ่ายด้านพลังงานแปรผันนั้น ก่อนข้างจะชัดเจนว่าจะขึ้นอยู่กับการใช้พลังงานของอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตได้แก่ เครื่องจักร ต่างๆ ที่ใช้ในหลายๆ กระบวนการผลิต ซึ่งจะต้องมีการบันทึกการใช้พลังงานและเก็บรวบรวมให้ครบตาม แต่ละกระบวนการผลิตนั้นๆ อีกส่วนคือพลังงานที่ใช้ในส่วนสนับสนุนเพื่อให้สามารถดำเนินการผลิตได้ เป็นส่วนที่สำคัญอีกที่ส่วนที่จะทำให้กระบวนการผลิตสามารถทำงานได้ตามที่กำหนดไว้ตัวอย่างเช่น เครื่องทำน้ำเย็น เครื่องปรับอากาศ หม้อไอน้ำ แสงสว่างในกระบวนการผลิต เป็นต้น



รูปที่ 5.1 โครงสร้างค่าใช้จ่ายด้านพลังงานและสมการพลังงาน

5.2 การจัดทำสมการพลังงาน

ยกตัวอย่างการพิจารณาค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของโรงงานที่มีการผลิต สามารถหาความสัมพันธ์ได้จากการเก็บรวบรวมการใช้พลังงานและปริมาณผลผลิตแยกแต่ละกระบวนการ (ในกรณีมีหลายกระบวนการ) ย้อนหลังอย่างน้อย 12 เดือน ซึ่งการเก็บรวบรวมค่าการใช้พลังงานและปริมาณผลผลิตจะต้องกำหนดให้อยู่ในช่วงเวลาเดียวกัน โดยแยกพลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้า สำหรับการจัดทำสมการพลังงานจะอาศัยการสร้างสมการเส้นตรงดังแสดงสมการดังนี้

$$Y = a X + b \quad (5.1)$$

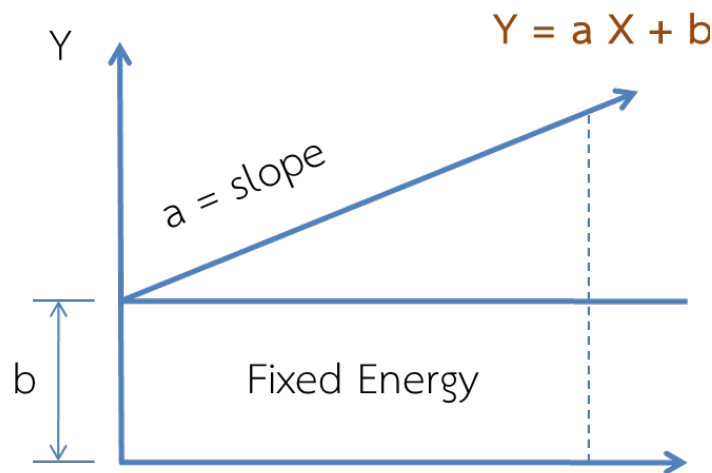
เมื่อ

Y = ปริมาณค่าพลังงานที่ใช้ในแต่ละเดือน

X = ปริมาณผลผลิตที่ได้ในแต่ละเดือน

a = ความชันของเส้นตรง (พลังงานที่ต้องใช้เมื่อทำการผลิตหนึ่งหน่วย)

b = ค่าคงที่ (พลังงานที่ใช้ในส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการผลิต)



รูปที่ 5.2 แสดงสมการเส้นตรงของสมการพลังงาน

จากรูปที่ 5.2 จะเห็นได้ว่าสมการเส้นตรงที่แทนด้วยสมการพลังงานจะประกอบไปด้วย ปริมาณค่าพลังงานที่ใช้ในแต่ละเดือน ปริมาณผลผลิตที่ได้ในแต่ละเดือน (ที่บันทึกอยู่ในช่วงเวลาเดียวกัน) โดยมีความชันของเส้นตรงเป็นพลังงานที่ต้องใช้เมื่อทำการผลิตหนึ่งหน่วย และค่าคงที่เป็นพลังงานที่ใช้ในส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการผลิตซึ่งจะมีค่าพลังงานเกิดขึ้นทุกเดือนถึงแม้ว่าจะไม่มีการผลิตเกิดขึ้นในช่วงเดือนนั้นก็ตาม

เมื่อได้สมการพลังงานที่สร้างขึ้นจากความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เก็บรวบรวมในแต่ละเดือนแล้ว นั้น จะสามารถนำมาวิเคราะห์ต่อได้ว่ามีต้นทุนด้านพลังงานเป็นอย่างไร มีต้นทุนที่เป็นต้นทุนพลังงาน

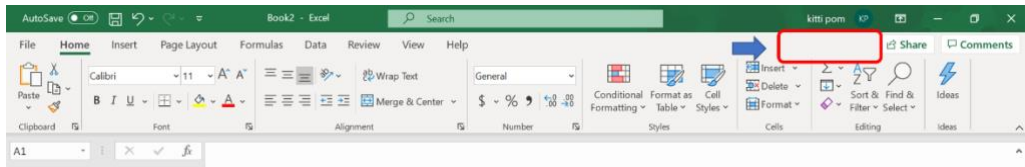
คงที่เท่าไร มีต้นทุนที่เป็นต้นทุนพลังงานแปรผันตามปริมาณผลผลิตเท่าไร เพื่อที่จะช่วยในการวางแผนการผลิตและควบคุมค่าใช้จ่ายด้านพลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด ยกตัวอย่างเช่น ในกรณีที่มูลค่า b ที่เป็นค่าพลังงานที่ใช้ในส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการผลิตที่มีค่ามากเกินไปจนความจำเป็น จะต้องมาวิเคราะห์ต่อไปว่า จะมีมาตรการหรือวิธีการอย่างไรที่จะช่วยลดค่าใช้จ่ายที่เป็นค่าพลังงานในส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการผลิตให้เหลือน้อยที่สุด โดยปกติอาจกำหนดเป็นมาตรการที่ให้พนักงานทุกคนมีส่วนร่วมในการช่วยดูแลหรือช่วยลดพลังงานในส่วนที่ไม่จำเป็นลง ส่วนต้นทุนพลังงานแปรผันจะเปลี่ยนแปลงตามปริมาณผลผลิตของผลิตภัณฑ์

สำหรับประโยชน์ที่ได้จากการวิเคราะห์สมการพลังงานจะสามารถแยกออกเป็น 2 ประเด็นหลักๆ คือ 1. สามารถใช้วิเคราะห์ต้นทุนด้านพลังงาน ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น 2. สามารถใช้ทำนายปริมาณการใช้พลังงานที่ใช้กับแต่ละผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะช่วยในการคาดการณ์ว่าถ้ามีการผลิตในแต่ละกระบวนการที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงจะส่งผลต่อค่าใช้จ่ายด้านพลังงานอย่างไร

5.3 ตัวอย่างการวิเคราะห์สมการพลังงาน

ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์สมการพลังงานจะต้องทำการสร้างสมการจากความสัมพันธ์ของข้อมูลปริมาณผลผลิตในกระบวนการผลิตที่ต้องการจะใช้ในการศึกษาในแต่ละเดือนอย่างน้อย 12 เดือน และข้อมูลการใช้พลังงานสำหรับกระบวนการผลิตนั้นๆ ทั้งนี้การรวบรวมข้อมูลทั้งสองจะต้องเป็นข้อมูลที่อยู่ในช่วงเวลาเดียวกัน และเพื่อลดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลทั้งสองจะต้องมีการตรวจสอบและทบทวนที่มาของข้อมูลโดยทีมงานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตนั้นๆ เนื่องจากหากมีการใช้พลังงานซ้ำในเครื่องจักรเดิมหลายครั้งอาจมีผลกระทบกับปริมาณการใช้พลังงานของกระบวนการดังกล่าวโดยที่ปริมาณผลผลิตไม่ได้เพิ่มขึ้นตามการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้น จะทำให้สมการพลังงานที่ได้มาไม่สามารถนำไปวิเคราะห์ต่อได้ ในขณะเดียวกันจะต้องแยกข้อมูลให้ชัดเจนว่ากระบวนการผลิตที่สนใจอยู่นั้นใช้พลังงานจากแหล่งใดบ้าง เช่น พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน ควรแยกออกให้ชัดเจน โดยการจัดทำสมการพลังงานแยกในส่วนของพลังงานไฟฟ้าเทียบกับปริมาณผลผลิตและพลังงานความร้อน (ถ้ามี) เทียบกับปริมาณผลผลิต

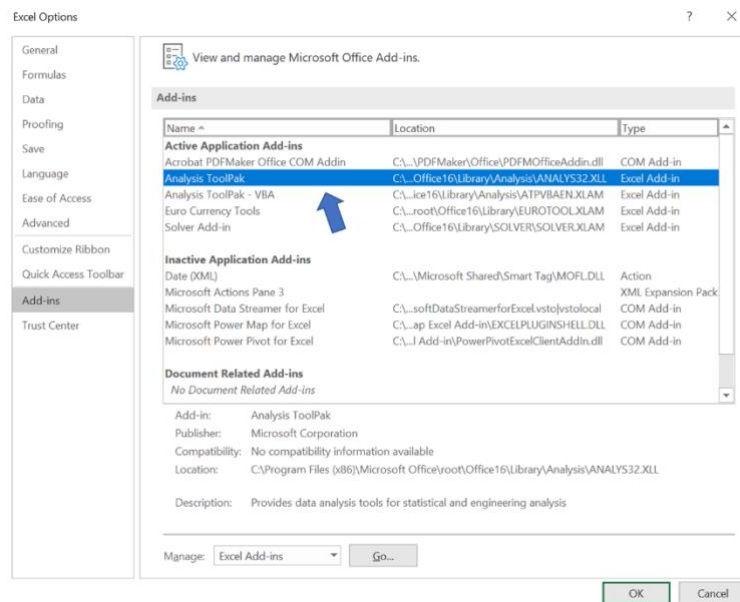
ในการสร้างสมการพลังงานมีความจำเป็นต้องใช้โปรแกรมในการช่วยสร้างสมการดังกล่าว เนื่องจากเป็นสมการที่สร้างขึ้น 1 สมการแต่อาจมีหลายตัวแปร ทั้งนี้จะขึ้นกับว่ากระบวนการผลิตหลักนั้นประกอบด้วยหลายปัจจัยหรือไม่ ในทางปฏิบัติอาจมีสมการพลังงานที่มีปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตนั้นเพียงอย่างเดียว หรือ ในบางกระบวนการอาจมีปัจจัยมากมายที่มีผลต่อค่าการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตนั้นๆ โดยปกติสามารถใช้โปรแกรมที่มีการใช้งานอยู่ทั่วไปได้คือ Microsoft excel ซึ่งในลำดับต่อไปนี้จะอธิบายทีละขั้นตอนการใช้โปรแกรมหาค่าดังกล่าว โดยเริ่มต้นจากการติดตั้งโปรแกรม Microsoft excel และตรวจสอบดูว่าในโปรแกรมที่ติดตั้งไปมีคำว่า Data Analysis บนแถบเครื่องมือหรือไม่ดังแสดงในรูปที่ 5.3



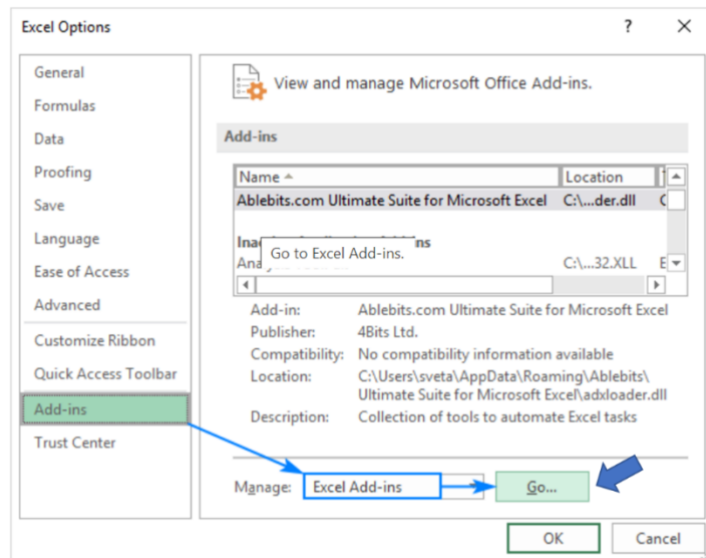
รูปที่ 5.3 การตรวจสอบเมนู Data Analysis บนแถบเครื่องมือ

หากติดตั้งโปรแกรม Microsoft excel แล้ว ไม่พบคำว่า Data Analysis บนแถบเครื่องมือ ให้ลากเมาส์ไปบน menu bar แล้วเลือก File ไปที่ More เลือก option จะปรากฏรูปดังแสดงในรูปที่ 5.4 ให้เลือก Add-ins เลือก Analysis Toolpak แล้วกด OK

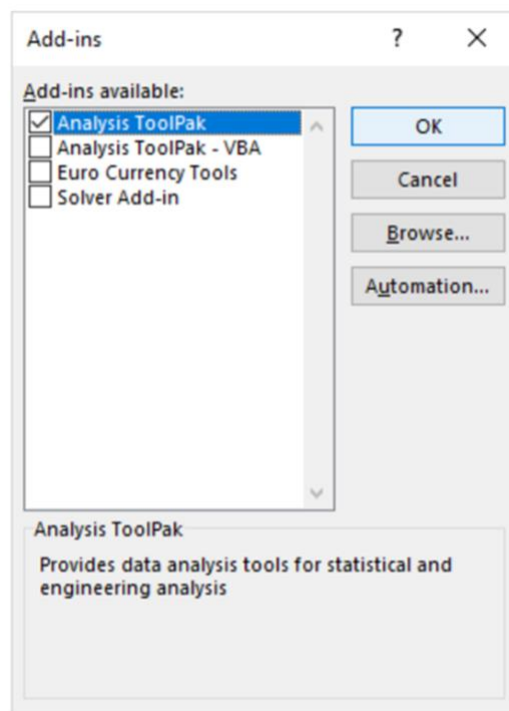
หากยังไม่ปรากฏคำว่า Data Analysis ให้เลือกไปที่คำว่า Add-ins และกด Go แล้วกด OK ดังแสดงในรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.4 การเลือกและเพิ่มแถบเครื่องมือบน menu bar

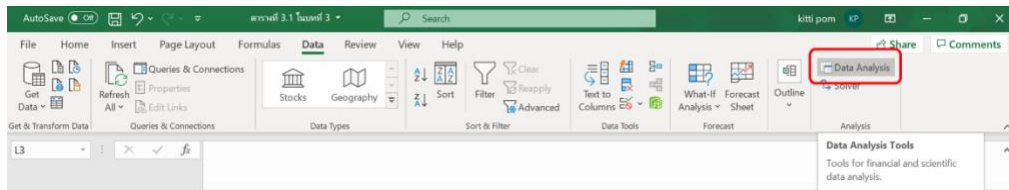


รูปที่ 5.5 การเลือก Data Analysis ให้ใช้บน menu bar



รูปที่ 5.6 การกำหนดให้แสดง Analysis Toolpak

เมื่อแถบเครื่องมือพร้อมที่จะใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะปรากฏคำว่า Data Analysis ตามกรอบสีแดงที่แสดงในรูปที่ 5.7



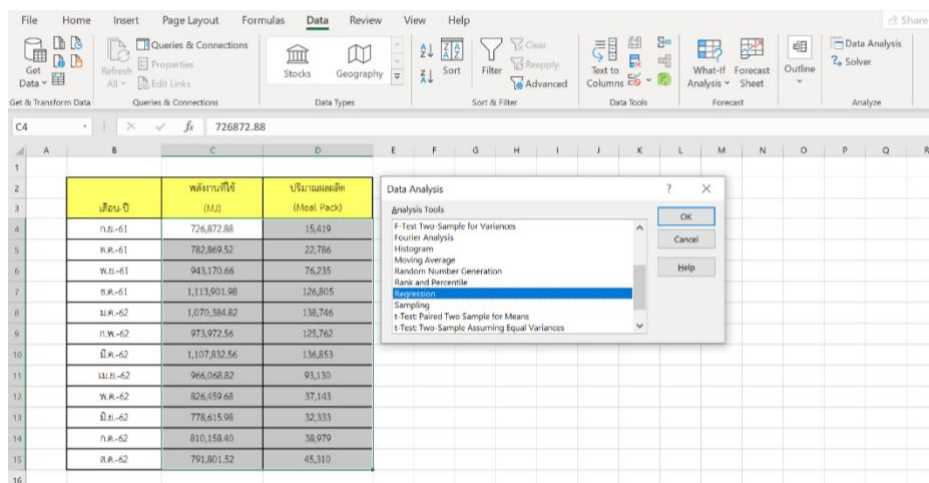
รูปที่ 5.7 แสดง Data Analysis บน menu bar

ตัวอย่างการวิเคราะห์สมการพลังงานจะใช้ข้อมูลจากตารางที่ 5.1 แสดงปริมาณการใช้พลังงาน ความร้อนในหน่วย MJ กำหนดให้เป็นตัวแปรต้องการทราบ (แกน Y) และปริมาณผลผลิตในหน่วย Meal Pack กำหนดให้เป็นตัวแปรต้น (แกน X) ในที่นี้เป็นการผลิตอาหารชุดสำหรับเสริฟบนเครื่องบิน

ตารางที่ 5.1 ข้อมูลการใช้พลังงานและปริมาณผลผลิต

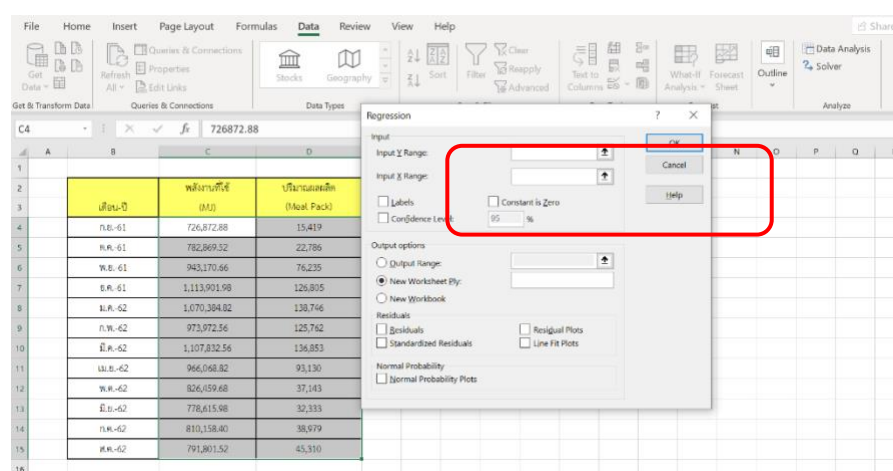
เดือน-ปี	พลังงานที่ใช้ (MJ)	ปริมาณผลผลิต (Meal Pack)
ก.ย.-61	726,872.88	15,419
ต.ค.-61	782,869.52	22,786
พ.ย.-61	943,170.66	76,235
ธ.ค.-61	1,113,901.98	126,805
ม.ค.-62	1,070,384.82	138,746
ก.พ.-62	973,972.56	125,762
มี.ค.-62	1,107,832.56	136,853
เม.ย.-62	966,068.82	93,130
พ.ค.-62	826,459.68	37,143
มิ.ย.-62	778,615.98	32,333
ก.ค.-62	810,158.40	38,979
ส.ค.-62	791,801.52	45,310

การวิเคราะห์สมการพลังงานจากตัวอย่างในตารางที่ 5.1 จะเริ่มต้นด้วยการนำข้อมูลกรอกลงในไฟล์ Excel แล้วเลื่อนแถบเครื่องมือไปที่ Data เลือก Data Analysis และ Regression จะแสดงดังรูปที่ 5.8

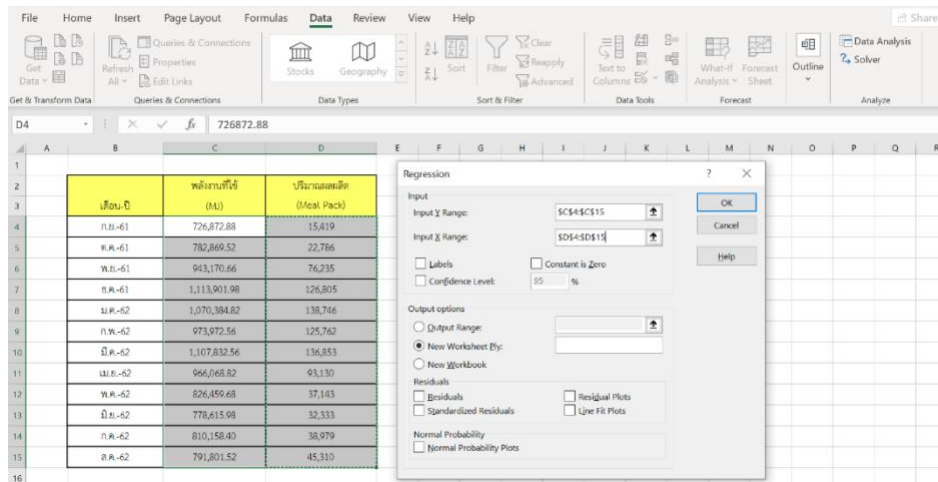


รูปที่ 5.8 แสดงการเลือกการวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการ Regression

กำหนดให้การใช้พลังงานความร้อนในหน่วย MJ กำหนดให้เป็นตัวแปรต้องการทราบ (แกน Y) และปริมาณผลผลิตในหน่วย Meal Pack กำหนดให้เป็นตัวแปรต้น (แกน X) ดังแสดงในรูปที่ 5.9 – 5.10



รูปที่ 5.9 แสดงการเลือกตัวแปรสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล



รูปที่ 5.10 แสดงผลการตัวแปรสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลแกน X และ Y

สำหรับผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลดังกล่าวในข้างต้น จะแสดงดังรูปที่ 5.11 ซึ่งจะได้ค่าสมการพลังงาน คือ $\text{Energy (MJ)} = 699,476.092 + 2.809 \text{ Product (unit)}$ โดยมีค่า R- square 93.45% และ ค่า P-value น้อยกว่า 0.05

SUMMARY OUTPUT												
Regression Statistics												
Multiple R	0.9666999											
R Square	0.934508092											
Adjusted R Square	0.927959567											
Standard Error	37312.94471											
Observations	12											
ANOVA												
	df	SS	MS	F	Significance F							
Regression	1	1.98664E+11	1.99E+11	142.6920309	3.04944E-07							
Residual	10	13922558427	1.39E+09									
Total	11	2.12586E+11										
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%				
Intercept	699467.092	20489.71608	34.13747	1.10098E-11	653813.1595	745121.0244	653813.1595	745121.0244				
X Variable 1	2.80883044	0.235143943	11.94538	3.04944E-07	2.284949688	3.3328164	2.284949688	3.3328164				

รูปที่ 5.11 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์

จากสมการพลังงานที่ได้จะเห็นได้ว่า ค่าพลังงานคงที่ซึ่งเป็นค่าพลังงานที่ใช้ในส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการผลิตเท่ากับ 699,476.092 MJ นั้นหมายความว่าถึงแม้จะไม่ได้ผลผลิตก็จะต้องใช้พลังงานดังกล่าว ในขณะที่ค่าคงที่ของพลังงานที่ต้องใช้เมื่อทำการผลิตหนึ่งหน่วยเท่ากับ 2.809 กล่าวคือทุกๆ ผลผลิตที่เกิดขึ้นจะต้องคูณกับค่าคงที่ 2.809 จะเป็นค่าพลังงานแปรผัน ซึ่งจากข้อสังเกตของข้อมูล

ในตารางที่ 5.1 จะพบว่าในบางเดือนมีผลผลิตน้อยแต่การใช้พลังงานไม่น้อยตามไปด้วย ดังนั้นอาจจะพิจารณาข้อมูลในส่วนในเดือนอื่นๆ แล้วนำมาวิเคราะห์อีกครั้ง โดยมีค่า R-square ควรจะมีค่ามากที่สุดเมื่อมีการพิจารณาเปรียบเทียบข้อมูลหลายๆ ชุด และ ค่า P-value น้อยกว่า 0.05

การวิเคราะห์และติดตามค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในบทนี้จะเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเพื่อนำมาพิจารณาต้นทุนในส่วนของค่าใช้จ่ายด้านพลังงานคงที่และค่าใช้จ่ายด้านพลังงานแปรผัน ซึ่งประเด็นที่สำคัญของวิเคราะห์สมการพลังงานดังกล่าวคือ การเก็บข้อมูลในส่วนของคุณภาพผลผลิตและปริมาณการใช้พลังงานโดยจะต้องเก็บข้อมูลในช่วงเวลาเดียวกันเท่านั้น ส่วนประโยชน์ที่ได้จากการวิเคราะห์สมการพลังงานได้แก่ การนำไปใช้ในการวิเคราะห์ต้นทุนด้านพลังงาน และใช้ในการทำนายปริมาณการใช้พลังงานที่ใช้ในแต่ละผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะช่วยให้การคาดการณ์ว่าถ้ามีการผลิตในแต่ละกระบวนการที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงจะส่งผลต่อค่าใช้จ่ายด้านพลังงานอย่างไร

ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์สมการพลังงานจะต้องพิจารณาค่า R-square ที่ได้ควรจะมีค่ามากที่สุดเมื่อมีการพิจารณาเปรียบเทียบข้อมูลหลายๆ ชุด และ ค่า P-value ควรน้อยกว่า 0.05 รวมทั้งความเป็นไปได้ของข้อมูลที่เก็บมาว่ามีความเหมาะสมหรือไม่อย่างไร

5.4 แบบฝึกหัด

1. จงหาสมการพลังงานจากความสัมพันธ์ของข้อมูลดังต่อไปนี้ พร้อมทั้งวิเคราะห์ผลที่ได้จากข้อมูลดังกล่าว

เดือน	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	ปริมาณการใช้ เครื่องฉีต (ตัน)	ปริมาณการผลิต เครื่องเป่า (ตัน)	ปริมาณการผลิต เครื่องเป่า (ตัน) ปริมาณการผลิต เครื่องฉีต-เป่า (ตัน)
มกราคม	806,280.00	170,741.35	259,162.30	73,312.44
กุมภาพันธ์	664,400.00	72,355.14	214,502.70	78,533.72
มีนาคม	951,160.00	213,563.30	333,322.00	90,546.65
เมษายน	958,240.00	202,657.45	300,635.00	111,495.50
พฤษภาคม	750,280.00	71,643.00	248,879.00	80,258.68
มิถุนายน	780,200.00	132,040.04	247,633.90	83,944.25
กรกฎาคม	783,560.00	150,135.86	235,631.40	87,279.71
สิงหาคม	725,760.00	124,264.72	257,165.00	69,719.70
กันยายน	835,680.00	206,528.00	276,240.20	76,967.00
ตุลาคม	802,000.00	253,515.00	244,890.00	81,939.99
พฤศจิกายน	719,200.00	199,069.00	236,116.60	58,712.00
ธันวาคม	818,600.00	170,741.35	259,162.30	73,312.44

2. ประโยชน์ที่ได้จากการวิเคราะห์สมการพลังงาน พร้อมยกตัวอย่าง

3. ในกรณีได้สมการพลังงานจากความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เก็บบันทึกมาแล้ว แต่ผลการวิเคราะห์ได้ค่า R-square มีค่าน้อยกว่า 80% จะมีวิธีการแก้ไขอย่างไร

4. ต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผันที่ได้จากสมการพลังงาน สามารถแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของสิ่งใดบ้าง

5.5 เอกสารอ้างอิง

1. IPMVP Volume I: Concepts and options for determining energy and water saving, Office of energy efficiency and renewable energy, U.S. Department of energy, 2002.
2. IPMVP Volume II: Concepts and options for determining energy and water saving, Office of energy efficiency and renewable energy, U.S. Department of energy, 2002.
3. IPMVP Volume III (1): Concepts and options for determining energy and water saving, Office of energy efficiency and renewable energy, U.S. Department of energy, 2002.
4. IPMVP Volume III (2): Concepts and options for determining energy and water saving, Office of energy efficiency and renewable energy, U.S. Department of energy, 2002.
5. Fundamentals of measurement & verification, The association of energy engineers, Atlanta, Georgia, 2005.
6. Morvay, Z., Gvozdenac, D., Sathapornprasath, M., “Intergated energy and environmental performance monitoring of manufacturing process,” Proceeding of the 2nd regional conference on energy technology towards a clean environmental, 2003; Phuket, Thailand: 842-850.

บทที่ 6

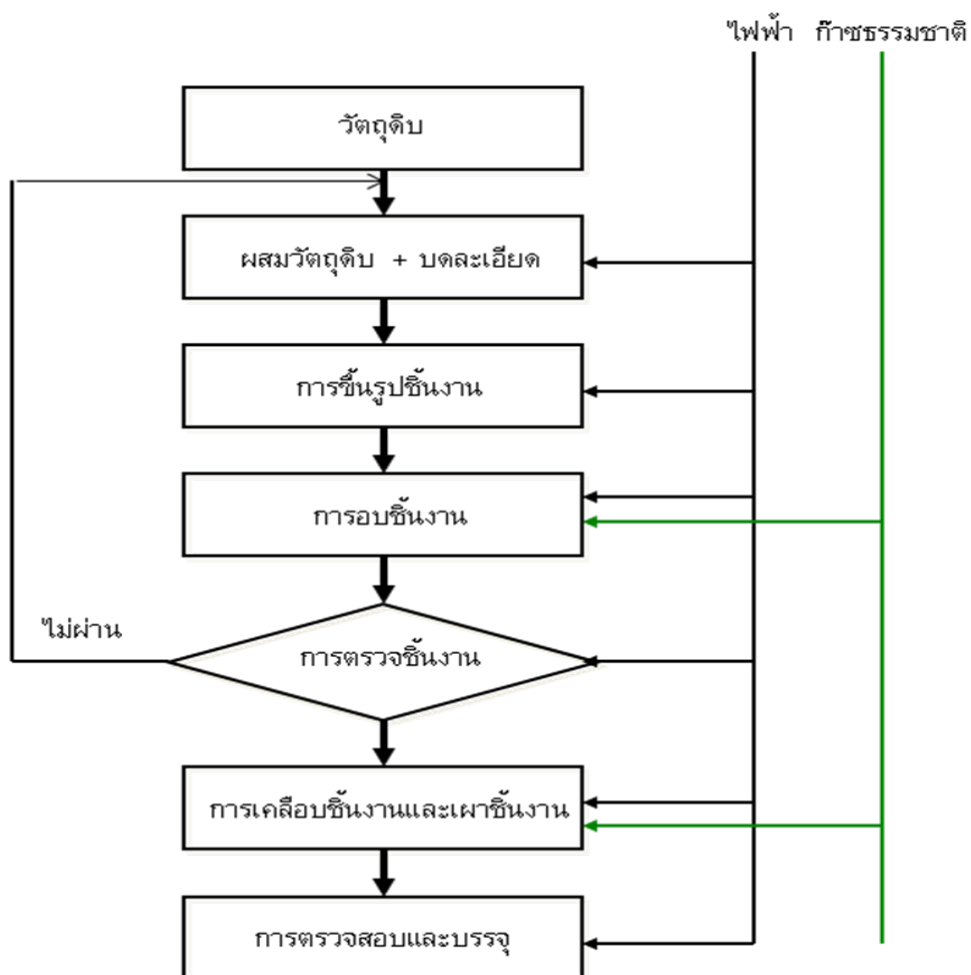
การกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน

6.1 การวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูล

พลังงานนับเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญอย่างมากต่อกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมทุกประเภท โดยพลังงานที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ จะสามารถแยกออกเป็น 2 รูปแบบหลักๆ คือ พลังงานไฟฟ้า และ พลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงต่างๆ ซึ่งจากข้อมูลพลังงานสำรองพบว่า พลังงานสิ้นเปลืองต่างๆ จะหมดไปในอนาคตอันใกล้ ดังนั้นการประหยัดพลังงานจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ความสำคัญอย่างจริงจัง และหากจะกล่าวถึงผู้ที่มีบทบาทสำคัญและเกี่ยวข้องกับการประหยัดพลังงานในองค์กรต่างๆ แล้วจะต้องเริ่มต้นจากผู้บริหาร ซึ่งปกติโดยทั่วไปแล้วผู้บริหารของแต่ละองค์กรจะต้องเป็นผู้กำหนดนโยบายด้านพลังงานและควรสนับสนุนให้มีการประหยัดพลังงาน รวมทั้งมีการกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน แต่ที่ผ่านมาผู้บริหารของแต่ละองค์กรส่วนใหญ่จะกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานจากความต้องการเป็นหลักหรืออาจจะได้รับนโยบายมาอีกที ซึ่งอาจไม่สอดคล้องกับการใช้พลังงานที่ผ่านมาในองค์กรของตนเอง จากปัญหาดังกล่าวในข้างต้น เพื่อให้การกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์มีความเหมาะสมและมีความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ ดังนั้นในบทนี้จึงได้นำเสนอเนื้อหาในส่วนของความสัมพันธ์ระหว่างการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption) และ ปริมาณผลผลิต ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ในการกำหนดเป้าหมายอนุรักษ์พลังงานจากข้อมูลการใช้พลังงานที่ผ่านมาในอดีต และผลการดำเนินงานด้านการอนุรักษ์พลังงานของผู้ปฏิบัติได้อย่างเป็นเหตุเป็นผลที่แท้จริงของแต่ละองค์กร อันจะนำไปสู่การประหยัดพลังงานในภาพรวมของประเทศได้เป็นอย่างมาก

เพื่อให้เกิดความเข้าใจและสามารถนำไปปฏิบัติได้ ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างการกำหนดเป้าหมายอนุรักษ์พลังงานจากข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผ่านมาของโรงงานผลิตกระเบื้องเซรามิคแห่งหนึ่ง ซึ่งจะแสดงแผนผังการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตในรูปที่ 6.1 สำหรับการผลิตกระเบื้องเซรามิคจะเริ่มจากการเตรียมวัตถุดิบเพื่อใช้ทำเป็นเนื้อกระเบื้อง โดยวัตถุดิบที่ใช้ทั้งหมดจะต้องผ่านกระบวนการบดและย่อยให้ได้ขนาดที่กำหนดเสียก่อน หลังจากนั้นจะนำวัตถุดิบมาบดผสม ภายในหม้อบด ด้วยวิธีบดเปียก ซึ่งต้องเติมน้ำลงไปผสมกับวัตถุดิบในระหว่างการบด เวลาที่ใช้ในการบดจะอยู่ระหว่าง 10-12 ชั่วโมงขึ้นอยู่กับสูตรของวัตถุดิบที่ใช้ วัตถุดิบที่บดผสมเข้ากันดีแล้วซึ่งเรียกว่าน้ำดิน จะถูกถ่ายออกจากหม้อบดลงมากับไวน้อกวน น้ำดินจากบ่ออกวนจะถูกสูบผ่านท่อเข้ามายังเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยน้ำดินจะถูกพ่นให้เป็นฝอยละอองซึ่งจะกระจายตัวอยู่ในห้องอบแห้งและจะได้รับความร้อนจากก๊าซร้อนซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 500-700 °C ความร้อนดังกล่าวจะทำให้ความชื้นในน้ำดินระเหยออก ส่งผลให้น้ำ

ดินกลายสภาพเป็นผงดินและถูกไล่เรียงไปเก็บในไซโล ขั้นตอนต่อมาคือการนำผงดินมาขึ้นรูปเป็นแผ่น กระเบื้องด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก หลังจากนั้นจึงนำแผ่นกระเบื้องที่ผ่านการขึ้นรูปมาอบขึ้นงาน เพื่อไล่ความชื้นด้วยเตาอบ แผ่นกระเบื้องที่ผ่านการไล่ความชื้นจะถูกเคลือบผิวและพิมพ์ลายตามที่ต้องการ ออกแบบไว้ กระเบื้องที่ผ่านขั้นตอนการเคลือบแล้วจะถูกนำไปเผาเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับแผ่นกระเบื้อง การเผาจะกระทำที่อุณหภูมิประมาณ $1,160^{\circ}\text{C}$ โดยใช้เตาเผาแบบลูกกลิ้ง สำหรับเวลาที่ใช้ในการเผาวงอยู่ที่ประมาณ 40 นาที กระเบื้องที่ผ่านการเผาแล้วจะถูกไล่เรียงไปเข้าเครื่องคัดแยกชั้นคุณภาพและคัดขนาด ก่อนจะบรรจุลงกล่องต่อไป สำหรับแผ่นกระเบื้องที่ไม่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพก็จะถูกนำไปดเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ จากขั้นตอนการผลิตดังกล่าวในข้างต้นจะเห็นได้ว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อนอยู่ในแต่ละกระบวนการ ซึ่งสามารถพิจารณาแยกเป็นค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะของไฟฟ้าและความร้อนเพื่อช่วยในการกำหนดเป็นค่าอ้างอิงเบื้องต้นในการใช้และควบคุมการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพสูงสุด



รูปที่ 6.1 แผนผังการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต

ข้อมูลจำเป็นที่ควรทราบและต้องปฏิบัติ

1. กำหนดช่วงเวลาของการพิจารณาข้อมูล โดยปกติทั่วไปแล้วจะเป็นรายเดือน รายสัปดาห์ รายวัน รายกะ หรือ อาจจะเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสม
2. กำหนดปัจจัยต่างๆ ที่เป็นสาเหตุทำให้การใช้พลังงานมีการเปลี่ยนแปลงไป เช่น การเปลี่ยนวัตถุดิบ การหยุดซ่อมเครื่องจักร แผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร สภาพอากาศเปลี่ยนแปลง เป็นต้น
3. จัดทำตารางข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานต่อเดือนหรือต่อสัปดาห์หรือต่อวัน โดยอาศัยข้อมูลย้อนหลังตามที่ได้บันทึกไว้ ซึ่งข้อมูลทั้งหมดจะต้องอยู่ในช่วงเวลาเดียวกันเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานจากวิเคราะห์ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และการกระจายตัวของข้อมูล (Scatter Analysis) ของข้อมูลดังกล่าว

ตารางที่ 6.1 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า ปริมาณผลผลิต และค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะในช่วงเวลาเดียวกัน

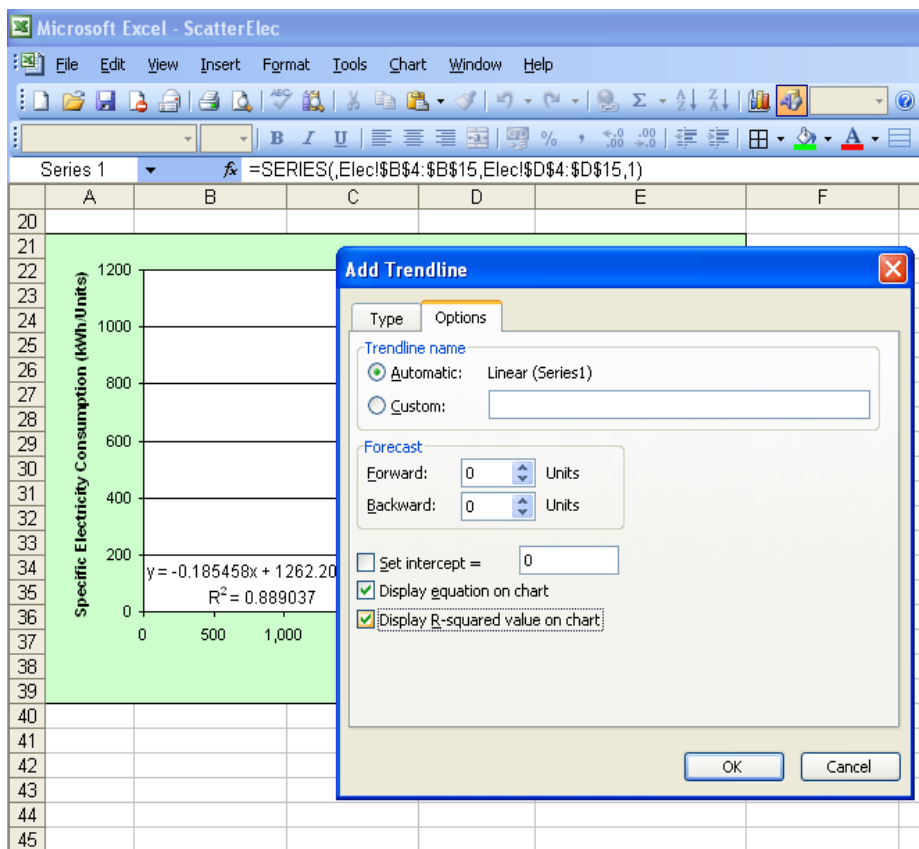
Month	Production (Units)	Elec (kWh)	kWh/Units.
1	3,715	2,290,000	616.42
2	3,310	2,143,600	647.61
3	2,765	1,879,600	679.78
4	2,275	1,832,400	805.45
5	1,850	1,859,200	1004.97
6	2,510	1,968,000	784.06
7	2,912	2,033,200	698.21
8	2,475	1,997,200	806.95
9	3,618	2,141,600	591.93
10	3,755	2,240,800	596.75
11	3,100	2,098,000	676.77
12	3,215	2,102,000	653.81
Total	35,500.00	24,585,600	
AVG.			713.56

$$\text{ดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะ} = \frac{\text{ปริมาณการใช้พลังงาน}}{\text{ปริมาณผลผลิต}}$$

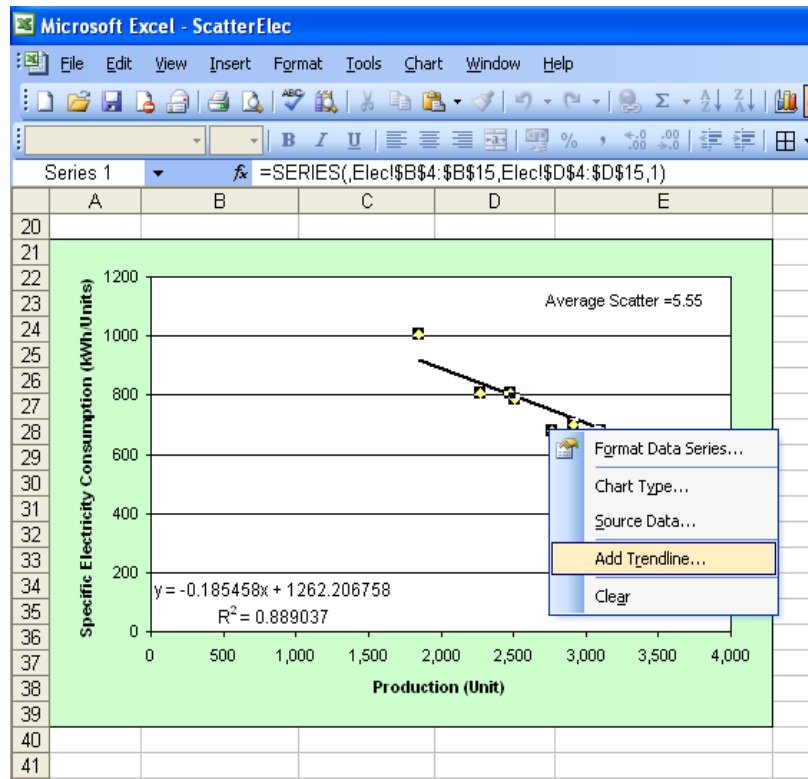
ขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานในอดีตเพื่อที่จะนำไปสู่การกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน สามารถดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เริ่มต้นจากการใช้ข้อมูลการใช้พลังงานเทียบกับปริมาณผลผลิตในช่วงเวลาเดียวกัน ดังตารางที่ 6.1 เพื่อใช้ในการหาค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะในแต่ละช่วงเวลาเดียวกัน
2. สร้างสมการเส้นตรงจากความสัมพันธ์ของข้อมูลโดยกำหนดให้แกน y เป็น ค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะ และ แกน x เป็น ปริมาณผลผลิต โดยอาศัยวิธีการตามรูปที่ 6.2-6.3 เพื่อใช้สมการเส้นตรงเป็นตัวแทนของข้อมูลดังกล่าว



รูปที่ 6.2 การสร้างสมการเส้นตรง



รูปที่ 6.3 แสดงสมการเส้นตรงของความสัมพันธ์ของข้อมูล

3. คำนวณค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐานจากสมการโดยการแทนค่าข้อมูลในแต่ละเดือนตามสมการและวิธีที่แสดงในรูปที่ 6.4 ซึ่งจะทำให้ได้ค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลที่ใช้ทั้งหมดเท่ากับ 39.62

File Edit View Insert Format Tools Data Window Help					
Aria 10 B I U [text formatting icons] % [currency icons]					
E4	=(D4-(-0.185458*B4+1262.206758))*2				
	A	B	C	D	E
1	SEC. Elec.				
2					
3	Month	Production (Units)	Elec (kWh)	kWh/Units.	(Yi-(Axi+B))*2
4	1	3,715	2,290,000	616.42	1865.3
5	2	3,310	2,143,600	647.61	0.5
6	3	2,765	1,879,600	679.78	4848.7
7	4	2,275	1,832,400	805.45	1213.8
8	5	1,850	1,859,200	1004.97	7372.5
9	6	2,510	1,968,000	784.06	159.9
10	7	2,912	2,033,200	698.21	573.1
11	8	2,475	1,997,200	806.95	14.1
12	9	3,618	2,141,600	591.93	0.5
13	10	3,755	2,240,800	596.75	957.2
14	11	3,100	2,098,000	676.77	110.5
15	12	3,215	2,102,000	653.81	147.6
16	Total	35,500.00	24,585,600.00		
17	AVG.			713.56	
18			SD	39.62	
19			%Scatter	5.55	
20					

