

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการ ทฤษฎี และองค์ความรู้ ที่อ้างอิงถึงในงานวิทยานิพนธ์ ตามลำดับดังนี้

- การจำแนกประเภทอาคาร
- การจำแนกสภาพอาคาร
- มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงาน โดยกล่าวถึงมาตรฐานของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคารหรือส่วนของอาคารที่มีการปรับอากาศ ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด และมาตรฐานการปรับอากาศในอาคาร
- คำนวณการใช้พลังงาน ประกอบด้วย ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคารหรือส่วนของอาคารที่มีการปรับอากาศ ความสามารถในการทำความเย็น ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด และความเข้มพลังงาน
- ลักษณะกายภาพที่มีความสัมพันธ์กับการใช้พลังงานในอาคารธุรกิจ
- ค่าเฉลี่ยของการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับลักษณะกายภาพของอาคาร
- มาตรการการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร
- ฐานข้อมูล
- ความสำคัญของฐานข้อมูลต่อการอนุรักษ์พลังงาน

ข้อกำหนด กฎหมาย หลักเกณฑ์ต่าง ๆ ที่กล่าวถึงในบทนี้ เป็นข้อกำหนด กฎหมาย หลักเกณฑ์ที่บังคับใช้กับอาคารประเภทอาคารควบคุม และจะนำมาใช้กับอาคารธุรกิจ เพื่อกำหนดเป้าหมายในการอนุรักษ์พลังงานเป็นบรรทัดฐานเดียวกัน

2.1 ประเภทอาคาร

การจำแนกประเภทอาคาร สามารถจำแนกได้หลายลักษณะ เช่น Keith and West (1997) ได้จำแนกอาคารเป็น 2 ประเภท คือ อาคารที่มีจุดประสงค์เพื่อการพักอาศัย หรืออาคารที่พักอาศัย (Residential Building) เช่น บ้านทั่วไป และอาคารที่มีจุดประสงค์ด้านธุรกิจ (Commercial Building ซึ่งแต่เดิมเรียกว่า Nonresidential Building) เช่น อาคารสำนักงาน โรงแรม โรงพยาบาล สถานศึกษา ร้านค้าปลีก ร้านค้าส่ง ภัตตาคาร เป็นต้น

EIA (1998) ได้จัดทำรายงานการใช้พลังงานในอาคารของประเทศโดยจำแนกอาคารเป็นอาคารที่พักอาศัย และอาคารธุรกิจเช่นเดียวกัน

สำหรับประเทศไทยจำแนกอาคาร ตามจุดมุ่งหมาย เพื่อควบคุมการใช้พลังงานได้ 2 ประเภท คือ

ก. อาคารควบคุม (กฎกระทรวงออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 ว่าด้วยกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุม, 2538) ได้กำหนดให้อาคารที่มีใช้อาคารที่ใช้เป็นพระที่นั่งหรือพระราชวัง อาคารที่ทำการสถานทูตหรือสถานกงสุลต่างประเทศ อาคารที่ทำการองค์กรระหว่างประเทศหรือที่ทำการของหน่วยงานที่ตั้งขึ้นตามความตกลงระหว่างรัฐบาลไทยกับรัฐบาลต่างประเทศ โบราณสถาน วัดวาอารามหรืออาคารต่าง ๆ ที่ใช้เพื่อการศาสนา ซึ่งมีกฎหมายควบคุมการก่อสร้างไว้แล้วโดยเฉพาะ ที่มีการใช้พลังงานดังต่อไปนี้เป็นอาคารควบคุม

- อาคารหลังเดียวหรือหลายหลังภายใต้เลขที่บ้านเดียวกันที่ได้รับอนุมัติ จากผู้จำหน่ายให้ใช้เครื่องวัดไฟฟ้า หรือติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าชุดเดียวหรือหลายชุดรวมกันมีขนาดตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ หรือ 1,175 กิโลวัตต์แอมแปร์ขึ้นไป