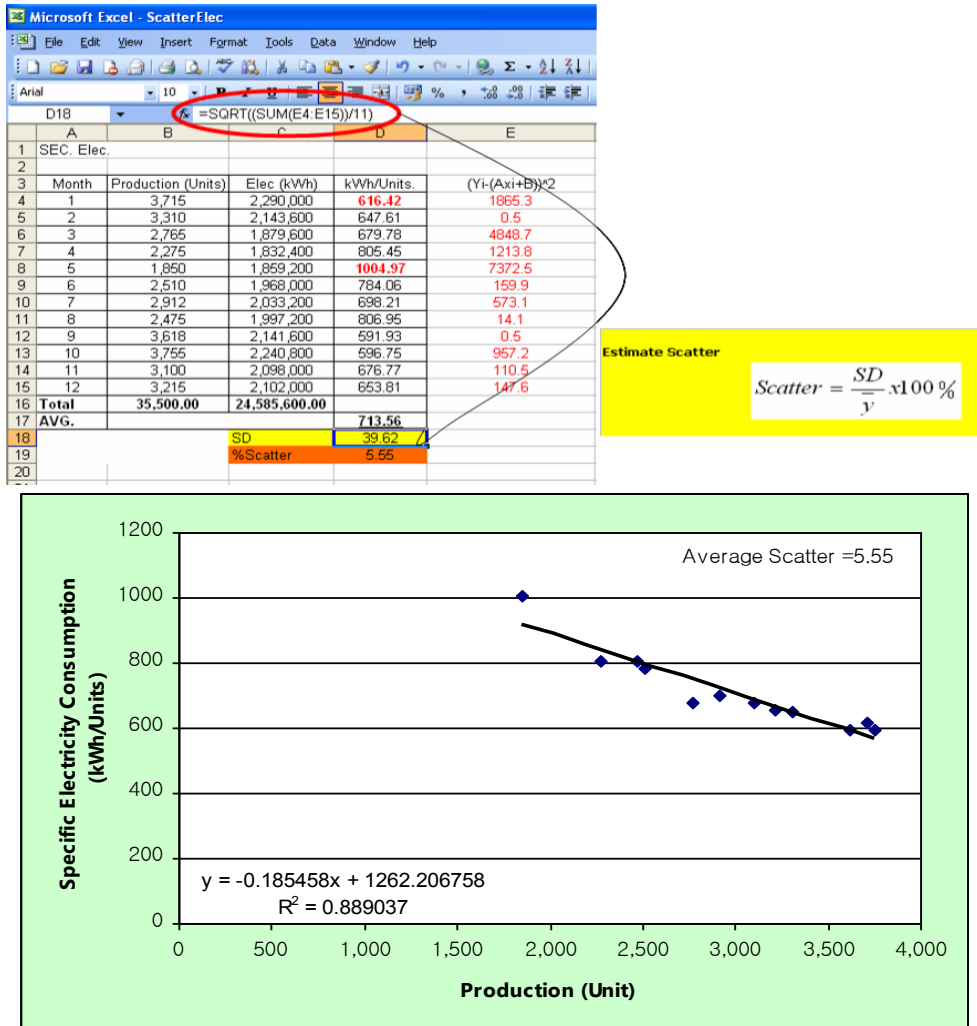
Standard Deviation

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N [y_i - (Ax_i + B)]^2}{N - 1}}$$

รูปที่ 6.4 แสดงการแทนค่าเพื่อหาค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

4. คำนวณค่าการกระจายตัวของข้อมูลทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 6.5 ซึ่งจากการคำนวณพบว่าจากข้อมูลชุดดังกล่าวจะมีการกระจายของข้อมูลทั้งหมดเท่ากับ 5.55 % จากกราฟความสัมพันธ์ของข้อมูลรูปที่ 6.5 จะเห็นได้ว่าการใช้พลังงานไม่มีความผิดปกติแต่อย่างใด กล่าวคือเมื่อมีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นแนวโน้มอัตราการใช้พลังงานลดลง แต่หากผลการกระจายตัวของค่าดัชนีการพลังงานจำเพาะมีค่ามากขึ้นนั้นหมายความว่า การใช้พลังงานในอดีตที่ผ่านมายังขาดการจัดการควบคุมการใช้พลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งสามารถสังเกตได้จากข้อมูลปริมาณผลผลิตเท่ากันแต่ให้ค่าดัชนีการใช้พลังงานที่แตกต่างกันและยังมีค่าแตกต่างกันมากเท่าไรก็จะเป็นตัวสะท้อนให้เห็นถึงบริหารจัดการเกี่ยวกับการควบคุมการใช้พลังงานว่ามีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด

จากตัวอย่างของข้อมูลในที่นี้เปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของข้อมูลมีเท่ากับ 5.55% นั้นหมายความว่า มีโอกาสหรือความเป็นไปได้ที่จะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในหน่วยงานของข้อมูลที่น่ามาพิจารณาได้สูงสุดประมาณ 5.55%



รูปที่ 6.5 แสดงการแทนค่าการกระจายตัวของข้อมูลที่ใช้

6.2 ประโยชน์ที่ได้จากการกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน

การกำหนดให้มีการตั้งเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานนั้น จะช่วยให้มีการวางแผนการอนุรักษ์พลังงานอย่างมีขั้นตอนที่ชัดเจน โดยจะเริ่มต้นจากวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลและการบันทึกอย่างเป็นระบบ ในกรณีที่ยังคงไม่มีการรวบรวมข้อมูลที่ถูกต้อง ก็จะต้องทำความเข้าใจในรายละเอียดต่างๆ ให้ชัดเจน เช่น การเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานและปริมาณผลผลิต (กรณีโรงงานอุตสาหกรรม) ซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเก็บรวบรวมการบันทึกข้อมูลในช่วงเวลาเดียวกันเท่านั้น หากสามารถแยกย่อยการบันทึกข้อมูลดังกล่าวในแต่ละกระบวนการผลิตได้อย่างละเอียดมากเท่าใดก็จะเป็นประโยชน์ต่อการนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ในลำดับต่อไปได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น ในกรณีที่การเก็บรวบรวมข้อมูลดังกล่าวยังไม่ถูกต้องก็จะได้ปรับวิธีการให้ถูกต้องชัดเจน และเมื่อได้ข้อมูลที่ถูกต้องแล้ว

จะนำมาวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม Excel ตามตัวอย่างที่ได้กล่าวในข้างต้น จะเห็นได้ว่าค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะในแต่ละเดือนที่นำมาเปรียบเทียบกับกันนั้น บางเดือนมีค่าสูงมากๆ ในขณะที่บางเดือนก็มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมากๆ เป็นการสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถในการควบคุมการใช้พลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพแล้วหรือไม่ หากค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะในแต่ละเดือนมีค่าใกล้เคียงกัน โดยกระบวนการผลิตยังคงใกล้เคียงหรือเหมือนเดิมทุกอย่าง นั้นหมายความว่า การควบคุมการใช้พลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ หรืออาจจะดูจากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, SD) ว่ามีค่าแตกต่างจากค่าเฉลี่ยของดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะมากหรือไม่

เมื่อนำค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะในแต่ละเดือนมาแทนค่าสมการเพื่อหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และนำค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานหารด้วยค่าเฉลี่ยของดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะ จะได้ค่าการกระจายตัวของข้อมูล (Scatter) ซึ่งในที่นี้ได้เท่ากับ 5.55% แสดงให้เห็นว่า มีโอกาสหรือความเป็นไปได้ที่จะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในองค์กรของข้อมูลที่นำมาพิจารณาลงได้สูงสุดประมาณ 5.55 % จากการควบคุมการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ทั้งนี้ยังไม่รวมมาตรการต่างๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานสำคัญๆ ดังนั้นผู้บริหารขององค์กรนั้นๆ จะสามารถใช้ตัวเลข 5.55 % เป็นค่าประมาณการในการกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานได้ในเบื้องต้น

จากความสัมพันธ์ของการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานและปริมาณผลผลิตที่ผ่านมาในอดีตนำไปสู่การกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานอย่างสมเหตุสมผลโดยอาศัยจากข้อมูลทางด้านสถิติ ซึ่งสามารถนำมาวิเคราะห์ถึงความเป็นได้ในการประหยัดพลังงานในองค์กรนั้นได้ สำหรับการประหยัดพลังงานในเบื้องต้นจะสำเร็จขึ้นได้นั้นจะต้องอาศัยบุคลากรในองค์กรนั้นๆ จะต้องมีส่วนร่วมที่จะช่วยกันควบคุมการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยใช้เงินลงทุนให้น้อยที่สุด

6.3 แบบฝึกหัด

1. การกำหนดเป้าหมายอนุรักษ์พลังงานคืออะไร
2. ปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดเป้าหมายอนุรักษ์พลังงาน
3. ปัจจัยที่เป็นสาเหตุที่ทำให้การใช้พลังงานมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น
4. การคำนวณค่าดัชนีการพลังงานจำเพาะจะต้องคำนึงสิ่งใดเป็นหลัก
5. ค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลมีประโยชน์ต่อการกำหนดเป้าหมายอนุรักษ์พลังงานอย่างไร
6. ในกรณีที่ค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะในแต่ละเดือนมีความแตกต่างกันมากๆ ควรจะดำเนินการตรวจสอบสิ่งใดและต้องดำเนินการอย่างไรบ้าง
7. ประโยชน์ที่ได้จากการกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน

6.4 เอกสารอ้างอิง

1. IPMVP Volume I: Concepts and options for determining energy and water saving, Office of energy efficiency and renewable energy, U.S. Department of energy, 2002.
2. IPMVP Volume II: Concepts and options for determining energy and water saving, Office of energy efficiency and renewable energy, U.S. Department of energy, 2002.
3. IPMVP Volume III (1): Concepts and options for determining energy and water saving, Office of energy efficiency and renewable energy, U.S. Department of energy, 2002.
4. IPMVP Volume III (2): Concepts and options for determining energy and water saving, Office of energy efficiency and renewable energy, U.S. Department of energy, 2002.
5. Morvay, Z., Gvozdenac, D., Sathapornprasath, M., “Intergated energy and environmental performance monitoring of manufacturing process,” Proceeding of the 2nd regional conference on energy technology towards a clean environmental, 2003; Phuket, Thailand: 842-850.
6. กิตติ สถาพรประสาธน์ การพิสูจน์ผลประหยัดของมาตรการอนุรักษ์พลังงาน การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 4 สวนสามพราน นครปฐม 2551
7. มาตรการลดความสูญเสีย เอกสารเผยแพร่คู่มือการใช้เชื้อเพลิงอย่างมีประสิทธิภาพ หมายเลข 12 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
8. ไพรินทร์ ชูโชติถาวร และ สมชาย ศิริวิชัยกุล การทนายปัญหาประหยัดพลังงานด้วยรูปภาพ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) 2530

บทที่ 7

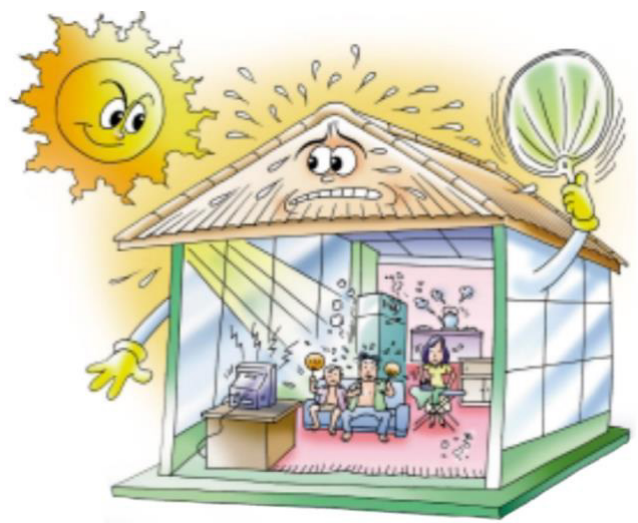
การประหยัดพลังงานในครัวเรือน

7.1 การปรับสภาพแวดล้อมของบ้านกับการประหยัดพลังงาน

สภาพแวดล้อมของบ้านที่เกี่ยวข้องกับการประหยัดพลังงานสามารถแยกออกได้ 2 ปัจจัยหลักๆ คือ ปัจจัยภายนอก ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความสบายของผู้อยู่อาศัยโดยจะขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมตามธรรมชาติ ไม่สามารถควบคุมการเปลี่ยนแปลงได้ เช่น ความร้อนจากแสงอาทิตย์ ความชื้นที่เกิดขึ้นในอากาศ ทิศทางลม เป็นต้น และปัจจัยภายในตัวบ้าน เป็นปัจจัยที่ผู้อยู่อาศัยเป็นผู้กำหนดขึ้น เช่น วัสดุต่างๆ ที่ใช้ในการสร้างบ้าน อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ที่ใช้ภายในบ้าน เป็นต้น หากเป็นการประหยัดพลังงานในบ้านพักอาศัยหรืออาคารทั่วไป ควรจะเริ่มดำเนินการตั้งแต่การออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งานของแต่ละพื้นที่ที่ตั้งอาศัยอยู่ โดยประเทศไทยเป็นประเทศที่มีอากาศร้อนชื้นเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งอาจจะมี ความแตกต่างกันบ้างตามแต่ละภูมิภาคของประเทศ บางภูมิภาคอาจจะมีอากาศร้อนและมีความชื้นสูง บางภูมิภาคอาจจะมีทั้งอากาศร้อน ฝน หนาว ดังนั้นจึงควรคำนึงถึงการเลือกวัสดุที่จะนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของโครงสร้างและส่วนประกอบที่สำคัญๆ ในแต่ละด้านของอาคาร เพื่อที่จะป้องกันความร้อนและความชื้นจากภายนอกอาคารเข้ามาภายในอาคาร รวมทั้งการกำหนดรายละเอียดของวัสดุและตำแหน่งของผนังแต่ละด้านให้หันหน้าไปทางทิศใด ซึ่งเป็นสาเหตุที่สำคัญของการใช้พลังงานของอุปกรณ์ต่างๆ ในอาคาร ในกรณีที่บ้านพักอาศัยเป็นบ้านจัดสรรที่ทางโครงการได้สร้างเสร็จไว้แล้ว ทางผู้อยู่อาศัยจะไม่สามารถกำหนดหรือเลือกวัสดุอุปกรณ์ที่เป็นโครงสร้างหลักได้ตามที่ต้องการ แต่อย่างไรก็ตามทางผู้อยู่อาศัยสามารถปรับแต่งให้เกิดความเหมาะสมได้ โดยคำนึงถึงหลักตามธรรมชาติ และเพื่อความชัดเจนในการอธิบายจึงขอแยกประเด็นออกเป็นดังนี้ 1. กรอบอาคาร 2. ทิศและที่ตั้งของอาคาร 3. สภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร เช่น ต้นไม้



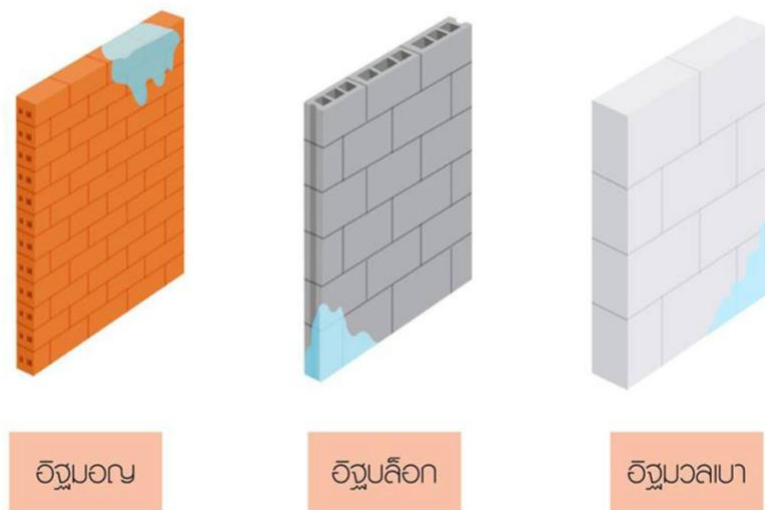
รูปที่ 7.1 ปังจัยภายนอกที่ส่งผลต่อการใช้พลังงาน



รูปที่ 7.2 ปังจัยภายในที่ส่งผลต่อการใช้พลังงาน

1. กรอบอาคาร หรือตามที่เราเข้าใจกันโดยทั่วไปคือผนังทึบ หน้าต่าง กันสาด แต่ละด้านรวมทั้งหลังคา เป็นส่วนสำคัญที่จะป้องกันการถ่ายเทความร้อนและความชื้นจากภายนอกเข้ามายังภายในตัวบ้าน โดยวัสดุที่นิยมนำมาใช้ในการก่อสร้างผนังทึบได้แก่ 1. อิฐบล็อก เป็นอิฐที่ทำจากส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์กับทราย เป็นวัสดุอีกชนิดหนึ่งที่นิยมใช้ในงานก่อสร้าง เนื่องจากมีราคาถูกและก่อสร้างได้

สะดวกรวดเร็ว 2. อิฐแดงหรืออิฐมอญ มีต้นกำเนิดมาจากขามอญที่ย้ายถิ่นฐานเข้ามาอยู่ในประเทศไทย ซึ่งมีฝีมือในการทำอิฐมอญมาอยู่แล้ว เมื่อเข้ามาตั้งรกรากใหม่ จึงต้องทำการสร้างบ้านเรือน ขามอญ จึงใช้ฝีมือที่มีตั้งแต่เดิมทำอิฐมอญสร้างที่อยู่อาศัยให้กับตนเอง ต่อมาจึงยึดเป็นอาชีพทำอิฐมอญขาย ในที่สุด 3. อิฐมวลเบา เป็นอิฐที่มีการคิดค้นขึ้นมาใหม่ มีส่วนประกอบหลักคือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ อะลูมิเนียมที่ใช้ในการก่อฟองอากาศ ยิปซัม ปูนขาว ทรายละเอียด และน้ำ ผ่านกระบวนการผลิตที่ทันสมัยทำให้อิฐแต่ละก้อนมีขนาดมาตรฐาน มีน้ำหนักเบา ช่วยลดการสูญเสียในการก่อสร้าง จึงเหมาะอย่างยิ่งสำหรับการทำผนังบ้านที่ต้องการลดน้ำหนักของโครงสร้างและยังช่วยลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้ามายังภายในตัวบ้านได้อีกทาง



รูปที่ 7.3 แสดงการเปรียบเทียบอิฐมอญ อิฐบล็อก อิฐมวลเบา
(ที่มา: <https://www.ttmconstruction.com/article/101>)

ตารางที่ 7.1 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างผนังบ้าน

วัสดุ	ข้อดี	ข้อเสีย
อิฐมอญ	- เป็นวัสดุที่หาได้ง่าย - ทนทานต่อสภาพอากาศต่างๆ ได้ดี - ราคาถูก	- มีน้ำหนักมาก - สะสมความร้อน - ขนาดไม่มาตรฐาน
อิฐบล็อก	- สะดวกในการก่อสร้าง - ราคาถูกมาก - งานเสร็จรวดเร็ว	- แตกหักง่าย - มีความแข็งแรงน้อยกว่า - ไม่เหมาะกับการฝังท่อไว้ภายใน
อิฐมวลเบา	- น้ำหนักเบา - ตัดแต่งขนาดได้ตามต้องการ - ป้องกันความร้อนได้ดี	- ราคาสูง - อาจมีปัญหาเรื่องปลวกกินได้ เพราะมีส่วนผสมของยิปซัม - วัสดุร่วนทำให้ดูดซับความชื้น

วัสดุที่นิยมนำมาใช้ในการก่อสร้างผนังบ้านหรืออาคารทั่วไปนอกจากจะใช้ อิฐมอญ อิฐบล็อก อิฐมวลเบา ยังมีวัสดุอีกชนิดหนึ่งคือ “บล็อกประสาน” หรือ “บล็อกดินซีเมนต์” แสดงดังรูปในที่ 7.4 เป็นวัสดุที่ไม่นำความร้อนและกันความร้อนได้ดีกว่าอิฐบล็อก 5 เท่า ทำให้บ้านเย็นสบาย ลดการใช้เครื่องปรับอากาศไปได้มากพอสมควร บล็อกประสานได้ทำการพัฒนารูปแบบให้มีรูและเดือยบนตัวบล็อก เพื่อให้สะดวกในการก่อสร้าง โดยเน้นการใช้วัสดุดิบในพื้นที่ได้แก่ ดินลูกรัง หินฝุ่น หินทราย หรือวัสดุเหลือทิ้งต่างๆ ที่มีความเหมาะสม นำมาผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำในสัดส่วนที่เหมาะสมอัดเป็นก้อนด้วยเครื่องอัดแล้วนำมาบ่ม ให้บล็อกแข็งตัวประมาณ 10 วัน จะได้คอนกรีตบล็อกที่มีความแข็งแรง มีรูปลักษณะพิเศษ ที่สามารถใช้ในการก่อสร้างอาคารต่างๆ หรือก่อเป็นถังเก็บน้ำได้อย่างรวดเร็ว สวยงาม และประหยัดกว่างานก่อสร้างทั่วไป โดยในการก่อสร้างผนังทำได้ง่ายเพียงผูกเหล็กเทพื้น จากนั้นเอาบล็อกประสานมาวางเรียงซ้อนไขว้ทับกันขึ้นไปเป็นฝาผนังและผนังกันห้องเว้นช่องไว้ใส่วงกบประตู หน้าต่าง คล้ายๆ การต่อตัวต่อ LEGO วางซ้อนกันให้ได้ระดับแล้วเทน้ำปูนลงไปตรงกลางของรูของบล็อกประสานให้น้ำปูนเป็นกาวเชื่อมบล็อกประสานแต่ละก้อนให้ติดกันอย่างแข็งแรง เสร็จแล้วจึงนำโครงหลังคามาดัดเชื่อมวางทับในภายหลัง การสร้างบ้านในลักษณะนี้คล้ายๆ กับคนโบราณที่สร้างปราสาทหินที่เอาแท่งหินมาวางเรียงซ้อนกัน จากการทดสอบในการใช้งานมีความมั่นคงแข็งแรงมาก

สรุปประโยชน์ของอาคารที่ก่อสร้างด้วยบล็อกประสานได้ดังนี้

- ป้องกันความร้อนได้ดี
- ใช้วัสดุที่หาได้ในท้องถิ่น มีความแข็งแรง ทนทาน
- ก่อสร้างง่าย รวดเร็ว โดยไม่ต้องใช้ทั้งเสา ไม้แบบ และการฉาบปูน
- ประหยัดราคาในการก่อสร้างเพราะลดเวลาและค่าแรงงานในการก่อสร้าง
- มีความสวยงามตามธรรมชาติโดยไม่ต้องทาสี
- ลดการตัดไม้ทำลายป่า เพื่อนำมาใช้ในการก่อสร้าง



รูปที่ 7.4 บล็อกประสาน

(ที่มา: <https://www.jumlongchai.com/product/566028>)

หน้าต่าง เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของกรอบอาคาร ซึ่งการออกแบบหน้าต่างที่ดี ควรคำนึงถึงการผสมผสานระหว่างการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติและการลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ให้เข้าสู่ภายในตัวบ้านให้น้อยที่สุด เพื่อช่วยลดในการใช้พลังงานจากระบบไฟฟ้าแสงสว่างและเครื่องปรับอากาศให้ได้มากที่สุด

วัตถุประสงค์หลักของการใช้หน้าต่าง คือ เพื่อการระบายอากาศ เพื่อรับแสงจากธรรมชาติ และเพื่อให้สามารถมองเห็นทัศนียภาพภายนอก โดยหน้าต่างสามารถแบ่งออกตามลักษณะของรูปแบบออกได้ 6 ประเภท ดังนี้

1. หน้าต่างชนิดบานเลื่อนขึ้น-ลง หน้าต่างประเภทบานเลื่อนขึ้น-ลงลักษณะบานหน้าต่างจะเป็นแบบสี่เหลี่ยมเลื่อนขึ้น เลื่อนลงได้ หน้าต่างชนิดนี้อาจไม่สะดวกในการใช้งาน เพราะว่าจะเปิดรับลม และรับแสงสว่างได้เพียงครึ่งหนึ่งของหน้าต่างทั่วไปเท่านั้น



2. หน้าต่างชนิดบานเลื่อนด้านข้าง เป็นหน้าต่างที่เหมาะสมสำหรับการรับแสงสว่างจากธรรมชาติ เพราะสามารถรับแสงสว่างที่ส่องเข้ามา ได้อย่างเต็มที่ ไม่ต้องใช้พื้นที่ภายนอกสำหรับการเปิด-ปิด จึงเหมาะสำหรับบ้านหรืออาคารที่อยู่อาศัยที่มีพื้นที่จำกัด แต่การเลือกใช้หน้าต่างรูปแบบนี้ ก็จะทำให้ราคาการติดตั้งโดยรวมสูงขึ้น เพราะต้องทำรางเลื่อนรองรับ ที่น่าสังเกตอีกจุดหนึ่งก็คือการเปิดหน้าต่างบานเลื่อนในรูปแบบนี้จะเปิดได้เพียงครึ่งหนึ่งเท่านั้น



3. หน้าต่างชนิดบานกระทุ้ง เวลาเปิดจำเป็นต้องผลักตัวกรอบหน้าต่างออกไป ส่วนเวลาปิดจำเป็นต้องใช้แรงดึงเข้าหาตัว บานพับของหน้าต่างชนิดนี้จะอยู่ส่วนบนของบานหน้าต่าง เวลาใช้งานจึงไม่สะดวกรัก เพราะเปิด-ปิดลำบากและทำความสะอาดยาก แต่มีข้อดีตรงที่รับลมและแสงสว่างจากธรรมชาติ ได้ดี ส่วนมากมักใช้ระบายอากาศภายในห้องน้ำ อย่างไรก็ตามเจ้าของบ้านสามารถเลือกใช้บานกระทุ้งในส่วนอื่นๆ ของบ้านได้ตามความเหมาะสม



หน้าต่างชนิดบานกระทุ้ง

4. หน้าต่างชนิดบานเปิดข้าง เป็นหน้าต่างที่สามารถรับลมและแสงสว่างจากธรรมชาติได้อย่างเต็มที่ จึงเป็นที่นิยมใช้กันตามบ้าน อาคารที่อยู่อาศัยโดยทั่วไป บ้านไม่นิยมใช้หน้าต่างชนิดนี้มากนัก เพราะสะดวกในการเปิด-ปิดและง่ายต่อการทำความสะอาด



หน้าต่างชนิดบานเปิดข้าง

5. หน้าต่างชนิดบานพลิก หน้าต่างชนิดนี้เปิดรับลมและแสงสว่างจากธรรมชาติได้ดี มีทั้งแบบที่เป็นบานพลิกแนวนอนและแนวตั้ง แต่มีข้อเสียตรงที่ต้องรับฝุ่นตลอดเวลา ทำให้ ฝุ่นเข้ามาภายในบ้านได้ง่าย และหากจะติดมุ้งลวดก็ไม่สามารถทำได้ ในปัจจุบันหน้าต่างชนิดนี้ถูกนำมาใช้ในบ้าน อาคารสร้างใหม่ เป็นหน้าต่างภายในบ้านกั้นระหว่างห้องภายในบ้าน



หน้าต่างบานพลิกแนวนอน



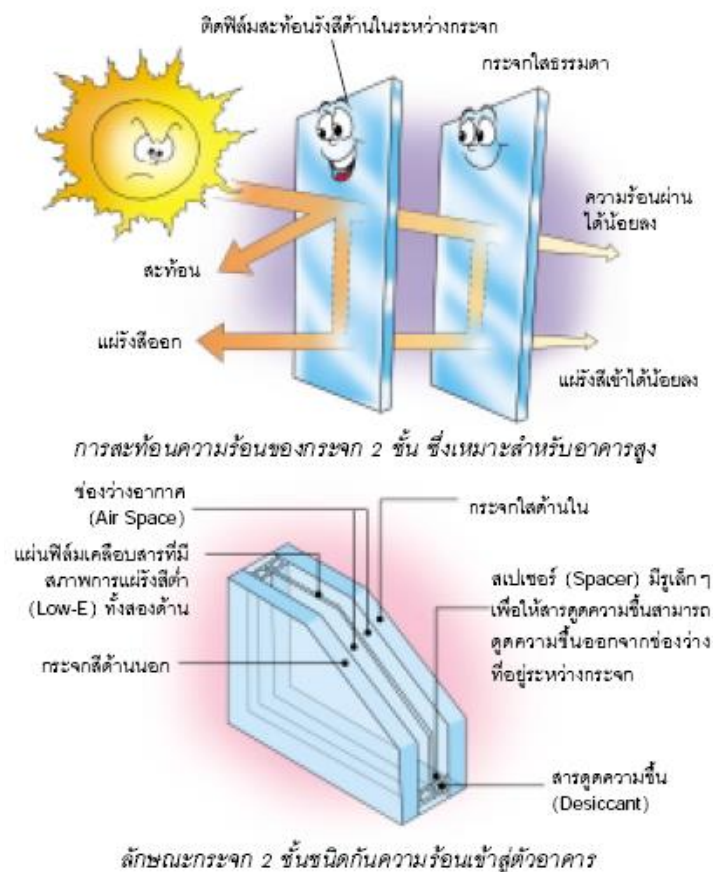
หน้าต่างบานพลิกแนวตั้ง

6. หน้าต่างชนิดบานเกล็ด หน้าต่างชนิดบานเกล็ด หรือ เรียกกันทั่วไปว่าหน้าต่างแบบเกล็ดหมุน จะไม่มีบานเปิด-ปิดออกสู่ภายในหรือภายนอก ใช้สำหรับเพื่อระบายอากาศหรือรับลมและแสงสว่างจากภายนอก เพียงแค่หมุนบานเกล็ดก็สามารถรับลมจากภายนอกได้แล้ว โดยทั่วไปบานเกล็ดมักเป็นกระຈก เพื่อให้มองเห็นภายนอกได้อย่างชัดเจน บ้านพักอาศัยส่วนใหญ่มักใช้บานเกล็ดชนิดนี้



หน้าต่างชนิดบานเกล็ด

กระจกสะท้อนความร้อน เป็นกระจกที่สามารถป้องกันความร้อนได้เป็นอย่างดี โดยจะสะท้อนรังสีอาทิตย์ได้ประมาณร้อยละ 60 ซึ่งจะมีคุณสมบัติในการสะท้อนมากกว่าการดูดกลืน กระจกชนิดนี้จะเหมาะกับการใช้งานในเวลากลางวัน เนื่องจากคุณสมบัติในการสะท้อนแสง จึงทำให้บุคคลภายนอกที่อยู่ในด้านสว่างกว่ามองเห็นภาพภายในอาคารไม่ชัดเจน สร้างความเป็นส่วนตัวให้กับผู้อาศัยอยู่ภายในอาคาร แต่ในตอนเวลากลางคืน แสงที่ใช้ภายในอาคารจากหลอดไฟฟ้าแสงสว่าง จะทำให้ผู้คนภายนอกสามารถมองเห็นสิ่งต่างๆ ที่อยู่ภายในอาคารได้อย่างชัดเจน กระจกชนิดนี้จึงเหมาะสำหรับอาคารธุรกิจบางประเภท เช่น ภัตตาคาร ร้านอาหาร เป็นต้น



รูปที่ 7.5 โครงสร้างของกระจก 2 ชั้นและการสะท้อนความร้อน

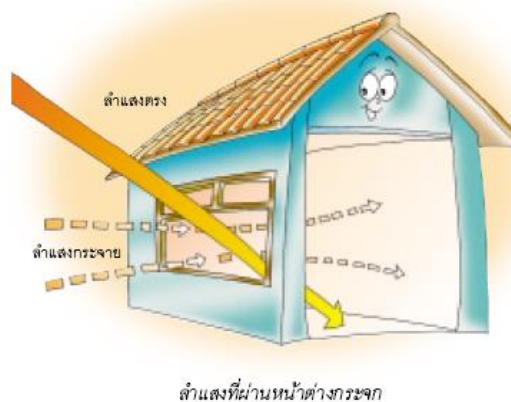
สำหรับบ้านหรืออาคารที่ใช้หน้าต่างกระจกควรดูแลและบำรุงรักษาดังนี้

- ไม่ควรให้ลมเย็นจากเครื่องปรับอากาศกระแทกผิวหน้ากระจกโดยตรง เพราะจะทำให้อุณหภูมิของกระจกภายนอกและภายในแตกต่างกันมาก อาจทำให้กระจกเกิดการแตกร้าวได้

- ไม่ควรทาสี ตีดกระดาษ ตีดผ้าผ่านหน้าต่าง หรือ วางตู้ที่ปิดชิดกับกระจก เพราะจะทำให้เกิดการสะสมความร้อนในเนื้อกระจก ทำให้กระจกเกิดการแตกร้าวได้ง่าย
- ควรทำความสะอาดกระจกด้วยน้ำธรรมดา หรือน้ำยาทำความสะอาดที่ไม่มีผงขัด อย่างน้อยทุก 2 เดือน
- ควรตรวจสอบรอยร้าวตามขอบกระจกหน้าต่างอย่างสม่ำเสมอทุกปี เพื่อป้องกันความร้อน รั่วไหลเข้ามาภายในบ้าน

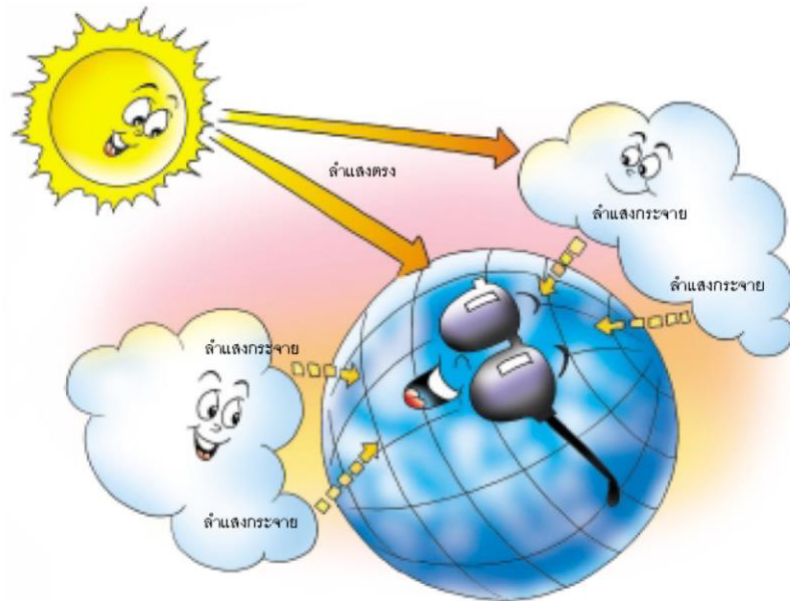
รังสีดวงอาทิตย์ในช่วงคลื่นต่างๆ ที่แผ่มายังโลก โดยผ่านชั้นบรรยากาศต่างๆ ของโลก จะถูกดูดซับ (Absorbed) และทำให้กระจัดกระจาย (Scattered) อยู่ในชั้นบรรยากาศของโลก การดูดกลืนพลังงานการแผ่รังสีโดยชั้นบรรยากาศของโลกจะเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา

โดยทั่วไปรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบบริเวณหน้าต่างจะมีอยู่ 2 ลักษณะคือ ลำแสงตรง (รังสีตรง) และ ลำแสงกระจาย (รังสีกระจาย) ดังแสดงในรูปที่ 7.6



รูปที่ 7.6 ลักษณะลำแสงที่ผ่านหน้าต่างกระจก

- ลำแสงตรง (รังสีตรง) คือ รังสีที่ได้รับจากดวงอาทิตย์โดยไม่มีการกระจาย (Scattering) โดยชั้นของบรรยากาศ มีทิศทางแน่นอนที่เวลาใดเวลาหนึ่ง นั่นคืออยู่ในแนวของลำแสงของดวงอาทิตย์ ความร้อนจะผ่านกระจกเข้าสู่บ้านหรืออาคารโดยตรงเป็นจำนวนมาก
- ลำแสงกระจาย (รังสีกระจาย) คือ รังสีของดวงอาทิตย์ส่วนที่ถูกสะท้อนและกระจัดกระจายเมื่อรังสีอาทิตย์กระทบกับบรรยากาศโลก โดยแก๊ส ฝุ่นละออง และสิ่งต่างๆ ที่อยู่ในทางเดินของลำแสงก่อนตกกระทบบนพื้นผิวรับแสง รังสีกระจายจะมาจากทุกทิศทุกทางในท้องฟ้า ความร้อนที่ผ่านกระจกเข้าสู่บ้านหรืออาคารจะน้อยกว่าลำแสงตรง แต่จะใช้ประโยชน์ในการส่องสว่างภายในอาคารในเวลากลางวัน



รูปที่ 7.7 แสดงลักษณะของลำแสงที่ส่งมาจากดวงอาทิตย์

กันสาด เป็นอุปกรณ์บังแดดที่ออกแบบและติดตั้งให้กับหน้าต่าง เพื่อลดลำแสงตรงส่องเข้ามาภายในตัวบ้านผ่านกระจก การติดตั้งกันสาดมีทั้งการติดตั้งแบบแนวราบ แบบแนวตั้ง และ แบบแนวราบผสมแนวตั้ง

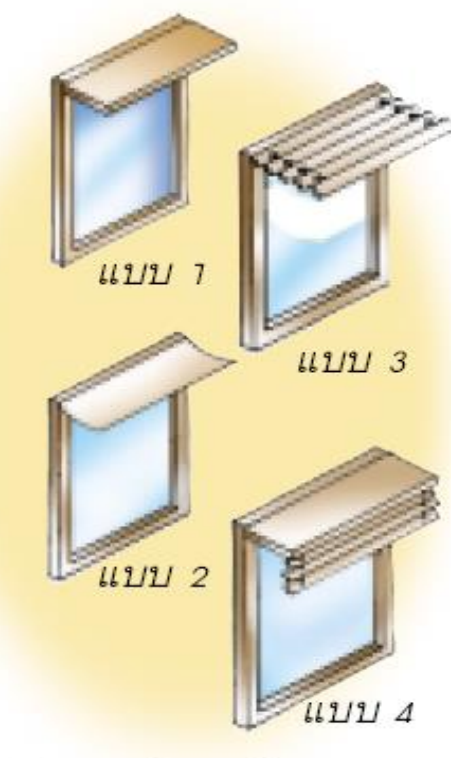
- **กันสาดแนวราบ** สำหรับหน้าต่างบริเวณด้านทิศเหนือและทิศใต้ควรใช้กันสาดแนวราบ เพราะสามารถบังแดดในช่วงเที่ยงและบ่ายได้ดี ซึ่งสามารถเลือกได้ 4 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 7.8

แบบที่ 1 แบบชายคาเหนือขอบหน้าต่างบน กันแสงในด้านทิศใต้ได้ดี

แบบที่ 2 แบบผ้าใบยื่นคล้ายแบบชายคา มีน้ำหนักเบา

แบบที่ 3 แบบบานเกล็ดเหนือขอบหน้าต่างบน ลมสามารถผ่านเข้า-ออกได้

แบบที่ 4 แบบบานเกล็ดห้อยจากชายคา



รูปที่ 7.8 แสดงลักษณะกันสาดในแนวนอน

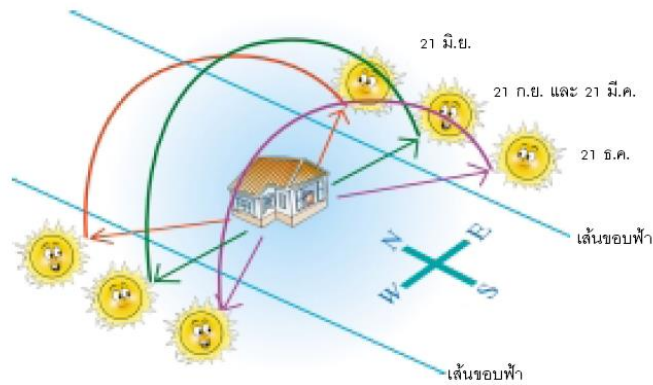
ตารางที่ 7.2 แสดงมุมที่ดวงอาทิตย์ทำมุมกับแนวดิ่งของผนังอาคารในช่วงเวลาต่างๆ ของประเทศไทย

วัน เดือน	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00
21 มิถุนายน	66°	33°	10°	33°	66°
21 ธันวาคม	72°	48°	37°	48°	72°

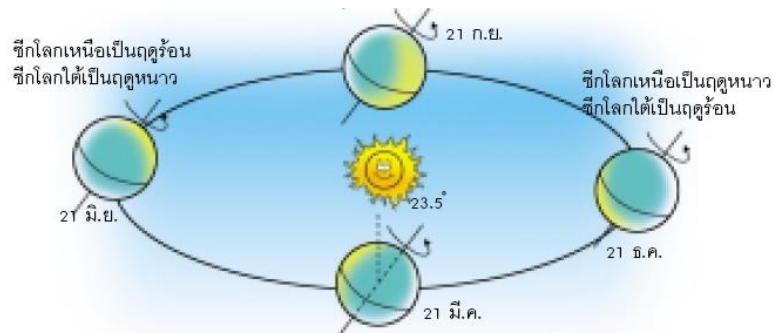
การออกแบบกันสาดสำหรับอาคารต่างๆ ในประเทศสามารถดำเนินการดังนี้

- หน้าต่างที่อยู่ทางด้านทิศเหนือ จะใช้ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในช่วงเดือนมิถุนายนเป็นค่าอ้างอิงในการออกแบบกันสาด เนื่องจากสามารถเห็นดวงอาทิตย์เบี่ยงเบนมาทางทิศเหนือมากที่สุด ดังนั้นจึงใช้ค่ามุมที่ดวงอาทิตย์ทำมุมกับแนวดิ่งของผนังอาคารเป็นตัวกำหนดตำแหน่งของดวงอาทิตย์ตามตารางที่ 7.2

- หน้าต่างที่อยู่ทางด้านทิศใต้ จะใช้ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในช่วงเดือนธันวาคมเป็นค่าอ้างอิงในการออกแบบกันสาด เนื่องจากสามารถเห็นดวงอาทิตย์เบี่ยงเบนมาทางทิศใต้มากที่สุดตามตารางที่ 7.2

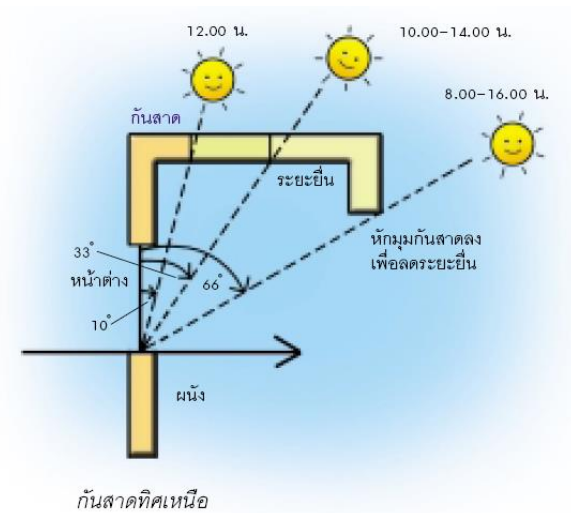


รูปที่ 7.9 แสดงแนวที่ประเทศไทยมองเห็นดวงอาทิตย์ในช่วงเดือนต่างๆ

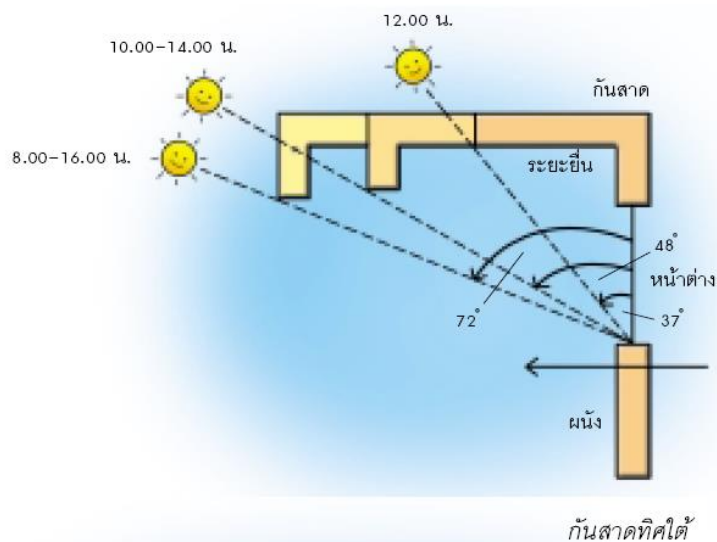


รูปที่ 7.10 แสดงตำแหน่งและการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ในรอบ 1 ปี

สรุปว่าการออกแบบกันสาดสำหรับหน้าต่างด้านทิศเหนือ ควรมีระยะยื่นของกันสาดทำมุมอย่างน้อย 10 องศากับขอบล่างของหน้าต่าง ดังแสดงในรูปที่ 7.11 ส่วนกันสาดสำหรับหน้าต่างด้านทิศใต้ ควรมีระยะยื่นของกันสาดทำมุมอย่างน้อย 37 องศากับขอบล่างของหน้าต่าง ดังแสดงในรูปที่ 7.12 ซึ่งจะเห็นได้ว่าถ้ามุมยิ่งมากจะต้องกันสาดที่มีระยะยื่นที่ยาวมาก เพื่อป้องกันลำแสงตกกระทบที่หน้าต่างตลอดทั้งวัน (08:00-16:00 น.) ซึ่งสามารถแก้ไขโดยการหักมุมกันสาดลงเพื่อลดระยะยื่นของกันสาด



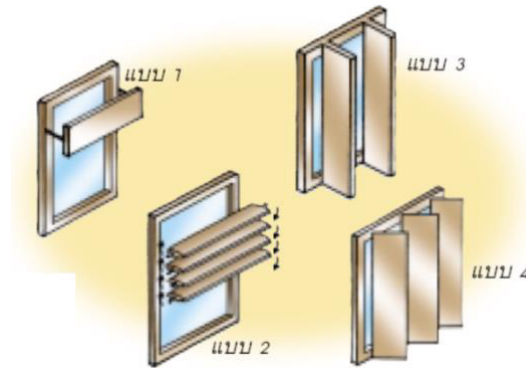
รูปที่ 7.11 แสดงลักษณะของลำแสงดวงอาทิตย์ผ่านกันสาดทิศเหนือ