- อาคารหลังเดียวหรือหลายหลังภายใต้เลขที่บ้านเดียวกัน ที่ใช้ไฟฟ้าจากระบบของผู้จำหน่าย ความร้อนจากไอน้ำ จากผู้จำหน่าย หรือพลังงานสิ้นเปลืองอื่นจากผู้จำหน่าย หรือของตนเองอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือรวมกันตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ถึงวันที่ 31 ธันวาคมของปีที่ผ่านมา มีปริมาณพลังงานทั้งหมดเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ 20 ล้านเมกะจูลขึ้นไป

ข. อาคารที่ไม่เป็นอาคารควบคุม คือ อาคารใด ๆ ที่ไม่ได้จัดเป็นอาคารควบคุม อาคารธุรกิจที่ไม่ได้เป็นอาคารควบคุม โดยจำแนกประเภทอาคารตามประเภทของธุรกิจได้ 4 ประเภท คือ สำนักงาน ศูนย์การค้า โรงแรม โรงพยาบาล

2.2 การจำแนกสภาพอาคาร

การจำแนกสภาพอาคาร จำแนกได้เป็น (กฎกระทรวงออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 ว่าด้วยกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุม, 2538)

อาคารเก่า หมายถึง อาคารที่ได้ก่อสร้างแล้วเสร็จหรือกำลังก่อสร้างหรือยังไม่ได้ก่อสร้างแต่ได้ยื่นขออนุญาตก่อสร้างไว้ก่อนวันที่พระราชกฤษฎีกากำหนดให้อาคารนั้นเป็นอาคารควบคุม วันที่พระราชกฤษฎีกามีผลบังคับใช้คือ วันที่ 12 ธันวาคม พ.ศ.2538

อาคารใหม่ หมายถึง อาคารที่ยื่นขออนุญาตก่อสร้างหลังวันที่พระราชกฤษฎีกากำหนดให้อาคารนั้นเป็นอาคารควบคุม

2.3 มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงาน

มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงาน เป็นดังนี้ (กฎกระทรวงออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 ว่าด้วยกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุม, 2538)

2.3.1 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (Roof Thermal Transfer Value:RTTV)

ทั้งอาคารเก่า และอาคารใหม่ จะต้องมียกไม่เกิน 25 วัตต์ต่อตารางเมตรของหลังคา

2.3.2 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคารหรือส่วน ของอาคารที่มีการปรับอากาศ (Overall Thermal Transfer Value : OTTV)

ก.1 สำหรับอาคารใหม่ ไม่เกินกว่า 45 วัตต์ต่อตารางเมตรของผนังด้านนอก

ก.2 สำหรับอาคารเก่า ไม่เกินกว่า 55 วัตต์ต่อตารางเมตรของผนังด้านนอก

2.3.3 ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด

อุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับใช้ส่องสว่างภายในอาคารโดยไม่รวมพื้นที่ที่จอดรถ จะต้องใช้กำลังไฟฟ้าไม่เกินค่าดังตาราง 2.1

ตาราง 2.1 ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด

ประเภทอาคาร ¹	ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (วัตต์ต่อตารางเมตรของพื้นที่ใช้งาน)
สำนักงาน โรงแรม สถานศึกษาและ โรงพยาบาล/สถานพักฟื้น	16
ร้านขายของ ซูเปอร์มาร์เก็ต หรือ ศูนย์การค้า ²	23

¹ อาคารที่มีการใช้งานหลายลักษณะให้ใช้ค่าในตารางตามลักษณะพื้นที่ใช้งาน

² ยกเว้นที่ใช้ในตู้กระจกแสดงสินค้า

2.3.4 มาตรฐานการปรับอากาศในอาคาร

ระบบปรับอากาศที่ติดตั้งในอาคารจะต้องมีค่าพลังไฟฟ้าต่อต้านความเย็น ที่ภาระเต็มพิกัด(Full Load) หรือที่ภาระใช้งานจริง (Actual Load) ไม่เกินกว่าค่าตามตาราง 2.2 และ 2.3

ก. เครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

ตาราง 2.2 ค่าพลังไฟฟ้าต่อต้านความเย็นของเครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

ชนิดส่วนทำความเย็น/เครื่องทำความเย็น	อาคารใหม่	อาคารเก่า
	(กิโลวัตต์ต่อต้านความเย็น)	
1. ส่วนทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง(Centrifugal Chiller)		
ขนาดไม่เกิน 250 ตันความเย็น	0.75	0.9
ขนาดเกินกว่า 250 ตันความเย็น ถึง 500 ตันความเย็น	0.7	0.84
ขนาดเกินกว่า 500 ตันความเย็น	0.67	0.8
2. ส่วนทำน้ำเย็นแบบลูกสูบ (Reciprocating Chiller)		
ขนาดไม่เกิน 35 ตันความเย็น	0.98	1.18
ขนาดเกินกว่า 35 ตันความเย็น	0.91	1.1
3. เครื่องทำความเย็นแบบเป็นชุด (Package Unit)	0.88	1.06
4. ส่วนทำน้ำเย็นแบบสกรู (Screw Chiller)	0.7	0.84

ข. เครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ

ตาราง 2.3 ค่าพลังไฟฟ้าต่อต้านความเย็นของเครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ

ชนิดส่วนทำความเย็น/เครื่องทำความเย็น	อาคารใหม่	อาคารเก่า
	(กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น)	
1. ส่วนทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง(Centrifugal Chiller)		
ขนาดไม่เกิน 250 ตันความเย็น	1.4	1.61
ขนาดเกินกว่า 250 ตันความเย็น	1.2	1.38
2. ส่วนทำน้ำเย็นแบบลูกสูบ (Reciprocating Chiller)		
ขนาดไม่เกิน 50 ตันความเย็น	1.3	1.5
ขนาดเกินกว่า 50 ตันความเย็น	1.25	1.44
3. เครื่องทำความเย็นแบบเป็นชุด (Package Unit)	1.37	1.58
4. เครื่องทำความเย็นแบบติดหน้าต่าง/แยกส่วน (Window /Split Type)	1.4	1.61

2.4 ดัชนีการใช้พลังงาน (Energy Utilization Index)

2.4.1 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (Roof Thermal Transfer Value:RTTV)

คำนวณจากสมการต่อไปนี้

$$RTTV = (U_r)(1 - RSR)(TD_{eq}) + (U_{rf})(RSR)(\Delta T) + (SC)(RSR)(SF) \quad (1)$$

เมื่อ RTTV = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารที่พิจารณา (W/m^2)

U_r = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาส่วนที่ป ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

RSR = อัตราส่วนพื้นที่ของส่วน โปร่งแสงที่ช่องรับแสงบริเวณหลังคาต่อพื้นที่ทั้งหมดของหลังคาส่วนที่พิจารณา

TD_{eq} = ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของหลังคาส่วนที่ป

U_{rf} = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของส่วน โปร่งแสงที่ช่องรับแสง ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

- ΔT = ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร ($^{\circ}\text{C}$)
 SC = สัมประสิทธิ์การบังแดดของส่วนโปร่งแสงที่ช่องรับแสงบริเวณหลังคา
 SF = ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ (Solar Factor) ที่ผ่านส่วนโปร่งแสงที่ช่องรับแสงบริเวณหลังคา (W/m^2)

2.4.2 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคารหรือส่วนของอาคารที่มีการปรับอากาศ (Overall Thermal Transfer Value : OTTV) คำนวณจากสมการต่อไปนี้

$$OTTV_i = (U_w)(1 - WWR)(TD_{eq}) + (U_f)(WWR)(\Delta T) + (SC)(WWR)(SF) \quad (2)$$