รูปที่ 7.12 แสดงลักษณะของลำแสงดวงอาทิตย์ผ่านกันสาดทิศใต้

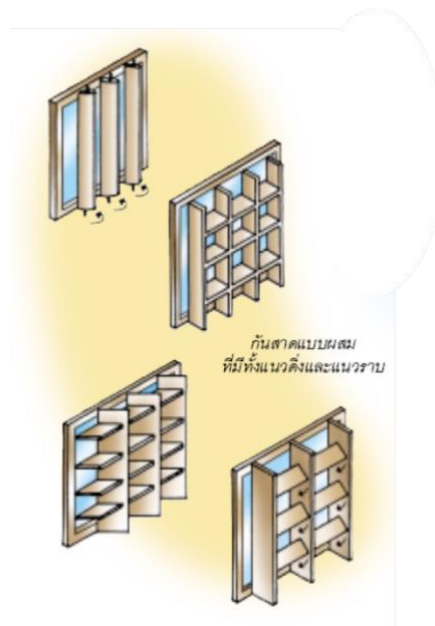
- กันสาดแนวตั้ง เหมาะสำหรับหน้าต่างบริเวณด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตก เพราะจะช่วยบังแสงแดดในช่วงเช้าและเย็นได้ดี แต่การที่จะออกแบบให้กันสาดในแนวตั้งช่วยบังแสงแดดในทุกช่วงเวลาจะทำได้ยากมาก ทั้งนี้เนื่องจากตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่ประเทศไทยที่เวลาต่างๆ ในแนวตะวันออก-ตะวันตกจะมีการเบี่ยงเบนค่อนข้างมาก แต่อย่างไรก็ตามมีหลักการง่ายๆ สำหรับการออกแบบกันสาดแนวตั้ง คือ กำหนดกันสาดในแนวตั้งให้ทำมุมประมาณ 30 องศากับระนาบผนัง สำหรับกันสาดในแนวตั้งสามารถเลือกได้ 4 ลักษณะดังนี้

- แบบที่ 1 แบบแผ่นบังแสงแดดยื่นลอยขนานกับผนัง
 แบบที่ 2 แบบบานเกล็ดหมุนปรับได้ในแนวนอน ช่วยบังแสงได้เกือบตลอดเวลา
 แบบที่ 3 แบบผนังครีบทั้งตรงติดผนัง ช่วยกันแดดได้ดีในทางทิศตะวันออก-ตก
 แบบที่ 4 แบบแผงครีบทั้งตรงห่างจากผนังภายนอก มีอุปกรณ์ปรับมุมแผงครีบอกอยู่ภายในอาคาร



รูปที่ 7.13 แสดงลักษณะกันสาดในแนวดิ่ง

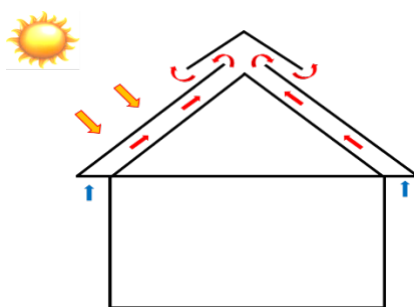
- กันสาดแบบผสม เป็นกันสาดที่ผสมเอาคุณสมบัติที่ดีของกันสาดแบบแนวนอนและแนวตั้ง เพื่อให้สามารถป้องกันลำแสงจากดวงอาทิตย์ได้เกือบตลอดทั้งวัน สำหรับการออกแบบก็จะเป็นการรวมเอาหลักการที่ใช้ในการออกแบบทั้งแบบแนวนอนและแนวตั้งตามที่กล่าวไว้ในข้างต้น ดังแสดงในรูปที่ 7.14



รูปที่ 7.14 แสดงลักษณะกันสาดแบบผสม

หลังคา เป็นกรอบอาคารที่มีความสำคัญต่อการลดความร้อนเข้ามาภายในตัวบ้านเป็นอย่างมาก ตั้งแต่การเลือกใช้วัสดุ ลักษณะรูปโครงสร้างของหลังคา โดยความร้อนที่สะสมอยู่บนฝ้าใต้หลังคาเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้ภายในตัวบ้านมีความร้อนมากที่สุด โดยอาจจะมีมากถึง 70% เพราะว่าพื้นที่หลังคาต้องรับแสงอาทิตย์เกือบตลอดทั้งวัน ซึ่งลักษณะโครงสร้างของหลังคาที่เหมาะสมกับประเทศไทยคือ หลังคาทรงจั่วสูง เนื่องจากด้านบนสุดของจั่วหลังคาจะใช้เป็นช่องการระบายอากาศร้อนที่สะสมอยู่บนฝ้าใต้หลังคา อาศัยหลักการตามธรรมชาติคือ อากาศร้อนจะขยายตัวลอยขึ้นที่สูง เมื่อหลังคาได้รับแสงอาทิตย์และมีความร้อนสะสม อากาศที่อยู่บนฝ้าใต้หลังคาจะลอยขึ้นไปติดกระเบื้องหลังคาดังนั้น หากด้านบนสุดของหลังคามีสองช่องการระบายอากาศร้อนออกได้และอากาศเย็นสามารถไหลเข้ามาแทนที่ได้ ก็จะไม่มีความร้อนสะสมอยู่บนฝ้าใต้หลังคา ทำให้ลดการใช้เครื่องปรับอากาศลงได้เป็นอย่างมาก

สำหรับการออกแบบหลังคาเพื่อใช้ในการระบายความร้อนสะสมหรือเรียกว่า “หลังคาไถ่ร้อน” จะต้องออกแบบให้มี 2 ส่วนหลักคือ ช่องทางลมร้อนออก และ ช่องทางลมเย็นเข้า จากรูปที่ 7.15 จะเห็นได้ว่า เมื่อหลังคาได้รับแสงจากดวงอาทิตย์แล้ว อากาศที่อยู่ภายในระหว่างใต้หลังคาและแผ่นฝ้าจะลอยตัวสูงขึ้นออกทางด้านบนของช่องทางลมร้อนออก ส่วนอากาศจากภายนอกจะไหลเข้ามาทางช่องทางลมเย็นเข้า เหตุผลที่จะต้องเปลี่ยนแนวฝ้าให้เฉียงตามแนวของหลังคา เพื่อเร่งให้อากาศร้อนไหลออกจากบริเวณดังกล่าว โดยระยะห่างระหว่างหลังคา กับฝ้าเพดานควรมีช่องว่างประมาณ 10 – 15 เซนติเมตร จะเป็นระยะที่ดีที่สุดในการไล่ความร้อน



รูปที่ 7.15 การระบายความร้อนของหลังคาไถ่ร้อน

2. ทิศและที่ตั้งของอาคาร การเลือกใช้นั่งของบ้านหรืออาคารแต่ละด้านให้เหมาะสมกับทิศและที่ตั้งของอาคารตามแต่ภูมิประเทศ เป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้เกิดความสะดวกสบายของผู้อยู่อาศัย ดังคำกล่าวที่ว่า “อยู่เย็น เป็นสุข” “ร่มเย็น เป็นสุข” “ปลอดโปร่ง โล่งสบาย” เป็นต้น โดยการที่จัดให้บ้านมีความเย็นสบายตลอดทั้งปี จะต้องอาศัยหลักการตามธรรมชาติ เช่น การรับแสงอาทิตย์ของผนังแต่ละด้าน ทิศทางการเคลื่อนที่ของลมที่ผ่านเข้า-ออกบ้านในแต่ละฤดู ซึ่งจะส่งผลอย่างยิ่งต่อความสิ้นเปลืองการใช้พลังงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ที่ใช้ในบ้านหรืออาคาร



รูปที่ 7.16 การจัดสภาพแวดล้อมภายนอกบ้าน

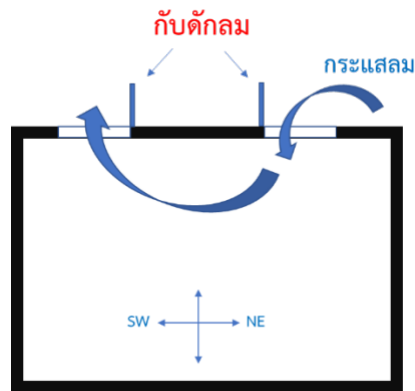
หลักการเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับทิศและที่ตั้งของอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานจะต้องอาศัยแนวทางการระบายอากาศตามธรรมชาติเพื่อลดความร้อนสะสมภายในตัวบ้าน ในการสร้างบ้านใหม่ หากต้องการให้มีกระแสลมไหลผ่านเข้าตัวบ้านมากๆ ควรกำหนดให้หน้าบ้านให้หันหน้าไปในทิศใต้ และ หลังบ้านหันไปทางทิศเหนือ โดยอาศัยกระแสลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ บ้านจะอยู่สบายมีลมพัดเข้าบ้านเกือบตลอดทั้งปี จำเป็นต้องสร้างบ้าน ประตู หน้าต่าง เปิดทางให้ลมเข้าตัวบ้านทางทิศที่มีลมเข้ามากที่สุด ซึ่งในแต่ละเดือนจะมีกระแสลมมาจากทิศทางใดบ้าง จะแสดงในตารางที่ 7.3

ตารางที่ 7.3 กระแสลมในแต่ละเดือนของประเทศไทย

เดือน	ทิศทางลม
ม.ค. - ก.พ.	ตะวันตกเฉียงใต้ และ ตะวันออกเฉียงเหนือ
มี.ค. - มิ.ย.	ตะวันตกเฉียงใต้
ก.ค. - ต.ค.	กระแสลมแปรปรวน มีลมพัดมาจากทุกทิศทาง
พ.ย. - ธ.ค.	เหนือ ตะวันออกเฉียงเหนือ และ ตะวันตกเฉียงเหนือ

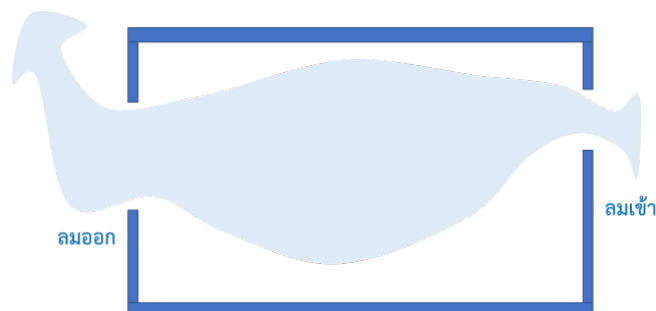
นอกจากการกำหนดทิศทางในการรับกระแสลมจากภายนอกแล้ว การดักลมหรือการบังคับให้ลมไหลผ่านเข้าตัวบ้านก็เป็นสิ่งสำคัญอยู่ไม่น้อย ซึ่งมีหลักการง่ายๆ คือ ลมจะพัดเข้าภายในบ้านได้จะต้องมีทางให้ลมเข้าและมีทางออกของลม ถ้ามีช่องลมเข้าแต่ไม่มีช่องลมออก ลมจะไม่สามารถไหลเข้าภายในบ้านได้ จึงมีความจำเป็นต้องสร้างกับดักลมโดยการสร้างอุปกรณ์หรือแผ่นกั้นที่ยื่นออกมาประมาณ 1.5 เมตร เพื่อขวางทางลมให้ไหลเข้าภายในบ้าน และ เพื่อให้กับดักลมใช้งานได้ดีต้องสร้างสองด้านใน

แบบกลับทิศทางคือ ด้านหนึ่งขวางลมที่มาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ อีกด้านขวางลมที่มาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ เนื่องจากกระแสลมมีการพัดเปลี่ยนทิศอย่างนี้ตลอดเกือบทั้งปี ถ้าสร้างกับดักลมเพียงด้านเดียว กับดักลมจะใช้ได้ผลเพียงแค่ครั้งเดียว จึงควรสร้างกับดักลมทั้งสองด้านเพื่อให้สามารถดักลมให้เข้าภายในบ้านตลอดทั้งปี ดังแสดงในรูปที่ 7.17

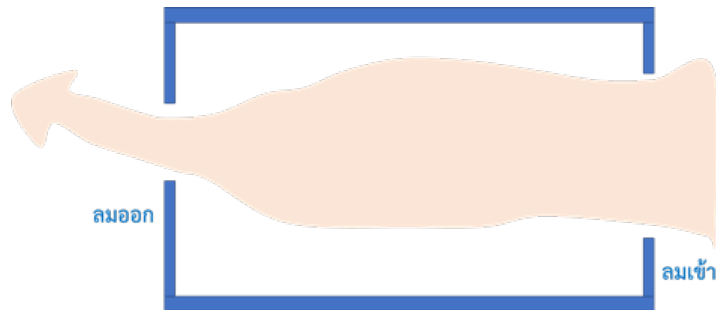


รูปที่ 7.17 การสร้างกับดักลมให้กระแสลมไหลเข้าตัวบ้าน

หลักการสร้างกับดักลมเชื่อว่าเหมาะกับบ้านที่สร้างผิดทิศทางเท่านั้น บ้านที่มีหน้าต่างๆ มากๆ ก็เหมาะสมเช่นกัน สำหรับบ้านที่สร้างผิดทิศผิดทางนอกจากลมจะไม่พัดเข้าภายในบ้านแล้ว หน้าต่างที่สร้างไว้กลับเป็นตัวขวางลมไม่ให้เข้าภายในบ้านอีก ซึ่งการเปิดหน้าต่างไว้ก็ไม่ได้หมายความว่าลมจะต้องพัดเข้าภายในบ้านเสมอไป นอกจากกับดักลมที่จะต้องคำนึงถึงแล้ว ความเร็วของกระแสลมที่ต้องการให้พัดเข้าภายในบ้านก็เป็นสิ่งที่น่าสนใจ โดยจะต้องพิจารณาถึงขนาดของช่องทางของลมเข้าและช่องทางออกของลม เช่น การเปิดช่องทางต่างด้านลมเข้าให้เล็กกว่าหน้าต่างของช่องทางลมออกก็จะทำให้ลมที่พัดเข้ามาในห้องมีความแรงและเร็วขึ้นกว่าปกติ ดังแสดงในรูปที่ 7.18 หรือในทางกลับกันถ้ากำหนดช่องลมทางเข้าให้มีขนาดใหญ่กว่าช่องลมทางออก ดังแสดงในรูปที่ 7.19 จะส่งผลให้แรงลมที่พัดเข้ามาในห้องต่ำลง

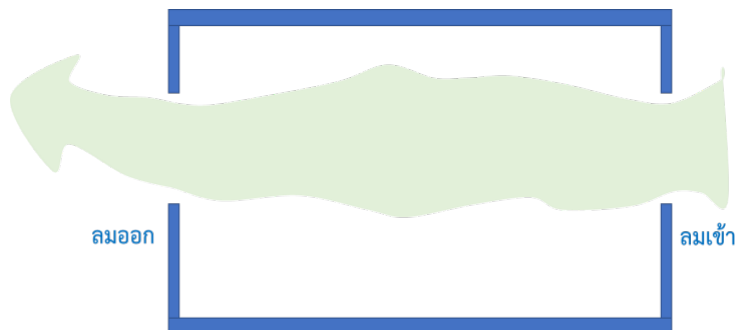


รูปที่ 7.18 ขนาดช่องทางเข้าของลมเล็กกว่าช่องทางออกของลม



รูปที่ 7.19 ขนาดช่องทางเข้าของลมใหญ่กว่าช่องทางออกของลม

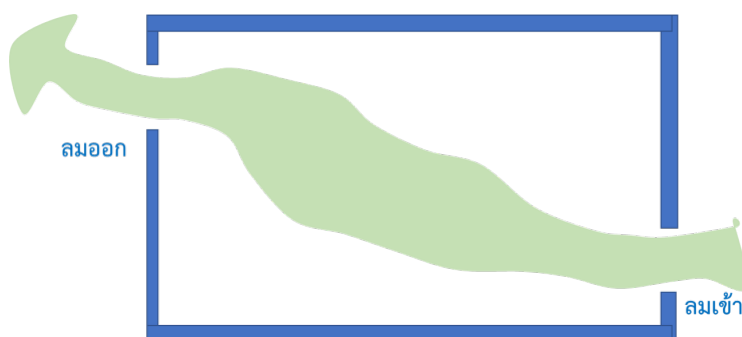
หากกำหนดให้ช่องทางเข้าของลมเท่ากับช่องทางออกของลมและอยู่แนวเดียวกันกลางห้อง ดังแสดงในรูปที่ 7.20 จะส่งผลให้มีลมพัดเข้าภายในห้องสม่ำเสมอถึงแม้ว่าจะไม่ได้ทำให้มีแรงลมเพิ่มขึ้นหรือลดลง แต่ก็จะช่วยให้อากาศเข้ามาในห้องได้มาก และถ้ากำหนดให้ช่องทางเข้าของลมเท่ากับช่องทางออกของลมและอยู่แนวเดียวกันด้านบนห้องที่สูงเกินไป จะทำให้พื้นที่ส่วนล่างของบริเวณพื้นที่ห้องอับลม อึดอัด ไม่น่าอยู่ ดังแสดงในรูปที่ 7.21 ส่วนการกำหนดให้ช่องทางเข้าของลมอยู่ด้านล่าง และช่องทางออกของลมอยู่ด้านบนของห้องจะทำให้ห้องได้รับกระแสลมที่เย็นสบาย กระแสลมที่อยู่ด้านล่างที่เย็นกว่าจะพัดเข้ามาแทนที่อากาศร้อนที่ถูกระบายออกทางช่องทางลมออกที่อยู่ด้านบนของห้อง ดังแสดงในรูปที่ 7.212



รูปที่ 7.20 ขนาดช่องทางเข้าของลมเท่ากับช่องทางออกของลม อยู่แนวเดียวกันกลางห้อง



รูปที่ 7.21 ขนาดช่องทางเข้าของลมเท่ากับช่องทางออกของลม อยู่แนวเดียวกันด้านบนห้อง



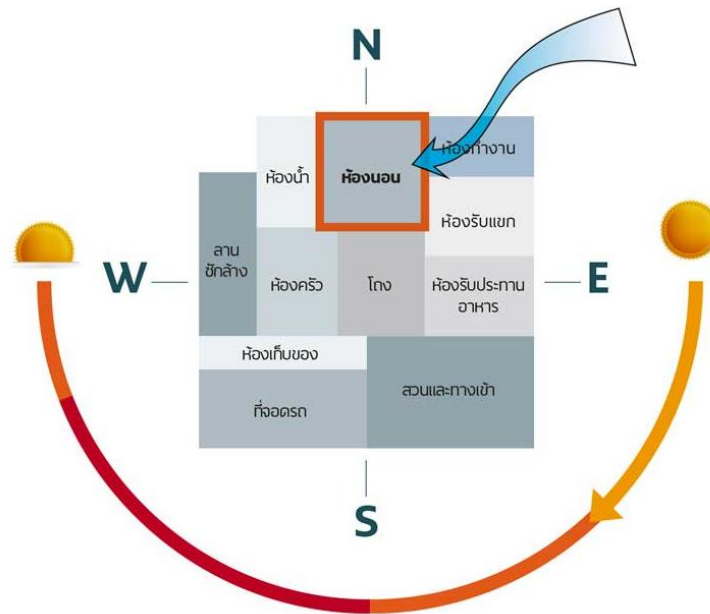
รูปที่ 7.22 ช่องทางเข้าของลมอยู่ด้านล่างและช่องทางออกของลมอยู่ด้านบนห้อง

การจัดวางห้องให้เหมาะสมตามทิศต่างๆ เพื่อความต้องการอยู่สบายและประหยัดพลังงาน สามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 7.4

ตารางที่ 7.4 การจัดวางห้องให้เหมาะสมกับทิศต่างๆ

ห้อง	ทิศที่เหมาะสม
ห้องนอน	ทิศเหนือ
ห้องครัว	ทิศตะวันตก
ห้องน้ำ	ทิศตะวันตก
ห้องรับประทานอาหาร	ทิศตะวันออกเฉียงใต้
ห้องทำงาน	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ
ห้องเก็บของ	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
ห้องรับแขก	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

ห้องนอน ควรตั้งอยู่ทางทิศเหนือ เพื่อรับแสงแดดอ่อนๆ ที่แสนสดใสในยามเช้า อีกทั้งเมื่อถึงช่วงที่ดวงอาทิตย์โคจรอ้อมทิศใต้ ห้องที่อยู่ทางทิศนี้จะไม่สะสมความร้อน ทำให้นอนหลับสบายในยามค่ำคืน ยิ่งถ้าเป็นช่วงฤดูหนาวก็จะมีลมเย็นๆ พัดโชยเข้ามาด้วย



รูปที่ 7.23 ตำแหน่งที่เหมาะสมของห้องต่างๆ ในบ้าน
(ที่มา: https://www.baanlaesuan.com/150607/ideas/plan_house)

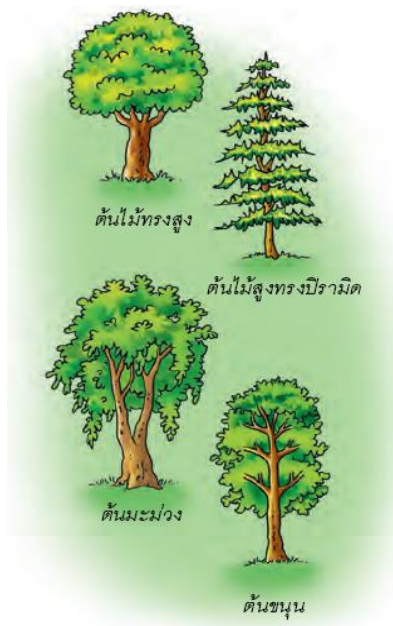
ห้องรับแขก ห้องทำงาน ควรตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อรับแสงแดดในช่วงเช้าที่ยังไม่ร้อนจนเกินไป ช่วงบ่ายไม่โดนแสงแดดส่องเข้าห้อง สามารถนั่งทำงานหรือนั่งเล่นได้

ห้องรับประทานอาหาร ควรตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ เพื่อรับลมจากทิศใต้สำหรับการระบายอากาศ หรือหากใครจะยกไปตั้งติดกับห้องครัวก็ได้

ห้องเก็บของ ควรอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ เพื่อเป็นตัวกั้นไม่ให้ความร้อนเข้าไปถึงตัวบ้านได้ แต่ก็ควรมีการระบายอากาศที่ดีด้วย ไม่เช่นนั้นฝุ่นและควันอาจเป็นต้นเหตุให้ข้าวของในพื้นที่ส่วนนี้เสียหายได้ ทิศนี้ควรมีชายคายื่นยาวเป็นพิเศษป้องกันแดดแรงช่วงบ่ายและป้องกันฝนสาดเข้าสู่ตัวบ้าน

ห้องน้ำ ห้องครัว ส่วนซักล้าง ควรตั้งไว้ทางทิศตะวันตก เพื่อให้แสงแดดช่วยฆ่าเชื้อโรคและลดกลิ่นอับอันไม่พึงประสงค์ ทั้งยังช่วยป้องกันความร้อนและความชื้นเข้าไปยังพื้นที่ใช้งานในบ้าน และส่วนซักล้างควรอยู่ทางทิศตะวันตก เพื่อใช้ประโยชน์จากแสงแดดยามบ่ายอย่างเต็มที่ ควรมีชายคายื่นยาวเพื่อป้องกันแดดแรงฝนสาด

3. สภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร การปรับภูมิทัศน์ภายนอกบ้านหรืออาคารควรนำหลักภูมิสถาปัตย์มาใช้ในการสร้างสภาพแวดล้อมรอบๆ บริเวณบ้านให้เย็นสบาย โดยการปลูกพืชคลุมดิน ปลูกหญ้า จัดแต่งสวนเพื่อเป็นฉนวนกันความร้อนให้กับพื้นดิน การถมดินบริเวณรอบบ้านให้สูงเพื่อให้พื้นและผนังบางส่วนอยู่ต่ำกว่าดินทำให้สามารถนำความเย็นจากดินมาใช้และปลูกไม้พุ่มบริเวณริมผนังบ้าน หากมีการปลูกไม้เลื้อยหรือไม้ตัดตามระเบียงหรือรั้ว ก็จะช่วยลดร้อนที่พัดผ่านเข้าตัวบ้านและลดความแรงของแสงแดดที่ส่องเข้ายังตัวบ้าน ควรมีการปลูกต้นไม้ทรงสูงเพื่อบังแสงแดด โดยจะต้องตัดกิ่งไม้ให้โปร่งเพื่อให้ลมสามารถพัดผ่านได้ และจะช่วยลดอุณหภูมิภายนอกที่ใกล้เคียงกับบริเวณบ้าน ซึ่งควรปลูกต้นไม้ในทิศตะวันออกและทิศตะวันตก สำหรับต้นไม้ที่เหมาะสมในการใช้เป็นร่มเงาที่มีอยู่ตามท้องถนนได้แก่ ต้นปับ ต้นอินทนิล ต้นสัตบัน ต้นสุพรรณิภา ต้นมะม่วง ต้นขนุน เป็นต้น การปลูกต้นไม้บังแดด ไม่ว่าจะปลูกไว้บังแดดข้างบ้าน ไม่ได้เป็นเพียงแค่นี้ให้ร่มเงา ความเย็นให้แก่ผู้อยู่อาศัยและตัวบ้านเท่านั้น ยังทำให้สิ่งแวดล้อมรอบข้างอุดมสมบูรณ์ ได้รับอากาศที่บริสุทธิ์จากธรรมชาติสร้างขึ้น



รูปที่ 7.24 ต้นไม้อทรงสูงเพื่อบังแสงแดด

7.2 แนวทางการออกแบบอาคารให้เหมาะสมกับสภาวะแวดล้อม

การออกแบบอาคารให้เหมาะสมกับสภาวะแวดล้อมที่ดีควรเริ่มต้นตั้งแต่การใช้งานตามหลักธรรมชาติต่อเนื่องไปถึงการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาช่วย เพื่อให้ผู้อยู่อาศัยมีความสะดวกสบายและประหยัดพลังงาน โดยเทคนิคที่ใช้ในการออกแบบอาคารแสดงดังต่อไปนี้

1. การจัดให้มีการระบายอากาศตามธรรมชาติ ได้แก่ การทำช่องระบายอากาศ การดักลมเข้าบ้าน กำหนดทางเข้าและออกของลมให้เหมาะสม
2. การใช้แสงสว่างจากธรรมชาติมากกว่าการใช้แสงสว่างจากหลอดไฟฟ้า หากนำแสงจากธรรมชาติเข้ามามากเกินไป อาจส่งผลกระทบต่อความร้อนที่เข้าภายในอาคารมากขึ้น
3. การวางทิศทางที่ตั้งของอาคารให้ถูกต้อง โดยพิจารณาแนวการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ และกำหนดผนังแต่ละด้านที่รับแสงแดดให้เหมาะสมตามลักษณะของของห้อง
4. การสร้างสภาวะแวดล้อมให้มีเย็นสบายรอบๆ อาคาร ได้แก่
 - การปลูกต้นไม้ใหญ่และปลูกพืชคลุมดิน
 - ใช้ประโยชน์จากร่มเงา
 - ลดพื้นที่สะสมความร้อน
 - ใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำใกล้เคียง
5. การป้องกันการได้รับความร้อนโดยตรง

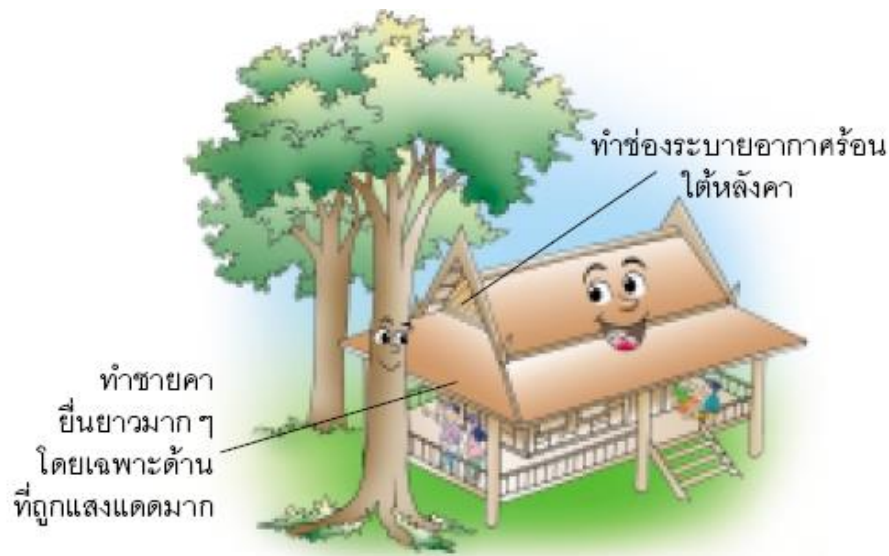


รูปที่ 7.25 แนวทางการออกแบบอาคารให้เหมาะสมตามหลักธรรมชาติ

7.2.1 ปัจจัยที่จะทำให้อาคารมีการประหยัดพลังงาน

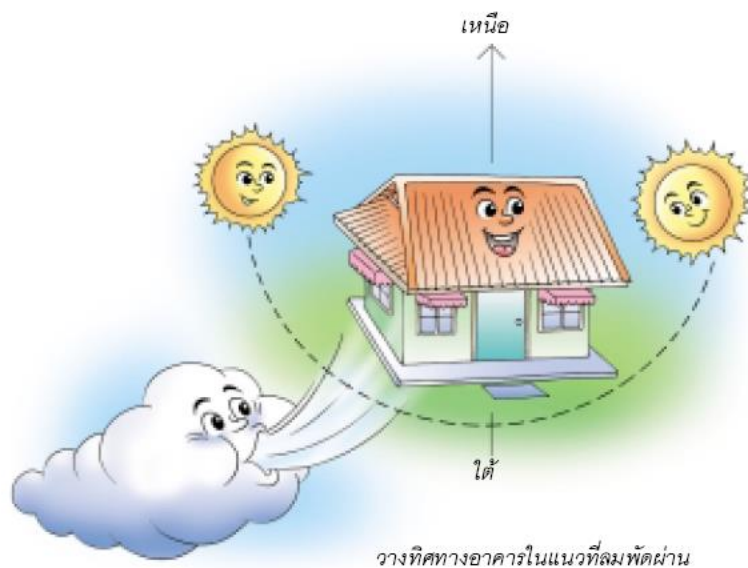
การพิจารณาปัจจัยที่จะทำให้อาคารมีการประหยัดพลังงานมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้

1. ภูมิอากาศและสภาพแวดล้อม เนื่องด้วยประเทศไทยเป็นประเทศที่มีอากาศร้อนและมีความชื้นสูงเกือบตลอดทั้งปี การใช้ร่มเงาจากต้นไม้ใหญ่หรือการทำชายคาบ้านให้ยื่นออกไปมากๆ จะช่วยลดการรับแสงแดดโดยตรงทำให้ช่วยลดความร้อนสะสมของตัวบ้าน วางตำแหน่งของห้องต่างๆ ให้เหมาะสมตามแต่ละทิศ การรับลมในแต่ละเดือน รวมทั้งทำช่องระบายอากาศออกจากตัวบ้าน เป็นต้น



รูปที่ 7.26 การระบายอากาศร้อนออกจากตัวบ้าน

2. รูปแบบของอาคารและการวางทิศ การออกแบบให้ผนังของอาคารหันไปในทิศที่มีลมพัดผ่าน หรือ ออกแบบให้มีการใช้แสงธรรมชาติในการให้ความสว่างภายในตัวบ้าน หลีกเลียงหน้าต่างรับแสงแดดโดยตรง หากต้องการให้มีลมพัดเข้าในตัวบ้านควรสร้างกับดักลมหรือเปิดช่องทางให้ลมเข้าภายในบ้านทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงใต้



รูปที่ 7.27 การวางทิศทางของอาคารในแนวที่ลมพัดผ่าน

3. คุณสมบัติของกรอบอาคาร กรอบอาคารจะประกอบไปด้วย ผนัง หน้าต่าง กันสาด และหลังคา ควรจะพิจารณาการใช้วัสดุที่สามารถป้องกันการความร้อนหรือเป็นฉนวนไม่ให้ความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ตัวบ้านได้ อาจมีต้นทุนในการก่อสร้างเพิ่มมากขึ้น แต่จะช่วยลดการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศลงได้อย่างมาก

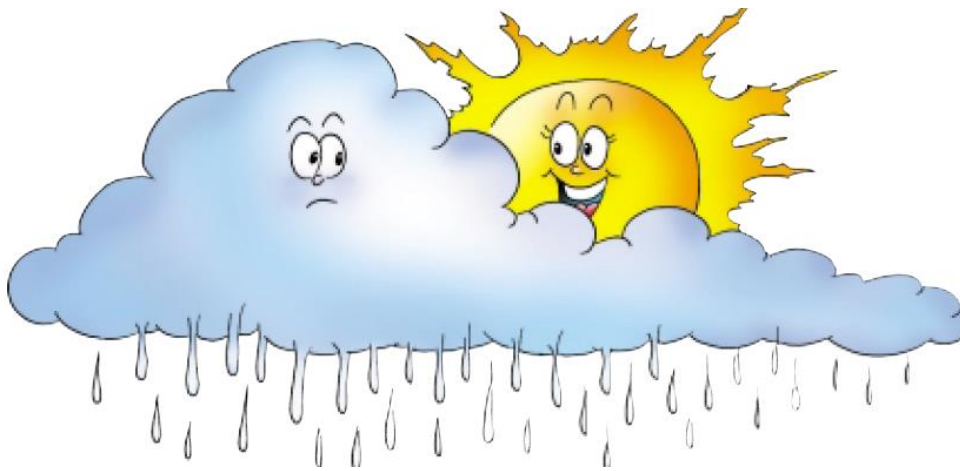
4. ตัวแปรอื่นๆ ควรจะเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ได้แก่ เครื่องปรับอากาศ หลอดไฟ ตู้เย็น หม้อหุงข้าว เครื่องซักผ้า เตาไรต์พัดลม กระติกน้ำร้อน เครื่องทำน้ำอุ่น เป็นต้น โดยฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 คือฉลากที่บ่งบอกระดับการใช้ไฟฟ้าและข้อมูลเบื้องต้นต่างๆ ของเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น ประสิทธิภาพ ค่าใช้จ่ายต่อปี เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกซื้อเครื่องใช้ไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสมและประหยัดค่าใช้จ่ายในระยะยาว ซึ่งในปัจจุบันจะมีการกำหนดรายละเอียดเพิ่มเติมในส่วนของฉลากเบอร์ 5 ที่มีการกำหนด 1 ดาวไปถึง 3 ดาว หากเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีฉลากเบอร์ 5 และมี 3 ดาว จะเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดเมื่อเทียบกับฉลากเบอร์ 5 ปกติ

7.2.2 การออกแบบอาคารให้เหมาะสมกับภูมิอากาศของประเทศไทย

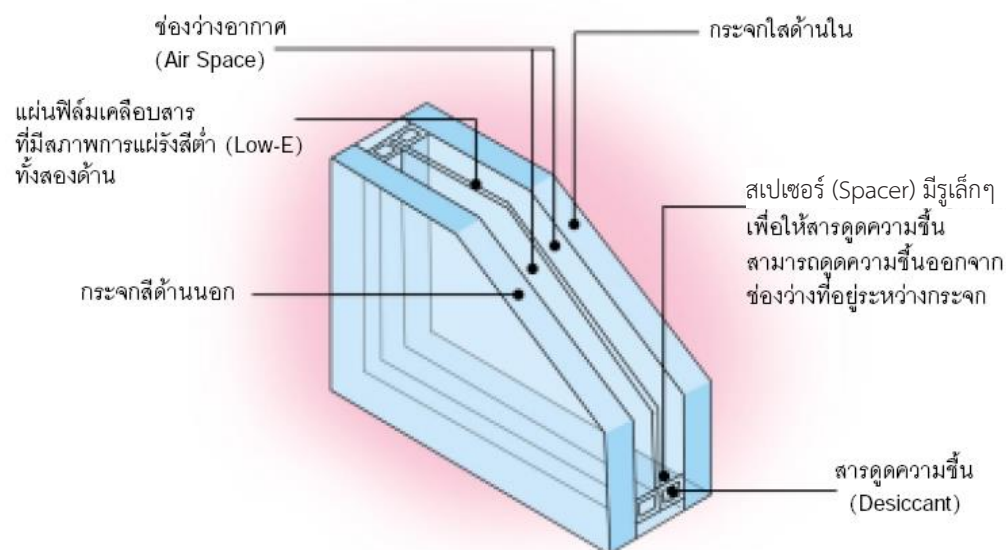
การคำนึงสภาพภูมิอากาศที่ร้อนชื้นของประเทศไทยเป็นที่ควรจะให้ความสำคัญในการออกแบบอาคาร เพราะจะทำให้ผู้อยู่อาศัยมีความรู้สึกสบายแล้วยังช่วยการประหยัดพลังงานได้อีกทางหนึ่ง โดยจะต้องพิจารณาเกี่ยวกับการออกแบบและการปรับปรุงสภาพอาคาร ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ลักษณะที่สำคัญของอาคาร ได้แก่ มีร่มเงา อาคารมีลักษณะการแผ่กระจายและเปิดโล่ง ไม่ทึบตัน ไม่เกาะกันเป็นปึกแผ่น และ มีระเบียบในร่ม
2. โครงสร้างของอาคาร ควรเป็นโครงสร้างเบา มีเสาและคาน มีกรอบอาคาร และการลงน้ำหนักเป็นจุด
3. วัสดุของอาคาร จะใช้เป็นไม้ อิฐเนื้อพรุน อิฐโปร่ง เหล็ก คอนกรีตเสริมเหล็ก
4. หลังคา มีน้ำหนักเบา สามารถสะท้อนแสงได้เป็นอย่างดี มีมุมลาดเอียงที่เหมาะสม มีชายคายื่นออกกว้าง มีช่องระบายอากาศใต้หลังคา วัสดุที่ใช้ทำหลังคาเป็นวัสดุที่มีผิวมัน ควรมีฉนวนที่ได้ฝ้าเพดานของหลังคาหรือทำเป็นหลังคาสองชั้นเพื่อลดการรับความร้อน
5. ผนังด้านนอก ควรใช้เป็นวัสดุที่ไม่เก็บสะสมความร้อนหรือใช้เป็นผนังสองชั้นที่มีอากาศอยู่ระหว่างผนัง หรือบุฉนวนกันความร้อน ถ้าจะใช้กระจกควรเป็นกระจกที่สามารถป้องกันรังสีความร้อน หรือจะติดฟิล์มสะท้อนรังสีความร้อน หากเป็นไปได้การใช้กระจกสองชั้นที่มีอากาศอยู่ระหว่างกระจกทั้งสองด้านก็จะช่วยป้องกันรังสีความร้อนได้เป็นอย่างดี
6. สี การเลือกใช้สีทาภายนอกอาคารควรจะเป็นสีอ่อนและสามารถสะท้อนความร้อนได้

7. การระบายอากาศ ควรสามารถเปิดหน้าต่างเพื่อระบายอากาศได้และปิดได้เมื่อมีฝนตก มีช่องระบายอากาศเหนือหน้าต่างและประตู
8. การใช้ประโยชน์จากมวลของผนัง สำหรับอาคารขนาดใหญ่ที่มีความจำเป็นต้องมีบริเวณของผนังอาคารหนาหลายๆ ได้แก่ ช่องลิฟท์ ควรจัดให้อยู่ในทิศที่ต้องรับแสงแดดจัดๆ ในช่วงบ่าย เช่น ทิศตะวันตก เพื่อใช้เป็นส่วนหนึ่งในการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร



รูปที่ 7.28 ลักษณะสภาพอากาศร้อนชื้นของประเทศไทย



รูปที่ 7.29 ลักษณะกระจก 2 ชั้นที่ป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร

ตารางที่ 7.5 สรุปลองค์ประกอบต่างๆ ที่มีผลต่อการออกแบบ

องค์ประกอบ	การออกแบบ
การออกแบบอาคาร - ทิศของอาคาร - อาคารถาวรข้างเคียง - รูปร่างของอาคาร	- ออกแบบอาคารหลีกเลี่ยงการรับรังสีตรง - ควรหันทิศของอาคารไปทางทิศเหนือ-ใต้ - ออกแบบให้หน้าต่าง ประตู สามารถระบายอากาศได้ดี - ใช้อาคารถาวรข้างเคียงช่วยบังแสงแดด - เลือกรูปอาคารที่ช่วยการรับรังสีอาทิตย์
หลังคา	- หลังคาจั่วเพื่อช่วยเพิ่มอากาศใต้หลังคา - เพิ่มการระบายอากาศใต้หลังคา - ใช้ต้นไม้ช่วยบังแสงแดด - บุฉนวนกันความร้อน - หลีกเลี่ยงพื้นที่รับแสงโดยตรง
ผนัง	- เลือกวัสดุที่สามารถกันความร้อนได้ดี - ใช้ประโยชน์จากมวลของผนัง - ใช้สีอ่อนหรือวัสดุสะท้อนแสง - ใช้สภาวะแวดล้อมลดอุณหภูมิภายนอก
ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง - เลือกใช้ความสว่างที่เหมาะสม - เลือกใช้หลอดประสิทธิภาพสูง - การเลือกใช้แสงที่เหมาะสม	- ขนาด คุณภาพ ความเร็ว ของงาน - อายุของผู้ปฏิบัติงาน - สภาพแวดล้อมในการทำงาน - ชนิดและกำลังไฟฟ้าของหลอดไฟ - อุปกรณ์ที่ต้องใช้ร่วม - ขนาดของห้อง - การติดตั้งให้กระจายแสงสว่างให้ทั่วถึง - การใช้สวิทช์ควบคุมการเปิด-ปิดเฉพาะพื้นที่
หน้าต่าง	- ทำกันสาดเหนือหน้าต่าง - กำหนดทิศที่จะติดตั้งหน้าต่าง - ใช้กระจกป้องกันความร้อนหรือฟิล์มสะท้อนความร้อน - ควรใช้กระจกสะท้อนแสงหรือกระจกสองชั้น

ตารางที่ 7.5 สรุปลักษณะประกอบต่างๆ ที่มีผลต่อการออกแบบ (ต่อ)

องค์ประกอบ	การออกแบบ
การบังแสงแดด	- ใช้ม่าน มู่ลี่ภายในอาคาร - ภายนอกอาคารควรใช้กันสาดแนวราบในทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ส่วนทิศเหนือและทิศใต้ควรใช้กันสาดในแนวตั้ง - ออกแบบอาคารไม่ให้หน้าต่างรับแสงแดดโดยตรงจากดวงอาทิตย์
การระบายอากาศ	- ควรออกแบบให้มีการใช้การระบายอากาศตามธรรมชาติ - การพิจารณาด้านที่ต้องการให้ลมไหลเข้า-ออกของอาคารตามทิศกระแสลมของประเทศไทย - กำหนดขนาดและตำแหน่งของช่องเปิดของด้านที่จะต้องมีการระบายอากาศจากภายนอกไหลเข้าอาคาร รวมทั้งขนาดและตำแหน่งของช่องเปิดที่มีอากาศไหลออกสู่ภายนอก - การออกแบบกับดักลมที่เหมาะสม เพื่อบังคับลมให้มีการไหลเข้าอาคาร

7.3 ฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5

จากที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ผ่านมาที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยภายในตัวบ้านที่สำคัญคือ อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ที่ใช้ภายในบ้านหรืออาคาร การเลือกอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงเป็นประเด็นที่ควรให้ความสำคัญ ซึ่งหลักการในการเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงนั้นจะพิจารณาจากประสิทธิภาพของการใช้พลังงานโดยดูได้จากฉลากที่ติดมากับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เรียกว่า **ฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5** ซึ่งมีความเป็นมาจากการขยายตัวของสังคม และการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจไทย ส่งผลให้ความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศเพิ่มสูงขึ้นทำให้ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) จำเป็นต้องขยายแหล่งผลิตเพื่อรองรับความต้องการใช้ไฟฟ้าที่สูงขึ้น ซึ่งนอกจากจะต้องจัดหาแหล่งผลิต และใช้เงินลงทุนในการก่อสร้างโรงไฟฟ้าแล้ว การนำเข้าเชื้อเพลิงเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า ยังต้องใช้เงินลงทุนสูง และมีความผันผวนอย่างต่อเนื่อง ส่งผลต่อเสถียรภาพทางเศรษฐกิจของประเทศอีกด้วย สำหรับงานการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้า (Demand Side Management หรือ DSM) เป็นภารกิจที่คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ กฟผ. ดำเนินการรณรงค์ส่งเสริมให้ประชาชนใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ ตั้งแต่วันที่ 3 ธันวาคม 2534 และได้เปิดตัวอย่างเป็นทางการ เมื่อวันที่ 20 กันยายน 2536 ภายใต้ชื่อ “โครงการประชาร่วมใจ ประหยัดไฟฟ้า” และได้ดำเนินการโครงการ “ฉลากประหยัดไฟฟ้า

เบอร์ 5” มาโดยตลอด ปัจจุบัน กฟผ. ยังคงดำเนินการต่อเนื่องกับ โครงการ “ฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5” โดยการประสานแนวทางปฏิบัติให้สอดคล้องกับนโยบายของกระทรวงพลังงาน โดยร่วมเป็นคณะทำงานด้านมาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานดูแลงานฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ซึ่งมีมาตรฐานตรากระทรวงพลังงานกำกับอยู่ในรูปลักษณะโฉมใหม่ ฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5

เพื่อให้การดำเนินโครงการ “ฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5” บรรลุผลในการลดการใช้พลังงานโดยรวมของชาติและลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม กฟผ. จึงใช้แนวทางในการดำเนินโครงการจึงมุ่งที่จะใช้วิธีจูงใจ โดยการสร้างการรับรู้ และความเข้าใจที่ถูกต้องในการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างรู้คุณค่าแก่ประชาชนคนไทยทั่วประเทศ โดยแบ่งกลุ่มเป้าหมายออกตามประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้า คือ กลุ่มภาคที่อยู่อาศัย กลุ่มภาคธุรกิจ และกลุ่มภาคอุตสาหกรรม ด้วยการใช้กลยุทธ์ที่เรียกว่า “3 อ.” คือ อุปกรณ์ประหยัดไฟฟ้า อาคารประหยัดไฟฟ้าและอุปนิสัยประหยัดไฟฟ้า

อ. อุปกรณ์ประหยัดไฟฟ้า

ลำดับของโครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ในภาคที่อยู่อาศัย ได้แก่

- ปี 2538 โครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ตู้เย็น
- ปี 2539 โครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 เครื่องปรับอากาศ
- ปี 2541 โครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 บัลลัสต์เบอร์ 5 นิรภัย
- ปี 2542 โครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ข้าวกล้องเบอร์ 5
- ปี 2544 โครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 พัดลมไฟฟ้า
- ปี 2545 โครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 หลอดคอมแพ็คฟลูออเรสเซนต์
- ปี 2547 โครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 หม้อหุงข้าวไฟฟ้า
- ปี 2548 โครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 โคมไฟฟ้าแสงสว่างประสิทธิภาพสูง
- ปี 2552 โครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 พัดลมไฟฟ้า ชนิดสายรอบตัว
- ปี 2552 โครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5
- ปี 2552 โครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 บัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์ T5
- ปี 2553 โครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 Standby Power 1 Watt (เครื่องรับโทรทัศน์/จอคอมพิวเตอร์)
- ปี 2553 โครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 โคมไฟฟ้าสำหรับหลอดคอมเบอร์ 5
- ปี 2554 โครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 กระจกน้ำร้อนไฟฟ้า
- ปี 2555 โครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 พัดลมไฟฟ้าชนิดระบายอากาศ
- ปี 2555 โครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 เครื่องทำน้ำอุ่นไฟฟ้า
- ปี 2556 โครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 เตารีดไฟฟ้า
- ปี 2556 โครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 เครื่องซักผ้าชนิดฝาบนถึงเดี่ยว