- $OTTV_i$ = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา (W/m^2)
 U_w = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ ($\text{W/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$)
 WWR = อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสง และหรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา
 TD_{eq} = ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ ($^{\circ}\text{C}$)
 U_f = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจกหรือผนังโปร่งแสง ($\text{W/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$)
 ΔT = ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร
 SC = ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ (Solar Factor) ที่ผ่านหน้าต่างโปร่งแสงและหรือผนังโปร่งแสง (W/m^2)

2.4.2 ปริมาณพลังงานความร้อน

$$\text{ปริมาณพลังงานความร้อน} = \frac{\text{ขนาดเครื่องปรับอากาศ (Btu/h)}}{\text{พื้นที่ปรับอากาศ (m}^2\text{)}} \quad (3)$$

2.4.3 ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด โดยไม่รวมพื้นที่ที่จอครถ

ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดที่ติดตั้งในอาคาร คือ ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่อาคาร โดยไม่รวมพื้นที่ที่จอครถ คำนวณจากสมการต่อไปนี้

$$PD = \frac{LW + BW}{GR} \quad (4)$$

- PD = ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่อาคาร (W/m^2)
 LW = ผลรวมของค่าพิกัดกำลังไฟฟ้าของหลอดส่องสว่างทั้งหมดที่ติดตั้งในอาคาร (W)
 BW = ผลรวมของค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของบัลลาสต์ทั้งหมดที่ติดตั้งในอาคาร (W)
 GR = พื้นที่ใช้งานรวมในอาคาร (m^2)

2.4.4 ความเข้มพลังงาน (Energy Intensity)

สามารถวัดความเข้มพลังงาน ได้จากดัชนีการใช้พลังงาน (Energy Utilization Index) (Kennedy *et al.*, 1983) ซึ่งหมายถึง อัตราส่วนของปริมาณพลังงานที่ใช้รายปีกับผลผลิตต่อหน่วย เช่น พื้นที่ใช้งาน จำนวนผลผลิต จำนวนห้องพักที่จำหน่ายได้ (กรณีโรงแรม) เป็นต้น สามารถคำนวณได้จาก

$$EUI = \frac{EU}{P} \quad (5)$$

เมื่อ EUI = ดัชนีการใช้พลังงานรายปี ($kWh/room/y$, $kWh/bed/y$, $kWh/m^2/y$)

EU = ปริมาณการใช้พลังงาน (kWh/y)

P = จำนวนห้องพักที่จำหน่ายได้ (กรณีโรงแรม) (room)

หรือ จำนวนเตียงผู้ป่วย (กรณีโรงพยาบาล) (bed)

หรือ ขนาดพื้นที่ใช้งานในอาคาร (กรณีสำนักงานและศูนย์การค้า) (m^2)

2.5 ลักษณะกายภาพที่มีความสัมพันธ์กับการใช้พลังงานในอาคารธุรกิจ

อาคารธุรกิจมีปริมาณการใช้พลังงานแตกต่างจากอาคารประเภทอื่นๆ เช่นอาคารที่พักอาศัย เนื่องจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นในอาคารมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ส่วนอาคารธุรกิจที่เป็นอาคารควบคุมและอาคารธุรกิจที่ไม่ใช่อาคารควบคุมมีลักษณะการใช้พลังงานที่คล้ายคลึงกัน แต่มีปริมาณการใช้พลังงานที่แตกต่างกัน ดังนั้นลักษณะกายภาพที่มีความเกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานในอาคารธุรกิจที่เป็นอาคารควบคุมและไม่ได้เป็นอาคารควบคุมจะมีความคล้ายคลึงกัน

ELA (1998) ระบุลักษณะกายภาพที่มีความสัมพันธ์กับการใช้พลังงานในอาคารธุรกิจ ซึ่งต่างจากลักษณะกายภาพของอาคารที่พักอาศัย คือ พื้นที่ใช้งานในอาคาร พื้นที่ปรับอากาศ พื้นที่ทำความร้อนในอาคารกิจกรรมหลักที่เกิดขึ้นในอาคาร ปีที่สร้าง จำนวนชั้น ภูมิภาคที่อาคารตั้งอยู่ เขตภูมิอากาศ จำนวนผู้ใช้อาคาร จำนวนชั่วโมงการทำงาน ประเภทเจ้าของอาคาร วัสดุทำผนังชั้นนอกอาคาร วัสดุทำหลังคา แหล่งพลังงาน แหล่งพลังงานสำหรับระบบทำความร้อน แหล่งพลังงานสำหรับระบบทำความเย็น แหล่งพลังงานสำหรับระบบผลิตน้ำร้อน แหล่งพลังงานสำหรับการประกอบอาหาร อุปกรณ์ทำความร้อน อุปกรณ์ทำความเย็น อุปกรณ์ระบบแสงสว่าง อุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ลักษณะการอนุรักษ์พลังงานกรอบอาคาร ลักษณะการอนุรักษ์พลังงานระบบแสงสว่าง เป็นต้น

2.6 ค่าเฉลี่ยของการใช้พลังงานไฟฟ้า ของอาคารประเภทต่าง ๆ

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน (2543) รายงานสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในสาขาธุรกิจ ซึ่งรวมการใช้ไฟฟ้าของภาครัฐและองค์กรไม่แสวงกำไรในปี พ.ศ. 2541 รวมทั้งสิ้น 29,921.4 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2540 ร้อยละ 2.5 และเป็นสัดส่วนร้อยละ 37.2 ของความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าทั่วประเทศ ซึ่งเป็นสัดส่วนที่มากเป็นอันดับที่สอง รองจากสาขาอุตสาหกรรม ประกอบกับ พลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้ในอาคารที่มีสัดส่วนการใช้มากกว่าแหล่งพลังงานประเภทอื่น ๆ เช่น ดีเซล แอลพีจี

ดังนั้น จึงได้พิจารณาการใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปของค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารแต่ละประเภท ซึ่งมีลักษณะกายภาพคล้ายคลึงกัน โดยสามารถนำข้อมูลค่าเฉลี่ยดังกล่าวอ้างอิงระดับของการใช้พลังงาน ว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด ดังนี้

2.6.1 อาคารประเภทโรงแรม

ค่าเฉลี่ยของการใช้พลังงานไฟฟ้า(กิโลวัตต์ชั่วโมง/ห้อง/ปี)

$$= \frac{\text{ปริมาณพลังงานไฟฟ้ารายปี}}{\text{จำนวนห้องพัก} \times \text{ร้อยละของห้องพักที่จำหน่ายได้ต่อปี}} \quad (6)$$

ค่าเฉลี่ยของการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

$$= \text{ค่าเฉลี่ยของการใช้พลังงานไฟฟ้า} \pm 1.960 \times \text{ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน}$$

ค่าเฉลี่ยของการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดูตัวอย่างตามภาคผนวก จ

(สุรินทร์ ขนานศักดิ์และคณะ, 2539)

2.6.2 อาคารประเภทโรงพยาบาล

ค่าเฉลี่ยของการใช้พลังงานไฟฟ้า(กิโลวัตต์ชั่วโมง/เตียง/ปี)

$$= \frac{\text{ปริมาณพลังงานไฟฟ้ารายปี}}{\text{จำนวนเตียง}} \quad (7)$$

ค่าเฉลี่ยของการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

$$= \text{ค่าเฉลี่ยของการใช้พลังงานไฟฟ้า} \pm 1.960 * \text{ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน}$$

ค่าเฉลี่ยของการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดูตัวอย่างตามภาคผนวก จ (สุรินทร์ ขนบศักดิ์และคณะ, 2539)

2.6.3 อาคารประเภทสำนักงานและศูนย์การค้า

ค่าเฉลี่ยของการใช้พลังงานไฟฟ้า(กิโลวัตต์ชั่วโมง/ตารางเมตร/ปี)

$$= \frac{\text{ปริมาณพลังงานไฟฟ้ารายปี}}{\text{พื้นที่ใช้งาน}} \quad (8)$$

ค่าเฉลี่ยของการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

$$= \text{ค่าเฉลี่ยของการใช้พลังงานไฟฟ้า} \pm 1.960 * \text{ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน}$$