- ปี 2556 โครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 หลอด LED
- ปี 2556 โครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ชุดเปลี่ยนหลอดเบอร์ 5
- ปี 2557 โครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 เต้าไมโครเวฟ
- ปี 2557 โครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 เต้าไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ
- ปี 2557 โครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 กาต้มน้ำไฟฟ้า
- ปี 2557 โครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 เครื่องรับโทรทัศน์
- ปี 2558 โครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ตู้แช่เย็นแสดงสินค้า
- ปี 2558 โครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 กระทะไฟฟ้า
- ปี 2559 โครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 เครื่องสูบน้ำไฟฟ้าชนิดอัตโนมัติ
- ปี 2560 โครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ตู้น้ำร้อนน้ำเย็นบริโภาคและตู้น้ำเย็นบริโภาค
- ปี 2561 โครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ผลิตภัณฑ์เสื้อผ้าเบอร์ 5
- ปี 2562 โครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ผลิตภัณฑ์จักรยานยนต์ไฟฟ้า

ในที่นี้จะขอกว่าฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ที่จำเป็นในบ้านพักอาศัย ได้แก่ เครื่องปรับอากาศ หลอดไฟฟ้า หม้อหุงข้าวไฟฟ้า กระติกน้ำร้อนไฟฟ้า เตาไรต์ไฟฟ้า ตู้เย็น และพัดลม เป็นต้น

- **เครื่องปรับอากาศ** เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้านที่มีการใช้พลังงานมากที่สุด สำหรับฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ของเครื่องปรับอากาศ จะแสดงรายละเอียดออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 เป็นแถบโค้งครึ่งวงกลมพื้นสีเขียว แสดงตัวเลขบอกระดับประสิทธิภาพตั้งแต่ระดับที่ 1 (ต่ำสุด) ถึงระดับ 5 (ดีมาก) ส่วนที่ 2 เป็นส่วนของข้อมูลต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศที่เป็นตัวเลข และอักษรบนพื้นสีเหลือง พร้อมสัญลักษณ์ของกระทรวงพลังงาน ซึ่งระบุถึงรายละเอียดต่างๆ และส่วนที่ 3 เป็นส่วนที่ แสดงถึงหน่วยงานที่กำกับดูแล ด้วยสัญลักษณ์ “การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย” และกระทรวงพลังงาน ด้วยตัวอักษรสีขาวบนพื้นสีเขียว



รูปที่ 7.30 ตัวอย่างฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 เครื่องปรับอากาศ (แบบเก่า)

สำหรับการใช้ประโยชน์จากฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ของเครื่องปรับอากาศจะพิจารณาในส่วนของประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ซึ่งเครื่องปรับอากาศจะแสดงในรูปแบบของค่า EER (Energy Efficiency Ratio) เป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถในการทำควมเย็นในหน่วยบีทียูต่อชั่วโมงต่อพลังงานที่ใช้ในหน่วยวัตต์

แบบเก่า



แบบใหม่



รูปที่ 7.31 แสดงการเปรียบเทียบฉลากแสดงประสิทธิภาพพลังงานแบบเก่าและแบบใหม่

จากรูปที่ 7.31 เป็นการแสดงการเปรียบเทียบฉลากแสดงประสิทธิภาพพลังงานทั้งแบบเก่าและแบบใหม่ จะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างที่เห็นได้ชัดคือ แบบเก่าจะแสดงประสิทธิภาพพลังงานออกเป็น 5 ระดับ ตั้งแต่เบอร์ 1-5 ส่วนแบบใหม่จะกำหนดระดับประสิทธิภาพพลังงานเครื่องปรับอากาศเป็น 4 ระดับ ตั้งแต่ เบอร์ 5, เบอร์ 5 + 1 ดาว, เบอร์ 5 + 2 ดาว และ เบอร์ 5 + 3 ดาว โดย “เครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพพลังงานสูง ตามจำนวนดาวที่ได้รับสูงสุดที่ 3 ดาว” เกณฑ์ระดับประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ พิจารณาจากค่าประสิทธิภาพหรือค่าประสิทธิภาพพลังงาน ตามฤดูกาล (Seasonal Energy Efficiency Ratio: SEER) มีหน่วยเป็น บีทียูต่อชั่วโมงต่อวัตต์ โดยแบ่งเกณฑ์ระดับประสิทธิภาพพลังงานตามชนิด และขนาดเครื่องปรับอากาศ

สำหรับเกณฑ์ระดับประสิทธิภาพพลังงานเครื่องปรับอากาศชนิด Fixed Speed และ Inverter ที่แสดงในตารางที่ 7.6 และ 7.7 จะเริ่มใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2562 (ค.ศ. 2019) เป็นต้นไป

ตารางที่ 7.6 เกณฑ์ระดับประสิทธิภาพพลังงานเครื่องปรับอากาศชนิด Fixed Speed

ขนาดเครื่องปรับอากาศ	ค่าประสิทธิภาพ (บีทียู/ชั่วโมง/วัตต์)			
	เบอร์ 5	เบอร์ 5 ★	เบอร์ 5 ★★	เบอร์ 5 ★★★
ไม่เกิน 8,000 วัตต์ (≤27,296 บีทียู/ชั่วโมง)	12.85 – 13.84	13.85 – 14.84	14.85 – 15.84	≥15.85
มากกว่า 8,000 - 12,000 วัตต์ (>27,296 - 40,944 บีทียู/ชั่วโมง)	12.40 – 13.39	13.40 – 14.39	14.40 – 15.39	≥15.40

ตารางที่ 7.7 เกณฑ์ระดับประสิทธิภาพพลังงานเครื่องปรับอากาศชนิด Inverter

ขนาดเครื่องปรับอากาศ	ค่าประสิทธิภาพ (บีทียู/ชั่วโมง/วัตต์)			
	เบอร์ 5	เบอร์ 5 ★	เบอร์ 5 ★★	เบอร์ 5 ★★★
ไม่เกิน 8,000 วัตต์ (≤27,296 บีทียู/ชั่วโมง)	15.00 – 17.49	17.50 – 19.99	20.00 – 22.49	≥22.50
มากกว่า 8,000 - 12,000 วัตต์ (>27,296 - 40,944 บีทียู/ชั่วโมง)	14.00 – 16.49	16.50 – 18.99	19.00 – 21.49	≥21.50

- **หลอดไฟฟ้า** เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีการใช้งานอยู่เกือบทุกบ้านหรืออาคาร โดยในปัจจุบันได้มีการพัฒนาหลอดไฟฟ้าแสงสว่างให้มีการประหยัดพลังงานขึ้นกว่าในอดีต ซึ่งการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของหลอดไฟฟ้าแสงสว่างจะพิจารณาในส่วนของความสว่างต่อพื้นที่เทียบกับกำลังไฟฟ้าที่ใช้มีหน่วยเป็น ลูเมนต่อวัตต์ หากหลอดไฟชนิดใดที่มีค่าลูเมนต่อวัตต์มากกว่าจะมีประสิทธิภาพสูงกว่า คือให้ความสว่างมากกว่าในขณะที่เทียบกำลังไฟฟ้าเท่ากัน จากตารางที่ 7.8 สรุปคุณสมบัติที่สำคัญของหลอดไฟแต่ละชนิด จะเห็นได้ว่าหลอดไส้ (Incandescent) มีประสิทธิภาพน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับหลอดไฟชนิดอื่น คือได้ความสว่างน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการใช้กำลังไฟฟ้าที่เท่ากัน และ ตารางที่ 7.9 เปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้า 3 ชนิด คือ หลอด LED หลอด Fluorescent และ หลอด Incandescent จะเห็นได้ว่าหลอด LED สามารถประหยัดไฟฟ้าได้มากที่สุด

ตารางที่ 7.8 สรุปคุณสมบัติที่สำคัญของหลอดไฟแต่ละชนิด

ชนิด	ประสิทธิภาพ (ลูเมน/วัตต์)	อุณหภูมิสี (เคลวิน)	ดัชนีความ ถูกต้องของสี	อายุการใช้งาน (ชม.)
หลอดไส้	5-15	2500-2800	100	1000
หลอดฮาโลเจน	12-25	3000	100	2000
หลอดฟลูออเรสเซนต์				
- ธรรมดา	55-80	2700-6500	60-80	8000-10000
- ไตรฟอสเฟอร์	75-93	2700-6500	80-90	8000-10000
หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์	50-80	2700-6500	80-90	8000-10000
หลอดปรอทความดันไอสูง	30-60	3000-4000	40-60	20000-24000
หลอดโซเดียมความดันไอสูง	70-130	2000-2200	30-50	20000-24000
หลอดเมทัลฮาไลด์	60-120	2900-6000	60-90	8000-15000
หลอดโซเดียมความดันไอลด	100-180	2000	0-20	22000-24000

ตารางที่ 7.9 เปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้า 3 ชนิด

LED	Fluorescent	Incandescent
1 Watt	3 Watt	15 Watt
3 Watt	7 Watt	35 Watt
5 Watt	11 Watt	50 Watt
7 Watt	15 Watt	70 Watt
9 Watt	19 Watt	90 Watt
12 Watt	25 Watt	120 Watt
15 Watt	31 Watt	150 Watt
18 Watt	36 Watt	180 Watt

- **หม้อหุงข้าวไฟฟ้า** โครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ในการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตและ/หรือการนำเข้า เป็นผลให้มีแผนการจำหน่ายหม้อหุงข้าวไฟฟ้าที่ติดฉลากแสดงระดับประสิทธิภาพอุปกรณ์ไฟฟ้าในเดือนตุลาคม 2547 ซึ่งจะตอบสนองนโยบายของรัฐบาลในด้านการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม อีกทั้งสอดคล้องกับสถานการณ์ด้านเศรษฐกิจ และพลังงานในปัจจุบัน โดยเป็นการส่งเสริมให้ประชาชนใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพอันจะเป็นประโยชน์ต่อประเทศชาติในระยะยาว กำหนดระดับประสิทธิภาพหม้อหุงข้าวไฟฟ้าเป็น 3 ระดับ โดยใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงาน มีหน่วยเป็นร้อยละ

ตารางที่ 7.10 เกณฑ์ระดับประสิทธิภาพพลังงานของหม้อหุงข้าวไฟฟ้า

ขนาด		ประสิทธิภาพพลังงานความร้อน (ร้อยละ)		
กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	ความจุ (ลิตร)	เบอร์ 3	เบอร์ 4	เบอร์ 5
≤ 2,000	≤ 5 ลิตร	76 – 81.49	81.5 – 86.99	87.00

- **กระติกน้ำร้อนไฟฟ้า** การทดสอบกระติกน้ำร้อนไฟฟ้าในโครงการฯ จะดำเนินการทดสอบกระติกน้ำร้อนไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการที่มีระบบการควบคุมเสถียรภาพทางไฟฟ้า กฟผ. ได้กำหนดระดับประสิทธิภาพพลังงานกระติกน้ำร้อนไฟฟ้าเป็น 4 ระดับ ตั้งแต่ เบอร์ 5, เบอร์ 5 + 1 ดาว, เบอร์ 5 ดาว + 2 ดาว และ เบอร์ 5 + 3 ดาว โดย “กระติกน้ำร้อนไฟฟ้ามีประสิทธิภาพพลังงานสูง ตามจำนวนดาวที่ได้รับ สูงสุดที่ 3 ดาว” เกณฑ์ระดับประสิทธิภาพของกระติกน้ำร้อนไฟฟ้า พิจารณาจากประสิทธิภาพพลังงานไฟฟ้า (ร้อยละ) โดยแบ่ง เกณฑ์ระดับประสิทธิภาพ ตามขนาดความจุ

ตารางที่ 7.11 เกณฑ์ระดับประสิทธิภาพพลังงานของกระติกน้ำร้อนไฟฟ้า

ประเภท กระติกน้ำร้อนไฟฟ้า	ค่าประสิทธิภาพพลังงาน (ร้อยละ)			
ความจุ (ลิตร)	เบอร์ 5	เบอร์ 5 ★	เบอร์ 5 ★ ★	เบอร์ 5 ★ ★ ★
ไม่เกิน 10 ลิตร	93.00 – 94.49	94.50 – 95.99	96.00 – 97.49	≥ 97.50

- **เตารีดไฟฟ้า** กฟผ. กำหนดระดับประสิทธิภาพพลังงานเตารีดไฟฟ้าเป็น 4 ระดับ ตั้งแต่ เบอร์ 5, เบอร์ 5 + 1 ดาว, เบอร์ 5 ดาว + 2 ดาว และ เบอร์ 5 + 3 ดาว โดย “เตารีดไฟฟ้ามีประสิทธิภาพพลังงานสูง ตามจำนวนดาวที่ได้รับสูงสุดที่ 3 ดาว” เกณฑ์ระดับประสิทธิภาพพลังงานเตารีดไฟฟ้า ปี ค.ศ. 2020 (เริ่มใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2563)

ตารางที่ 7.12 เกณฑ์ระดับประสิทธิภาพพลังงานของเตารีดไฟฟ้า

ผลิตภัณฑ์	ระดับ ความ เรียบ	ใช้พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)			
		เบอร์ 5	เบอร์ 5 ★	เบอร์ 5 ★ ★	เบอร์ 5 ★ ★ ★
1. เตารีดไฟฟ้าแบบแห้ง	≤4	0.24-0.21	0.20-0.17	0.16-0.13	≤ 0.12
2. เตารีดไฟฟ้าแบบไอน้ำ	≤3	0.51-0.40	0.39-0.28	0.27-0.16	≤ 0.15
3. เตารีดไฟฟ้าแบบหม้อต้มแยก	≤2	1.05-1.02	1.01-0.98	0.97-0.94	≤ 0.93

- **ตู้เย็น** ประกาศกระทรวงเรื่องกำหนดค่าประสิทธิภาพพลังงาน หน่วยงานทดสอบหาค่าประสิทธิภาพพลังงาน มาตรฐานและวิธีการทดสอบหาค่าประสิทธิภาพพลังงานของตู้เย็นที่มีประสิทธิภาพสูง พ.ศ. 2553 กำหนดให้ตู้เย็นที่มีประสิทธิภาพสูงต้องมีค่าประสิทธิภาพพลังงานซึ่งกำหนดค่าในรูปของปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ต่อปีตามปริมาตรปรับเทียบของตู้เย็น (AV) ไม่เกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 7.13

ปริมาตรรวมทั้งหมด (VT) ของตู้เย็น, ปริมาตรช่องแช่เย็น (Vr) และ ปริมาตรช่องแช่แข็ง (Vf) แสดงค่าเป็นลูกบาศก์เดซิเมตร (dm³) ด้านปริมาตร (ลูกบาศก์เดซิเมตร หรือ เรียกอีกอย่างคือ ลิตร)

- Vf (ลูกบาศก์เดซิเมตร) = ปริมาตรภายในช่องแช่แข็ง
- Vr (ลูกบาศก์เดซิเมตร) = ปริมาตรภายในช่องแช่เย็น
- Vv (ลูกบาศก์เดซิเมตร) = ปริมาตรภายในช่องแช่ผัก
- VT (ลูกบาศก์เดซิเมตร) = (Vf+Vr+Vv) = ปริมาตรทั้งหมดของตู้เย็น

การหาค่าปริมาตรปรับเทียบ คำนวณได้จากสูตร $AV = (Vf \times K) + Vr$

ค่า K คือ ค่าคงที่ ที่ได้จากสูตรดังนี้

$$K = \frac{32 - \text{อุณหภูมิภายในช่องแช่แข็ง (}^{\circ}\text{C)}}{32 - \text{อุณหภูมิภายในช่องแช่เย็น (}^{\circ}\text{C)}}$$

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตก็ได้ทำการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงครั้งใหญ่ โดยจัดทำมาตรฐานการประหยัดพลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าและผลิตภัณฑ์ที่ติดฉลากประหยัดไฟให้สูงขึ้นกว่าฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 เดิม เป็น “ฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 ติดดาว” ซึ่งเปลี่ยนจากหมายเลขแสดงระดับการประหยัดพลังงานเป็นรูปดาวที่บอกกว่าประหยัดไฟยิ่งกว่าเดิมเครื่องใช้ไฟฟ้าและผลิตภัณฑ์ที่ติดฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 รูปแบบใหม่นี้ ได้เริ่มวางจำหน่ายแล้ว ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2562 ซึ่งยังมีจำนวนดาวมาก ยิ่งแสดงถึงการประหยัดไฟที่มากขึ้น โดยแต่ละระดับสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 5 – 10

ตารางที่ 7.13 ตารางแสดงเกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานของตู้เย็นที่มีประสิทธิภาพสูง

ประเภท ตู้เย็น		ค่าประสิทธิภาพ (หน่วย/ปี)			
ประตู	AV (ลิตร)	เบอร์ 5	เบอร์ 5 ★	เบอร์ 5 ★★	เบอร์ 5 ★★★
1 ประตู	< 100	$\leq 0.62AV + 233$	-	-	-
	≥ 100	$\leq 0.36AV + 133$	-	-	-
2 ประตู ขึ้นไป	< 450	$\leq 0.36AV + 354$	-	-	-
	≥ 450	$\leq 0.62AV + 354$	-	-	-

- **พัฒมไฟฟ้า** การดำเนินโครงการฯ กฟผ. ได้มีการเพิ่มขอบข่ายพัฒมไฟฟ้า และมีการปรับเกณฑ์ระดับ ประสิทธิภาพเพื่อให้พัฒมไฟฟ้ามีประสิทธิภาพสูงขึ้น ปัจจุบันพัฒมไฟฟ้าที่สามารถเข้าร่วมโครงการฯ ได้แก่ พัฒมไฟฟ้าชนิดตั้งโต๊ะ ตั้งพื้น ติดผนัง สายรอบตัว และระบายอากาศ โดย กฟผ. ได้กำหนดระดับประสิทธิภาพพัฒมไฟฟ้าเป็น 5 ระดับ โดยใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพ มีหน่วยเป็น (ลูกบาศก์เมตร/นาทีก/วัตต์) โดยแยกออกตามชนิดของพัฒมดังตารางที่ 7.14 – 7.16

ตารางที่ 7.14 พัฒมไฟฟ้าชนิดตั้งโต๊ะ ติดผนัง และตั้งพื้น

ขนาดใบพัด	อัตราการระบายอากาศขั้นต่ำ (ลูกบาศก์เมตร/นาทีก)	เกณฑ์ระดับประสิทธิภาพ (ลูกบาศก์เมตร/นาทีก/วัตต์)				
		เบอร์ 1	เบอร์ 2	เบอร์ 3	เบอร์ 4	เบอร์ 5
12" (300 มม.)	30	≤ 0.75	0.76-0.92	0.93-1.00	1.01-1.09	≤ 1.10
16" (400 มม.)	60	≤ 0.89	0.90-1.10	1.11-1.20	1.21-1.29	≤ 1.30
18" (450 มม.)	75	≤ 0.89	0.90-1.10	1.11-1.20	1.21-1.24	≤ 1.25

ตารางที่ 7.15 พัดลมไฟฟ้าชนิดสายรอบตัว

ขนาดใบพัด	อัตราการระบาย อากาศขั้นต่ำ (ลูกบาศก์เมตร/ นาທີ)	เกณฑ์ระดับประสิทธิภาพ (ลูกบาศก์เมตร/นาตี/วัตต์)				
		เบอร์ 1	เบอร์ 2	เบอร์ 3	เบอร์ 4	เบอร์ 5
16" (400 มม.)	60	≤ 0.79	0.80-0.89	0.90-1.10	1.11-1.20	≤ 1.21
18" (450 มม.)	75	≤ 0.79	0.80-0.89	0.90-1.10	1.11-1.20	≤ 1.21

ตารางที่ 7.16 พัดลมไฟฟ้าชนิดระบายอากาศ

ขนาดใบพัด	อัตราการระบาย อากาศขั้นต่ำ (ลูกบาศก์เมตร/นาตี)	กำลังไฟฟ้า เข้าสูงสุด (วัตต์)	เกณฑ์ระดับประสิทธิภาพ (ลูกบาศก์เมตร/นาตี/วัตต์)		
			เบอร์ 3	เบอร์ 4	เบอร์ 5
8" (200 มม.)	6	33	0.23-0.24	0.25-0.26	≤ 0.27
10" (250 มม.)	10	40	0.32-0.33	0.34-0.35	≤ 0.36
12" (300 มม.)	15	46	0.38-0.39	0.40-0.41	≤ 0.42

อ. อาคารประหยัดไฟฟ้า

อ. อาคาร/โรงงานประหยัดไฟฟ้า: ภาคธุรกิจ/ภาคอุตสาหกรรม

สัดส่วนการใช้พลังงานในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม คิดเป็นร้อยละ 75 ของการใช้พลังงานทั้งประเทศ ยังมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจมากขึ้นเท่าใด การใช้พลังงานจะสูงตามไปด้วย และเพื่อให้การใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพในภาคธุรกิจและภาคอุตสาหกรรม เห็นความสำคัญและพร้อมใจกันใช้อุปกรณ์ประหยัดไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง เช่นเดียวกับกลุ่มภาคที่อยู่อาศัยพร้อมไปกับการใช้มาตรการต่าง ๆ ที่จะทำให้เกิด “อ” ที่สอง คือ อาคาร/โรงงานประหยัดไฟฟ้า ซึ่งได้แก่ การบริหารการใช้ไฟฟ้า การปรับปรุงระบบป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร การใช้ระบบปรับอากาศประสิทธิภาพสูง และการปรับปรุงระบบแสงสว่างการจัดการอบรมให้ความรู้ด้านการใช้พลังงานอย่างถูกต้อง ลดต้นทุนการผลิตสินค้าให้สามารถแข่งขันได้ในตลาดโลก

อ. อุปนิสัยประหยัดไฟฟ้า

อ. อุปนิสัยประหยัดไฟฟ้า: สร้างการเรียนรู้สู่เยาวชน และประชาชนทั่วไป

ถึงแม้ว่าจะได้มีการส่งเสริมให้มีการใช้อุปกรณ์ประหยัดไฟฟ้าในภาคที่อยู่อาศัยและอาคารประหยัดไฟฟ้าในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมประสบความสำเร็จแล้วก็ตาม ทักษะคิดหรือการรับรู้เรื่องการประหยัดพลังงาน มีความจำเป็นต้องเน้นย้ำและสร้างองค์ความรู้อย่างต่อเนื่อง ทาง กฟผ. ได้ดำเนินโครงการปลูกฝังอุปนิสัยการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพแก่เยาวชนและประชาชน โดยการจัดตั้ง “ห้องเรียนสีเขียว” (GREEN LEARNING ROOM) เพื่อเสริมสร้างทัศนคติและค่านิยมในการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพแก่เยาวชนของชาติตั้งแต่ระดับอนุบาลจนถึงระดับมัธยม โดยผ่านระบบการศึกษาของประเทศเพื่อปลูกฝังอุปนิสัยการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพให้ยั่งยืน ปัจจุบันมีห้องเรียนสีเขียวอยู่ในทุกจังหวัดทั่วประเทศ นอกจากนี้ยังได้ดำเนินการรณรงค์โฆษณาประชาสัมพันธ์ และจัดกิจกรรมสนับสนุนผ่านสื่อบุคคลและสื่อสาธารณะ เพื่อสร้างความมีส่วนร่วมแก่ประชาชน โดยการสร้างเครือข่ายของสมาชิกให้เจาะถึงกลุ่มเป้าหมายที่ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างใกล้ชิด สร้างความเชื่อมั่นและทัศนคติที่ดีต่อผลิตภัณฑ์เบอร์ 5 เพื่อนำไปสู่สมาชิกครอบครัวเบอร์ 5 ต่อไป

7.4 แบบฝึกหัด

1. สภาพแวดล้อมของบ้านเกี่ยวข้องกับการประหยัดพลังงานได้อย่างไร
2. บล็อกประสานคืออะไร มีประโยชน์อย่างไร
3. หน้าต่างที่ใช้ในอาคารที่พักอาศัยมีกี่ประเภท แต่ละประเภทต่างกันอย่างไร
4. กันสาดใช้ในอาคารที่พักอาศัยมีประโยชน์อย่างไร
5. หากต้องการบังแสงแดดจากดวงอาทิตย์บริเวณด้านทิศเหนือและใต้ควรใช้กันสาดแบบใด เพราะเหตุใด
6. หลังคาโล่ร้อน มีหลักการทำงานอย่างไร
7. ทิศและที่ตั้งของอาคารส่งผลต่อความสิ้นเปลืองการใช้พลังงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าอย่างไร
8. ปัจจัยที่จะทำให้อาคารที่พักอาศัยมีการประหยัดพลังงานประกอบไปด้วยอะไร
9. ฉลากแสดงประสิทธิภาพพลังงานแบบเก่าและแบบใหม่ต่างกันอย่างไร
10. เครื่องปรับอากาศชนิด Fixed Speed และ Inverter ต่างกันอย่างไร

7.5 เอกสารอ้างอิง

1. <https://www.ttmconstruction.com/article/101>
2. <https://www.jumlongchai.com/product/566028>
3. https://www.baanlaesuan.com/150607/ideas/plan_house
4. คู่มือมาตรฐานและฉลากประสิทธิภาพพลังงานของไทย กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
5. เอกสารเผยแพร่ สารแนะนำรู้เรื่องการอนุรักษ์พลังงาน เรื่อง การประหยัดพลังงานในบ้าน ศูนย์ประชาสัมพันธ์ รวมพลังหาร 2 สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน
6. เอกสารเผยแพร่ สารแนะนำรู้เรื่องการอนุรักษ์พลังงาน เรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้า ศูนย์ประชาสัมพันธ์ รวมพลังหาร 2 สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน
7. เอกสารเผยแพร่ สารแนะนำรู้เรื่องการอนุรักษ์พลังงาน เรื่อง เตารีดไฟฟ้า ศูนย์ประชาสัมพันธ์ รวมพลังหาร 2 สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน
8. เอกสารเผยแพร่ สารแนะนำรู้เรื่องการอนุรักษ์พลังงาน เรื่อง หม้อหุงข้าวไฟฟ้า ศูนย์ประชาสัมพันธ์ รวมพลังหาร 2 สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน
9. เอกสารเผยแพร่ สารแนะนำรู้เรื่องการอนุรักษ์พลังงาน เรื่อง ไฟฟ้าแสงสว่าง ศูนย์ประชาสัมพันธ์ รวมพลังหาร 2 สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน
10. เอกสารเผยแพร่ สารแนะนำรู้เรื่องการอนุรักษ์พลังงาน เรื่อง เครื่องปรับอากาศ ศูนย์ประชาสัมพันธ์ รวมพลังหาร 2 สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน
11. เอกสารเผยแพร่ สารแนะนำรู้เรื่องการอนุรักษ์พลังงาน เรื่อง สภาวะแวดล้อมของบ้านกับการประหยัดพลังงาน ศูนย์ประชาสัมพันธ์ รวมพลังหาร 2 สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน
12. เอกสารเผยแพร่ นิสิ...บ้านหารสอง สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน
13. แม่ทองต่อพอประหยัด สำนักพิมพ์ บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน)

บทที่ 8

การประหยัดพลังงานในอุตสาหกรรมด้านพลังงานไฟฟ้า

8.1 การประหยัดพลังงานในระบบไฟฟ้ากำลัง

การประหยัดพลังงานในระบบไฟฟ้ากำลังสามารถดำเนินการได้ดังนี้ 1. ระบบส่งจ่ายไฟฟ้า 2. การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง 3. การปรับปรุงคุณภาพการจ่ายไฟฟ้า

8.1.1 ระบบส่งจ่ายไฟฟ้า

การประหยัดพลังงานในระบบส่งจ่ายไฟฟ้าจะพิจารณาจากการสูญเสียพลังงานในระบบส่งจ่ายไฟฟ้าซึ่งเกิดขึ้นในหม้อแปลงไฟฟ้าและระบบสายไฟฟ้า มีรายละเอียดดังต่อไปนี้เช่น กำลังสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้า การเลือกจ่ายหม้อแปลงไฟฟ้า ปรับตั้งแทปให้เหมาะสม หม้อแปลงที่มีกำลังสูญเสียต่ำ และการระบายความร้อนของหม้อแปลงไฟฟ้า

- **กำลังสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้า** โดยปกติแล้วหม้อแปลงไฟฟ้าจะไม่มี การสูญเสียทางกล เนื่องจากไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหว ดังนั้นจึงทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ามีการสูญเสียเพียง 2 ส่วน ได้แก่ การสูญเสียในแกนเหล็ก (Core Loss) และ การสูญเสียในขดลวดทองแดง (Copper Loss)

สำหรับการสูญเสียในแกนเหล็ก (Core Loss) ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีขดลวดพันรอบแกนเหล็ก เมื่อมีกระแสไหลในขดลวดก็จะเกิดสนามแม่เหล็ก กระแสไฟฟ้าจะไหลวนในเนื้อเหล็ก ทำให้เกิดความร้อนสะสมขึ้นในแกนเหล็ก โดยกำลังสูญเสียนี้นี้จะมีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับโหลดของหม้อแปลง แต่จะขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับหม้อแปลงไฟฟ้าหากมีแรงดันไฟฟ้าที่สูงขึ้น สนามแม่เหล็กก็จะสูงขึ้นและการสูญเสียก็จะมากขึ้นตามไปด้วย

$$\text{กำลังสูญเสียในแกนเหล็ก} = (V_{\text{ที่จ่าย}} / V_{\text{พิกัด}})^2 \times \text{กำลังสูญเสียในแกนเหล็กที่พิกัด}$$

ส่วนการสูญเสียในขดลวดทองแดง (Copper Loss) หรือ กำลังสูญเสียที่แปรผันตามโหลด (Load Loss) โดยกำลังสูญเสียนี้นี้เกิดขึ้นจากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดที่มีความต้านทานแล้วทำให้เกิดความร้อนมีค่าแปรผันตามโหลดหรือกระแสของหม้อแปลง

$$\text{กำลังสูญเสียที่โหลดใดๆ} = (kVA_{\text{ที่จ่าย}} / kVA_{\text{พิกัด}})^2 \times \text{กำลังสูญเสียตามโหลดที่พิกัด}$$

เช่น หม้อแปลงขนาด 1,000 kVA มีกำลังสูญเสียตามโหลดพิกัด = 13,500 W ถ้าหม้อแปลงจ่ายโหลด 600 kVA จะมีกำลังสูญเสียตามโหลดเท่ากับ $(600/1,000)^2 \times 13,500 = 4,860$ W เป็นต้น

ตารางที่ 8.1 ค่าร้อยละกำลังสูญเสียเพิ่มขึ้นหรือประสิทธิภาพลดลงเมื่อภาระเพิ่มมากขึ้น

พิกัดหม้อแปลงไฟฟ้า (kVA)	1,000					
ที่ภาระต่างๆ (kVA)	200	300	400	500	800	1,000
ค่าตัวประกอบกำลัง	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
กำลังไฟฟ้าออกจริง (kW)	170	255	340	510	680	850
กำลังสูญเสียในแกนเหล็ก (kW)	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
กำลังสูญเสียตามโหลด (kW)	0.50	1.13	2.00	4.50	8.00	12.5
กำลังสูญเสียรวม (kW)	2.25	2.88	3.75	6.25	9.75	14.25
ร้อยละของกำลังสูญเสีย เทียบกับกำลังไฟฟ้าเข้า	1.31	1.12	1.10	1.22	1.42	1.65

- **การเลือกจ่ายหม้อแปลง** กรณีที่อาคารมีหม้อแปลงมากกว่า 1 ลูก ควรเลือกจ่ายไฟให้เหมาะสม เช่น หากมีการจ่ายโหลดน้อยกว่า 25% ควรรวมจ่ายจากหม้อแปลงที่มีการสูญเสียต่ำที่สุดเพียงลูกเดียว เนื่องจากการจ่ายโหลดจากหม้อแปลงหลายๆ ลูกจะทำให้เกิดการสูญเสียในแกนเหล็กมากขึ้น อย่างไรก็ตามหม้อแปลงที่ปลดการใช้งานควรนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป หรือ อาจจำหน่ายออกไปหากไม่มีการใช้งานอีก เพราะว่าหม้อแปลงที่ปลดการใช้งานและปล่อยทิ้งไว้เป็นระยะเวลานาน จะเกิดความชื้นสะสมทำให้เกิดความเสียหายได้

ตัวอย่างที่ 8.1 มาตรการลดหม้อแปลงไฟฟ้า

ความเป็นมาและลักษณะการใช้พลังงาน

หม้อแปลงไฟฟ้าของโรงงานมีทั้งหมด 3 ชุด ขนาด 1,600 kVA 2 ชุด และขนาด 800 kVA 1 ชุด แต่โรงงานมีความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดไม่เกิน 1,000 kW เท่านั้น ดังนั้นหม้อแปลงจึงมีขนาดใหญ่กว่าเมื่อเทียบกับความต้องการพลังไฟฟ้า

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

เนื่องจากการลดการผลิตลง ทำให้หม้อแปลงแต่ละชุดรับภาระน้อยลง เกิดความสูญเสียในหม้อแปลงสูง และหม้อแปลงมีประสิทธิภาพต่ำ จึงเห็นว่าควรทำการรวมภาระของหม้อแปลงให้อยู่ในชุดเดียว โดยเลือกรวมภาระของหม้อแปลงขนาด 1,600 kVA ทั้ง 2 ชุดเข้าด้วยกัน เนื่องจากตู้ควบคุมอยู่ติดกัน ไม่ต้องเสียค่าเดินสายไฟสูงมากนัก

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ตรวจสอบวัดภาระของหม้อแปลงทั้ง 2 ชุด
2. ทำการรวมภาระของหม้อแปลงเข้าด้วยกัน
3. ทำการปรับปรุงค่า Power Factor ให้เหมาะสม

สภาพหลังปรับปรุง

สามารถลดความสูญเสียในหม้อแปลงลงได้

ระยะเวลาดำเนินการ 30 วัน

เงินลงทุน 80,000 บาท

ผลประโยชน์ที่ได้ 47,831.28 บาท/ปี

ระยะเวลาคืนทุน 1.67 ปี

ข้อเสนอแนะ

ในการรวมภาระอาจจะใช้วิธีการติดตั้ง เบรกเกอร์ เพื่อให้สามารถสับการใช้อย่างมีประสิทธิภาพ

2 ชุดได้

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

วิธีการคำนวณมาตรการลดหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 1,600 kVA

ข้อมูลเบื้องต้น

สถานที่: ตู้ MDB หม้อแปลง TR2 และ TR3

พิกัดติดตั้ง หม้อแปลง TR3	1,600	kVA
---------------------------	-------	-----

กำลังไฟฟ้าสูญเสียในแกนเหล็ก (Core Loss)	2.89	kW
---	------	----

กำลังไฟฟ้าสูญเสียในขดลวด (Copper Loss)	20.64	kW
--	-------	----

โหลดที่วัดได้	110	kW
---------------	-----	----

เพาเวอร์แฟกเตอร์	0.81	
------------------	------	--

พิกัดติดตั้ง หม้อแปลง TR2	1,600	kVA
---------------------------	-------	-----

กำลังไฟฟ้าสูญเสียในแกนเหล็ก (Core Loss)	2.89	kW
---	------	----

กำลังไฟฟ้าสูญเสียในขดลวด (Copper Loss)	20.64	kW
--	-------	----

โหลดที่วัดได้	489	kW
---------------	-----	----

เพาเวอร์แฟกเตอร์	0.91	
------------------	------	--

ระยะเวลาการใช้งาน	20	ชั่วโมง/วัน
-------------------	----	-------------

จำนวนวันทำงาน	300	วัน/ปี
---------------	-----	--------

ระยะเวลาการใช้งาน	6,000	ชั่วโมง/ปี
-------------------	-------	------------

ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	2.62	บาท/kWh
----------------	------	---------

ก่อนปรับปรุง

$$\begin{aligned}\text{ภาระโหลดหม้อแปลง TR3 (kVA load)} &= 110 / 0.81 \\ &= 135.80 \text{ kVA}\end{aligned}$$

ค่าความสูญเสียในหม้อแปลง TR3

$$\begin{aligned}\text{Core Loss} &= \text{Core loss rated} \times \text{ชั่วโมงใช้งานหม้อแปลง} \\ &= 2.89 \times 24 \times 365 \\ &= 25,316.40 \text{ kWh/ปี}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Copper Loss} &= \text{Copper Loss rated} \times (\text{kVA}_{\text{load}} / \text{kV}_{\text{Arated}})^2 \times \text{ชั่วโมงจ่ายโหลดของหม้อแปลง} \\ &= 20.6 \times (135.80 / 1,600)^2 \times 20 \times 300 \\ &= 892.11 \text{ kWh/ปี}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ความสูญเสียรวม} &= 25,316.40 + 892.11 \\ &= 26,208.51 \text{ kWh/ปี}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ภาระโหลดหม้อแปลง TR2 (kVA load)} &= 489 / 0.91 \\ &= 537.36 \text{ kVA}\end{aligned}$$

ค่าความสูญเสียในหม้อแปลง TR2

$$\begin{aligned}\text{Copper Loss} &= \text{Copper Loss rated} \times (\text{kVA}_{\text{load}} / \text{kV}_{\text{Arated}})^2 \times \text{ชั่วโมงจ่ายโหลดของหม้อแปลง} \\ &= 20.6 \times (537.36 / 1,600)^2 \times 20 \times 300 \\ &= 13,968.56 \text{ kWh/ปี}\end{aligned}$$

หลังปรับปรุง: (ยกเลิกหม้อแปลง TR3 ขนาด 1,600 kVA โดยนำโหลดไปรวมกับหม้อแปลง TR2 ขนาด 1,600 kVA)

$$\begin{aligned}\text{ภาระโหลดรวม (Active Power)} &= 110 + 489 \\ &= 599 \text{ kW}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ภาระโหลดรวม (Apparent Power)} &= 135.80 + 537.36 \\ &= 673.16 \text{ kVA}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{เพาเวอร์แฟกเตอร์หลังรวมโหลด} &= \text{kW} / \text{kVA} \\ &= 599.00 / 673.16 \\ &= 0.89\end{aligned}$$

ค่าความสูญเสียในหม้อแปลง TR2 ใหม่ที่มีโหลดเพิ่มขึ้น

$$\begin{aligned}\text{Copper Loss} &= \text{Copper Loss rated} \times (\text{kVA}_{\text{load}} / \text{kV}_{\text{Arated}})^2 \times \text{ชั่วโมงจ่ายโหลดของหม้อแปลง} \\ &= 20.6 \times (673.16 / 1,600)^2 \times 20 \times 300 \\ &= 21,920.86 \text{ kWh/ปี}\end{aligned}$$

ผลการประหยัด

$$\begin{aligned}\text{พลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียลดลง} &= 26,208.51 + 13,968.56 - 21,920.86 \\ &= 18,256.22 \text{ kWh/ปี}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้} &= 18,256.22 \text{ kWh/ปี} \times 2.62 \text{ บาท/ kWh} \\ &= 47,831.28 \text{ บาท/ปี}\end{aligned}$$

การวิเคราะห์ทางการเงิน

$$\text{รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด} = 80,000 \text{ บาท}$$

$$\begin{aligned}\text{ระยะเวลาคืนทุนเบื้องต้น} &= 80,000.00 \text{ บาท} / 47,831.28 \text{ บาท/ปี} \\ &= 1.67 \text{ ปี}\end{aligned}$$

- **การปรับตั้งแทปให้เหมาะสม** ในกรณีที่แรงดันไฟฟ้าสูงเกินไปจะส่งผลให้อุปกรณ์ไฟฟ้าสิ้นเปลืองพลังงานมากขึ้นหม้อแปลงก็เช่นเดียวกัน เมื่อแรงดันไฟฟ้าสูงขึ้นจะทำให้กำลังสูญเสียในแกนเหล็กสูงขึ้นตามไปด้วย การปรับตั้งแทปของหม้อแปลงให้เหมาะสมจึงเป็นอีกมาตรการหนึ่งที่จะช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าลงได้

ตัวอย่างที่ 8.2 การปรับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม

ข้อมูลจากการตรวจสอบการใช้งาน

หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 1,000 kVA

แรงดันไฟฟ้าด้านทุติยภูมิ 411 V

แรงดันไฟฟ้าจุดใช้งานที่ไกลที่สุด 404 V

แรงดันไฟฟ้าที่สูงขึ้นจะทำให้พลังงานสูญเสียขณะไม่มีโหลดของหม้อแปลงและของโหลดเหนี่ยวนำ เช่น แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ไฟฟ้าในโรงงานสูงขึ้น จะทำให้อายุการใช้งานของมอเตอร์สั้นลง หากสามารถลดแรงดันไฟฟ้าด้านทุติยภูมิให้เหลือ 391 V แรงดันไฟฟ้าที่จุดใช้งานที่ไกลที่สุดเป็น 384 V ซึ่งจะมีค่าใกล้เคียงกับพิกัด 380 V

หม้อแปลงไฟฟ้า

$$\begin{aligned}\text{พลังงานไฟฟ้าสูญเสียขณะไม่มีโหลดลดลง} &= \text{พลังไฟฟ้าสูญเสียขณะไม่มีโหลด} \times \\ &= [(V_1/V_2)^2 - 1] \times \text{จำนวนชั่วโมงใน 1 ปี}\end{aligned}$$

เมื่อ

V_1 คือ แรงดันไฟฟ้าทุติยภูมิก่อนปรับปรุง

V_2 คือ แรงดันไฟฟ้าทุติยภูมิหลังปรับปรุง

$$= 1.75 \times [(411/391)^2 - 1] \times 24 \times 365$$

$$= 1,608 \text{ kWh/ปี}$$

มอเตอร์ไฟฟ้า

พลังไฟฟ้าที่ใช้ = 200 V

ประสิทธิภาพ = 85 %

พลังไฟฟ้าสูญเสียขณะไม่มีโหลด = ร้อยละ 30 ของพลังไฟฟ้าสูญเสียรวม

เวลาการใช้งาน = 8 ชั่วโมงต่อวัน 300 วันต่อปี

คิดเป็นพลังไฟฟ้าสูญเสียขณะไม่มีโหลด = $200 \times 0.15 \times 0.3$

$$= 9 \text{ kW}$$

พลังงานไฟฟ้าสูญเสียขณะไม่มีโหลดลดลง = $9 \times [(404/384)^2 - 1] \times 8 \times 300$

$$= 2,309 \text{ kWh/ปี}$$

ดังนั้น พลังงานไฟฟ้าสูญเสียรวมลดลง = $1,608 + 2,309$ kWh/ปี

$$= 3,917 \text{ kWh/ปี}$$

- **หม้อแปลงที่มีกำลังสูญเสียต่ำ** หากต้องการจัดหาหม้อแปลงลูกใหม่หรือเปลี่ยนทดแทนหม้อแปลงลูกเดิมที่ประสิทธิภาพต่ำ ควรพิจารณาหม้อแปลงที่มีประสิทธิภาพสูง โดยหม้อแปลงที่มีประสิทธิภาพสูงจะเลือกใช้วัสดุที่มีคุณภาพสูงในการทำแกนเหล็ก การจัดเรียงที่ดี กรรมวิธีการผลิตที่ดีและทันสมัย ทำให้กำลังสูญเสียที่หม้อแปลงลดลงแต่ในขณะเดียวกันก็จะมีราคาสูงตามไปด้วย ดังนั้นในการเลือกซื้อและเลือกใช้หม้อแปลงจึงมีความจำเป็นที่จะต้องพิจารณาถึงผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากค่าไฟฟ้าที่ลดลงเนื่องจากหม้อแปลงไฟฟ้าจะต้องใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง กำลังสูญเสียในแกนเหล็กของหม้อแปลงที่มีประสิทธิภาพสูงจะมีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามการเพิ่มขึ้นของโหลด

- **การระบายความร้อนของหม้อแปลง** หม้อแปลงจะมีประสิทธิภาพลดลงเมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้น ดังนั้นการระบายความร้อนออกจากตัวหม้อแปลงจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างไม่น้อย และเพื่อยืดอายุการใช้งานของหม้อแปลงควรทำความสะอาดที่แผ่นระบายความร้อนรวมทั้งการบำรุงรักษาตามระยะเวลาที่กำหนด

8.1.2 การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง

กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าคือ แรงดันไฟฟ้า (V) $\times$ กระแสไฟฟ้า (I) เรียกว่า กำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power) มีหน่วยเป็น โวลต์แอมป์ (VA) ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนที่แปลง

เป็นพลังงานกลในการหมุนของมอเตอร์เป็นพลังงาน พลังงานแสงสว่างในหลอดไฟ หรือ งานรูปอื่นที่ต้องการจริงๆ เรียกว่า กำลังไฟฟ้าจริง (Real Power) มีหน่วยเป็น วัตต์ (W) และส่วนที่สองคือกำลังไฟฟ้าที่ต้องใส่เข้าไปในสนามแม่เหล็กให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้เช่น มอเตอร์ต้องมีสนามแม่เหล็กให้ขดลวดวิ่งตัด หรือหม้อแปลงต้องการสนามแม่เหล็กเชื่อมโยงด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิ กำลังส่วนนี้ไม่ได้แปลงเป็นงานในรูปแบบที่ต้องการจึงเรียกว่า กำลังไฟฟ้าเสมือน (Reactive Power) มีหน่วยเป็น วาร์ (VAR) เนื่องจากเป็นระบบไฟฟ้ากระแสสลับ กำลังไฟฟ้าปรากฏจึงเป็นผลรวมทางเวกเตอร์ของกำลังไฟฟ้าทั้งสองส่วน โดยกำลังไฟฟ้าปรากฏทำมุมกับกำลังไฟฟ้าจริง ค่า $\cos \theta$ จึงถูกเรียกว่า ค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor) มีค่าตั้งแต่ 0 - 1

$$\text{กำลังไฟฟ้าจริง (kW)} = P \times \cos \theta = V \times I \times \cos \theta$$

$$\text{กำลังไฟฟ้าเสมือน (kVAR)} = P \times \sin \theta = V \times I \times \sin \theta$$

$$\text{กำลังไฟฟ้าปรากฏ (kVA)} = \sqrt{\text{kW}^2 + \text{kVAR}^2}$$

สำหรับการปรับปรุงสามารถทำได้โดยการติดตั้งตัวเก็บประจุ (Capacitor) ซึ่งตัวเก็บประจุสามารถสะสมพลังงานในรูปสนามไฟฟ้าและเมื่อติดตั้งร่วมกับโหลดที่ต้องการสนามแม่เหล็ก กำลังไฟฟ้าเสมือนในสนามไฟฟ้าจะส่งพลังงานให้สนามแม่เหล็กและจากสนามแม่เหล็กส่งกลับสะสมในสนามไฟฟ้ากลับไปกลับมาทำให้หักล้างกันไปและไม่ต้องการกำลังไฟฟ้าเสมือนจากการไฟฟ้าอีก นอกจากจะทำให้ไม่ต้องเสียค่าปรับจากการไฟฟ้าแล้วยังช่วยลดกำลังสูญเสียในสายส่งและหม้อแปลงเนื่องจากกระแสที่ไหลมีค่าลดลงกำลังสูญเสียในสายไฟก็จะลดลง กำลังสูญเสียในหม้อแปลงที่แปรผันตามโหลดก็จะลดลงตามไปด้วย และช่วยลดแรงดันตกเมื่อกระแสที่ไหลลดลงแรงดันตกในสายส่งก็จะลดลงทำให้แรงดันที่ปลายทางที่ติดตั้งตัวเก็บประจุสูงขึ้น ดังนั้นการติดตั้งตัวเก็บประจุจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่ปรับปรุงแรงดันไฟฟ้าได้สำหรับโหลดที่ติดตั้งอยู่ปลายทาง