ค่าเฉลี่ยของการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดูตัวอย่างตามภาคผนวก จ (สุรินทร์ ขนบศักดิ์และคณะ, 2539)

2.7 มาตรการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร

มาตรการอนุรักษ์พลังงานที่ใช้สำหรับอาคารควบคุม สามารถจำแนกได้ 3 ด้าน คือ โครงสร้างอาคาร พลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อน

ในที่นี้จะกล่าวถึงมาตรการบางส่วนจากจำนวนมาตรการทั้งหมด ที่พบว่าสามารถเป็นแนวทางที่ก่อให้เกิดการประหยัดพลังงานในอาคารธุรกิจได้ ดังแสดงในตาราง 2.4 และหากจำแนกมาตรการอนุรักษ์พลังงานด้านโครงสร้างอาคาร พลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อนตามระบบ จะสามารถจำแนกได้ 3 ระบบ คือ ระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง และระบบอื่น ๆ โดยได้รวมมาตรการด้านโครงสร้างอาคาร (มาตรการเรื่องค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร

ตาราง 2.4 มาตรการอนุรักษ์พลังงานพลังงานในอาคารธุรกิจ

ชนิดมาตรการ	หัวข้อ	มาตรการหลัก	วิธีการ
1. โครงสร้างอาคาร	1. การถ่ายเทความร้อนของหลังคาอาคาร (Roof Thermal Transfer Value :RTTV) 2. การถ่ายเทความร้อนของผนังด้านนอกอาคาร (Overall Thermal Transfer Value :OTTV)	1. มาตรการที่เกี่ยวข้องกับฝ้าและเพดาน 1. มาตรการที่เกี่ยวข้องกับผนังโปร่งแสงและหน้าต่าง	- ใส่นวนความร้อนที่ฝ้า-เพดาน - การติดตั้งสะท้อนแสงกันรังสีความร้อน
2. พลังงานไฟฟ้า	1. ระบบส่วนกลาง (Utility System) 2. กำลังไฟฟ้าส่องสว่าง	1. มาตรการด้านการจัดการ (Management) 2. มาตรการปรับปรุงตัวประกอบกำลัง (Power Factor Improvement) 3. มาตรการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้า 1. มาตรการด้านหลอดไฟฟ้า 2. มาตรการด้านอุปกรณ์ประกอบวงจร(บัลลาสต์)	- การควบคุมความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด - การใช้ระบบบริหารพลังงาน โดยใช้ Key Switch(กรณีโรงแรม) - การปรับ Tap หม้อแปลงไฟฟ้า - การเปลี่ยนชนิดของหลอดไฟฟ้าให้เป็นหลอดไฟฟ้าชนิดประหยัดพลังงาน - การใช้บัลลาสต์ชนิดการสูญเสียต่ำ (Low Loss Ballast)

ตาราง 2.4 (ต่อ) มาตรการอนุรักษ์พลังงานในอาคารธุรกิจ

ชนิดมาตรการ	หัวข้อ	มาตรการหลัก	วิธีการ
	3. ระบบปรับอากาศหรือทำความเย็น และ ระบายอากาศ	3. มาตรการด้านไฟฟ้า 1. มาตรการการเพิ่มประสิทธิภาพ ทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) 2. มาตรการการเพิ่มประสิทธิภาพ ของเครื่องปรับอากาศ แบบแยกส่วน(Split Type) 3. มาตรการการเพิ่มประสิทธิภาพ ในการใช้งานระบบปรับอากาศ หรือทำความเย็น	- การใช้บัลลาสต์ชนิดอิเล็กทรอนิกส์ - การใช้คอมไพร์รุ่นใหม่ที่มี ประสิทธิภาพสูงทดแทน คอมไฟเดิม - การใช้เครื่องทำน้ำเย็นใหม่ ประสิทธิภาพสูงทดแทนของเดิม - การใช้เครื่องปรับอากาศใหม่ ที่มีประสิทธิภาพสูงทดแทนชุดเดิม (ใช้เครื่องปรับอากาศชนิด High EER) - โดยการปรับปรุงอุณหภูมิในที่สูงขึ้น และอยู่ในระดับเหมาะสมซึ่งเป็น วิธีการเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ ของเครื่องทำน้ำเย็น - การบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ - การใช้ตัวควบคุมชนิดอิเล็กทรอนิกส์
3. พลังงานความร้อน	1. การปรับปรุงประสิทธิภาพของการเผาไหม้ เชื้อเพลิง	1. มาตรการการปรับปรุง ประสิทธิภาพของการเผาไหม้	