โดยสรุปแล้วการปรับตัวประกอบกำลังจะช่วยทำให้กำลังสูญเสียในสายส่งและหม้อแปลงลดลง สายไฟและหม้อแปลงจ่ายโหลดได้มากขึ้น ลดแรงดันตกในสายป้อน

ตัวอย่างที่ 8.3 มาตรการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor)

โรงงานแห่งหนึ่งมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานหลักในกระบวนการผลิต จากการตรวจสอบพบว่าค่าตัวประกอบกำลังในระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 0.61 เนื่องจากคาปาซิเตอร์ที่ต่อขนานเข้าไปกับระบบไฟฟ้ามีการเสื่อมสภาพไม่สามารถใช้งานได้ ซึ่งส่งผลให้มีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในหม้อแปลงและสูญเสียพลังงานในสายส่ง

แนวคิดและขั้นตอนในการดำเนินงาน เริ่มจากการตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้าและตั้งเป้าหมายค่าตัวประกอบกำลังของระบบไฟฟ้าที่ 0.95 และคำนวณหาค่าคาปาซิเตอร์ที่จะนำมาติดตั้ง ประเมินราคา คำนวณผลประโยชน์ ความคุ้มค่าในการลงทุน

วิธีการคำนวณผลการประหยัดแสดงรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

รายการ	สัญลักษณ์	ข้อมูล	หน่วย
1. ข้อมูลเบื้องต้น			
1.1 ขนาดพิกัดหม้อแปลงไฟฟ้า	kVA_R	630	kVA
1.2 ชั่วโมงการใช้งานหม้อแปลงใน 1 ปี	h	4,224	h/y
1.3 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	C_E	3.39	Baht/kWh
2. ข้อมูลตรวจวัด			
2.1 แรงดันทุติยภูมิใช้งานจริง	V_A	375	V
2.2 ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าก่อนปรับปรุง	Pf_1	0.6	
2.3 ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าหลังปรับปรุง	Pf_2	0.95	
2.4 กำลังไฟฟ้าที่ทำให้เกิดงานจริง	P_A	219	kW
2.5 Copper Loss ที่พิกัดของหม้อแปลง	C_L	6.5	kW
3. การวิเคราะห์ข้อมูล			
3.1 กระแสไฟฟ้าที่พิกัด			
$I_R = (kVA_R \times 1000) / (\sqrt{3} \times V_A)$	I_R	969.95	A
3.2 มุมระหว่างกระแสและแรงดันเดิม	f_1	53.13	
3.3 มุมระหว่างกระแสและแรงดันหลังปรับปรุง	f_2	18.19	
3.4 กำลังรีแอคทีฟ (ขนาดของคาปาซิเตอร์)			
$P_{RC} = P_A \times (\tan f_1 - \tan f_2)$	P_{RC}	220.02	kVAR
3.5 กระแสไฟฟ้าที่ Power Factor เดิม			
$I_O = (P_A \times 1000) / (\sqrt{3} \times V_A \times \cos f_1)$	I_O	561.95	A
3.6 กระแสไฟฟ้าที่ Power Factor ใหม่			
$I_N = (P_A \times 1000) / (\sqrt{3} \times V_A \times \cos f_2)$	I_N	396.67	A
3.7 Apparent Power ขณะใช้งานจริง			
$kVA_A = P_A / \cos f_1$	kVA_A	398.18	kVA
3.8 Copper Loss ของหม้อแปลงขณะใช้งานจริง			
$C_{LA} = C_L \times (kVA_A / kVA_R)^2$	C_{LA}	2.60	kW
3.9 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ใน 1 ปี			
$E_s = C_{LA} \times h \times [(I_O / I_R)^2 - (I_N / I_R)^2]$	E_s	4,386.92	kWh/y
3.10 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้			
$C_S = E_s \times C_E$			
3.11 เงินลงทุน	C_S	14,871.66	Baht/y
	I_V	30,000	Baht
4. การวิเคราะห์การลงทุน			
4.1 ระยะเวลาคืนทุน			
$PB = I_V / C_S$	C_S	2.02	y

8.1.3 การปรับปรุงคุณภาพการจ่ายไฟฟ้า

คุณภาพการจ่ายไฟฟ้าหมายถึง มาตรฐานระดับแรงดันไฟฟ้าต้องสมดุลทั้งแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า ฮาโมนิกส์ต้องน้อย ส่วนคุณภาพอื่นๆ เช่น ไม่เกิดไฟฟ้าดับบ่อยครั้ง ระดับแรงดันไฟฟ้าต้องไม่แกว่ง เป็นต้น ดังนั้นคุณภาพการจ่ายไฟฟ้าสามารถแบ่งออกได้หลักๆ ได้แก่ 1. ระดับแรงดันไฟฟ้า 2. สมดุลของแรงดันไฟฟ้า 3. สมดุลของโหลด และ 4. ฮาโมนิกส์

1. ระดับแรงดันไฟฟ้า เมื่อระดับแรงดันไฟฟ้ามีค่าสูงเกินปกติ จะส่งผลเสียต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ทำให้อายุการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าสั้นลง และ สิ้นเปลืองพลังงาน

ตารางที่ 8.2 แสดงผลของแรงดันไฟฟ้าที่มีผลต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ

แรงดันไฟฟ้า	หม้อแปลง	หลอดไส้	หลอดฟลูออเรสเซนต์	มอเตอร์จ่ายโหลดเต็ม	มอเตอร์จ่ายโหลดน้อยๆ
$\geq 220\text{ V}$ หรือ 380 V	สูญเสียในแกนเหล็กเพิ่มขึ้น	กินไฟมากขึ้น สว่างขึ้น	กินไฟมากขึ้น สว่างขึ้น	กินไฟน้อยลง เล็กน้อย	กินไฟมากขึ้น 1-2%
$\leq 220\text{ V}$ หรือ 380 V	สูญเสียในแกนเหล็กลดลง	กินไฟน้อยลง มืดลง	กินไฟน้อยลง มืดลง	กินไฟมากขึ้น 1-2%	กินไฟน้อยลง อย่างมาก

2. สมดุลของแรงดันไฟฟ้า นอกจากระดับแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมแล้ว ในแต่ละเฟสจะต้องสมดุลด้วย นั่นหมายความว่าควรจะมีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกันในแต่ละเฟส หากกรณีที่แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล เมื่อแรงดันไฟฟ้าที่ไม่สมดุลจ่ายให้กับมอเตอร์ไฟฟ้าจะทำให้เกิดแรงบิดด้านการหมุน ทำให้กำลังสูญเสียในมอเตอร์เพิ่มมากขึ้น ความร้อนจะเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย โดยทั่วไปกำหนดให้แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลได้ไม่เกินร้อยละ 1 และร้อยละของแรงดันไม่สมดุลสามารถประเมินได้จาก

ร้อยละของความไม่สมดุล = $[\text{แรงดันของเฟสที่สูงสุด} - \text{แรงดันเฉลี่ยทั้ง 3 เฟส}] / \text{แรงดันเฉลี่ยทั้ง 3 เฟส}$

ตารางที่ 8.3 ผลของแรงดันที่ไม่สมดุลทำให้อุณหภูมิของมอเตอร์เพิ่มสูงขึ้น

แรงดันที่ไม่สมดุล (%)	ความร้อนสะสมเพิ่มขึ้น (%)	อุณหภูมิเพิ่มขึ้น (°C)
0	0	80
2	8	86.4
3.5	25	100
6	70	136

3. สมดุลของโหลด ระบบจ่ายไฟฟ้าในโรงงานที่เป็นระบบสามเฟสสี่สาย จ่ายให้โหลด เช่น มอเตอร์ พัดลมขนาดใหญ่ และโหลดเฟสเดียว เช่น อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง ควรจะต้องกระจายโหลดในแต่ละเฟสให้มีกระแสไฟฟ้าใกล้เคียงกันให้มากที่สุด โดยจะต้องสมดุลทั้งตู้ย่อยแต่ละชั้น และตู้เมนไฟฟ้า

เมื่อโหลดสมดุลกระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสจะมีค่าใกล้เคียงกันและกระแสนิวทรัลจะวัดได้ศูนย์ ในกรณีที่โหลดไม่สมดุลจะทำให้การสูญเสียในสายเพิ่มสูงขึ้น กระแสที่ไม่เท่ากันก็จะส่งผลให้แรงดันที่ปลายทางของแต่ละเฟสไม่เท่ากัน เกิดแรงดันไม่สมดุลและเกิดกำลังสูญเสียในมอเตอร์เพิ่มขึ้น จึงควรหลีกเลี่ยงการใช้โหลดที่ไม่สมดุล โดยการตรวจวัดกระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟส กระแสนิวทรัลขณะใช้งานปกติ ถ้าพบว่าตู้ย่อยใดมีความแตกต่างกันหรือกระแสนิวทรัลสูง จะต้องจัดโหลดใหม่

ตัวอย่างที่ 8.4 มาตรการปรับปรุงกระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสให้สมดุล

โรงงานแห่งหนึ่งมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานหลักในส่วนของมอเตอร์เครื่องจักร เครื่องกลึง CNC ระบบทำความเย็น หม้อต้มน้ำร้อน ไฟฟ้าแสงสว่าง และเครื่องจักรอื่นๆ ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 500 kVA ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ตู้จ่ายไฟฟ้าหลัก (Main Distribution Board: MDB) เท่ากับ 397 V มีค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor) เฉลี่ยเท่ากับ 0.72 มีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 1,394,401.91 kWh/ปี คิดเป็นค่าใช้จ่าย 4,296,060.96 บาท/ปี อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 3.08 บาท/kWh เวลาทำงาน 16 ชั่วโมง/วัน และ 312 วัน/ปี

จากตรวจวัดระบบไฟฟ้าที่ตู้จ่ายไฟฟ้าหลักพบว่า กระแสไฟฟ้าในสายนิวทรัลของระบบไฟฟ้าของโรงงาน วัดได้เท่ากับ 191.74 A ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากความไม่สมดุลของกระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสสำหรับระบบไฟฟ้าแบบ 3 เฟส

ดำเนินการปรับปรุงการจ่ายกระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสให้สมดุล เพื่อให้กระแสในสายนิวทรัลเหลือไม่เกิน 10% ของขนาดกระแสไฟฟ้าเดิม ซึ่งจะช่วยลดค่าความสูญเสียในสายไฟฟ้าลงได้

วิธีการคำนวณผลประหยัด

กระแสไฟฟ้าในสายนิวทรอลจากการวัด	= 191.7	A
ความยาวสายนิวทรอลรวม	= 850	m
ความต้านทานสายนิวทรอล	= 0.0737	ohm/km
เมื่อปรับเฟสสมดุล กระแสในสายนิวทรอลลดลง	= $191.7 - (191.7 \times 10\%)$	
	= 172.57	A
กำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายนิวทรอลลดลง	= $172.57^2 \times 0.0737 \times 850$	
	= 1.866	kW
พลังงานไฟฟ้าสูญเสียในสายนิวทรอลลดลง	= $1.866 \times 16 \times 312$	
	= 9,315.07	kWh/y
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= $9,315.07 \times 3.08$	
	= 28,690.442	บาท/ปี

4. ฮาร์โมนิกส์ โดยปกติทั่วไปตามมาตรฐานที่โรงไฟฟ้าจ่ายแรงดันไฟฟ้าจะมีรูปร่างเป็นคลื่นไซน์ ความถี่ 50 เฮิร์ต เมื่อแรงดันไฟฟ้านี้จ่ายให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่มีการตัดต่อกระแสไฟฟ้า เต็มๆ ตัดเต็มนๆ จะทำให้รูปร่างของคลื่นไซน์ผิดเพี้ยนไป เรียกว่า ฮาร์โมนิกส์เกิดขึ้น ความผิดเพี้ยนนี้สามารถแจออกมาในรูปองค์ประกอบที่ความถี่สูงอันดับต่างๆ นับไม่ถ้วน ผลของฮาร์โมนิกส์จะทำให้เกิดกำลังสูญเสียเพิ่มขึ้นในสายไฟ ทำให้กำลังสูญเสียตามโหลด (Load loss) ในหม้อแปลงไฟฟ้าสูงขึ้น อันเนื่องมาจากกระแสไหลวน (Eddy Current) ขององค์ประกอบความถี่สูง ทำให้เกิดความร้อนเพิ่มขึ้นในแกนเหล็กของมอเตอร์และทำให้เกิดแรงดันเกินคร่อมตัวเก็บประจุ ซึ่งจะเห็นได้ว่าฮาร์โมนิกส์ก่อให้เกิดการสูญเสียเพิ่มขึ้นในระบบไฟฟ้า บางครั้งทำให้เกิดความร้อนสูงขึ้นแบบเฉพาะจุดและเป็นอันตราย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องควบคุมฮาร์โมนิกส์ให้เป็นไปตามมาตรฐาน โดยทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้กำหนดมาตรฐานฮาร์โมนิกส์ ณ จุดรับไฟดังตารางที่ 8.4

ตารางที่ 8.4 ค่าความเพี้ยนฮาร์โมนิกส์ที่ระดับแรงดันไฟฟ้าที่จุดรับไฟ

ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ จุดรับไฟ (kV)	ค่าความเพี้ยนฮาร์โมนิก นิกส์รวมของแรงดัน (% THD _V)	ค่าความเพี้ยนฮาร์โมนิกส์ของแรงดัน แต่ละอันดับ (% THD _V)	
		อันดับคี่	อันดับคู่
0.4	5	4	2
11, 12, 22 และ 24	4	3	1.75
33	3	2	1
61	2.45	1.63	0.82
115	1.5	1	0.5

หมายเหตุ: THD_V คือ ค่าความเพี้ยนฮาร์โมนิกส์รวมของแรงดัน (Total Harmonic Distortion of Voltage)

8.2 การประหยัดพลังงานในมอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 80 ของการใช้พลังงานทั้งหมดของโรงงานอุตสาหกรรม โดยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ชนิดเหนี่ยวนำเป็นมอเตอร์ที่นิยมใช้กันมากที่สุด ในขณะที่มอเตอร์กระแสสลับชนิดซิงโครนัส (Synchronous) มักจะใช้สำหรับงานที่ต้องการความเร็วรอบเดียว ส่วนมอเตอร์กระแสตรงมักใช้กับกรณีที่ต้องการปรับความเร็วรอบได้ โดยปกติแล้วผู้ผลิตมอเตอร์จะออกแบบมอเตอร์ให้ทำงานโดยมีประสิทธิภาพสูงสุดที่ประมาณ 80-100% ของขนาดมอเตอร์ ดังนั้นการเลือกมอเตอร์ที่มีขนาดไม่เหมาะสมกับภาระการใช้งาน เช่นการเลือกมอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่กว่าภาระมาก ๆ จะทำให้อัตราการทำงานอยู่ที่ภาระไม่ถึง 80% ของขนาดของมอเตอร์ หรือ การเลือกใช้อัตราการทำงานที่มีขนาดเล็กเกินไปทำให้อัตราการทำงานที่ภาระเกินกว่า 100% ของขนาดของมอเตอร์ ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์ลดลง สิ้นเปลืองพลังงาน นอกจากนี้ยังเป็นการลงทุนที่สูงเกินความจำเป็นหรือทำให้อายุการใช้งานของมอเตอร์สั้นลง

8.2.1 การสูญเสียในมอเตอร์

โดยทั่วไปความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับมอเตอร์ไฟฟ้ามีหลายปัจจัยดังต่อไปนี้

1. ความสูญเสียทองแดง (Copper Loss) เป็นความสูญเสียกำลังที่เกิดขึ้นในขดลวดสเตเตอร์และขดลวดโรเตอร์
2. ความสูญเสียในแกน (Core Loss) หรือความสูญเสียในแกนเหล็กสำหรับมอเตอร์อินดักชัน เป็นกำลังสูญเสียที่ประกอบด้วยการสูญเสียจากกระแสไหลวน (Eddy Current Loss) และฮิสเทรีซิส (Hysteresis Loss)

3. ความสูญเสียจากการเสียดทาน (Friction Loss) ความสูญเสียที่เกิดขึ้นนี้จะมาจากความฝืดของการหมุนของลูกปืน

4. ความสูญเสียเนื่องจากโหลด (Load Loss) เป็นความสูญเสียที่เพิ่มขึ้นตามขนาดของโหลด ซึ่งประกอบด้วยการสูญเสียที่สเตเตอร์ การสูญเสียที่โรเตอร์ การสูญเสียจากภาระการใช้งาน (Stray Loss) การสูญเสียที่สเตเตอร์สัดส่วนร้อยละ 33 ของพลังงานสูญเสียทั้งหมดอยู่ในรูปของความร้อนเกิดขึ้นจากกระแสไหลผ่านขดลวดที่ตัวอยู่กับที่หรือสเตเตอร์ (Stator) การสูญเสียที่โรเตอร์สัดส่วนร้อยละ 15 อยู่ในรูปความร้อนที่เกิดจากกระแสการไหลผ่านขดลวดที่ตัวหมุนหรือโรเตอร์ (Rotor)

ตารางที่ 8.5 ร้อยละความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับมอเตอร์ไฟฟ้า

ลำดับ	รายการความสูญเสีย	ขนาดประมาณ	องค์ประกอบที่ทำให้เกิดความสูญเสีย
1	สูญเสียที่สเตเตอร์	35-40%	ขนาดตัวนำของสเตเตอร์
2	สูญเสียที่โรเตอร์	15-25%	ขนาดตัวนำของโรเตอร์
3	สูญเสียที่แกน	15-20%	ชนิดและปริมาณที่เป็นสารแม่เหล็ก
4	สูญเสียจากความเสียดทาน	5-10%	ชนิดของตลับลูกปืน
5	สูญเสียจากโหลด	5-10%	การออกแบบมาจากโรงงาน

8.2.2 การควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์

สิ่งสำคัญของความต้องการที่จะควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์คือ มีความสนใจที่ประหยัดพลังงานในส่วนของมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งความเร็วรอบของมอเตอร์ที่เปลี่ยนแปลงไปมีผลต่อการใช้พลังงานเป็นอย่างมาก คือ กำลังไฟฟ้าแปรผันกับความเร็วรอบยกกำลังสาม สำหรับการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของมอเตอร์จะใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่เรียกว่า Inverter ในการปรับความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ไฟฟ้า

8.2.3 การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

ในโรงงานอุตสาหกรรม การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงเป็นทางเลือกที่ดีในการลดต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้าสำหรับใช้ในกระบวนการผลิต แต่มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงจะมีราคาสูงกว่ามอเตอร์ทั่วไปอยู่พอสมควร ดังนั้นการเลือกซื้อและเลือกใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงจึงควรคำนึงถึงความคุ้มค่าและระยะเวลาคืนทุน หรืออาจหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของมอเตอร์ ซึ่งสามารถสรุปแนวทางการลดความสูญเสียต่างๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของมอเตอร์ได้ดังต่อไปนี้

1. ปรับปรุงคุณภาพของ Stator มอเตอร์ทั่วไปจะใช้แผ่นเหล็กที่มีองค์ประกอบของคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Laminated Steel) สำหรับตัวแกนที่ Stator และ Rotor แกนเหล็กดังกล่าวมีค่าความสูญเสียทางไฟฟ้าเทียบกับน้ำหนักประมาณ 6.6 วัตต์ต่อน้ำหนักเหล็ก 1 กิโลกรัม ซึ่งมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงจะใช้แผ่นเหล็กซิลิคอนที่มีคุณภาพสูง (High Grade Silicon Steel) โดยค่าความสูญเสียทางไฟฟ้าจะลดลงประมาณครึ่งหนึ่งคือประมาณ 3.3 วัตต์ต่อน้ำหนักเหล็ก 1 กิโลกรัม

2. แผ่นเหล็กที่บางลง การลดความหนาของแผ่นเหล็กที่ใช้ทำแกนเหล็กทั้งใน Stator และ Rotor จะช่วยลดความสูญเสียที่เกิดจากกระแสไหลวนได้เป็นอย่างมาก

3. เพิ่มปริมาณของตัวนำ การเพิ่มขนาดของลวดทองแดงให้มีขนาดใหญ่ขึ้น จะช่วยลดความต้านทานในขดลวด

4. ปรับปรุงการออกแบบช่อง Slot เพื่อที่จะรองรับขนาดของขดลวดที่มีขนาดใหญ่ขึ้น จำเป็นต้องมีการปรับปรุงและออกแบบช่อง Slot ใหม่ รวมทั้งเพิ่มความยาวของแกนเหล็กที่ Stator

5. ลดช่องว่างระหว่าง Stator และ Rotor สำหรับการลดช่องว่างที่เป็นทางเดินของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจาก Stator ที่วิ่งผ่านไปยัง Rotor ทำให้มีความเข้มเพิ่มสูงขึ้น มีผลทำให้มอเตอร์ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลงจากการสร้างแรงบิดที่เท่าเดิม นอกจากนี้การที่ทำให้แกนเหล็กบางลงจะช่วยเพิ่มปริมาณสนามแม่เหล็กที่จะเป็นผลทำให้เกิดผลแบบเดียวกันกับการลดช่องว่างระหว่าง Stator และ Rotor

6. ปรับปรุงฉนวนที่ Rotor ค่าความสูญเสียบางอย่างเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ซึ่งปกติแล้วตัวนำที่อยู่ที่ Rotor จะถูกออกแบบไว้ในลักษณะเฉียงกับแนวแกนของ Rotor เพื่อที่จะลดเสียงรบกวนและแรงบิดที่ไม่สม่ำเสมอในมอเตอร์ขนาดเล็กในมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง ช่อง Slot ที่ Rotor จะได้รับการตรวจสอบแลเคลือบด้วยฉนวนที่สามารถทนต่อความร้อนสูงได้เพื่อลดความสูญเสียดังกล่าว

7. ออกแบบพัดลมให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เนื่องจากมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงมีอุณหภูมิการทำงานต่ำกว่ามอเตอร์ธรรมดา เป็นผลทำให้พัดลมที่ใช้ในการระบายความร้อนมีขนาดเล็กลง ซึ่งเป็นการความสูญเสียเนื่องจากแรงลม นอกจากนั้นยังช่วยลดระดับเสียงให้ลดลงตามไปด้วย

สำหรับประโยชน์ของมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

1. สามารถช่วยลดค่าไฟฟ้าในส่วน of ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) และค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (Demand Charge)

2. มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงจะมีอุณหภูมิในการทำงานต่ำ และใช้ตัวลบลูกปืนที่มีคุณภาพสูงกว่ามอเตอร์ธรรมดา ทำให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่า

3. ลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาและความสูญเสียที่เกิดจากการหยุดเดินเครื่องจักรเมื่อมีมอเตอร์เสีย

4. ลดการสูญเสียทรัพยากรธรรมชาติในการผลิตกระแสไฟฟ้า

ตารางที่ 8.6 เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงกับมอเตอร์ธรรมดา

กำลังมอเตอร์ (แรงม้า)	ประสิทธิภาพของมอเตอร์ทั่วไป (%)	ประสิทธิภาพของมอเตอร์ ประสิทธิภาพสูง (%)
7.5	84.8	89.5
10	85.6	89.5
15	87.4	91.0
20	88.3	91.0
25	88.9	92.4
30	89.8	92.4
40	90.4	93.0
50	91.0	93.0
60	91.5	93.6
75	92.0	94.1
100	92.0	94.5
125	92.2	94.5
150	92.8	95.0
200	93.3	95.0
250	93.5	95.0
300	93.5	95.4
400	93.8	95.4
500	94.0	95.8

หมายเหตุ: การกำหนดค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์ของแต่ละหน่วยงานมีค่าแตกต่างกันตามวิธีทดสอบ ในประเทศไทยหลายๆ หน่วยงานนิยมใช้ค่าประสิทธิภาพมาตรฐานตาม IEEE-112, Test Method B เป็นค่าอ้างอิง

ตัวอย่างที่ 8.5 การหาความคุ้มค่าของการเลือกใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

ในการคำนวณหาความคุ้มค่าของการเลือกใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง เป็นสิ่งที่จะต้องให้ความสำคัญอยู่ไม่น้อย เนื่องจากผู้รับผิดชอบที่เกี่ยวข้องกับมาตรการนี้จะต้องเปรียบเทียบความคุ้มค่าของการเลือกใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงเพื่อเสนอต่อผู้บริหารในการพิจารณาอนุมัติโครงการดังกล่าว ดังนั้นในการพิจารณาเกี่ยวกับการลงทุน ผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง เพื่อคำนวณให้เห็นถึงระยะเวลาคืนทุนที่เหมาะสม โดยปกติแล้วการหาประสิทธิภาพของมอเตอร์ที่ติดตั้งใช้งานอยู่ค่อนข้างจะดำเนินการได้ยาก ในทางปฏิบัติอาจประมาณประสิทธิภาพของมอเตอร์ที่ใช้

งานอยู่เบื้องตันจากแผ่นป้ายบนมอเตอร์และผลการตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าและความเร็วรอบของมอเตอร์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงสีข้าวแห่งหนึ่งมีการใช้พลังงานไฟฟ้าหลักในส่วนของมอเตอร์เครื่องจักร เครื่องสีข้าว เครื่องกระเทาะข้าวเปลือก และ เครื่องอบแห้งข้าวเปลือก จากการสำรวจการใช้พลังงานในระบบไฟฟ้าพบว่า มีการติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 160 kVA ระดับแรงดันไฟฟ้า 377 V ค่าตัวประกอบกำลังเฉลี่ย 0.81 เวลาทำงาน 08.00-01.00 น. รวม 17 ชม./วัน และ 365 วัน/ปี มีอัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 3.53 บาท/kWh และจากการตรวจวัดการใช้พลังงานของโรงงานพบว่า มีการใช้มอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับเครื่องอบข้าวเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าแบบมาตรฐานทั่วไปขนาด 20 HP จำนวนทั้งหมด 4 เครื่อง วัดกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของมอเตอร์แต่ละตัวขณะใช้งานได้ 14.52 kW ทำงาน 17 ชม./วัน 365 วัน/ปี โดยมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้งานดังกล่าวมีการใช้งานมาเป็นระยะเวลานานและมีการใช้พลังงานที่สูงกว่ามอเตอร์ประสิทธิภาพสูง ดังนั้นจึงมีความสนใจที่จะเปลี่ยนมอเตอร์ไฟฟ้าแบบมาตรฐานทั่วไปเป็นมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

วิธีการคำนวณผลประหยัด

ขนาดของมอเตอร์ (HP)	=	20	HP
จำนวนของมอเตอร์ (n)	=	4	ตัว
กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของมอเตอร์ต่อตัว (P_{in})	=	14.52	kW
ประสิทธิภาพมอเตอร์มาตรฐานเดิม (Eff_{STD})	=	88.3	%
ประสิทธิภาพมอเตอร์มาตรฐานสูง (Eff_{HEM}) ตัวใหม่	=	91.0	%
กำลังไฟฟ้าสูญเสียในมอเตอร์ที่ลดลง	=	$Eff_{STD} \times P_{in} \times [(1/ Eff_{STD}) - (1/ Eff_{HEM})] \times n$	
	=	$88.3 \times 14.52 \times [(1/88.3) - (1/91.0)] \times 4$	
	=	1.723	kW
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	$1.723 \text{ kW} \times 17 \text{ ชม./วัน} \times 365 \text{ วัน/ปี}$	
	=	10,691.22	kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	$10,691.22 \text{ kWh/ปี} \times 3.53 \text{ บาท/kWh}$	
	=	37,740	บาท/ปี
เงินลงทุนในการเปลี่ยนมอเตอร์	=	$18,500 \text{ บาท/ตัว} \times 4 \text{ ตัว}$	
	=	74,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	$74,000 \text{ บาท} / 37,740 \text{ บาท/ปี}$	
	=	1.96	ปี

8.3 การประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศเป็นระบบที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุดสำหรับการใช้พลังงานในอาคารทั่วไป และ ในบางอุตสาหกรรมก็มีการใช้พลังงานสูงเป็นอันดับต้นๆ ของการใช้พลังงานในโรงงาน การให้ความสำคัญของการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจอยู่ไม่น้อย ซึ่งก่อนที่จะแนะนำแนวทางของการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ จึงควรเข้าใจถึงหลักการทำงานและความสำคัญของอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบปรับอากาศเพื่อใช้เป็นพื้นฐานและแนวทางในการประหยัดพลังงานต่อไป

สำหรับหน้าที่หลักๆ ของระบบปรับอากาศสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเด็นใหญ่ๆ คือ

1. เพื่อความสบายของผู้อยู่อาศัย เป็นส่วนที่สำคัญของการใช้งานในอาคารทั่วไปและในโรงงานอุตสาหกรรม หรืออาจรวมไปถึงการควบคุมสภาพอากาศเพื่อความปลอดภัยของผู้อยู่อาศัยด้วยเช่น กรณีในโรงพยาบาลมีการใช้ระบบปรับอากาศเพื่อความสะอาดและความดันระดับต่างๆ ตามความเหมาะสมของลักษณะห้องที่ใช้งาน
2. เพื่อใช้กระบวนการผลิต มีการใช้งานเฉพาะในบางอุตสาหกรรมที่ต้องการควบคุมตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์หรือเพื่อป้องกันความเสียหายในกระบวนการผลิต ตัวอย่างเช่นในอุตสาหกรรมสิ่งทอ มีการควบคุมความชื้นของเส้นใยให้มีความชื้นในระดับที่เหมาะสม หากอากาศในห้องปรับอากาศมีความแห้งมากเกินไปอาจส่งผลต่อความเสียหายของเส้นใยที่จะนำไปใช้ในการทอผ้า ซึ่งจะเน้นการควบคุมความชื้นมากกว่าการควบคุมอุณหภูมิในห้องดังกล่าว ผู้ที่ปฏิบัติงานอาจไม่รู้สึกรู้ว่ามีความสบายเท่าไร เนื่องจากมีความชื้นสูงกว่าในห้องปรับอากาศปกติ

8.3.1 อุปกรณ์หลักในระบบปรับอากาศ

เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ทำหน้าที่ผลิตน้ำเย็นและส่งไปให้กับเครื่องส่งลมเย็น โดยภายในเครื่องทำน้ำเย็นจะประกอบด้วยอุปกรณ์หลักดังต่อไปนี้

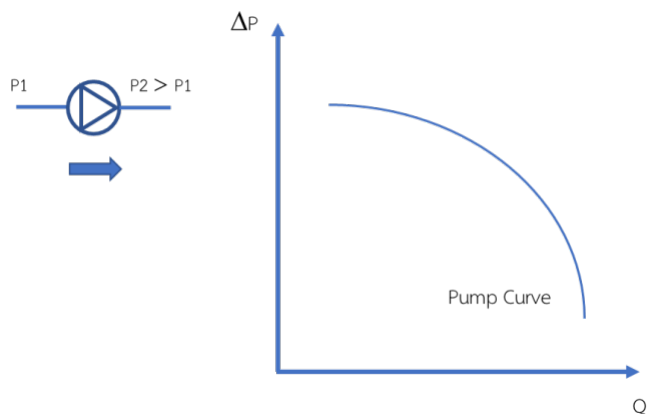
- เครื่องอัดสารทำความเย็น หรือ คอมเพรสเซอร์ ทำหน้าที่ดูดสารทำความเย็นในสถานะที่เป็นไอความดันต่ำจากเครื่องระเหยและทำการอัดสารทำความเย็นให้มีความดันสูงขึ้นจนสามารถควบแน่นเป็นของเหลวในคอนเดนเซอร์และส่งสารทำความเย็นไปยังอุปกรณ์ต่างๆ ต่อไป
- เครื่องควบแน่น หรือ คอนเดนเซอร์ ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สำหรับการระบายความร้อนให้กับสารทำความเย็นเพื่อเปลี่ยนสถานะของสารทำความเย็นจากไอความดันสูงเป็นของเหลวความดันสูง
- อุปกรณ์ลดความดัน หรือ อุปกรณ์ขยายตัว ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของสารทำความเย็นก่อนเข้าเครื่องระเหยและลดความดันของสารทำความเย็นที่อยู่ในสถานะของเหลวความดันสูงให้เป็นของเหลวความดันต่ำ

- เครื่องระเหย หรือ อีวาพอเรเตอร์ ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในการแลกเปลี่ยนความร้อนจากบริเวณโดยรอบให้กับสารทำความเย็นเพื่อเปลี่ยนสถานะจากของเหลวความดันต่ำให้เป็นไอความดันต่ำ และส่งเข้าเครื่องอัดสารทำความเย็นต่อไป

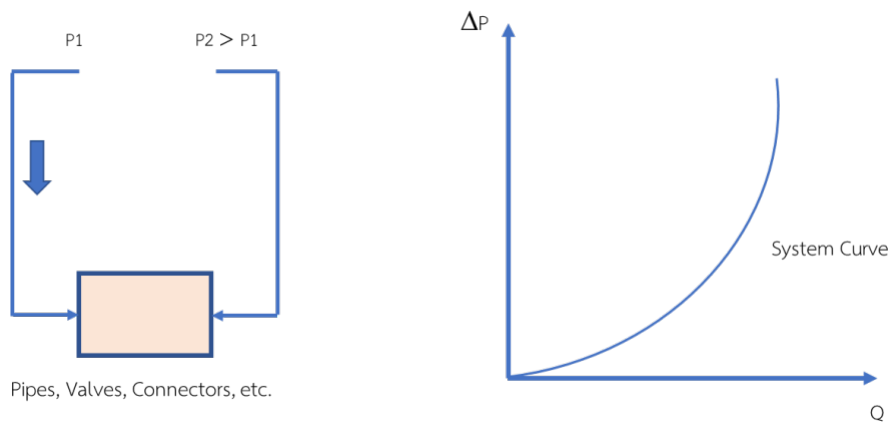
สำหรับการเลือกเครื่องทำน้ำเย็นสำหรับใช้ในระบบปรับอากาศควรพิจารณาจากองค์ประกอบที่สำคัญคือ ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น ซึ่งแสดงค่าประสิทธิภาพเป็นค่า COP (Coefficient Of Performance) คือ อัตราส่วนระหว่างจำนวนพลังงานที่เครื่องปรับอากาศสามารถผลิตความเย็นได้ ต่อจำนวนพลังงาน (ไฟฟ้า) ที่เครื่องใช้ หรือ kW/Ton คือ จำนวนพลังงานที่ต้องเสียหรือที่เครื่องปรับอากาศใช้เป็นกิโลวัตต์ ต่อความสามารถที่เครื่องปรับอากาศทำความเย็นได้ 1 ตันความเย็น

เครื่องสูบน้ำ (Water pump) ทำหน้าที่ในการส่งน้ำเย็นให้หมุนเวียนผ่านอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบ ส่วนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จะขึ้นอยู่กับ อัตราการไหล ความเสียดทาน ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ และประสิทธิภาพของมอเตอร์ที่ใช้ในการขับเครื่องสูบน้ำ ในระบบปรับอากาศเครื่องสูบน้ำที่ใช้จะสามารถพบได้ทั้งระบบน้ำเย็น และ ระบบน้ำหล่อเย็น หากพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการอนุรักษ์พลังงานของเครื่องสูบน้ำจะต้องเริ่มตั้งแต่การออกแบบให้มีการใช้อัตราการไหลของน้ำให้น้อยที่สุด ความเสียดทานของท่อน้ำและใช้อุปกรณ์ให้น้อยที่สุดโดยไม่เผื่อขนาดของปั๊มและมอเตอร์จนเกินไป หากมีการเผื่อขนาดมากเกินไปจะทำให้อัตราการไหลที่ได้มีปริมาณมากเกินไปส่งผลให้ต้องมีการปรับอัตราการไหลให้น้อยลงโดยการหริวาล์วหรือมีการใช้ระบบ Bypass ซึ่งการปรับอัตราการไหลดังกล่าวจะสิ้นเปลืองพลังงาน ควรออกแบบให้ระบบปรับอากาศใช้ปริมาณที่ต้องหมุนเวียนมีค่าคงที่หรือแปรผันไม่มาก ตัวอย่างเช่น ระบบน้ำเย็นแบบวงจร Primary/Secondary ซึ่งจะลดความจำเป็นในการปรับอัตราการไหลโดยการปรับหริวาล์ว หรือหากมีความจำเป็นต้องปรับอัตราการไหลควรติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ใช้ในการขับเครื่องสูบน้ำเรียกว่า Variable Speed Drive, VSD เพราะจะช่วยในการประหยัดพลังงานได้เป็นอย่างมาก นอกจากนั้นการเลือกประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ และมอเตอร์ให้สูงที่สุดก็เป็นสิ่งที่จำเป็นต้องให้ความสนใจอยู่เสมอไม่น้อย สำหรับค่าอัตราการไหลมาตรฐานที่ผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศและวิศวกรออกแบบระบบปรับอากาศนิยมใช้คือ 2.4 GPM/Tonref. ในส่วนของอัตราการไหลของน้ำเย็น และ 3.0 GPM/Tonref. ในส่วนของอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น ซึ่งค่าทั้งสองนี้สามารถใช้เป็นค่าประมาณในการตรวจสอบว่าอัตราการไหลของน้ำเย็นและน้ำหล่อเย็นอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมหรือไม่

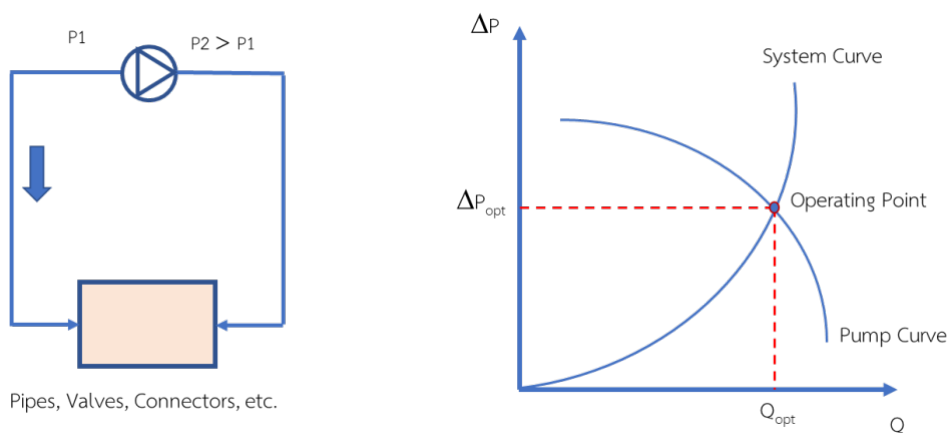
สำหรับจุดทำงานของเครื่องสูบน้ำดังแสดงในรูปที่ 8.3 สามารถหาได้จากจุดตัดขององค์ประกอบสองส่วนคือ Pump Performance Curve แสดงดังรูปที่ 8.1 ซึ่งหาได้จากผู้ผลิตเครื่องสูบน้ำ โดยพิจารณาเฉพาะเส้นของความเร็วยรอบที่เลือกใช้ของมอเตอร์ขับเครื่องสูบน้ำ และ System Curve แสดงดังรูปที่ 8.2 ซึ่งได้จากการคำนวณความเสียดทานของท่อและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องจากวิศวกรผู้ออกแบบระบบ



รูปที่ 8.1 ลักษณะของ Pump Performance Curve ที่ความเร็วรอบค่าหนึ่ง



รูปที่ 8.2 ลักษณะของ System Curve



รูปที่ 8.3 จุดทำงานของเครื่องสูบน้ำ

เครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit) ทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำเย็นที่มาจากเครื่องทำน้ำเย็นกับอากาศและส่งลมเย็นไปยังบริเวณที่ใช้งาน โดยเครื่องส่งลมเย็นประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังต่อไปนี้ พัดลม แผงคอยล์เย็น แผงกรองอากาศ และ แดมเปอร์สำหรับปรับปริมาณลมเย็น ถ้าเป็นเครื่องส่งลมเย็นขนาดใหญ่จะเรียกว่า Air Handling Unit, AHU แต่ถ้าเครื่องส่งลมเย็นเป็นขนาดเล็กจะเรียกว่า Fan Coil Unit, FCU กรณีที่ต้องการเครื่องส่งลมเย็นที่มีขนาดใหญ่มาก ในทางปฏิบัติสามารถสร้างได้โดยการกั้นผนังที่สร้างขึ้นมาโดยเฉพาะสำหรับห้องเย็น (Cool room panel) จากส่วนใดส่วนหนึ่งของอาคารโดยการออกแบบไว้ตั้งแต่เริ่มต้น ท่อลมที่ออกจากเครื่องส่งลมเย็นจะเรียกว่า ลมจ่าย (Supply air duct, SA) และ ท่อลมที่กลับจากบริเวณที่ใช้งานจะเรียกว่า ท่อลมกลับ (Return air duct, RA) ส่วนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องส่งลมเย็นก็จะมีลักษณะเดียวกันกับเครื่องสูบน้ำ

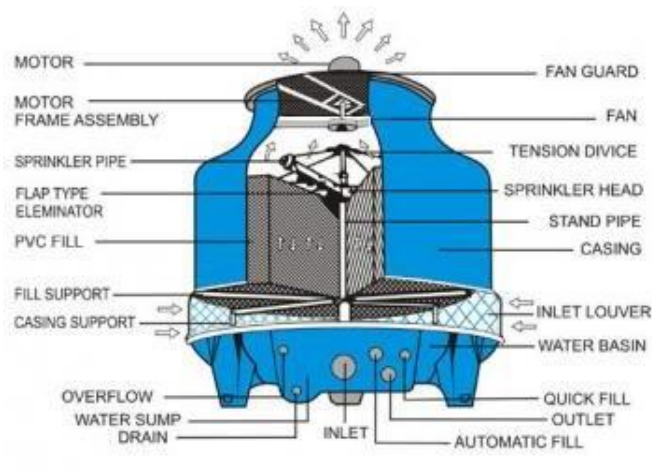
การประหยัดพลังงานของเครื่องส่งลมเย็น ควรจะเริ่มตั้งแต่การออกแบบ ได้แก่ 1. กำหนดให้มีอัตราการไหลที่น้อยที่สุด 2. ความเสียดทานของท่อและอุปกรณ์ให้น้อยที่สุด 3. ประสิทธิภาพของพัดลมและมอเตอร์ให้มากที่สุด ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. อัตราการไหล โดยทั่วไปแล้วหากต้องการให้มีอัตราการไหลของอากาศไหลผ่านคอยล์เย็นลดลงจะต้องทำให้อุณหภูมิของน้ำเย็นที่ไหลเข้าคอยล์เย็นลดลงด้วย ซึ่งสามารถทำได้ 2 วิธีคือ วิธีที่ 1 จะต้องเพิ่มจำนวนแถวของท่อทองแดงและครีบบะลุมิเนียมเพื่อช่วยในการแลกเปลี่ยนความร้อนได้มากขึ้น ทำให้คอยล์เย็นมีราคาเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งวิธีดังกล่าวไม่ได้ทำให้เครื่องทำน้ำเย็นมีการใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้น ส่วนวิธีที่ 2 การกำหนดให้น้ำเย็นที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นมีอุณหภูมิลดลง ซึ่งวิธีนี้จะส่งผลให้ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นลดลง กล่าวคือมีการใช้พลังงานที่เครื่องทำน้ำเย็นสูงขึ้น ทั้งนี้จะต้องพิจารณาว่าการลดพลังงานของพัดลม จะคุ้มค่ากับการเพิ่มการใช้พลังงานที่เครื่องทำน้ำเย็นหรือไม่ โดยทั่วไปค่ามาตรฐานโดยประมาณที่ผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ผลิตในประเทศไทยนิยมใช้คือ อัตราการไหลของลมเย็น 400 cfm/ Tonref. แต่อย่างไรก็ตามหากต้องการปรับลดอัตราการไหลของอากาศที่เครื่องส่งลมเย็นสามารถใช้อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ขับเคลื่อน (INVERTER) หรือ VSD (Variable Speed Drive)

2. ความเสียดทานของท่อและอุปกรณ์ หลักการของลดความเสียดทานของท่อและอุปกรณ์คือการออกแบบท่อลมให้สั้นที่สุดและมีอุปกรณ์ต่อ ข้อต่อ ข้องอ ให้น้อยที่สุด แต่ในทางปฏิบัติมักจะถูกบังคับด้วยสถานที่ ดังนั้นการลดความเสียดทานของท่อและอุปกรณ์อาจทำได้โดยการเพิ่มขนาดของท่อและอุปกรณ์ทำให้มีความเสียดทานลดลงแต่ก็จะมีต้นทุนของอุปกรณ์ที่เพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย หรือ การออกแบบให้ท่อมีลักษณะเป็นวงกลมหรือวงรีแต่จะทำให้ท่อมีขนาดใหญ่ ซึ่งในกรณีที่ติดตั้งท่อลมกลมในพื้นที่เปิดโล่งอาจไม่ส่งผลกระทบในการติดตั้ง แต่หากติดตั้งท่อลมกลมที่อยู่เหนือฝ้าเพดานไม่สามารถจะดำเนินการได้ จึงต้องใช้ท่อลมที่เป็นแบบสี่เหลี่ยม โดยในหลักการควรใช้ท่อที่เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสให้มากที่สุด แต่อาจมีปัญหาหน้างานเมื่อต้องการลดความสูงของท่อลมจึงจำเป็นต้องใช้ท่อลมที่เป็นหน้าตัดแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า

3. การเลือกพัดลมและมอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง ในการเลือกใช้พัดลมที่มีประสิทธิภาพสูง จะต้องคำนึงชนิดของพัดลม ชั่วโมงการใช้งาน ซึ่งพัดลมที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดจะเป็นแบบหอยโข่งที่มีใบพัดเป็นแบบซีโบโค้งหลัง (Backward Curve Centrifugal Fans) และมอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง แทนมอเตอร์มาตรฐานทั่วไปจะมีราคาสูง ทำให้ต้นทุนสูง ดังนั้นจะต้องพิจารณาถึงความคุ้มค่าในการใช้งาน

หอระบายความร้อน (Cooling Tower) ทำหน้าที่ในการลดอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็น โดยอาศัยการระเหยของน้ำจากการที่ปล่อยให้ น้ำหล่อเย็นเคลื่อนที่ลงผ่านครีบและใช้พัดลมที่ติดตั้งอยู่ด้านบนระบายความร้อนของน้ำออก ทำให้ปริมาณน้ำหล่อเย็นที่ไหลผ่านหอระบาย ความร้อนลดลง จึงต้องมีการเติมน้ำจากแหล่งภายนอกเพื่อชดเชยน้ำที่ระเหยออกไป ซึ่งน้ำที่ใช้เติมในหอระบายความร้อนจะต้องเติมสารป้องกันการเกิดตะกรันและตะไคร่น้ำ ส่วนหลักการเลือกหอระบายความร้อนเพื่อให้ประหยัดพลังงานคือ จะต้องเลือกหอระบายความร้อนที่ทำให้น้ำที่ออกจากคอนเดนเซอร์ของเครื่องทำน้ำเย็นมีอุณหภูมิต่ำลงได้มาก ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นมีค่าสูงขึ้น



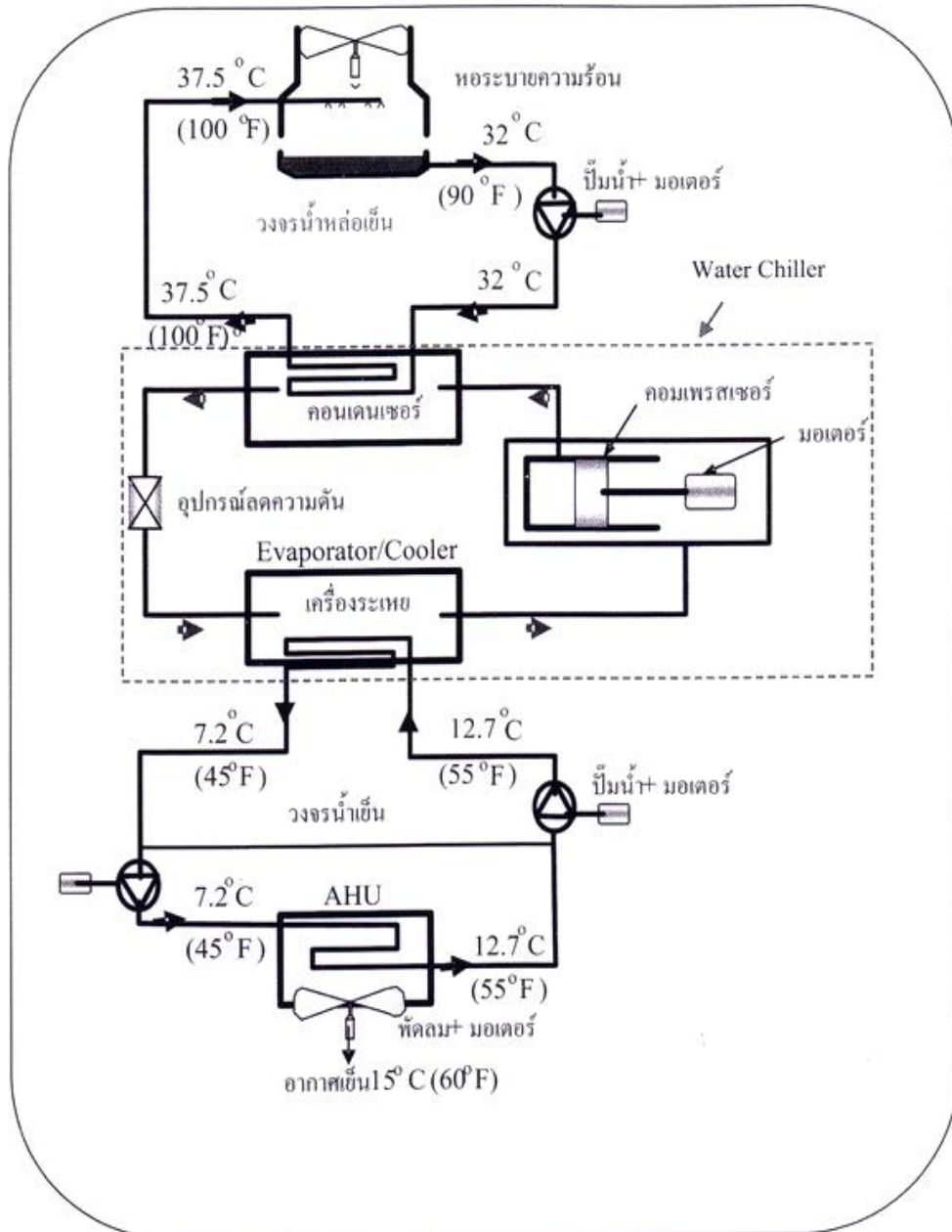
รูปที่ 8.4 หอระบายความร้อน

(ที่มา: <https://www.pinterest.com/pin/747316131893876870/>)

สำหรับระบบปรับอากาศขนาดใหญ่จะต้องประกอบด้วยวงจรของน้ำเย็นที่ไหลผ่านอุปกรณ์ต่างๆ เช่น เครื่องสูบน้ำเย็น เครื่องส่งลมเย็น เครื่องระเหยที่อยู่ในส่วนของเครื่องทำน้ำเย็น และวงจรของน้ำหล่อเย็นจะไหลผ่านเครื่องระบายความร้อนที่อยู่ในเครื่องทำน้ำเย็น เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น และหอระบายความร้อน ซึ่งจะแสดงค่าอุณหภูมิของน้ำเย็นและน้ำหล่อเย็นที่เหมาะสมในบริเวณต่างๆ โดยสามารถใช้ค่าอุณหภูมิดังกล่าวในการตรวจสอบเบื้องต้นว่ามีความผิดปกติหรือไม่เพื่อที่จะได้ดำเนินการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมในส่วนที่อาจจะมีปัญหาต่อไป

ตารางที่ 8.7 แนวทางเบื้องต้นสำหรับการใช้งานหอระบายความร้อน

ปัญหา	สาเหตุ	การแก้ไข
น้ำออกจากหอระบายความร้อนสูง	1. น้ำไหลมากเกินไป 2. อากาศไหลผ่านน้อยเกินไป 3. อากาศที่ออกจากหอระบายความร้อนย้อนกลับเข้าตัวหอระบายความร้อน 4. ฟิลเตอร์อุดตัน	1. ปรับวาล์วน้ำเข้าให้น้อยลง 2. ตรวจสอบมัมไบพัดและแก้ไขการอุดตันของร่องอากาศ 3. ตรวจสอบสิ่งกีดขวางทางลม 4. ทำความสะอาดหรือเปลี่ยนใหม่
น้ำเข้าหอระบายความร้อนสูง	1. ภาระทางความร้อนต่ำ 2. เลือกขนาดหอระบายความร้อนใหญ่เกินไป 3. น้ำไหลในระบบน้อย	1.1 อุปกรณ์ระบายความร้อนอุดตันหรือมีตะกักรันหนา ควรทำความสะอาด 1.2 ปิดหอระบายความร้อนบางตัว 2. ตรวจสอบวิศวกร 3. ปรับวาล์วให้น้ำไหลผ่านมากขึ้น
พัดลมสั่นและเสียงดัง	ใบพัดไม่สมดุล	ถ่วงใบพัดให้สมดุล
อัตราการไหลของน้ำน้อย	ไส้กรองอุดตัน	ทำความสะอาดไส้กรอง
การสูญเสียน้ำมาก	1. น้ำในระบบไหลมากเกินไป 2. พัดลมมีความสามารถสูงเกินไป 3. ระบบลูกลอยบกพร่องทำให้น้ำล้น	1. ปรับวาล์วน้ำให้เหมาะสม 2. ลดมุมเอียงของใบพัดให้น้อยลง 3. แก้ไขและปรับระดับใหม่
มีตะกักรันมากและตะไคร่น้ำ	1. ถ่ายน้ำทิ้งน้อยเกินไป 2. น้ำเติมมีความกระด้างสูง	1. คำนวณหาปริมาณน้ำที่เหมาะสม 2. ปรึกษาบริษัทกำจัดน้ำกระด้าง



รูปที่ 8.5 แสดงวงจรระบบปรับอากาศขนาดใหญ่

(คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในระบบการใช้พลังงานหลักด้านระบบปรับอากาศ, 2550)

จากรูปที่ 8.5 แสดงวงจรระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ที่มีการระบายความร้อนด้วยน้ำ ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ คือ 1. เครื่องทำน้ำเย็น 2. วงจรน้ำเย็น 3. วงจรน้ำหล่อเย็น โดยส่วนแรกที่เป็นเครื่องทำน้ำเย็นจะทำหน้าที่ผลิตน้ำเย็นให้ได้ตามที่กำหนดไว้ โดยปกติทั่วไปจะผลิตน้ำเย็นประมาณ 7.2°C หรือ 45°F เพื่อส่งน้ำเย็นจ่ายเข้าไปยังวงจรน้ำเย็นต่อไป ซึ่งเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดใหญ่กว่า

500 ตันความเย็น มักนิยมใช้คอมเพรสเซอร์ชนิดหอยโข่ง (Centrifugal Compressor) เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงกว่าชนิดอื่นๆ นอกจากนั้นหากต้องการเครื่องทำน้ำเย็นที่ประสิทธิภาพสูงๆ ควรใช้เป็นระบบ Magnatic Bearing Chiller หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Magnatic Oil Free Chiller ซึ่งจะอยู่ในส่วนของคอมเพรสเซอร์ ซึ่งประสิทธิภาพได้สูงถึง 0.45 kW/Tonref. ส่วนวงจรน้ำเย็นจะประกอบไปด้วยเครื่องสูบน้ำเย็นและเครื่องส่งลมเย็น เครื่องสูบน้ำเย็นจะทำหน้าที่ส่งน้ำเย็นผ่านเครื่องทำน้ำเย็นไปยังเครื่องส่งลมเย็น เมื่อน้ำเย็นไหลเข้าคอยล์เย็นที่อยู่ในเครื่องส่งลมเย็นและพัดลมในเครื่องส่งลมเย็นดูดอากาศที่เป็นลมกลับจากห้องปรับอากาศเข้าเครื่องส่งลมเย็นและมีการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศที่ไหลผ่านคอยล์เย็น ทำให้ได้ลมเย็นที่มีอุณหภูมิประมาณ 15°C (60°F) ส่งไปยังห้องปรับอากาศในส่วนต่างๆ โดยทั่วไปจะออกแบบให้ห้องปรับอากาศมีอุณหภูมิ 25°C (60°F) และความชื้นสัมพัทธ์ 50-55% เมื่อน้ำเย็นแลกเปลี่ยนความร้อนกับคอยล์เย็นในเครื่องส่งลมเย็นแล้ว น้ำเย็นจะมีอุณหภูมิประมาณ 12.7°C (55°F) ไหลเข้าเครื่องทำน้ำเย็นทางด้านเครื่องระเหย สารทำความเย็นทางด้านเครื่องระเหยจะใช้ความร้อนดังกล่าวในการระเหยสารทำความเย็นเพื่อเปลี่ยนสถานะจากของเหลวความดันต่ำเป็นไอความดันต่ำก่อนไหลเข้าคอมเพรสเซอร์ต่อไป ส่วนวงจรน้ำหล่อเย็นจะใช้ระบายความร้อนในการระบายความร้อนของน้ำหล่อเย็นที่มาจากเครื่องทำน้ำเย็นที่ผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อนทางด้านคอนเดนเซอร์แล้วทำให้น้ำหล่อเย็นมีอุณหภูมิ 37°C (100°F) และเมื่อระบายความร้อนที่ระบายความร้อนแล้ว น้ำหล่อเย็นจะมีอุณหภูมิประมาณ 32°C (90°F) ทั้งนี้เมื่อสารทำความเย็นที่อยู่ในคอนเดนเซอร์ได้รับการระบายความร้อนจะทำให้สารทำความเย็นดังกล่าวเปลี่ยนสถานะจากไอความสูงเป็นของเหลวความดันสูง และสารทำความเย็นจะไหลเข้าอุปกรณ์ลดความดัน และเข้าเครื่องระเหยในลำดับต่อไป

8.3.2 อัตราการถ่ายเทความร้อนและอัตราการทำความเย็นในเครื่องทำน้ำเย็น

ในการคำนวณหาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนและอัตราการทำความเย็นในเครื่องทำน้ำเย็นสามารถหาได้จากสูตรพื้นฐานดังต่อไปนี้

$$q = m \times C \times \Delta T \quad (8.1)$$

$$q = \Delta \times Q \times C \times \Delta T \quad (8.2)$$

เมื่อ

q = อัตราความร้อนที่ต้องเข้าหรือออกจากของเหลวในหน่วย kW หรือ Btu/min

m = อัตราการไหลเชิงมวลของของเหลวในหน่วย kg/s หรือ lb/min

Q = อัตราการไหลเชิงปริมาตรของของเหลวในหน่วย m³/s หรือ GPM

ρ = ความหนาแน่นของของเหลวในหน่วย kg/m³ หรือ lb/US.gallon

C = ความร้อนจำเพาะในหน่วย kJ/kg °C หรือ Btu/lb °F

ΔT = อุณหภูมิแตกต่างระหว่างน้ำไหลเข้าและออกในหน่วย °C หรือ °F

สำหรับน้ำ $\rho = 1,000 \text{ kg/m}^3 (8.333 \text{ lb/US.gallon})$

$$C = 4.187 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C} (1 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F})$$

จะได้ $q = 4187 \times Q \times \Delta T = 4.187 \times \text{LPS} \times \Delta T$

$$\text{LPS} = q / (4.187 \times \Delta T)$$

ซึ่ง LPS คือ Q ที่มีหน่วยเป็น L/s

$$q = 8.333 \times Q \times \Delta T = 8.333 \times \text{GPM} \times \Delta T$$

ซึ่ง q มีหน่วยเป็น Btu/min, GPM คือ Q ที่มีหน่วยเป็น US.gallon (GPM)

$$\text{Ton}_{\text{ref.}} = \text{GPM} \times \Delta T / 24$$

$$\text{GPM} = 24 \times \text{Ton}_{\text{ref.}} / \Delta T$$

ซึ่ง $\text{Ton}_{\text{ref.}}$ คือ q ที่มีหน่วยเป็น Ton of Refrigeration = 12,000 Btu/h = 200 Btu/min หรือเท่ากับ 3.517 kW

สำหรับน้ำผสม Ethylene Glycol-25%

$$\rho = 1,036 \text{ kg/m}^3 (8.633 \text{ lb/US.gallon})$$

$$C = 3.76 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C} (1 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F})$$

จะได้ $q = 3895 \times Q \times \Delta T = 3.895 \times \text{LPS} \times \Delta T$

$$\text{LPS} = q / (3.895 \times \Delta T)$$

ซึ่ง LPS คือ Q ที่มีหน่วยเป็น L/s

$$q = 7.753 \times Q \times \Delta T = 7.753 \times \text{GPM} \times \Delta T$$

ซึ่ง q มีหน่วยเป็น Btu/min, GPM คือ Q ที่มีหน่วยเป็น US.gallon (GPM)

$$\text{Ton}_{\text{ref.}} = \text{GPM} \times \Delta T / 25.8$$

$$\text{GPM} = 25.8 \times \text{Ton}_{\text{ref.}} / \Delta T$$

ซึ่ง $\text{Ton}_{\text{ref.}}$ คือ q ที่มีหน่วยเป็น Ton of Refrigeration = 12,000 Btu/h = 200 Btu/min หรือเท่ากับ 3.517 kW

ตัวอย่างที่ 8.6 เครื่องมือวัดอัตราการไหลของน้ำเย็นไหลที่เข้าเครื่องทำน้ำเย็นได้เท่ากับ 480 GPM อุณหภูมิน้ำขาเข้าและออกเท่ากับ 55°F และ 45°F ตามลำดับ จงหาขนาดของเครื่องทำความเย็น แต่ถ้าเป็นน้ำผสม Ethylene Glycol-25% เครื่องทำความเย็นจะมีขนาดเท่าไร

$$\begin{aligned} \text{น้ำ} \quad \text{Ton}_{\text{ref.}} &= \text{GPM} \times \Delta T / 24 \\ &= 480 \times (55-45) / 24 \\ &= 200 \quad \text{ตันความเย็น} \\ &= 703.4 \quad \text{kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{น้ำผสม Ethylene Glycol-25\%} \quad \text{Ton}_{\text{ref.}} &= \text{GPM} \times \Delta T / 25.8 \\ &= 480 \times (55-45) / 25.8 \\ &= 186 \quad \text{ตันความเย็น} \\ &= 654.4 \quad \text{kW} \end{aligned}$$

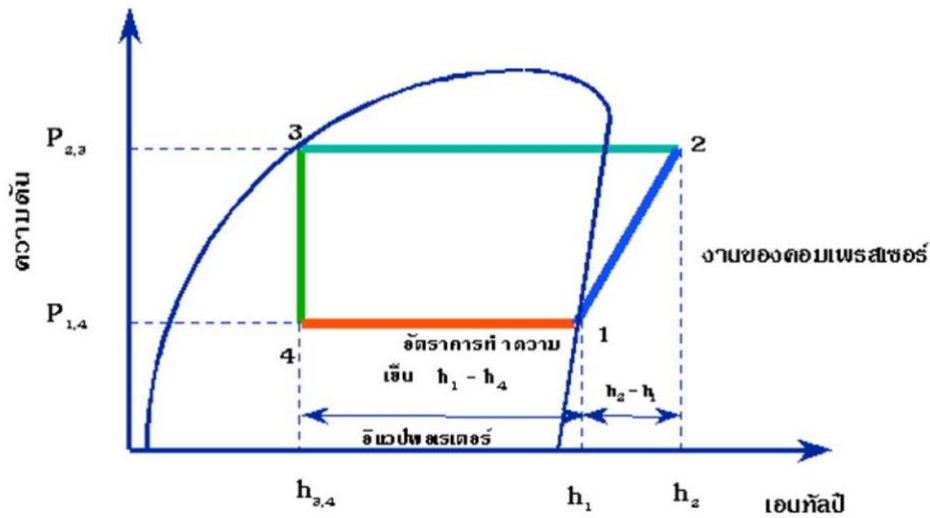
ตัวอย่างที่ 8.7 เครื่องมือวัดอัตราการไหลของน้ำเย็นไหลที่เข้าเครื่องทำน้ำเย็นได้เท่ากับ 28 L/s อุณหภูมิ น้ำขาเข้าและออกเท่ากับ 11°C และ 5°C ตามลำดับ จงหาขนาดของเครื่องทำความเย็น แต่ถ้าเป็น น้ำผสม Ethylene Glycol-25% เครื่องทำความเย็นจะมีขนาดเท่าไร

$$\begin{aligned} \text{น้ำ} \quad q &= 4.187 \times 28 \times (11-5) \\ &= 703.4 \quad \text{kW} \\ &= 200 \quad \text{ตันความเย็น} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{น้ำผสม Ethylene Glycol-25\%} \quad q &= 3.895 \times 28 \times (11-5) \\ &= 654.4 \quad \text{kW} \\ &= 186 \quad \text{ตันความเย็น} \end{aligned}$$

8.3.3 สัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศ

การหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะทำความเย็นเป็นค่าที่หาได้จากความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถที่เครื่องทำน้ำเย็นสามารถทำได้หารด้วยพลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์



รูปที่ 8.6 p-h diagram ของวัฏจักรอัดไอ

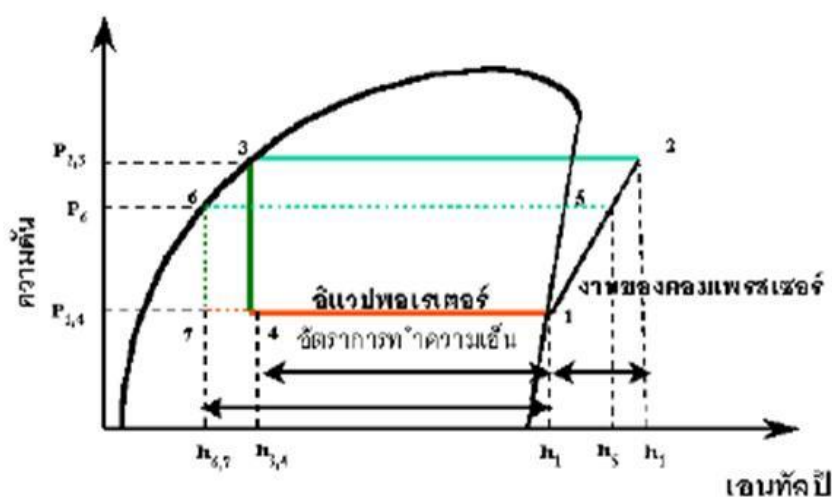
$$\begin{aligned}
 \text{สัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP)} &= \frac{\text{สามารถในการทำความเย็น}}{\text{พลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์}} \\
 &= \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}
 \end{aligned}$$

- การเพิ่มสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น

1. ลดความดันด้านสูงของสารทำงานด้านคอนเดนเซอร์ การลดอุณหภูมิน้ำระบายความร้อนที่เข้าเครื่องทำน้ำเย็นจะส่งผลให้เกิดการลดอุณหภูมิอิ่มตัวหรือความดันของสารทำความเย็นด้านคอนเดนเซอร์ซึ่งจะทำให้ความดันด้านสูงของคอมเพรสเซอร์ต่ำลงจะทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าที่คอมเพรสเซอร์น้อยลงตามไปด้วย การใช้ระบายความร้อนเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการลดอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อน ซึ่งพบว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศแวดล้อมมีผลต่อความสามารถในการลดอุณหภูมิของน้ำในหอระบายความร้อน อุณหภูมิน้ำจะสูงกว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกประมาณ 7 °F (4 °C) ดังนั้นอุณหภูมิกระเปาะเปียกยิ่งต่ำจะทำให้อุณหภูมิน้ำระบายความร้อนต่ำไปด้วย ไฟฟ้าที่ใช้ในการขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ก็จะลดลงตามไปด้วย หากเลือกหอระบายความร้อนที่ใหญ่กว่ามาตรฐานก็จะสามารถลดอุณหภูมิน้ำให้ต่ำลงได้แต่ก็จะมีราคาสูงขึ้นด้วย ซึ่งจะต้องคำนวณจุดคุ้มทุนให้เหมาะสม ในทางปฏิบัติอาจใช้อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบ (VSD) ของมอเตอร์พัดลมของหอระบายความร้อน แต่ก่อนที่จะลงทุนติดตั้งอุปกรณ์ควรวิเคราะห์ผลประหยัดและระยะเวลาคืนทุนเพื่อประกอบการพิจารณาของผู้บริหาร

$$\text{COP เดิม} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

$$\text{COP ใหม่} = \frac{h_1 - h_7}{h_5 - h_1}$$

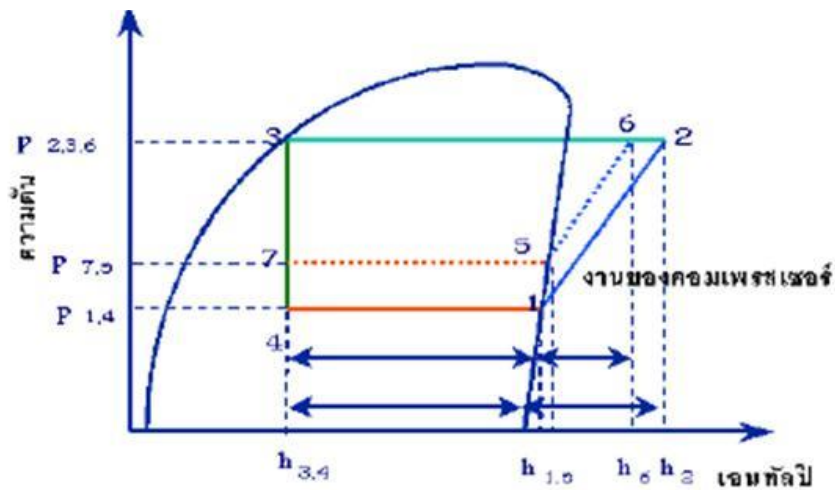


รูปที่ 8.7 p-h diagram ของการลดความดันด้านสูงของสารทำงานด้านคอนเดนเซอร์

2. เพิ่มความดันด้านต่ำของสารทำงานด้านอีแวปอเรเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 8.8 สามารถทำได้โดยการเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นของระบบตามสภาวะการปรับอากาศ เมื่ออุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจาก Evaporator สูงขึ้นจะส่งผลให้อุณหภูมิอิ่มตัวหรือความดันของสารทำความเย็นที่ไหลออกจาก Evaporator สูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งทำให้คอมเพรสเซอร์อัดสารทำความเย็นโดยใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลง เนื่องจากผลต่างความดันของวงจรสารทำความเย็นในวัฏจักรการทำความเย็นน้อยลง การเพิ่มอุณหภูมิ น้ำเย็นของระบบในช่วงที่ระบบปรับอากาศมีภาระงานน้อย ย่อมส่งผลให้ความสามารถในการทำความเย็นน้อยลงด้วย แต่เนื่องจากความต้องการภาระการทำความเย็นของเครื่องส่งเย็นที่น้อยลงจึงไม่กระทบ การใช้งานดังกล่าว การปรับค่าอุณหภูมิ น้ำเย็นจะต้องปรับอย่างถูกวิธีและสัมพันธ์กับภาระการปรับอากาศที่ลดลงของอาคาร มิฉะนั้นอุณหภูมิในห้องปรับอากาศจะสูงขึ้น อีกทั้งความชื้นภายในห้องจะสูงขึ้นด้วยทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกไม่สบายตัว

$$\text{COP เดิม} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

$$\text{COP ใหม่} = \frac{h_5 - h_7}{h_6 - h_5}$$



รูปที่ 8.8 p-h diagram ของการเพิ่มความดันด้านต่ำของสารทำงานด้านอีแวพอเรเตอร์

- การหาสมรรถนะของระบบปรับอากาศ

(1) เครื่องทำน้ำเย็น

$$\text{สมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น} = \frac{\text{พลังไฟฟ้าที่เครื่องทำน้ำเย็นใช้}}{\text{ความสามารถในการทำความเย็น}}$$

$$\text{Chp} = \text{kW} / \text{TR}$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} \text{TR} &= \text{ความสามารถในการทำความเย็นที่ภาระเต็มพิกัด (ตันความเย็น)} \\ &= (500 \times \text{FL} \times \Delta T) / 12,000 \end{aligned}$$

$$\text{FL} = \text{อัตราการไหลที่ไหลผ่านส่วนทำความเย็น (GPM)}$$

$$\Delta T = \text{อุณหภูมิแตกต่างของน้ำเย็นที่ไหลเข้าและออกจากส่วนทำน้ำเย็น (\Delta F)}$$

$$\text{kW} = \text{พลังไฟฟ้าที่ใช้ในส่วนของการทำน้ำเย็น (kW)}$$

ตัวอย่างที่ 8.8 โรงงานแห่งหนึ่งติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำขนาดพิกัด 350 ตันความเย็น และค่าพิกัด kW/TR เท่ากับ 0.60 และจากการตรวจวัดขณะเครื่องทำงานที่ภาระสูงสุดได้อุณหภูมิ น้ำเย็นเข้าและออกจากเครื่องทำน้ำเย็นเท่ากับ 53°F, 46.5°F ตามลำดับ มีอัตราการไหลของน้ำเย็นเท่ากับ 1,020 GPM พลังไฟฟ้าที่ใช้ 269 kW จงหาค่า kW/TR ของเครื่องทำน้ำเย็นดังกล่าว

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 อุณหภูมิน้ำเย็นเข้าเครื่อง	Ti	°F	53.0	วัดอุณหภูมิน้ำเย็นจริง
1.2 อุณหภูมิน้ำเย็นออกเครื่อง	To	°F	46.5	วัดอุณหภูมิน้ำเย็นจริง
1.3 อัตราการไหลของน้ำเย็น	FL	GPM	1,020	วัดอัตราการไหลของน้ำเย็น
1.4 ค่าพลังไฟฟ้าที่เครื่องใช้	FL	kW	269.0	วัดพลังไฟฟ้าเฉพาะที่ Chiller
1.5 ค่า kW/TR พิกัด	ChpR	kW/TR	0.60	จาก specification
2. การวิเคราะห์ข้อมูล				
2.1 ความสามารถในการทำความเย็น $TR = (500 \times FL \times \Delta T) / 12,000$	TR	TR	276.25	
2.2 สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ $ChP = EL / TR$	ChP	kW/TR	0.97	
2.3 ค่า kW/TR สูงกว่าพิกัด $PchP = ((Chp - ChpR) / Chp) \times 100$	PchP	%	38.38	

(2) เครื่องปรับอากาศแบบเป็นชุดและแบบแยกส่วน

$$\text{สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ} = \frac{\text{พลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้}}{\text{ความสามารถในการทำความเย็น}}$$

$$Chp = kW / TR$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} TR &= \text{ความสามารถในการทำความเย็นที่ภาระเต็มพิกัด (ตันความเย็น)} \\ &= (4.5 \times CFM \times \Delta h) / 12,000 \end{aligned}$$

$$CFM = \text{อัตราการไหลของลมเย็นที่ไหลผ่านคอยล์เย็น (ft³/min)}$$

$$\Delta h = \text{ผลต่างของเอนทาลปีของอากาศที่ไหลเข้าและออกจากคอยล์เย็น (Btu/lb)}$$

$$kW = \text{พลังไฟฟ้าที่ใช้ในส่วนของการทำน้ำเย็น (kW)}$$

ตัวอย่างที่ 8.9 โรงงานแห่งหนึ่งได้ตรวจวัดเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาดพิกัด 35,500 Btu/h และค่าพิกัด kW/TR เท่ากับ 1.13 kW/TR โดยมีข้อมูลและผลการตรวจวัดดังต่อไปนี้

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ขนาดพื้นที่ของช่องจ่ายลมเย็น	A	Ft ²	1.83	วัดพื้นที่หน้าตัดจ่ายลม
1.2 ความเร็วลมที่ออกจากหัวจ่าย	V	Ft/min	612.50	วัดความเร็วลมเฉลี่ยของอากาศที่หัวจ่ายลม
1.3 อุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอยล์เย็น	Ti	°F	78.80	วัดอุณหภูมิที่เข้าคอยล์เย็น
1.4 ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศก่อนเข้าคอยล์เย็น	RHi	%RH	62.90	วัดความชื้นสัมพัทธ์ที่เข้าคอยล์เย็น
1.5 อุณหภูมิอากาศหลังออกคอยล์เย็น	To	°F	70.70	วัดอุณหภูมิที่ออกคอยล์เย็น
1.6 ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศหลังออกคอยล์เย็น	RHo	%RH	75.40	วัดความชื้นสัมพัทธ์ที่ออกคอยล์เย็น
1.7 พลังไฟฟ้าที่ใช้	EL	kW	2.20	วัดพลังไฟฟ้าที่ใช้
1.8 ค่า kW/TR พิกัด	ChPR	kW/TR	1.13	จากคุณสมบัติของเครื่อง
1.9 ความสามารถในการทำความเย็น	BtuR	Btu/h	35,500	จากคุณสมบัติของเครื่อง
2. การวิเคราะห์ข้อมูล				
2.1 อัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านคอยล์เย็น $CFM = A \times V$	CFM	Ft ³ /min	1,120.88	
2.2 เอนทาลปีของอากาศก่อนเข้าคอยล์เย็น	hi	Btu/lb	33.51	
2.3 เอนทาลปีของอากาศหลังออกคอยล์เย็น	ho	Btu/lb	30.25	
2.4 ผลต่างของเอนทาลปีที่ไหลเข้าออกจากคอยล์เย็น $Dh = hi - ho$	Dh	Btu/lb	3.26	

ตัวอย่างที่ 8.9 โรงงานแห่งหนึ่งได้ตรวจวัดเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาดพิกัด 35,500 Btu/h และค่าพิกัด kW/TR เท่ากับ 1.13 kW/TR โดยมีข้อมูลและผลการตรวจวัดดังต่อไปนี้ (ต่อ)

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
2.5 ความสามารถในการทำความเย็น $TR = (4.5 \times CFM \times \Delta h) / 12,000$	TR	TR	1.37	
2.6 สมรรถนะของเครื่อง $Chp = EL/TR$	Chp	kW/TR	1.60	
2.7 อัตราส่วนของประสิทธิภาพพลังงาน $EER = (TR \times 12000) / (EL \times 1000)$	EER	(Btu/h)/W	7.48	

(3) เครื่องส่งลมเย็น (AHU) และเครื่องจ่ายลมเย็น (FCU)

TR = ความสามารถในการทำความเย็นที่ภาระเต็มพิกัด (ตันทำความเย็น)
 $= (500 \times FL \times \Delta T) / 12,000$

เมื่อ

FL = อัตราการไหลที่ไหลผ่าน AHU หรือ FCU (GPM)

ΔT = อุณหภูมิแตกต่างของน้ำเย็นที่ไหลเข้าและออก AHU หรือ FCU ($^{\circ}F$)

ตัวอย่างที่ 8.10 โรงงานแห่งหนึ่งได้ตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำเย็นที่ไหลผ่านเครื่องส่งลมเย็นเท่ากับ 26 GPM ที่มีขนาดพิกัดเครื่องส่งลมเย็น 120,000 Btu/h มีอุณหภูมิน้ำเย็นไหลเข้าและออกเท่ากับ $45^{\circ}F$ และ $52^{\circ}F$ ตามลำดับ จงหาความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องส่งลมเย็นดังกล่าว

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 อุณหภูมิน้ำเย็นเข้า AHU	Ti	$\Delta^{\circ}F$	45.00	วัดอุณหภูมิน้ำเย็นจริง
1.2 อุณหภูมิน้ำเย็นออก AHU	To	$\Delta^{\circ}F$	52.00	วัดอุณหภูมิน้ำเย็นจริง
1.3 อัตราการไหลของน้ำเย็น	FL	GPM	26.00	วัดอัตราการไหลของน้ำเย็น
1.4 ค่าค่าพิกัด	BtuR	Btu/h	120,000	จาก specification
2. การวิเคราะห์ข้อมูล				
2.1 ความสามารถในการทำความเย็น $TR = (500 \times FL \times \Delta T) / 12,000$	TR	TR		7.58

(4) หอระบายความร้อน

TR = ความสามารถในการระบายความร้อน (ตันความเย็น)

$$= (500 \times FL \times \Delta T) / 12,000$$

เมื่อ

FL = อัตราการไหลที่ไหลผ่านหอระบายความร้อน (GPM)

ΔT = อุณหภูมิแตกต่างของน้ำเย็นที่ไหลเข้า และออกหอระบายความร้อน ($^{\circ}\text{F}$)

ตัวอย่างที่ 8.11 โรงงานแห่งหนึ่งต้องการตรวจวัดหาความสามารถในการระบายความร้อนของหอระบายความร้อนซึ่งมีขนาด 700 TR โดยวัดอุณหภูมิน้ำระบายความร้อนก่อนเข้าหอระบายความร้อนได้เท่ากับ 100°F และ น้ำระบายความร้อนที่ออกจากหอระบายความร้อนวัดได้เท่ากับ 95°F โดยวัดอัตราการไหลของน้ำที่ไหลเข้าหอระบายความร้อนได้เท่ากับ 1,680 GPM

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 อุณหภูมิน้ำระบายความร้อนก่อนเข้าหอระบายความร้อน	Ti	F	100.00	วัดอุณหภูมิน้ำก่อนเข้าหอระบายความร้อน
1.2 อุณหภูมิน้ำระบายความร้อนออกจากหอระบายความร้อน	To	F	95.00	วัดอุณหภูมิน้ำออกจากหอระบายความร้อน
1.3 อัตราการไหลของระบายความร้อน	FL	GPM	1,680.00	วัดอัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน
1.4 ค่าค่าพิกัดการระบายความร้อน	TRR	TR	700	จาก specification
2. การวิเคราะห์ข้อมูล				
2.1 ความสามารถในการทำความเย็น $TR = (500 \times FL \times \Delta T) / 12,000$	TR	TR	350	

(5) ปั๊มน้ำเย็นและปั๊มน้ำระบายความร้อน

$$\text{ดัชนีการใช้พลังงานของปั๊มน้ำ} = \frac{\text{อัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านเข้าหรือออกจากปั๊ม (GPM)}}{\text{พลังไฟฟ้าที่ใช้ขับปั๊ม (kW)}}$$

ตัวอย่างที่ 8.12 โรงงานแห่งหนึ่งติดตั้งปั้มน้ำเย็น 4 ชุด สลับเปิดใช้งานครั้งละ 2 ชุด

รายการปั้มน้ำเย็น	ผลการตรวจวัด		ผลการวิเคราะห์ สมรรถนะของปั้มน้ำ เย็น (GPM/kW)
	อัตราการไหลของน้ำ เย็น (GPM)	พลังไฟฟ้าที่ใช้ขับปั้ม (kW)	
CHP-1	800	43.4	18.43
CHP-2	720	42.8	16.82
CHP-3	870	43.6	19.95
CHP-4	700	42.5	16.47

จากผลการตรวจวัดดังกล่าวจึงนำปั้ม CHP-1 และ CHP-3 มาเดินเป็นหลักจะส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงานและได้ทำการหาสาเหตุและการแก้ไข CHP-2 และ CHP-4 เพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

(6) ระบบปรับอากาศขนาดใหญ่

$$\begin{aligned} \text{สมรรถนะของระบบปรับอากาศ} &= \frac{\text{พลังไฟฟ้าของระบบปรับอากาศใช้}}{\text{ความสามารถในการทำความเย็น}} \\ \text{Chp} &= \text{kW} / \text{TR} \end{aligned}$$

เมื่อ

TR = ความสามารถในการทำความเย็นที่ภาระเต็มพิกัด (ตันความเย็น)

$$= (500 \times \text{FL} \times \Delta T) / 12,000$$

FL = อัตราการไหลที่ไหลผ่านส่วนทำความเย็น (GPM)

ΔT = อุณหภูมิแตกต่างของน้ำเย็นที่ไหลเข้าและออกจากส่วนทำน้ำเย็น (°F)

kW = ผลรวมของพลังไฟฟ้าที่ใช้ในส่วน of เครื่องทำน้ำเย็น ปั้มน้ำระบายความร้อน ปั้มน้ำเย็น หอระบายความร้อน และ อุปกรณ์ส่งจ่ายลมเย็นทั้งหมด (kW)

ตัวอย่างที่ 8.13 โรงงานแห่งหนึ่งติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำขนาด 350 TR ขณะใช้งานเครื่องทำน้ำเย็น 1 ชุดจะเปิดปั๊มน้ำเย็น 1 ชุด ปั๊มน้ำระบายความร้อน 1 ชุด หอระบายความร้อน 2 ชุด และเครื่องส่งลมเย็น 30 ชุด จงหาสมรรถนะรวมของระบบปรับอากาศดังแสดงรายละเอียดต่อไปนี้

เครื่องทำน้ำเย็น	อุณหภูมิน้ำเย็นเข้า 53°F อุณหภูมิน้ำเย็นออก 46.5°F อัตราการไหลของน้ำเย็น 1,020 GPM พลังไฟฟ้า 269 kW
ปั๊มน้ำเย็น	พลังไฟฟ้า 42 kW
ปั๊มน้ำระบายความร้อน	พลังไฟฟ้า 25 kW
หอระบายความร้อน	พลังไฟฟ้า 6 kW
เครื่องส่งลมเย็น	พลังไฟฟ้า 42 kW

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 อุณหภูมิน้ำเย็นเข้าเครื่อง	Ti	°F	53.0	วัดอุณหภูมิน้ำเย็นจริง
1.2 อุณหภูมิน้ำเย็นออกเครื่อง	To	°F	46.5	วัดอุณหภูมิน้ำเย็นจริง
1.3 อัตราการไหลของน้ำเย็น	FL	GPM	1,020	วัดอัตราการไหลของน้ำเย็น
1.4 ค่าพลังไฟฟ้าที่ Chiller	EL _C	kW	269.0	วัดพลังไฟฟ้าเฉพาะที่ Chiller
1.5 ค่าพลังไฟฟ้าที่ปั๊มน้ำเย็น	EL _{CHP}	kW	42	วัดพลังไฟฟ้าเฉพาะที่ปั๊มน้ำเย็น
1.6 ค่าพลังไฟฟ้าที่ปั๊มน้ำระบายความร้อน	EL _{CDP}	kW	25	วัดพลังไฟฟ้าเฉพาะที่ปั๊มน้ำระบายความร้อน
1.7 ค่าพลังไฟฟ้าที่หอระบายความร้อน	EL _{CT}	kW	6	วัดพลังไฟฟ้าเฉพาะที่หอระบายความร้อน
1.8 ค่าพลังไฟฟ้าที่เครื่องส่งลมเย็น	EL _{AHU}	kW	42	วัดพลังไฟฟ้าเฉพาะที่เครื่องส่งลมเย็น
2. การวิเคราะห์ข้อมูล				
2.1 ความสามารถในการทำความเย็น $TR = (500 \times FL \times \Delta T) / 12,000$	TR	TR	276.25	
2.2 พลังไฟฟ้ารวม $EL_T = EL_C + EL_{CHP} + EL_{CDP} + EL_{CT} + EL_{AHU}$	EL _T	kW	384	
2.3 สมรรถนะของระบบปรับอากาศ $ChP = EL_T / TR$	ChP	kW/TR	1.39	

8.3.4 มาตรการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ

แนวทางการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศสามารถเริ่มต้นจากการพิจารณาสภาพและลักษณะการใช้งาน ซึ่งสภาพในที่นี้หมายถึงสภาพแวดล้อมทั้งหมดและภายนอกที่มีผลกับการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ รวมทั้งพฤติกรรมและลักษณะการใช้งานของอุปกรณ์ต่างๆ นอกนั้นจากจะทำการตรวจวัดและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำค่าที่ได้มาเทียบกับค่าปกติของอุปกรณ์หรือประเมินการใช้พลังงานเพื่อที่จะทราบระดับการใช้พลังงานและวิเคราะห์หาจุดที่สูญเสียพลังงาน ต่อจากนั้นจึงกำหนดแนวทางการปรับปรุงและติดตามผลที่ได้รับโดยจะปรับปรุงจุดที่สูญเสียพลังงานหรือปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพให้ดีขึ้นและพิจารณาความคุ้มค่าในการลงทุน สุดท้ายคือการลงมือดำเนินการปรับปรุงและติดตามผลจากแนวทางที่กำหนดไว้ซึ่งจะต้องเก็บข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุงเพื่อเปรียบเทียบผลการประหยัดพลังงานจากการดำเนินมาตรการดังกล่าว

สำหรับมาตรการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศสามารถดำเนินการได้ตั้งแต่มาตรการที่เกี่ยวข้องเครื่องทำน้ำเย็น เครื่องสูบน้ำเย็น เครื่องสูบน้ำระบายความร้อน หอระบายความร้อน เครื่องส่งลมเย็น เป็นต้น โดยในที่นี้จะขอยกตัวอย่างมาตรการเพื่อใช้เป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ในอาคารต่างๆ

ตัวอย่างที่ 8.14 มาตรการล้างทำความสะอาดคอนเดนเซอร์

อาคารแห่งหนึ่งใช้ระบบปรับอากาศแบบ water cool chiller ประกอบด้วยเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 300 TR จำนวน 3 ชุด เวลาทำงาน 09.30 – 20.00 น. สำหรับปรับอากาศภายในพื้นที่ โดยใช้เครื่องส่งลมเย็นกระจายลมเย็นไปยังพื้นที่ต่างๆ และการหมุนเวียนอากาศจากภายนอกอาคารโดยใช้พัดลมดูดอากาศจากภายนอกเข้ามาภายในอาคารแบบปริมาตรคงที่ จากสภาพใช้งานจริงจำนวนผู้ให้บริการไม่ได้มีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดตลอดทั้งวัน ดังนั้นพิจารณาการปรับลดอัตราการหมุนเวียนอากาศลดลงได้

ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด

จุดที่ตรวจวัด	ตัวแปรที่ตรวจวัด	เครื่องทำน้ำเย็น			
		CH-1	CH-2	CH-3	ค่าพิกัด
น้ำเย็น	อุณหภูมิเข้า (°C)	12.10	11.98	12.22	12.22
	อุณหภูมิออก (°C)	8.22	8.17	8.78	6.67
	อัตราการไหล (L/s)	48.3	49.5	51.6	45.4
น้ำหล่อเย็น	อุณหภูมิเข้า (°C)	31.37	31.78	31.0	32.22
	อุณหภูมิออก (°C)	36.11	36.39	35.67	37.78
	อัตราการไหล (L/s)	47.4	48.3	45.2	56.78
สารทำความเย็น 134a	อุณหภูมิด้าน Evaporator (°C)	4.17	4.17	4.44	-
	อุณหภูมิด้าน Condenser (°C)	40.56	40.83	40.28	-
ไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า (kW)	171	168	161	177
ความสามารถในการทำความเย็น (TR)		222.95	211.31	211.31	300
สมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น (kW/TR)		0.77	0.76	0.76	0.59

ความสามารถในการทำความเย็น (TR) หาได้จาก

$$TR = (F \times \Delta T) / 50.40$$

เมื่อ

F = ปริมาณน้ำเย็นที่ไหลผ่านส่วนทำน้ำเย็นมีหน่วยเป็นลิตรต่อวินาที

ΔT = อุณหภูมิแตกต่างของน้ำเย็นที่ไหลเข้าและออกจากส่วนทำน้ำเย็น

อัตราการส่งลมจากภายนอก = 24,000 CFM

สภาวะอากาศที่ดูดเข้ามา = 80°C, 60 %RH

สภาวะอากาศในห้องปรับอากาศ = 76°C, 50 %RH

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดพบว่า สมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น (kW/TR) มีค่าสูงกว่าพิกัดค่อนข้างมาก สาเหตุอาจมาจากมีตะกอนเกินขึ้นในพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน โดยในส่วนของ Evaporator มีอุณหภูมิแตกต่างเฉลี่ย 4.3°C และทางด้าน Condenser มีอุณหภูมิแตกต่างเฉลี่ย 4.5°C ซึ่งปกติอุณหภูมิความแตกต่างของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 1.5°C

รวมทั้งการพิจารณาปรับลดอัตราการหมุนเวียนอากาศเฉพาะเวลา 10:00 – 16:00 น. วันจันทร์ถึงศุกร์ และเฉลี่ยจำนวนผู้ใช้บริการเป็นครึ่งหนึ่งของที่กำหนด ซึ่งจะสามารถลดอัตราการหมุนเวียนอากาศได้ครึ่งหนึ่งตามไปด้วย

แนวทางการปรับปรุงและผลที่ได้รับ

1. เครื่องทำน้ำเย็น

ควรดำเนินการปรับปรุงโดยการล้างทำความสะอาดท่อ Condenser เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนที่ดีขึ้น ซึ่งคาดว่าจะได้สมรรถนะสูงขึ้นประมาณ 10% สามารถวิเคราะห์ผลได้ดังนี้

ตัวแปรที่ตรวจวัด	เครื่องทำน้ำเย็น		
	CH-1	CH-2	CH-3
ภาระในการทำความเย็น (TR)	222.95	224.60	211.31
สมรรถนะก่อนปรับปรุง (kW/TR)	0.77	0.75	0.76
สมรรถนะหลังปรับปรุง (kW/TR)	0.65	0.65	0.65
กำลังไฟฟ้าที่ลดลง (kW)	26.75	22.46	23.24
พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง (kWh)	33,986	28,535	29,526

รวมกำลังไฟฟ้าที่ลดลง	=	72.45	kW
รวมพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	=	92,047	kWh/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	2.10	บาท/kWh
คิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	193,299	บาท/ปี
ลงทุน	=	60,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	0.31	ปี

2. การปรับอัตราการหมุนเวียนอากาศ

การปรับลดปริมาณลมจากพัดลมเติมอากาศจากภายนอกเครื่องหนึ่ง โดยการติดตั้งจุดระบาย

อากาศออกจากท่อลมพร้อมใบปรับลม

อัตราการหมุนเวียนอากาศที่ลดลง	=	12,000 CFM
Enthalpy ของอากาศขาเข้า	=	38.6 Btu/lb
Enthalpy ของอากาศในห้องปรับอากาศ	=	28.8 Btu/lb
ภาระการปรับอากาศลดลง	=	$4.5 \times 12,000 \times (36.6 - 28.8)$
	=	529,000 Btu/h
	=	44.1 TR
สมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นหลังปรับปรุง	=	0.65 kW/TR
กำลังไฟฟ้าที่เครื่องทำน้ำเย็นลดลง	=	$0.65 \text{ kW/TR} \times 44.1 \text{ TR}$
	=	28.67 kW
จำนวนชั่วโมงการใช้งานลดลง	=	$6 \times 5 \times 52$ ชั่วโมง/ปี
	=	1,560 ชั่วโมง/ปี
พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	=	$28.67 \text{ kW} \times 1,560 \text{ ชั่วโมง/ปี}$
	=	44,725 kWh/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	2.10 บาท/kWh
คิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	93,923 บาท/ปี
ลงทุน	=	15,000 บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	0.16 ปี

ตัวอย่างที่ 8.15 มาตรการลดอุณหภูมิน้ำระบายความร้อนที่ออกจากหอระบายความร้อน

อาคารศูนย์การค้าแห่งหนึ่งใช้ระบบปรับอากาศแบบ water cool chiller ประกอบด้วย เครื่องทำน้ำเย็นขนาด 500 TR จำนวน 3 ชุด โดยมีขนาดและจำนวนของเครื่องสูบน้ำเย็น เครื่องสูบน้ำ ระบายความร้อน และ หอระบายความร้อนเท่ากับจำนวนของเครื่องทำน้ำเย็น ปกติใช้งานเครื่องทำ น้ำเย็นวันละ 2 ชุด ในช่วงเวลา 9:00-21:00 น.

- ข้อสังเกต 1. อุณหภูมิน้ำระบายความร้อนจากหอระบายความร้อนที่ใช้งานปัจจุบันสูงกว่าค่าพิกัด
2. มีน้ำไหลตรงประเกินของเครื่องสูบน้ำเย็น

ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น

จุดที่ตรวจวัด	ตัวแปรที่ตรวจวัด	เครื่องทำน้ำเย็น			
		CH-1	CH-2	CH-3	ค่าพิกัด
น้ำเย็น	อุณหภูมิเข้า (°C)	12.10	12.30	12.55	12.22
	อุณหภูมิออก (°C)	7.11	7.43	7.62	6.67
	อัตราการไหล (L/s)	78.2	79.4	76.6	75.7
น้ำหล่อเย็น	อุณหภูมิเข้า (°C)	33.06	33.06	33.06	32.22
	อุณหภูมิออก (°C)	38.07	38.06	38.08	37.78
	อัตราการไหล (L/s)	97.6	98.2	96.4	94.6
ไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า (kW)	351	349	353	350
ความสามารถในการทำความเย็น (TR)		466	460	450	500
สมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น (kW/TR)		0.75	0.76	0.78	0.70

ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดหอบายความร้อน

จุดที่ตรวจวัด	ตัวแปรที่ตรวจวัด	หอบายความร้อน			
		CT-1	CT-2	CT-3	หมายเหตุ
สภาพแวดล้อม	อุณหภูมิกระเปาะแห้ง ($^{\circ}\text{C}_{\text{db}}$)	33.5	33.5	33.5	
	อุณหภูมิกระเปาะเปียก ($^{\circ}\text{C}_{\text{wb}}$)	27.0	27.0	27.0	
น้ำหล่อเย็น	อุณหภูมิเข้า ($^{\circ}\text{C}$)	38.5	38.5	-	
	อุณหภูมิออก ($^{\circ}\text{C}$)	33.4	33.4	-	
	อัตราการไหล (L/s)	95.2	99.4	-	
ไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า (kW)	15.2	15.4	-	

ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดเครื่องสูบน้ำ

ตัวแปรที่ตรวจวัด	เครื่องสูบน้ำ		
	CH-1	CH-2	CH-3
ปริมาณน้ำขาเข้า (L/s)	80.5	79.6	74.9
ปริมาณน้ำขาออก (L/s)	80.2	79.4	74.6
ปริมาณน้ำที่รั่วไหล (L/s)	0.3	0.2	0.3
อุณหภูมิน้ำที่รั่ว ($^{\circ}\text{C}$)	12.5	12.0	12.5

การวิเคราะห์ข้อมูล

- เครื่องทำความเย็นและหอบายความร้อน จากข้อมูลการตรวจวัดพบว่าอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าเครื่องทำน้ำเย็นสูงกว่าค่าพิกัดเป็นผลมาจากหอบายความร้อนไม่สามารถลดอุณหภูมิน้ำระบายความร้อนลงได้ตามที่กำหนด มีผลทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นสูงขึ้น
- เครื่องสูบน้ำเย็น จากการตรวจสอบสภาพการใช้งานของเครื่องสูบน้ำเย็นพบว่า มีการรั่วไหลที่ประเก็นของเครื่องสูบน้ำค่อนข้างมากเป็นการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าที่เครื่องทำน้ำเย็นที่ต้องทำอุณหภูมิเดิมเข้าระบบให้ได้อุณหภูมิใช้งานและยังเป็นการสูญเสียค่าน้ำอีกด้วย จึงควรดำเนินการแก้ไขดังกล่าว

แนวทางการปรับปรุง

ควรดำเนินการปรับปรุงด้วยการเปิดการใช้งานของหอระบายความร้อนเพิ่มขึ้นอีก 1 ชุด และตรวจวัดข้อมูลหลังดำเนินการปรับปรุง

จุดที่ตรวจวัด	ตัวแปรที่ตรวจวัด	หอระบายความร้อน		
		CT-1	CT-2	CT-3
สภาพแวดล้อม	อุณหภูมิกระเปาะแห้ง ($^{\circ}\text{C}_{\text{db}}$)	34.0	34.0	34.0
	อุณหภูมิกระเปาะเปียก ($^{\circ}\text{C}_{\text{wb}}$)	27.5	27.5	27.5
น้ำระบายความร้อน	อุณหภูมิขาเข้า ($^{\circ}\text{C}$)	36.0	36.0	36.0
	อุณหภูมิขาออก ($^{\circ}\text{C}$)	32.0	32.0	32.0
	ปริมาณการไหล (L/s)	72.2	60.5	61.7
ไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า (kW)	14.8	14.7	14.5

จากข้อมูลตรวจวัดหลังเปิดการใช้งานหอระบายความร้อนเพิ่มอีกชุด ทำให้อุณหภูมิน้ำระบายความร้อนที่ไหลเข้าเครื่องทำน้ำเย็นมีอุณหภูมิลดลง

อุณหภูมิน้ำระบายความร้อนที่เข้าเครื่องทำน้ำเย็นเมื่อใช้หอระบายความร้อน 2 ชุด เท่ากับ 33.4°C (92.12°F) และอุณหภูมิน้ำระบายความร้อนที่เข้าเครื่องทำน้ำเย็นเมื่อใช้หอระบายความร้อน 3 ชุด เท่ากับ 32.0°C (89.6°F) ความแตกต่างอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนเท่ากับ 1.4°C (2.52°F) แต่มีการใช้กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 14.5 kW

จาก P-h diagram ของสารทำความเย็นเมื่ออุณหภูมิทางด้านคอนเดนเซอร์ลดลง 1°F จะทำให้ประสิทธิภาพในการทำความเย็นดีขึ้นประมาณ 1.5% ดังนั้นจากการปรับปรุงดังกล่าวจะช่วยให้อัตราประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นดีขึ้นประมาณ 3.78%

รายละเอียด	เครื่องทำน้ำเย็น		
	CH-1	CH-2	CH-3
ภาระในการทำความเย็น (TR)	466	460	450
สมรรถนะก่อนการปรับปรุง (kW/TR)	0.75	0.76	0.78
กำลังไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง (kW)	351	349	353
สมรรถนะหลังการปรับปรุง (kW/TR)	0.72	0.73	0.75
กำลังไฟฟ้าหลังการปรับปรุง (kW)	336	336	340
กำลังไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลง (kW)	-15	-13	-13

กำลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้ที่เครื่องทำน้ำเย็น	= 15+13+13	kW
	= 41	kW
กำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นที่หอระบายความร้อน	= 14.5	kW
กำลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้	= 41-14.5	kW
	= 26.5	kW
จำนวนชั่วโมงการใช้งานต่อวัน	= 12	ชม.
จำนวนวันทำงานต่อปี	= 365	วัน
จำนวนชั่วโมงทำงานต่อปี	= 12 × 365	ชม.
	= 4,380	ชม.
ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้	= 116,070	kWh/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	= 3.0	บาท/kWh
ประหยัดค่าไฟฟ้าได้	= 116,070 kWh/ปี × 3.0 บาท/kWh	
	= 348,210	บาท/ปี

ตัวอย่างที่ 8.16 มาตรการปรับปรุงเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็น

โรงพยาบาลแห่งหนึ่งใช้ระบบปรับอากาศแบบ water cool chiller ประกอบด้วยเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 180 TR จำนวน 3 ชุด โดยมีขนาดและจำนวนของเครื่องสูบน้ำเย็น เครื่องสูบน้ำระบายความร้อน และ หอระบายความร้อนเท่ากับจำนวนของเครื่องทำน้ำเย็น ปกติใช้งานเครื่องทำน้ำเย็นวันละ 2 ชุด ในช่วงเวลา 8:00-17:30 น. และ 1 ชุด ในช่วงเวลา 17:30-8:00 น. อาคารมีการใช้งานระบบปรับอากาศตลอดทั้งวัน แต่ในช่วงเวลากลางคืนภาระในการปรับอากาศคาดว่าจะลดลง เนื่องจากสภาวะอากาศภายนอกมีอุณหภูมิต่ำลงและคนใช้งานในพื้นที่ปรับอากาศก็ลดลงด้วย

ข้อมูลตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น

จุดที่ตรวจวัด	ตัวแปรที่ตรวจวัด	เครื่องทำน้ำเย็น			
		CH-1	CH-2	CH-3	พิกัด
น้ำเย็น	อุณหภูมิขาเข้า (°F)	51.3	51.0	50.8	54.0
	อุณหภูมิขาออก (°F)	44.2	44.4	44.0	44.0
	ปริมาณการไหล (GPM)	457.5	460.6	474.2	432.0
ไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า (kW)	105.4	100.1	105.4	133.4
ความสามารถในการทำความเย็น (TR)		136.0	126.7	135.1	180
สมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น (kW/TR)		0.775	0.790	0.780	0.741

ควรปรับปรุงโดยการปรับตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็นเพิ่มขึ้นจาก 44°F เป็น 46°F (เพิ่มขึ้น 2°F) เพื่อให้อุณหภูมิในพื้นที่ปรับอากาศอยู่ในระดับที่เหมาะสมในช่วงเวลา 20:00-7:00 น. และจาก P-h diagram ของสารทำความเย็นเมื่ออุณหภูมิทางด้าน Evaporator เพิ่มขึ้น 1°F จะทำให้ประสิทธิภาพในการทำความเย็นดีขึ้นประมาณ 1.5% ดังนั้นจากการปรับปรุงดังกล่าว จะช่วยให้ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นดีขึ้นประมาณ 3.0%

รายละเอียด	เครื่องทำน้ำเย็น		
	CH-1	CH-2	CH-3
ภาระในการทำความเย็น (TR)	136.0	126.7	135.1
สมรรถนะก่อนการปรับปรุง (kW/TR)	0.775	0.790	0.780
กำลังไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง (kW)	105.4	100.1	105.4
สมรรถนะหลังการปรับปรุง (kW/TR)	0.752	0.766	0.757
กำลังไฟฟ้าหลังการปรับปรุง (kW)	102.2	97.1	102.3
กำลังไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลง (kW)	-3.2	-3.0	-3.1

$$\begin{aligned}
 \text{กำลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้ที่เครื่องทำน้ำเย็น} &= 3.2+3.0+3.1 \text{ kW} \\
 &= 9.3 \text{ kW} \\
 \text{ชั่วโมงการทำงานต่อชุดทุกวัน เวลา 20:00-7:00} &= 1,331 \text{ ชม./ปี} \\
 \text{ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้} &= 12,378.3 \text{ kWh/ปี} \\
 \text{ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย} &= 3.0 \text{ บาท/kWh} \\
 \text{ประหยัดค่าไฟฟ้าได้} &= 12,378.3 \text{ kWh/ปี} \times 3.0 \text{ บาท/kWh} \\
 &= 37,134.9 \text{ บาท/ปี}
 \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 8.17 มาตรการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นที่ประสิทธิภาพสูงแทน

โรงงานแห่งหนึ่งใช้เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำขนาด 950 ตันความเย็น ตรวจวัดประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็นได้เท่ากับ 0.82 kW/TR ชั่วโมงการทำงาน 24 ชม./วัน และ 365 วัน/ปี โดยเครื่องทำน้ำเย็นดังกล่าวมีการใช้งานมานานกว่า 15 ปี 9 ต้องการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงเป็น 0.62 kW/TR

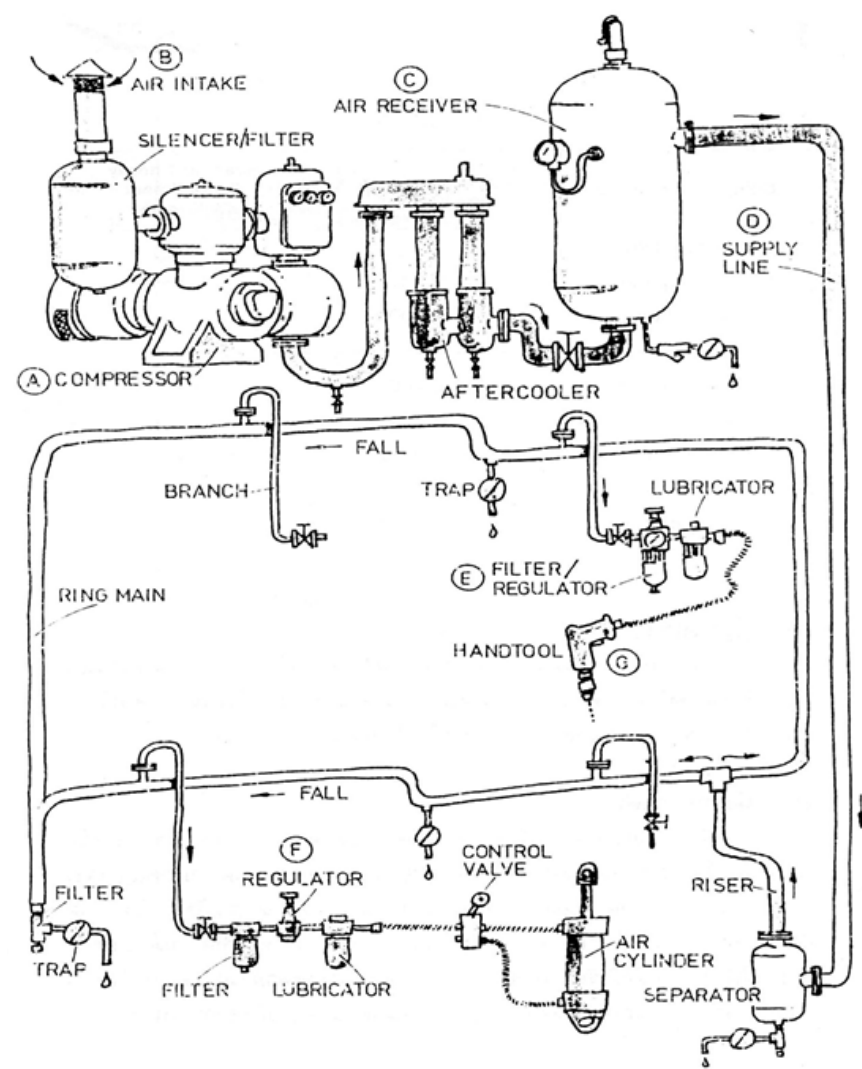
กำลังไฟฟ้าที่ใช้ก่อนปรับปรุง	=	950 TR × 0.82 kW/TR	
	=	779	kW
ชั่วโมงการใช้งานต่อปี	=	24 ชม./วัน × 365 วัน/ปี	
	=	8,760	ชม./ปี
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ก่อนปรับปรุง	=	779	kW × 8,760 ชม./ปี
	=	6,824,040	kWh/ปี
กำลังไฟฟ้าที่ใช้หลังปรับปรุง	=	950 TR × 0.62 kW/TR	
	=	589	kW
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้หลังปรับปรุง	=	589	kW × 8,760 ชม./ปี
	=	5,159,640	kWh/ปี
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	6,824,040 - 5,159,640	kWh/ปี
	=	1,664,400	kWh/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	3.0	บาท/kWh
ประหยัดค่าไฟฟ้าได้	=	1,664,400 kWh/ปี × 3.0 บาท/kWh	
	=	9,986,400	บาท/ปี
ลงทุน	=	12,000,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	1.2	ปี

8.4 การประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศเป็นระบบที่ช่วยสนับสนุนการทำงานในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมต่างๆ เป็นตัวกลางในการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ และยังใช้เป็นตัวกลางในการควบคุมทั้งระยะใกล้หรือระยะไกล สามารถปรับการใช้งานได้ง่าย ยืดหยุ่น คล่องตัว และตอบสนองการใช้งานได้อย่างรวดเร็ว หรือในบางอุตสาหกรรมอาจใช้ในการลำเลียงสินค้า มีความปลอดภัยสูง หากเกิดการรั่วไหลของอากาศอัดก็ไม่เป็นอันตรายและไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ เป็นต้น ในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้ระบบปรับอากาศที่เป็นส่วนสำคัญของการผลิตอาจส่งผลกระทบเป็นอย่างมากหากปริมาณหรือความดันของระบบอัดอากาศลดลงจากที่กำหนดไว้ ตัวอย่างเช่น ในเครื่องพ่นสีหากแรงดันตกจะส่งผลให้ละอองสีจะมีขนาดของเม็ดสีที่ใหญ่เกินกว่าที่กำหนด หรือ ทำให้กระบอกลูกสูบเคลื่อนที่ช้าลงซึ่งจะทำให้การทำงาน

ของอุปกรณ์ต่างๆ ไม่สัมพันธ์กับส่วนอื่นๆ ตามที่ออกแบบไว้ หรือ ทำให้แรงกดลงบนชิ้นงานน้อยเกินไป ซึ่งอาจทำให้ชิ้นงานเสียหายได้ ดังนั้นการให้ความสำคัญกับความดันที่เหมาะสมในการใช้งานจึงเป็นสิ่งที่ควรให้ความสนใจเป็นอย่างยิ่ง นอกจากนั้นการประหยัดพลังงานในระบบอัดอากาศก็ควรให้ความสำคัญ เนื่องจากจะช่วยลดต้นทุนในการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งแนวทางหลักๆ ที่ใช้ในการประหยัดพลังงานในระบบอัดอากาศได้แก่ การปรับความดันที่เหมาะสม การลดอัตราการรั่วไหลของอากาศอัด การลดอุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศ เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามควรจะต้องทำความเข้าใจกับการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้สามารถใช้อย่างได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

8.4.1 อุปกรณ์หลักของระบบอัดอากาศ



รูปที่ 8.9 อุปกรณ์หลักของระบบอัดอากาศ

ตารางที่ 8.8 แสดงอุปกรณ์หลักที่ใช้ในระบบอัดอากาศ

สัญลักษณ์	อุปกรณ์	หน้าที่การทำงาน
A	COMPRESSOR	สร้างอากาศให้มีความดันสูงขึ้น
B	AIR INTAKE	ช่องทางอากาศเข้า
C	AIR RECEIVER	ถังบรรจุก๊าซอัด
D	SUPPLY LINE	ท่อส่งอากาศอัดไปยังจุดใช้งานต่างๆ
E	FILTER REGULATOR	ตัวกรองของชุดปรับความดัน
F	REGULATOR	ชุดปรับความดัน
G	HANDTOOL	เครื่องมือที่ใช้ลมอัด

8.4.2 ชนิดของเครื่องอัดอากาศ

ชนิดของเครื่องอัดอากาศสามารถแบ่งตามหลักการทำงานได้เป็น 4 ประเภทดังนี้ คือ

1. เครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบ (Reciprocating Compressor) ลักษณะการทำงานของเครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบเหมือนกับการทำงานของเครื่องยนต์โดยอากาศจะถูกดูดเข้ากระบอกสูบ ผ่านวาล์วแล้วลูกสูบจะอัดอากาศและดันออกไป 2. เครื่องอัดอากาศแบบโรตารีเวน (Rotary Vane Compressor) หลักการทำงานของเครื่องอัดอากาศแบบโรตารีเวนจะใช้ตัวโรเตอร์ซึ่งมีสไลด์ตั้งเวดติดอยู่ โดยที่แกนหมุนของตัวโรเตอร์จะไม่อยู่ที่จุดศูนย์กลางดังนั้นเมื่อแกนหมุนไป สไลด์ตั้ง-เวนจะยืดออกและหดเข้าเมื่อการหมุนครบรอบ อากาศจะถูกดูดเข้าแล้วถูกอัดและส่งออก 3. เครื่องอัดอากาศแบบโรตารีสกรู (Rotary Screw Compressor) หลักการทำงานของเครื่องอัดอากาศแบบโรตารีสกรู จะใช้ตัวโรเตอร์แบบเกลียว 2 ตัว ขบกันแล้วหมุนเข้าหากัน เมื่อโรเตอร์หมุนช่องว่างรอบโรเตอร์จะเล็กลงซึ่งจะอัดอากาศที่อยู่ระหว่างโรเตอร์ 4. เครื่องอัดอากาศแบบอาศัยแรงเหวี่ยง (Centrifugal Compressor) หลักการทำงานของเครื่องอัดอากาศแบบอาศัยแรงเหวี่ยง จะมีแกนหมุนซึ่งมีใบพัดอยู่ในแนวรัศมี ขณะที่ตัวแกนหมุนอย่างรวดเร็วอากาศจะถูกเหวี่ยงออกจากใบพัดโดยที่ความเร็วของอากาศจะถูกเปลี่ยนเป็นความดัน

ตารางที่ 8.9 ตารางเปรียบเทียบชนิดของเครื่องอัดอากาศ

รายการ	ลูกสูบ	โรตารีเวน	โรตารีสกรู	อาศัยแรงเหวี่ยง
ระดับเสียง	สูง	ต่ำสุด	เงียบถ้าปิดมิดชิด	เงียบถ้าปิดมิดชิด
ขนาด	ไม่กะทัดรัด	กะทัดรัด	กะทัดรัด	กะทัดรัด
น้ำมันที่ถูกพาไปกับอากาศ	มีบ้าง	ต่ำ-ปานกลาง	ต่ำ	ต่ำ
การสั่นสะเทือน	สูง	เกือบไม่มี	เกือบไม่มี	ปานกลาง เพราะค่า RPM สูง
การบำรุงรักษา	มีชิ้นส่วนสึกหรอหลายชิ้น	มีชิ้นส่วนสึกหรอน้อยชิ้น	มีส่วนสึกหรอน้อยมาก	ต่ำ
ปริมาณ	ต่ำ-สูง	ต่ำ -ปานกลาง	ต่ำ-สูง	ต่ำ-สูง
ความดัน	ปานกลาง - สูงมาก	ต่ำ-ปานกลาง	ปานกลาง-สูง	ปานกลาง-สูง
ประสิทธิภาพที่โหลดเต็มที่	สูง	ปานกลาง-สูง	สูง	สูง
ประสิทธิภาพที่โหลดบางส่วน	สูง	ไม่ดี เมื่อมีโหลดต่ำกว่า 60%	ไม่ดี เมื่อมีโหลดต่ำกว่า 60%	ไม่ดี เมื่อมีโหลดต่ำกว่า 70%

เครื่องอัดอากาศอากาศแต่ละชนิดมีหลักการทำงานและการใช้งานที่แตกต่างกันไป ดังนั้น การเลือกใช้งานขึ้นอยู่กับต้องการ และความเหมาะสมในการนำไปใช้ ความแตกต่างของเครื่องอัดอากาศแต่ละชนิด ดังแสดงในตารางที่ 8.9

ตารางที่ 8.10 ตารางเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้ไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศแต่ละชนิด

ชนิดของเครื่องอัดอากาศ	ภาวะไร้อากาศ ไฟฟ้าที่ต้องการเทียบกับ % ของโหลดเต็มที่	ภาวะโหลดเต็มที่ ไฟฟ้าที่ต้องการ ณ ความดัน 700 kPa
แบบลูกสูบ	10 – 25 %	0.38 – 0.43 kW/Litre/second
แบบโรตารีเวน	30 – 40 %	0.40 – 0.45 kW/Litre/second
แบบโรตารีสกรู	25 – 60 %	0.35 – 0.40 kW/Litre/second
แบบอาศัยแรงเหวี่ยง	20 – 30 %	0.30 – 0.35 kW/Litre/second

8.4.3 ความดันอากาศอัด

ถึงแม้ว่าแต่ละโรงงานจะมีความต้องการอากาศอัดที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปแล้วอากาศที่ใช้งานจะมีความดันประมาณ 700 กิโลปาสกาล (หรือประมาณ 7 bar) ซึ่งมักมีความเข้าใจว่า ความดันของอากาศอัดจะต้องเพิ่มขึ้นหากต้องการให้อากาศอัดไหลมากขึ้น แต่ความจริงนั้นกลับกันคือ เมื่อความดันเพิ่มขึ้นปริมาณอากาศอัดที่ใช้กลับน้อยลง (ถึงแม้ว่าจะขึ้นกับความดันและปริมาณอากาศอัดที่ต้องการ)

สูตรความสัมพันธ์ของอากาศก่อนและหลังถูกอัด

$$\text{ปริมาตรอากาศอัด} = \frac{\text{ปริมาณอากาศ ณ สถานะปกติ} \times \text{ความดันเริ่มต้น}}{\text{ความดันสุดท้าย}}$$

หมายเหตุ:

โดยหน่วยของความดันเป็นหน่วยกิโลปาสกาล (สมบูรณ์) / ปริมาตรมีหน่วยเป็นลิตร / ปริมาตรอากาศ ณ สถานะปกติ คือ ปริมาตรอากาศที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 25% และที่ความดัน 101.3 กิโลปาสกาล

ตารางที่ 8.11 ปริมาณอากาศอัดเทียบเท่าที่ความดันต่างๆ

ปริมาตรอากาศ ณ. สถานะปกติ (ลิตร)	ปริมาตรอากาศอัดเทียบเท่าที่ความดันต่างๆ (ลิตร)		
	400 kPa	500 kPa	700 kPa
5	1.01	0.84	0.63
10	2.02	1.68	1.26
20	4.04	3.37	2.53
50	10.1	8.42	6.32
100	20.2	16.8	12.6
150	30.3	25.2	19.0
200	40.4	33.7	25.3
250	50.5	42.1	31.6
500	101.0	84.2	63.2
1000	202.0	168.0	126.0
1250	252.0	210.0	158.0

ตัวอย่างการหาปริมาตรอากาศอัดที่ความดันต่างๆ จากตารางข้างต้น

ปริมาตรอากาศอัด

$$= \frac{\text{ปริมาตรอากาศ ณ สถานะปกติ} \times \text{ความดันเริ่มต้น (กิโลปาสกาล, สมบูรณ์)}}{\text{ความดันสุดท้าย (กิโลปาสกาล, สมบูรณ์)}}$$

$$= \frac{5 \text{ ลิตร} \times 101.325 \text{ กิโลปาสกาล, สมบูรณ์}}{400 + 101.325 \text{ กิโลปาสกาล, สมบูรณ์}}$$

$$= 1.01 \text{ ลิตร}$$

8.4.4 ถังเก็บอากาศอัด (Air Receiver)

หน้าที่หลักของถังเก็บ คือ การสร้างความสมดุลของปริมาณอากาศอัดที่ส่งไปใช้งานกับปริมาณอากาศที่ออกจากเครื่องอัดอากาศ โดยทำหน้าที่เก็บอากาศอัดไว้เป็นปริมาณมากๆ ซึ่งจะมีผลทำให้ความดันเปลี่ยนไปไม่มากนักเมื่ออากาศอัดถูกนำไปใช้งาน โดยขนาดของถังเก็บขึ้นอยู่กับปริมาณความต้องการใช้อากาศอัดของโรงงานและสามารถคำนวณหาได้จาก

$$\text{ขนาดถังเก็บ (ลิตร)} = \frac{\text{ปริมาณอากาศ ณ สถานะปกติ (ลิตร/วินาที)} \times 60 \times 101}{\text{ความดันอากาศอัดที่ออกจากเครื่องอัดอากาศ (กิโลปาสกาลสัมบูรณ์)}}$$

ถ้ามีความต้องการใช้อากาศอัดปริมาณมากช่วงเวลาสั้นๆ ซึ่งจะมีผลให้เครื่องอัดอากาศทำงานหนักมาก จึงแนะนำให้ติดตั้งถังเก็บที่มีขนาดใหญ่กว่าเดิม ซึ่งจะเสียค่าใช้จ่ายถูกกว่าค่าบำรุงรักษาเครื่องอัดอากาศ (หรือเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศใหม่) การหาขนาดของถังเก็บอากาศที่เหมาะสมจะทำให้เครื่องอัดอากาศทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการใช้งานลดลง และถังเก็บจะต้องมีจุดถ่ายน้ำออกด้วย

8.4.5 มาตรการประหยัดพลังงานของระบบอัดอากาศ

การประหยัดพลังงานในระบบอัดอากาศสามารถทำได้ค่อนข้างง่ายและคุ้มค่า ประการแรกจำเป็นต้องหาดูว่ามี การสูญเสียอากาศอัดไปโดยเปล่าประโยชน์อย่างไรบ้าง และให้ประมาณค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงกับค่าพลังงานที่ประหยัดได้

การประเมินระบบอัดอากาศที่ใช้อยู่ให้ทำดังต่อไปนี้

- ตรวจสอบวัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้
- หาอากาศอัดที่รั่วซึมออกมาจากระบบ
- พิจารณาว่าความดันอากาศอัดที่ต้องการต่ำสุดนั้นเป็นเท่าใด โดยที่ไม่มีผลกระทบต่อการผลิต
- พิจารณาเรื่องการสูญเสียพลังงานอันเนื่องมาจากอากาศเข้าเครื่องอัดมีอุณหภูมิสูง และตัวกรองอากาศสกปรก
- ดูว่าจะมีโอกาสนำความร้อนที่สูญเสียไปกลับคืนมาใช้งานได้หรือไม่
- ประเมินจำนวนชั่วโมงการใช้งานและระบบควบคุม
- ประมาณค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง และค่าพลังงานที่ประหยัดได้

มาตรการที่ 1. การลดการรั่วซึมของอากาศอัด

ก. การวัดความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของระบบอัดอากาศ

วัดความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่สภาวะโหลดเต็มที่ และไร้โหลด

- เครื่องอัดอากาศทุกๆ ไปจะเดินๆ หยุดๆ ระหว่างมีโหลด (ค่าที่อ่านได้จากมาตรวัดความดันจะสูงขึ้น) และไม่มีโหลด (ค่าที่อ่านได้จากมาตรวัดความดันจะลดลง)
- ให้วัดกระแสไฟฟ้าของสายไฟทั้ง 3 เฟส แล้วหาค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 เฟส (I_{average}) ทั้งสภาวะที่มีโหลดและไร้โหลด

กำลังไฟฟ้าที่จะหาได้จากสูตรข้างล่างนี้

$$\text{กำลังไฟระบบไฟฟ้า 3 เฟส (kW)} = \frac{\sqrt{3} \times V \times I_{\text{avg}} \times \text{P.F.}}{1000}$$

V = แรงดันไฟฟ้า, Volt

I_{avg} = กระแสไฟฟ้าเฉลี่ย, Amp

P.F. = ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า, (ปกติเครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบมีค่า 0.85 ที่โหลดเต็มที่, 0.7 ที่โหลดครึ่งหนึ่ง และ 0.6 ที่ไร้โหลด)

วัดความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่สภาวะโหลดเต็มที่ และไร้โหลด

หากเครื่องอัดอากาศไม่ได้เดินๆ หยุดๆ วิธีการต่อไปนี้อาจนำไปใช้หาค่าต่างๆ ที่สภาวะโหลดเต็มที่ และไร้โหลดได้

สภาวะโหลดเต็มที่ เปิดวาล์วที่จ่ายอากาศอัดออกจากถังเก็บแล้ววัด ค่ากำลังไฟฟ้าที่เครื่องอัดอากาศใช้ในการเพิ่มความดันในถังเก็บให้สูงขึ้น

สภาวะไร้โหลด ปิดวาล์วระหว่างเครื่องอัดอากาศและถังเก็บ แล้ววัดค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ ข้อสำคัญต้องให้แน่ใจว่าการทดสอบจะไม่มีผลกระทบต่อการผลิต ซึ่งอาจต้องทำการทดสอบในวันหยุดหรือหลังเลิกงาน ควรระมัดระวังในการปิด-เปิดวาล์ว ควรทำอย่างช้าๆ ถ้าใช้อากาศอัดอย่างไม่ระมัดระวังจะมีอันตรายเกิดขึ้นได้ง่าย

วัดคาบเวลาครบรอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศขณะมีโหลดและไร้โหลดในช่วงเวลาการผลิตตามปกติ

ใช้วิธีอ่านค่าจากมาตรวัดความดันที่ทางออก หรือฟังเสียงการสั่นสะเทือน จากเครื่องอัดอากาศ (โดยเฉพาะเครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบ) เพื่อจับระยะเวลาการทำงานของเครื่องอัดอากาศแต่ละครั้งในช่วงเวลาสัก 20-30 นาที ค่าที่ได้จะเป็นดังตัวอย่างข้างล่างนี้

ระยะเวลาที่มีโหลด (วินาที)	ระยะเวลาที่ไร้โหลด (วินาที)	คาบเวลาครบรอบ (วินาที)
30	15	45
31	17	48
30	16	46
<u>32</u>	<u>15</u>	<u>47</u>
<u>30.7</u>	<u>15.8</u>	<u>46.5 เฉลี่ย</u>

จากตารางนี้ แสดงว่าเครื่องอัดอากาศจะมีช่วงเวลาที่มิโหลด 66% และช่วงเวลาที่ไร้โหลด 34%

คำนวณค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของเครื่องอัดอากาศ

ในการหาค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยทั้งหมดของเครื่องอัดอากาศ ให้ใช้คาบเวลาครบรอบ

$$\begin{aligned} \text{ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยโดยรวม} &= (\text{กำลังไฟฟ้าขณะมีโหลด} \times \% \text{ เวลาช่วงที่มีโหลด}) \\ &+ (\text{กำลังไฟฟ้าขณะไร้โหลด} \times \% \text{ เวลาช่วงที่ไร้โหลด}) \end{aligned}$$

สมมติฐาน

ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยขณะมีโหลดเท่ากับ 75 กิโลวัตต์

ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยขณะไร้โหลดเท่ากับ 20 กิโลวัตต์

$$\text{ดังนั้น ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยโดยรวม} = (75 \times 0.66) + (20 \times 0.34) = 56.3 \text{ กิโลวัตต์}$$

คำนวณพลังงานไฟฟ้า และค่าไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องอัดอากาศ

$$\text{พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ - ชม.)} = \text{กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (กิโลวัตต์)} \times \text{จำนวนชั่วโมงการใช้งาน (ชั่วโมง/ปี)}$$

$$\text{ค่าไฟฟ้า (บาท)} = \text{พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชม.)} \times \text{อัตราค่าไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์-ชม.)}$$

การหาปริมาณการรั่วซึมของอากาศอัด

วัดคาบเวลาครบรอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศในช่วงที่ไม่มีการผลิต

- อัตราการรั่วซึมหาได้จากการวัดระยะเวลาการทำงานของเครื่องอัดอากาศ เวลาระหว่างช่วงที่ไม่มีการผลิต
- จัดการให้เครื่องอัดอากาศจ่ายอากาศอัดไปให้ทั้งระบบระหว่างช่วงไม่มีการผลิต (เช่น วันหยุด หรือ หลังเลิกงาน)
- ต้องแน่ใจว่าไม่มีเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ใดที่ต้องใช้อากาศอัดทำงานอยู่
- วัดค่าช่วงเวลาการทำงานและไม่ทำงานของเครื่องอัดอากาศ แล้วคำนวณหาค่า กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ใช้

หาค่ากำลังไฟฟ้าเนื่องจากการรั่วซึม และค่าใช้จ่ายที่สูญเสียไป

กำลังไฟฟ้าเนื่องจากการรั่วซึม (กิโลวัตต์)

- = ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้เนื่องจากการรั่วซึมที่คิดจากช่วงเวลาทำงานของเครื่องอัดอากาศ - ค่ากำลังไฟฟ้าที่วัดได้เมื่อไร้โหลดค่าใช้จ่ายที่สูญเสียไปเนื่องจากการรั่วซึม (บาท/ปี)
- = กำลังไฟฟ้าที่ใช้เนื่องจากการรั่วซึม (กิโลวัตต์) × จำนวนชั่วโมงทำงานทั้งปี (ชั่วโมง) × อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง)

หาค่าการประหยัดจากการลดการรั่วซึม

การลดการรั่วซึมของอากาศอัดที่ทำอย่างได้ผลจะสามารถลดการรั่วซึมได้ถึง 80%.

การประหยัดเนื่องจากการลดการรั่วซึมทั้งปี

= $0.8 \times$ ค่าใช้จ่ายที่สูญเสียไปเนื่องจากการรั่วซึม (บาท/ปี)

การหาอัตราการรั่วซึมอีกวิธีหนึ่ง

- ให้เครื่องอัดอากาศทำงานจนกระทั่งความดันในถังเก็บขึ้นถึงระดับสูงสุดที่ต้องการใช้งาน
- ดับเครื่องอัดอากาศแล้วจับเวลาที่ความดันในถังเก็บลดลง 100 กิโลปาสกาล
- เดินเครื่องอัดอากาศแล้วจับเวลาที่ความดันในถังเก็บเพิ่มขึ้น 100 กิโลปาสกาล
- อัตราการรั่วซึมหาได้จาก

อัตราการรั่วซึม (ลิตร/วินาที)

=
$$\frac{\text{อัตราอากาศอัดที่จ่ายสูงสุด (FAD) (ลิตร/วินาที) \times \text{ช่วงเวลาที่ความดันเพิ่ม (วินาที)}}{\text{ช่วงเวลาที่ความดันลด (วินาที) + \text{ช่วงเวลาที่ความดันเพิ่ม (วินาที)}}$$

ตัวอย่าง 8.18 เครื่องอัดอากาศแบบสกรูยี่ห้อ แอทลาส คอปโค (Atlas Copco) ใช้มอเตอร์ขับเคลื่อน 160 กิโลวัตต์ และเครื่องทำงาน 6,000 ชั่วโมง /ปี อัตราอากาศอัดที่จ่ายสูงสุด = 350 ลิตร/วินาที ค่ากระแสไฟฟ้าของทั้ง 3 เฟสวัดได้ดังนี้

	มิโหลต (แอมแปร์)	ไรโหลต (แอมแปร์)
เฟส 1	243	178
เฟส 2	245	176
เฟส 3	247	178
เฉลี่ย	<u>245</u>	<u>177.4</u>

ช่วงระยะเวลาที่เครื่องอัดอากาศมิโหลตและไรโหลตระหว่างการผลิต

เดิน (วินาที)	หยุด (วินาที)	คาบเวลาครบรอบ (วินาที)
50	10	60
51	8	59
51	9	60
50	11	61

ช่วงระยะเวลาที่เครื่องอัดอากาศมิโหลตและไรโหลตนอกเวลาการผลิต

เดิน (วินาที)	หยุด (วินาที)	คาบเวลาครบรอบ (วินาที)
25	20	45
26	22	48
25	21	46
27	20	47

วิธีทำ:

1. หากำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศ

$$\text{เมื่อมิโหลต} = 1.732 \times 245 \times 0.85 \times 415 \text{ V} / 1,000 = 149.6 \text{ กิโลวัตต์}$$

$$\text{เมื่อไรโหลต} = 1.732 \times 177.4 \times 0.6 \times 415 \text{ V} / 1,000 = 76.5 \text{ กิโลวัตต์}$$

2. คำนวณค่าเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าที่ใช้ (ระหว่างการผลิต)

ค่าเฉลี่ยคาบเวลาที่เครื่องมีโหลด

$$= (50 + 51 + 51 + 50)/4 = 50.5 \text{ วินาที}$$

ค่าเฉลี่ยคาบเวลาครบรอบ

$$= (60 + 59 + 60 + 61)/4 = 60 \text{ วินาที}$$

อัตราส่วนเวลาที่เดินเครื่อง (%) หรืออัตราส่วนที่เครื่องมีโหลด

$$= 50.5 / 60 = 84\%$$

กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย

$$= \text{กำลังไฟฟ้าเมื่อมีโหลด} \times \text{อัตราส่วนเวลาที่เดินเครื่อง} + \text{กำลังไฟฟ้าที่ไร้โหลด} \times \text{อัตราส่วนเวลาที่เครื่องหยุดเดินเนื่องจากไร้โหลด}$$

$$= 149.6 \times 0.84 + 76.5 \times (1 - 0.84) = 137.9 \text{ กิโลวัตต์}$$

พลังงานไฟฟ้าทั้งปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)

$$= \text{กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (กิโลวัตต์)} \times \text{ชั่วโมงการทำงานทั้งปี (ชั่วโมง/ปี)}$$

$$= 137.9 \text{ กิโลวัตต์} \times 6,000 \text{ ชั่วโมง/ปี}$$

$$= 827,400 \text{ กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี}$$

ค่าไฟฟ้าทั้งปี (บาท/ปี)

$$= \text{พลังงานไฟฟ้าทั้งปี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)} \times \text{อัตราค่าไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง)}$$

$$= 827,400 \text{ กิโลวัตต์-ชม.} \times 3 \text{ บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง}$$

$$= 2,482,200 \text{ บาท/ปี}$$

(ไม่คิดค่าความต้องการพลังไฟฟ้า, Demand Charges)

3. หากำลังไฟฟ้าที่เครื่องใช้ระหว่างการทดสอบหาการรั่วซึม

ค่าเฉลี่ยคาบเวลาที่เครื่องมีโหลด

$$= (25 + 26 + 25 + 27)/4 = 25.7 \text{ วินาที}$$

ค่าเฉลี่ยคาบเวลาครบรอบ

$$= (45 + 48 + 46 + 47)/4 = 46.5 \text{ วินาที}$$

อัตราส่วนเวลาที่เดินเครื่องโดยประมาณ (%)

$$= 25.7 / 46.5 = 55\%$$

ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย

$$= \text{กำลังไฟฟ้าเมื่อมีโหลด} \times \text{อัตราส่วนเวลาที่เดินเครื่อง} - \text{กำลังไฟฟ้าเมื่อไร้โหลด} \times \text{อัตราส่วนเวลาที่เครื่องหยุดเดิน}$$

$$= 149.6 \times 0.55 + 76.5 \times (1 - 0.55) = 116.7 \text{ กิโลวัตต์}$$

4. หากำลังไฟฟ้าเนื่องจากการรั่วซึมและค่าใช้จ่าย

กำลังไฟฟ้าเนื่องจากการรั่วซึม

= ค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าระหว่างการทดสอบการรั่วซึม - ค่ากำลังไฟฟ้าเมื่อไร้โหลด

= 116.7 กิโลวัตต์ - 76.5 กิโลวัตต์ = 40.2 กิโลวัตต์

ประมาณค่าใช้จ่ายเนื่องจากการรั่วซึม

= กำลังไฟฟ้าที่ใช้เนื่องจากการรั่วซึม x ชั่วโมงการทำงานทั้งปี x อัตราค่าไฟฟ้า

= 40.2 กิโลวัตต์ x 6,000 ชั่วโมง/ปี x 3 บาท/ กิโลวัตต์-ชั่วโมง

= 723,600 บาท/ปี

5. หาค่าการประหยัดจากการลดการรั่วซึม

สมมติว่าสามารถหยุดการรั่วซึมได้ 80 %

= 0.8 x ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการรั่วซึม

= 0.8 x 723,600 บาท/ปี

= 578,880 บาท/ปี

มาตรการที่ 2. การลดความดันด้านจ่ายของอากาศอัด

ความดันอากาศอัดที่สูงเกินไปจะเสียค่าไฟฟ้ามากเกินไปจนความจำเป็น

- เมื่อความดันลดลง 50 กิโลปาสกาล จากระดับ 700 กิโลปาสกาล จะทำให้ประหยัดพลังงานได้ 4% (แหล่งที่มา : Compressed Air Savings Manual, SECV)

- ให้ลดความดันที่เครื่องอัดอากาศลงทีละเล็กทีละน้อยจนถึงระดับต่ำสุด โดยไม่มีผลกับการผลิต ควรปฏิบัติร่วมกับฝ่ายบำรุงรักษาเครื่อง แล้วตรวจสอบว่าค่าระดับความดันต่ำสุดที่ตั้งไว้ยังอยู่สูงกว่าความดันต่ำสุดที่ต้องการ ใช้งานเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

- ค่าระดับความดันสูงสุดที่ตั้งไว้สูงพอที่จะไม่ให้เครื่องอัดอากาศเดินๆ หยุดๆ บ่อยเกินไป

ตัวอย่างที่ 8.19 โรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่งมีการบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบอัดอากาศได้เท่ากับ 651,974.00 kWh/y ต้องการลดแรงดันของระบบอัดอากาศจาก 800 kPa (8 bar) ให้เหลือ 400 kPa (4 bar) โดยมีอุณหภูมิอากาศขาเข้าเท่ากับ 35 °C จงหาพลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ต่อปีและคิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้ต่อปี

$$Wi = \frac{n}{(n-1)} \times R \times Ti \times \left[\left(\frac{Po}{Pi} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right]$$

Wi = พลังงานที่ใช้ในการอัดอากาศ (kJ/kg)
 n = 1.3 ค่าคงที่
 R = 0.287 ค่าคงที่ของอากาศ
 Ti = อุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศ (308 K)
 Pi = ความดันเข้าเครื่องอัดอากาศ (101.33 kPa)
 Po = ความดันออกจากเครื่องอัดอากาศ (kPa)

รายละเอียด	ความดันที่ออกจากเครื่องอัดอากาศ	
	8 Bar	4 Bar
พลังงานที่ใช้ในการอัดอากาศ (kJ/kg)	234.10	142.86
เปอร์เซ็นต์ที่สามารถประหยัดพลังงานได้* (%)	-	38.98
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอัดอากาศ (kWh/y)	651,974.00	397,853.28
พลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ (kWh/y)	-	254,120.72
คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้ (บาท/ปี)	-	714,079.23

3. การลดการสูญเสียของอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศ

- ตรวจสอบว่าตัวกรองอากาศสกปรกหรือไม่ เพราะตัวกรองอากาศที่สกปรกอาจจะทำให้เกิดความดันตกได้ถึง 1 กิโลปาสกาล ซึ่งมีผลให้เครื่องอัดอากาศทำงานหนักขึ้น และสูญเสียพลังงานมากขึ้น
- ตรวจสอบอุณหภูมิของอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศ เนื่องจากอากาศที่อุณหภูมิต่ำจะมีความหนาแน่นมากจึงทำการผลิตอากาศอัดได้มากขึ้นด้วย เมื่ออุณหภูมิอากาศลดลง 3 องศาเซลเซียสจะทำให้ประหยัดพลังงานได้ 1% (แหล่งที่มา : Compressed Air Savings Manual, SECV)

ตัวอย่างที่ 8.20 โรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่งมีการบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบอัดอากาศได้เท่ากับ 651,974.00 kWh/y ต้องการลดอุณหภูมิของอากาศเข้าจาก 40°C ให้เหลือ 34°C โดยกำหนดให้ความดันที่ออกจากเครื่องอัดอากาศเท่ากับ 800 kPa (8 bar) จงหาพลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ต่อปีและคิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้ต่อปี

$$Wi = \frac{n}{(n-1)} \times R \times Ti \times \left[\left(\frac{Po}{Pi} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right]$$

W_i = พลังงานที่ใช้ในการอัดอากาศ (kJ/kg)

n = 1.3 ค่าคงที่

R = 0.287 ค่าคงที่ของอากาศ

T_i = อุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศ (K)

P_i = ความดันเข้าเครื่องอัดอากาศ (101.33 kPa)

P_o = ความดันออกจากเครื่องอัดอากาศ (800 kPa)

รายละเอียด	อุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศ	
	40 °C	34 °C
พลังงานที่ใช้ในการอัดอากาศ (kJ/kg)	237.90	233.34
เปอร์เซ็นต์ที่สามารถประหยัดพลังงานได้* (%)	-	1.92
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอัดอากาศ (kWh/y)	651,974.00	639,476.10
พลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ (kWh/y)	-	12,497.90
คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้ (บาท/ปี)	-	35,119.11

8.5 การประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่าง

8.5.1 หลักการพื้นฐานในระบบแสงสว่าง

แสงสว่างเป็นจุดที่มีโอกาสในการประหยัดพลังงานในอาคารพาณิชย์ที่สำคัญการใช้แสงสว่างอาจจะมีมากถึงครึ่งหนึ่งของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด ส่วนในโรงงานอุตสาหกรรม แสงสว่างเป็นเพียงการใช้พลังงานส่วนน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด แต่ในทั้งสองกรณีควรตรวจสอบว่าจุดใดที่สามารถปรับปรุงได้ การตรวจสอบนี้ทำได้ง่ายและเสียค่าใช้จ่ายน้อย อย่างไรก็ตามการประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่างที่ให้ผลมากที่สุดคือการปิดไฟ เมื่อไม่มีความจำเป็นต้องใช้ การจะให้ที่มีแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพ ต้องพิจารณาถึงปริมาณและคุณภาพของแสงสว่างที่ต้องการใช้สำหรับงานนั้นก่อนการให้แสงสว่างที่ดีควรมีทั้งคุณภาพและปริมาณของแสงให้เหมาะกับการใช้ที่เพียงพอ แต่ต้องไม่มากเกินไป โดยทั่วไปแล้วจะมีการใช้แสงสว่างที่มากเกินไปจนความจำเป็น นอกจากสิ้นเปลืองพลังงานแล้วยังส่งผลต่อสุขภาพสายตาของผู้ใช้อีกด้วย ซึ่งการออกแบบแสงสว่างที่ดีจะต้องคำนึงสิ่งต่างๆ ดังนี้

- เลือกใช้หลอดที่มีประสิทธิภาพสูงและเหมาะกับงานนั้น
- สิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง เช่น สีผนังภายใน การสะท้อนของหน้าต่าง เป็นต้น
- ความสามารถที่จะปิดไฟเมื่อไม่ได้ใช้งานหรือไม่ต้องการ

การให้แสงสว่างในโรงงานอุตสาหกรรม โดยทั่วไปสามารถทำได้ 3 ลักษณะ ซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการที่ต้องการ ลักษณะชิ้นงานและการทำงานด้วย ซึ่งแบ่งได้ดังนี้

1. การให้แสงสว่างแบบทั่วไป (General Lighting) คือ การให้แสงสว่างสม่ำเสมอทั่วบริเวณ ซึ่งเหมาะสำหรับโรงงานที่ต้องการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ติดตั้งเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ภายในตลอดเวลา เพราะไม่ว่าไปติดตั้งที่ใดก็สามารถทำได้เพราะมีความส่องสว่างเท่ากันหมด ความส่องสว่างต่ำสุด/ความส่องสว่างเฉลี่ยควรมีค่าไม่น้อยกว่า 0.8 การใช้โคมแบบใดก็ขึ้นอยู่กับความสูงในการติดตั้งของโคม ถ้าโคมที่ติดตั้งอยู่สูงจากพื้นงานไม่มากนักคือไม่เกิน 5-7 เมตร ก็สามารถใช้ฟลูออเรสเซนต์ได้แต่ถ้าโคมที่ติดตั้งอยู่สูงจากพื้นงานเกิน 5-7 เมตร ก็ควรที่ใช้โคมที่ใช้หลอดเมทัลฮาไลด์ปรอทความดันสูง หรือ โซเดียมความดันสูง ซึ่งการเลือกใช้ชนิดของหลอดดีสซาร์จึงขึ้นอยู่กับความพิถีพิถันในเรื่องความถูกต้อง สนิมก็ให้เลือกใช้หลอดเมทัลฮาไลด์

2. การให้แสงสว่างทั่วไปเฉพาะบริเวณ (Localized General Lighting) จะเหมาะสำหรับพื้นที่ใช้งานหรือเครื่องจักรกำหนดที่ติดตั้งไว้อย่างถาวรโดยไม่มีการเคลื่อนย้ายอีก การให้แสงสว่างแบบนี้จะเป็นการประหยัดแสงสว่างเพราะไม่ต้องติดตั้งโคมมากเพื่อให้ความส่องสว่างสม่ำเสมอ แต่ให้ความส่องสว่างมากที่บริเวณนั้นส่วนบริเวณอื่นที่ติดกันก็ให้ความส่องสว่างไม่น้อยกว่า 1/3 ของความส่องสว่างที่บริเวณต้องการ

3. การให้แสงสว่างเฉพาะที่ (Local Lighting) เหมาะสำหรับงานที่ต้องการความส่องสว่างเป็นพื้นที่ ถ้าหากใช้ระบบแสงสว่างทั่วไปกับงานที่ต้องการความส่องสว่างมากก็จะทำให้สิ้นเปลืองค่าโคมและค่าไฟฟ้า เช่น โรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งต้องการความส่องสว่าง 2000 ลักซ์ในการทำงานเพื่อเชื่อมหรือประกอบชิ้นส่วนที่มีขนาดเล็ก การให้แสงสว่างแบบทั่วไปใช้โคมจำนวนมาก ดังนั้นเพื่อให้ประหยัดและให้แสงสว่างตามที่ต้องการก็ทำได้โดยติดตั้งโคมไฟฟ้าให้ใกล้กับชิ้นงานซึ่งอาจอยู่ในรูปของโคมไฟติดตั้งใกล้ชิ้นงานเพื่อให้ความส่องสว่าง 2000 ลักซ์ ส่วนบริเวณทั่วไปโรงงานที่มีความส่องสว่างใกล้เคียง 2000 ลักซ์ ก็ให้มีความส่องสว่าง 1/3 หรือประมาณ 700 ลักซ์ เป็นต้น ดังนั้นเวลาไปดูโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์จะเห็นความส่องสว่างทั่วไปในโรงงานทั่วไปสูงมากถึง 700-800 ลักซ์ ซึ่งความเป็นจริงเป็นความส่องสว่างทั่วไปที่ทั่วไปต้องให้ได้เพียง 1 ใน 3 ของความส่องสว่างที่โรงงานต้องการความส่องสว่างถึง 2000 ลักซ์

8.5.2 ระดับความส่องสว่างในโรงงานอุตสาหกรรม

จากข้อมูลของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างประเทศไทยในการออกแบบความส่องสว่างให้เหมาะสมกับการใช้งาน และเพื่อใช้เป็นแนวทางการแนะนำค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ต่างๆ ในแต่ละประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม

ตารางที่ 8.12 ค่าความส่องสว่างในอุตสาหกรรมซีเมนต์ คอนกรีต และ อิฐ

ลำดับที่	พื้นที่	ค่าความสว่าง (ลักซ์)
1	พื้นที่สำหรับการอบแห้งวัตถุดิบ	50
2	พื้นที่เตรียมและผสมวัตถุดิบ	200
3	พื้นที่ทำงานของเครื่องจักรทั่วไป	300

ตารางที่ 8.13 ค่าความส่องสว่างในอุตสาหกรรมหล่อ หลอม โลหะ

ลำดับที่	พื้นที่	ค่าความสว่าง (ลักซ์)
1	อุโมงค์ใต้พื้น	50
2	แท่น ขนถ่ายโลหะ	100
3	พื้นที่เตรียมพิมพ์ทรายสำหรับการหล่อ	200
4	พื้นที่ตกแต่งโลหะ	200
5	พื้นที่ผสมโลหะ	200
6	แท่นหล่อโลหะ	200
7	พื้นที่ถอดพิมพ์	200
8	พื้นที่เครื่องจักรหล่อโลหะ	200
9	พื้นที่หล่อด้วยมือ	300
10	พื้นที่หล่อโลหะด้วยพิมพ์	300
11	พื้นที่ทำแบบจำลอง	500

ตารางที่ 8.14 ค่าความส่องสว่างในอุตสาหกรรมเซรามิกและแก้ว

ลำดับที่	พื้นที่	ค่าความสว่าง (ลักซ์)
1	พื้นที่สำหรับการทำกรอบแห้ง	50
2	พื้นที่เตรียมและการปฏิบัติงานของเครื่องจักรทั่วไป	300
3	พื้นที่ขึ้นรูปชิ้นส่วน เคลือบเงาและเผา	300
4	พื้นที่ขัดแต่งผิวและแกะสลัก	750
5	พื้นที่ประดับแต่งชิ้นงาน	500
6	พื้นที่ขัดแต่งกระจกสำหรับแว่นตา	750
7	พื้นที่งานนยละเอียด	1000
8	พื้นที่ผลิตเครื่องแก้วเทียม เพชร พลอย	1500

ตารางที่ 8.15 ค่าความส่องสว่างในอุตสาหกรรมทอผ้า

ลำดับที่	พื้นที่	ค่าความสว่าง (ลักซ์)
1	พื้นที่ทั่วไป	200
2	พื้นที่แต่ง ซัก รีด ดึงฝ้าย	300
3	พื้นที่ปั่นด้าย ทอผ้า ถักผ้า	500
4	พื้นที่เย็บ ถัก ปัก ละเอียด	750
5	พื้นที่ออกแบบลวดลาย	750
6	พื้นที่ย้อมผ้า	500
7	พื้นที่อบแห้ง	100
8	พื้นที่พิมพ์ผ้าด้วยเครื่องจักร	500
9	พื้นที่พับ แต่งขอบ ผ้า	1000
10	พื้นที่ตรวจสอบสี คุณภาพผ้า	1000
11	พื้นที่ซ่อมแซมผ้า	1500
12	พื้นที่ตัดเย็บทั่วไป	500

ตารางที่ 8.16 ค่าความส่องสว่างในอุตสาหกรรมเคมี พลาสติก ยาง

ลำดับที่	พื้นที่	ค่าความสว่าง (ลักซ์)
1	พื้นที่การผลิตที่ไม่มีการสัญจร	50
2	พื้นที่การผลิตที่เข้าถึงค่อนข้างลำบาก	150
3	พื้นที่การผลิตที่มีคนประจำเกือบตลอด	300
4	ห้องที่ต้องการความละเอียดในการอ่านมาตรวัด	500
5	สายการผลิตที่เกี่ยวข้องกับเวชภัณฑ์	500
6	สายการผลิตยางรถยนต์	500
7	พื้นที่ตรวจสอบสี	1000
8	ขั้นตอนตรวจสอบ ตัดเจาะ ขึ้นสุดท้าย	750

ตารางที่ 8.17 ค่าความส่องสว่างในอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

ลำดับที่	พื้นที่	ค่าความสว่าง (ลักซ์)
1	พื้นที่ผลิตลวด สายไฟฟ้า	300
2	พื้นที่สำหรับการพันขดลวดขนาดใหญ่	300
3	พื้นที่สำหรับการพันขดลวดขนาดกลาง	500
4	พื้นที่สำหรับการพันขดลวดขนาดเล็ก	750
5	พื้นที่ชุบน้ำขดลวด Coil Impregnating	300
6	พื้นที่สำหรับการชุบเคลือบผิว	300
7	พื้นที่ประกอบชิ้นส่วน	
	- ขนาดใหญ่ เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า	300
	- ขนาดกลาง เช่น สวิตช์บอร์ด	500
	- ขนาดเล็ก เช่น เครื่องโทรศัพท์	750
	- ขนาดเล็กมากที่ต้องการความละเอียดมากเช่น อุปกรณ์มาตรวัดต่างๆ	1000
8	ห้องทดสอบทางด้านไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องมีการ ปรับแต่ง	1500

ตารางที่ 8.18 ค่าความส่องสว่างในอุตสาหกรรมอาหาร

ลำดับที่	พื้นที่	ค่าความสว่าง (ลักซ์)
1	พื้นที่สำหรับขบวนการผลิตทั่วไป	200
2	พื้นที่ล้าง คัดเลือกขนาดวัตถุดิบ ผสมวัตถุดิบ	300
3	พื้นที่สำหรับการตัดแยกชิ้นส่วนเนื้อสัตว์	500
4	พื้นที่ตัดแยกผักผลไม้	300
5	พื้นที่ผลิตสำหรับผลิตอาหารสำเร็จรูปห้องครัว	500
6	พื้นที่ผลิตบุหรี ชีการ์	500
7	พื้นที่ตรวจสอบบรรจุภัณฑ์	500
8	ห้องทดสอบคุณภาพอาหาร	500
9	ห้องตรวจสอบสี	1000

ตารางที่ 8.19 ค่าความส่องสว่างในอุตสาหกรรมหลอมเหล็ก

ลำดับที่	พื้นที่	ค่าความสว่าง (ลักซ์)
1	พื้นที่ที่คนไม่สามารถสัญจรไปได้	50
2	พื้นที่ที่คนสัญจรไปมาไม่บ่อยนัก	150
3	พื้นที่ที่คนสัญจรไปมาตลอดเวลา	200
4	พื้นที่เก็บ SLAB	50
5	พื้นที่เตาหลอม	200
6	พื้นที่ขนถ่าย ตัด รีดเหล็ก	300
7	พื้นที่หรือแท่นควบคุมการผลิต	300
8	พื้นที่ทดสอบควบคุมคุณภาพ	500
9	อุโมงค์ขนส่ง	50

ตารางที่ 8.20 ค่าความส่องสว่างในอุตสาหกรรมชักอบรีด

ลำดับที่	พื้นที่	ค่าความสว่าง (ลักซ์)
1	พื้นที่ขนถ่าย คัดเลือกสินค้า	300
2	พื้นที่ชักแห้ง	300
3	พื้นที่ชัก อบ รีด	300
4	พื้นที่ตรวจเช็ค ซ่อมแซม	750

ตารางที่ 8.21 ค่าความส่องสว่างในอุตสาหกรรมเครื่องหนัง

ลำดับที่	พื้นที่	ค่าความสว่าง (ลักซ์)
1	พื้นที่ขนถ่ายวัตถุดิบ	200
2	พื้นที่ลอกขัดหนัง	300
3	พื้นที่ตัดแต่ง เย็บ ขัดเงา เครื่องหนัง	500
4	พื้นที่คัดเลือกชิ้นส่วน	500
5	พื้นที่ย้อมสีหนัง	500
6	พื้นที่ตรวจสอบคุณภาพ	1000
7	พื้นที่ตรวจสอบสี	1000
8	พื้นที่ประกอบเครื่องหนัง	500

ตารางที่ 8.22 ค่าความส่องสว่างในอุตสาหกรรมรถยนต์

ลำดับที่	พื้นที่	ค่าความสว่าง (ลักซ์)
1	พื้นที่งานตัวถัง ประกอบรถยนต์	500
2	ห้องพ่นสี เคลือบสี ขัดเงา	750
3	พื้นที่ตกแต่งสี	1000
4	พื้นที่ผลิตงานใต้ท้องรถโดยคน	1000
5	พื้นที่ตรวจเช็คครั้งสุดท้าย	1000

ตารางที่ 8.23 ค่าความส่องสว่างในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และไม้

ลำดับที่	พื้นที่	ค่าความสว่าง (ลักซ์)
1	พื้นที่ทำงานโดยเครื่องจักรอัตโนมัติ	50
2	พื้นที่อปไอน้ำ	150
3	พื้นที่เลื่อย ตัด เจาะ	300
4	พื้นที่ประกอบชิ้นส่วนหลัก	300
5	พื้นที่ขัดเงา เคลือบสี ประกอบติดตั้งชิ้นส่วน ตกแต่ง	750
6	พื้นที่ทำงานการผลิตบนเครื่องจักรโดยคน	500
7	พื้นที่คัดเลือกชิ้นส่วน	750
8	พื้นที่ตรวจสอบคุณภาพ	1000

ตารางที่ 8.24 ค่าความส่องสว่างในอุตสาหกรรมผลิตไฟฟ้า

ลำดับที่	พื้นที่	ค่าความสว่าง (ลักซ์)
1	พื้นที่เก็บเชื้อเพลิง	50
2	พื้นที่หม้อน้ำ	100
3	พื้นที่เครื่องจักร	200
4	พื้นที่อื่นๆ	200
5	ห้องควบคุม	500

ตารางที่ 8.25 ค่าความส่องสว่างในอุตสาหกรรมการพิมพ์

ลำดับที่	พื้นที่	ค่าความสว่าง (ลักซ์)
1	พื้นที่ทั่วไป เช่น ตัด เคลือบ ป้อนบนบนกระดาษ	500
2	พื้นที่แทนพิมพ์	500
3	พื้นที่ตกแต่งงานพิมพ์	1000
4	พื้นที่ตรวจสอบสี	1500
5	พื้นที่ตกแต่งเพลท	2000

ตารางที่ 8.26 ค่าความส่องสว่างในอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะ

ลำดับที่	พื้นที่	ค่าความสว่าง (ลักซ์)
1	Open die forging	200
2	Drop forging welding cold forming	300
3	งานเครื่องจักรที่ยอมรับค่าผิดพลาด > 0-1 มม.	300
4	งานเครื่องจักรที่ยอมรับค่าผิดพลาด < 0-1 มม.	500
5	พื้นที่ตรวจสอบ	750
6	พื้นที่รีด ดึงลวด ท่อ	300
7	พื้นที่งานแผ่นโลหะหนา > 5 มม.	200
8	พื้นที่งานแผ่นโลหะหนา < 5 มม.	300
9	พื้นที่งานสร้างแบบ พิมพ์ตัดเจาะ	750
10	พื้นที่ประกอบชิ้นส่วน	
	- ขนาดใหญ่	200
	- ขนาดกลาง	300
	- ขนาดเล็ก	500
	- ขนาดเล็กและรายละเอียดมาก	750
11	พื้นที่ชุบสังกะสี	300
12	พื้นที่ตกแต่งพื้นผิว เคลือบสี	750
13	พื้นที่สร้างพิมพ์ปั๊ม ตัดเจาะสำหรับเครื่องจักรเล็ก	1000

ตารางที่ 8.27 ค่าความส่องสว่างในอุตสาหกรรมกระดาษ

ลำดับที่	พื้นที่	ค่าความสว่าง (ลักซ์)
1	พื้นที่ปั่นเยื่อกระดาษ	200
2	พื้นที่ผลิตกระดาษ	300
3	พื้นที่เข้าเล่ม เข้าปากทั่วไป พับ ตัดขอบ เย็บเล่ม	500

8.5.3 มาตรการประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่าง

มาตรการประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่างสามารถจัดกลุ่มได้เป็น 3 แนวทางคือ

1. การใช้แสงสว่างจากธรรมชาติ
2. การจัดการระบบแสงสว่างให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ
3. การเลือกใช้หลอดไฟฟ้าและอุปกรณ์ประหยัดพลังงานประเภทต่างๆ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การใช้แสงสว่างจากธรรมชาติ การพิจารณาการใช้แสงสว่างจากดวงอาทิตย์จะต้องเลือกหรือกำหนดบริเวณที่สามารถรับแสงธรรมชาติ เนื่องจากการรับแสงอาทิตย์โดยตรง (รังสีตรง) ที่มีความเข้มแสงสูงถึง 80,700 lumen/m² ควรพิจารณาเลือกพื้นที่บางส่วนของหลังคาที่รับแสงและใช้ตัวกลางในการกระจายแสงเพื่อลดการรับแสงโดยตรง นอกจากนั้นจะต้องพิจารณาถึงปริมาณความร้อนที่จะเข้ามาภายในอาคารซึ่งจะเป็นการเพิ่มภาระให้กับระบบปรับอากาศหากมีการรับแสงธรรมชาติโดยตรงเข้ามาเป็นปริมาณมาก จึงไม่ควรกำหนดให้มีพื้นที่โปร่งแสงเกิน 15% ของพื้นที่รับแสงทั้งหมด หากต้องการใช้แสงสว่างจากธรรมชาติในปริมาณมากควรจะใช้การสะท้อนแสงที่ปราศจากแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ (รังสีกระจาย) ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมอย่างยิ่งเนื่องจากปริมาณความร้อนที่ได้จากรังสีกระจายจะมีปริมาณน้อยกว่ารังสีตรงมาก ทั้งนี้ต้องอาศัยการออกแบบที่เหมาะสม

2. การจัดการระบบแสงสว่างให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยทั่วไปการควบคุมการเปิด-ปิดไฟฟ้าแสงสว่างตามความจำเป็นของการใช้งานเป็นวิธีปฏิบัติในเบื้องต้นเกี่ยวกับการจัดการระบบแสงสว่างให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนั้นควรพิจารณาปรับปรุงการใช้งานระบบแสงสว่างให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- การปรับลดความสว่างให้เหมาะสม โดยการกำหนดปริมาณของความสว่างให้เหมาะสมกับลักษณะของการใช้งานตามมาตรฐานของการใช้แสงสว่าง บ้างพื้นที่อาจต้องปรับลดความสว่างลงในกรณีที่มีความสว่างมากเกินความจำเป็นซึ่งสามารถทำได้โดยการลดจำนวนหลอดไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นออกแต่อย่างไรก็ตามควรพิจารณาอย่างรอบคอบที่จะไม่กระทบกับการปฏิบัติงานของผู้ที่ใช้งานในบริเวณดังกล่าว

- การควบคุมการเปิด-ปิดแสงสว่าง สามารถควบคุมได้โดยการใช้คนเป็นผู้ควบคุมเช่น การใช้สวิตช์กระตุก การแยกสวิตช์การเปิด-ปิดตามแต่ละพื้นที่ หรือการควบคุมการทำงานของแสงสว่างโดยใช้ระบบอัตโนมัติ เช่น สวิตช์ตั้งเวลา สวิตช์แสงแดด สวิตช์ตรวจจับการเคลื่อนไหว เป็นต้น

3. การเลือกใช้หลอดไฟฟ้าและอุปกรณ์ประหยัดพลังงานประเภทต่างๆ สำหรับแนวทางการลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการส่องสว่างโดยยังต้องการความสว่างตามเกณฑ์ที่กำหนด สามารถทำได้โดยการใช้หลอดไฟฟ้า บัลลาสต์และโคมไฟที่มีประสิทธิภาพสูง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- การเลือกใช้หลอดไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง จะต้องคำนึงถึงประเภทของการทำงานซึ่งจะเป็นตัวกำหนดระดับความสว่างที่เหมาะสม ความถูกต้องของสี อุณหภูมิแสง ความสามารถในการปรับหรือ ความสูงของเพดาน เป็นต้น หลังจากนั้นจึงพิจารณาถึงปัจจัยทางด้านค่าใช้จ่าย เช่น ประสิทธิภาพอายุการใช้งาน ยี่ห้อ ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดด้านราคาของหลอดไฟฟ้า หากมีการตัดสินใจเปลี่ยนชนิด

ของหลอดไฟฟ้า ไม่ควรเปลี่ยนทั้งหมดทันทีทันใด ควรกำหนดพื้นที่ทดลองส่วนหนึ่งก่อนเพื่อทดสอบการใช้งานจริงและเป็นที่ยอมรับของผู้ใช้งานในบริเวณที่มีการปรับเปลี่ยน

- การเลือกใช้บัลลาสต์ประสิทธิภาพสูง ปัจจุบันบัลลาสต์ที่มีการสูญเสียต่ำจะเลือกใช้เป็นบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ แต่ควรให้ความระมัดระวังบริเวณที่เลือกใช้ไม่ควรมีฝุ่นละออง อุณหภูมิและความชื้นสูง เนื่องจากเป็นปัจจัยที่สำคัญที่จะทำให้อายุการใช้งานของบัลลาสต์สั้นลง

- การเลือกใช้โคมไฟประสิทธิภาพสูง โดยทั่วไปหน้าที่ของโคมไฟคือการบังคับทิศทางแสงของหลอดไฟไปในทิศทางที่ต้องการ ซึ่งโคมไฟมีใช้กันมากมายชนิดขึ้นอยู่กับการใช้งาน สำหรับโคมไฟกับการประหยัดพลังงาน ในที่นี้จะกล่าวถึง โคมไฟที่ใช้ภายในอาคาร เพราะมีการนำมาใช้งานกันมาก จำเป็นต้องเลือกโคมไฟที่สามารถประหยัดพลังงานและมีคุณภาพที่ดี โดยสภาพพื้นที่และประเภทการทำงานในพื้นที่นั้นๆ จะเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเลือกโคมไฟ ซึ่งความสูงของเพดานจะเป็นปัจจัยแรก ที่พิจารณาเลือกชนิดของโคมไฟ ส่วนอีกปัจจัยคือระยะห่างระหว่างเสาไฟ เป็นต้น

ตัวอย่างที่ 8.21 โรงงานแห่งหนึ่งมีพื้นที่ส่วนมากใช้หลอดเมอร์คิวรีขนาด 400 วัตต์ จำนวน 100 หลอด โดยมีการใช้งานเฉลี่ย 6,000 ชั่วโมงต่อปี

ข้อเสนอแนะ

- เปลี่ยนหลอดเมอร์คิวรี 400 วัตต์ เป็นหลอดเมทัลฮาไลด์ ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าขนาด 250 วัตต์ (ราคาหลอดเมทัลฮาไลด์ หลอดละ 3,750 บาท)
- เพิ่มการใช้แสงจากธรรมชาติ

การประหยัด

- ประหยัดค่าไฟฟ้าได้ประมาณ 180,000 บาท/ปี โดยลงทุนประมาณ 450,000 บาท ระยะเวลาคุ้มทุน 2.5 ปี

วิธีการคำนวณค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้

$$\begin{aligned}
 &= \text{พลังงานที่ประหยัดได้} \times \text{จำนวนหลอดไฟ} \times \text{จำนวนชั่วโมงการทำงาน} \times \text{ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย} \\
 &= \frac{(400 \text{ วัตต์} - 250 \text{ วัตต์})}{1,000} \\
 &= 180,000 \text{ บาท/ปี}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเปลี่ยนหลอดไฟ} &= \text{จำนวนหลอดไฟ} \times \text{ราคาของหลอดไฟ} \\
 &= 100 \text{ หลอด} \times 3,750 \text{ บาท/หลอด} \\
 &= 375,000 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

ค่าแรงในการติดตั้งประมาณ 20%	= 75,000 บาท
ดังนั้นค่าใช้จ่ายทั้งหมด	= 450,000 บาท
ระยะเวลาคู้ทุน	= ค่าใช้จ่ายที่ลงทุน
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	= 450,000
	180,000
	= 2.5 ปี

ตัวอย่างที่ 8.22 อาคารสำนักงานแห่งหนึ่งใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ 36 w จำนวน 4000 โคมๆ ละ 2 หลอดเปิดใช้งาน 3,000 ชม./ปี และไม่มีคนควบคุม

ข้อเสนอแนะ

- เปลี่ยนหลอดเป็นแบบไทรฟอสเฟอร์ 36 W พร้อมติดตั้งอุปกรณ์หรี่ไฟ (สามารถลดพลังงานจาก 36 W เหลือ 24 W ที่ความสว่างเท่ากัน)
- ติดตั้งสวิชควบคุม
- ติดตั้ง Timer
- ติดตั้ง Occupancy Sensor ในห้องประชุม
- ติดตั้ง Dimmer ในพื้นที่โถงหน้าต่าง

การประหยัด

- ประหยัดค่าไฟได้ 730,000 บาท/ปี ระยะคุ้มทุน 3 ปี
- เพิ่มการดูแลรักษา เพื่อรักษาอายุของหลอดให้ยาวนาน และลดการสูญเสียลูเมน

วิธีการคำนวณค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้

1. หลอดไฟประสิทธิภาพสูง

$$\begin{aligned}
 &= \text{พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้} \times \text{จำนวนหลอดไฟ} \times \text{จำนวนชั่วโมงการทำงาน} \times \text{ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย} \\
 &= \frac{[(36 - 24) \text{ วัตต์/หลอด} \times 2 \text{ หลอด/โคม} \times 4,000 \text{ โคม} \times 3,000 \text{ ชั่วโมง/ปี} \times 2 \text{ บาท/kWh}]}{[1,000 \text{ วัตต์/kW}]} \\
 &= 576,000 \text{ บาท/ปี}
 \end{aligned}$$

2. ควบคุมเวลาในการเปิดปิดไฟ โดยเฉลี่ยประหยัดได้ 1 ชั่วโมง/วัน

$$\begin{aligned}
 &= \text{โหลดของหลอดไฟทั้งหมด} \times \text{จำนวนชั่วโมงที่ประหยัดได้} \times \text{ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย} \\
 &= 192 \text{ kW} \times 1 \text{ ชั่วโมง/วัน} \times 5 \text{ วัน/สัปดาห์} \times 50 \text{ สัปดาห์/ปี} \times 2 \text{ บาท/kWh}
 \end{aligned}$$

$$= 96,000 \text{ บาท/ปี}$$

3. ติดตั้ง Dimmer Control สำหรับหลอดไฟบริเวณใกล้เคียงต่าง โดยทั่วไปจะประหยัดพลังงานได้ 25% ของหลอดไฟบริเวณดังกล่าว

$$= 25\% \times \text{โหลดของหลอดไฟที่ใกล้เคียงต่าง} \times \text{จำนวนชั่วโมงการทำงาน} \times \text{ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย}$$

$$= \frac{25\% \times 24 \text{ วัตต์/หลอด} \times 2 \times 800 \text{ โคม} \times 3000 \times 2 \text{ บาท/kWh}}{1,000}$$

$$= 57,600 \text{ บาท/ปี}$$

ดังนั้น ประหยัดได้ทั้งสิ้นรวม

$$= 576,000 + 96,000 + 57,600$$

$$= 729,600 \text{ บาท/ปี}$$

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

1. หลอดไฟประสิทธิภาพสูง

$$= \text{จำนวนหลอดไฟ} \times \text{ราคาของหลอดไฟ}$$

$$= 2 \text{ หลอด/โคม} \times 4000 \text{ โคม} \times 125 \text{ บาท/หลอด}$$

$$= 1,000,000 \text{ บาท}$$

2. ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบควบคุม

$$= 1,000,000 \text{ บาท}$$

3. ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง Dimmer Control

$$= 200,000 \text{ บาท}$$

$$\text{ดังนั้น ค่าใช้จ่ายทั้งหมด} = 2,200,000 \text{ บาท}$$

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุน}}{\text{ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้}}$$

$$= \frac{2,200,000}{729,600}$$

$$= 3 \text{ ปี}$$

ตัวอย่างที่ 8.23 อาคารแห่งหนึ่งใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ 3,750 โคมๆ ละ 4 หลอด โดยใช้แผ่นสะท้อนแสงแบบธรรมดาโดยเวลาทำงาน 5,000 ชม./ปี

ข้อเสนอแนะ

- ติดตั้งแผ่นสะท้อนแสงประสิทธิภาพสูง สามารถลดจำนวนหลอดไฟจาก 4 หลอด เหลือ 2 หลอดได้ การประหยัด
- ประหยัดค่าไฟฟ้าได้ประมาณ 2.7 ล้านบาท/ปี โดยมีระยะเวลาคูมทุนไม่เกิน 1 ปี
- เพิ่มการดูแลรักษา เพื่อให้แผ่นสะท้อนแสงสะอาดตลอดเวลา

การคำนวณ

ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้

$$\begin{aligned}
 &= \text{พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้} \times \text{จำนวนชั่วโมงการทำงาน} \times \text{ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย} \\
 &= \frac{(4 - 2) \text{ หลอด} \times 3,750 \text{ แผ่น} \times 36 \text{ วัตต์} \times 5,000 \text{ ชม./ปี} \times 2 \text{ บาท/kWh}}{1,000} \\
 &= 2,700,000 \text{ บาท / ปี}
 \end{aligned}$$

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

$$\begin{aligned}
 &= \text{จำนวนแผ่นสะท้อนแสง} \times \text{ราคาของแผ่นสะท้อนแสง} \\
 &= 3,750 \times 625 \\
 &= 2,343,750 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

การคำนวณ

ค่าแรงในการติดตั้ง ประมาณ 20% ของต้นทุน	=	$0.2 \times 2,343,750 \text{ บาท}$
	=	468,750 บาท
ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการลงทุนรวมทั้งสิ้น	=	$2,343,750 + 468,750$
	=	2,812,500 บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	$\frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุน}}{\text{ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้}}$
	=	$\frac{2,812,500}{2,700,000}$
	=	ประมาณ 1 ปี

8.6 แบบฝึกหัด

1. จงบอกอุปกรณ์หลักที่ใช้ในระบบปรับอากาศแบบอัดไอและอธิบายการทำงานของระบบดังกล่าว
2. การหาประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศที่นิยมใช้กันมีกี่วิธี อะไรบ้าง
3. เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type) แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ จำนวน 2 เครื่อง จากตารางการตรวจวัดมีผลดังต่อไปนี้

เครื่องที่ 1

- ขนาดของหัวจ่ายลมเย็น	=	100 cm x 12.5 cm
- ความเร็วของอากาศจ่ายออก	=	5.33 m/s
- เอนทัลปีของอากาศจ่ายออก	=	25.5 kJ/kg
- เอนทัลปีของอากาศกลับ	=	30 kJ/kg
- กำลังไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์	=	1.5 kW

เครื่องที่ 2

- ขนาดของหัวจ่ายลมเย็น	=	70 cm x 20 cm
- ความเร็วของอากาศจ่ายออก	=	4.83 m/s
- เอนทัลปีของอากาศจ่ายออก	=	25 kJ/kg
- เอนทัลปีของอากาศกลับ	=	33.5 kJ/kg
- กำลังไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์	=	2.3 kW

อยากทราบว่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ (EER) ทั้ง 2 เครื่อง มีค่าเท่าไร และเครื่องไหนจะมีประสิทธิภาพดีกว่า เพราะอะไร

4. จงบอกแนวทางการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศของอุปกรณ์ต่างๆ
5. จงบอกวิธีการให้แสงสว่างในพื้นที่ สามารถทำได้โดยลักษณะใดบ้าง
6. จงให้ความหมายของฟลักซ์แสงสว่าง ความเข้มแสงสว่าง และความสว่าง
7. ประสิทธิภาพแสงมีหน่วยเป็นอะไร
8. หลอดไฟชนิดใดที่ประสิทธิภาพแสง (ประสิทธิภาพ) สูงที่สุด และ ต่ำที่สุด
9. หลอดไฟชนิดใดที่สามารถแสดงความถูกต้องของสีได้ดีที่สุด
10. อาคารแห่งหนึ่งมีโคมไฟแสงสว่างจำนวนทั้งหมด 100 โคมๆ ละ 3 หลอด โดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 W ใช้บัลลาสต์แกนเหล็ก ขนาด 10 W หากเจ้าของอาคารต้องการติดแผ่นสะท้อนแสงที่โคมไฟทั้งหมดและลดจำนวนหลอดลงโคมละ 1 หลอด รวมทั้งเปลี่ยนบัลลาสต์เป็นแบบอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมีกำลังไฟฟ้าสูญเสีย 2 W อยากทราบว่า จะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างลงได้กี่เปอร์เซ็นต์และคิดเป็นจำนวนเงินเท่าไร

(กำหนดชั่วโมงการใช้งานของหลอดไฟเท่ากับ 3,600 ชั่วโมง/ปี และค่าไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 3 บาท/kWh)

11. จงบอกค่าใช้จ่ายในระบบปรับอากาศประกอบด้วยส่วนใดบ้าง
12. จงบอกอุปกรณ์หลักที่ใช้ในระบบปรับอากาศ
13. กำหนดให้เครื่องปรับอากาศแบบลูกสูบมีขนาดมอเตอร์เท่ากับ 120 kW เวลาใช้งาน 6,000 ชม./ปี อัตราอากาศที่จ่ายสูงสุด 300 ลิตร/วินาที อัตราค่าไฟฟ้าเท่ากับ 1.80 บาท/kWh กระแสไฟฟ้าที่วัดได้ทั้ง 3 เฟส ที่แรงดัน 410 V Power factor ขณะมีโหลด เท่ากับ 0.9 และ ขณะมีโหลด เท่ากับ 0.7

เฟส	มีโหลด (Amp.)	ไร้โหลด (Amp.)
เฟส 1	164	117
เฟส 2	165	114
เฟส 3	162	115

ช่วงระยะเวลาที่เครื่องมีโหลดและไร้โหลดในระหว่างการผลิต

เดิน (วินาที)	หยุด (วินาที)	คาบเวลาครบรอบ(วินาที)
22	8	30
25	7	32
23	9	32
23	8	31

ช่วงระยะเวลาที่เครื่องมีโหลดและไร้โหลดเมื่อไม่มีการผลิต

เดิน (วินาที)	หยุด (วินาที)	คาบเวลาครบรอบ(วินาที)
23	17	40
24	17	41
25	18	43
22	19	41

จงหาผลการประหยัดพลังงานจากการลดการรื้อซึม (บาท/ปี) โดยสมมติว่าสามารถหยุดการรื้อซึมได้ 80%

14. จงบอกแนวทางการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศโดยละเอียด

8.7 เอกสารอ้างอิง

1. Fred S. Dubin and Chalmers G. Long, Jr., Energy Conservation Standards, McGraw-Hill, 1978.
2. การประหยัดพลังงานในระบบทำความเย็น เอกสารเผยแพร่คู่มือการใช้เชื้อเพลิงอย่างมีประสิทธิภาพ หมายเลข 10 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน 2544
3. คู่มือฝึกอบรมโครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมโดยโรงงานควบคุม ประจำปี 2551 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
4. คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในระบบการใช้พลังงานหลักด้านระบบปรับอากาศ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน 2550
5. ระบบปรับอากาศ ร่างมาตรฐานการปฏิบัติงานด้านการอนุรักษ์พลังงาน สมาคมที่ปรึกษาด้านอนุรักษ์พลังงาน 2551
6. ระบบแสงสว่าง ร่างมาตรฐานการปฏิบัติงานด้านการอนุรักษ์พลังงาน สมาคมที่ปรึกษาด้านอนุรักษ์พลังงาน 2551
7. ระบบอัดอากาศ ร่างมาตรฐานการปฏิบัติงานด้านการอนุรักษ์พลังงาน สมาคมที่ปรึกษาด้านอนุรักษ์พลังงาน 2551
8. แผนงานการอนุรักษ์พลังงานของประเทศไทยเรื่อง ระบบอัดอากาศ โดยกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน
9. เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่องการประหยัดพลังงานและบำรุงรักษาเครื่องอัดอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน 2545

ดัชนี

ก

กรอบอาคาร	101, 102
กระจกสะท้อนความร้อน	109
กังหันลมชาโวเนียส	8
กังหันลมแดร์เรียส	8
กัปเดตักลม	117, 118, 124, 128
การกระจายตัวของข้อมูล	93, 96, 98
การกำหนดนโยบายและประชาสัมพันธ์	54, 68
การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน	59, 70
การดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน	61, 72
การตรวจติดตามและประเมินการจัดการพลังงาน	62, 74
การตรวจประเมินระบบการจัดการพลังงาน	3, 65, 77
การทบทวนผลการดำเนินงาน	65, 75
การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน	49, 57, 69
การประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น	53, 67, 77
การรั่วซึมของอากาศอัด	194
การสูญเสียในมอเตอร์	152
กำลังสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้า	141

ค

คณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน	50, 51, 53, 54, 62, 65, 74, 77
ความเป็ยงเบนมาตรฐาน	93
ความไม่สอดคล้องประเภทไม่ร้ายแรง	66
ความไม่สอดคล้องประเภทร้ายแรง	66
ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน	79, 80, 81, 87
ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานคงที่	79, 87
ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานแปรผัน	79, 87
ค่าตัวประกอบกำลัง	142, 147
ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะทำความเย็น	166
เครื่องทำความเย็นจากแสงอาทิตย์	3, 6, 7

214 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติ สถาพรประสาธน์

เครื่องทำน้ำเย็น	79, 157, 163, 169, 175, 177, 178, 180, 182, 183, 184
เครื่องส่งลมเย็น	160, 161, 172, 175, 176
เครื่องสูบน้ำ	158, 180, 181
โครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม	41

ฉ

ฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5	4, 128
-------------------------	--------

ด

ดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะ	70, 91, 92, 94, 98
ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการใช้พลังงาน	30

ถ

ถังเก็บอากาศอัด	191
-----------------	-----

บ

บล็อกประสาน	104, 105
-------------	----------

ป

ปรากฏการณ์เรือนกระจก	31
----------------------	----

ผ

ผนังทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	5
ผู้ตรวจสอบพลังงาน	43, 44, 45, 46
ผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน	50

พ

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน	36, 47, 77
พลังงานจากความร้อนใต้พิภพ	15
พลังงานชีวมวล	3, 13
พลังงานทดแทน	1, 2, 22
พลังงานน้ำ	3, 11

พลังงานลม	3, 8
พลังงานสิ้นเปลือง	3, 1, 2, 18
พลังงานแสงอาทิตย์	1, 3
พลังงานหมุนเวียน	3, 1, 2, 3, 29, 30

ภ

ภาวะโลกร้อน	31, 33
-------------	--------

ม

มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง	153, 154, 155, 156
-----------------------	--------------------

ร

ระดับความส่องสว่าง	
ระบบการจัดการพลังงาน	3, 49
ระบบปรับอากาศ	4, 216
รังสีกระจาย	110, 208
รังสีดวงอาทิตย์	
รังสีตรง	110, 208

ส

สถานการณ์ด้านพลังงานของประเทศไทย	3, 29
สถานการณ์ด้านพลังงานของโลก	3, 25
สมการพลังงาน	80, 81, 84, 85, 86, 87, 88

ท

หลังคาโล่ร้อน	116, 139
หอระบายความร้อน	161, 173, 174, 175, 176, 181, 182