ตาราง 2.4 (ต่อ) มาตรการอนุรักษ์พลังงานในอาคารธุรกิจ

ชนิดมาตรการ	หัวข้อ	มาตรการหลัก	วิธีการ
ชนิดมาตรการ	2. การป้องกันการสูญเสียพลังงาน	เชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำ	
		1. มาตรการป้องกันการสูญเสียพลังงานความร้อนจากอุปกรณ์กำเนิดความร้อนต่าง ๆ	- การหุ้มฉนวน
		2. มาตรการป้องกันการสูญเสียพลังงานความร้อนจากท่อไอน้ำและท่อส่งความร้อนต่าง ๆ	- การหุ้มฉนวน
		3. มาตรการป้องกันการสูญเสียพลังงานความร้อนจากอุปกรณ์ใช้ไอน้ำและใช้ความร้อนต่าง ๆ	- การหุ้มฉนวน
	3. การเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานความร้อนอื่น ๆ	4. มาตรการการใช้ประโยชน์จากพลังงานที่เหลือทิ้งโดยตรง	- การใช้น้ำคอนเดนเสท
		1. มาตรการการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานความร้อนอื่น ๆ	- การลดการรั่วไหลของน้ำร้อน

(RTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอก (OTTV)) ไว้ในระบบปรับอากาศ ดังแสดงในตาราง 2.5

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตาราง 2.5 มาตรการอนุรักษ์พลังงานในอาคารธุรกิจจำแนกตามระบบการใช้พลังงาน

ระบบพลังงาน	ประเภทมาตรการ
1. ระบบปรับอากาศ	1. การใส่ฉนวนกันความร้อนที่ฝ้าเพดาน 2. การติดตั้งสะท้อนแสงกันรังสีความร้อน 3. การใช้เครื่องปรับอากาศชุดใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงทดแทนชุดเดิม 4. การปรับตั้งอุณหภูมิน้ำเย็น 5. การบำรุงรักษาที่เหมาะสม 6. การใช้ตัวควบคุมชนิดอิเล็กทรอนิกส์ 7. การใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใหม่ ประสิทธิภาพสูงทดแทนของเดิม
2. ระบบแสงสว่าง	1. การเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟฟ้าชนิดประหยัดพลังงาน 2. การใช้บัลลาสต์ชนิดการสูญเสียต่ำ (Low Loss Ballast) 3. การใช้บัลลาสต์ชนิดอิเล็กทรอนิกส์ 4. การใช้โคมไฟฟ้ารุ่นใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงทดแทนโคมไฟฟ้าเดิม 5. การใช้ Key Switch (โรงแรม)
3. ระบบอื่นๆ	1. การควบคุมความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด 2. การปรับปรุงตัวประกอบกำลัง (Power Factor Improvement) 3. การปรับ Tap หม้อแปลงไฟฟ้า 4. การปรับปรุงประสิทธิภาพของการเผาไหม้เชื้อเพลิง 5. การป้องกันการสูญเสียพลังงานโดยการหมุนวนอุณหภูมิความร้อน และการใช้น้ำคอนเดนเสท 6. การเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานความร้อน อื่น ๆ โดยการลดการรั่วไหลของน้ำร้อน

2.7.1 การประเมินศักยภาพของมาตรการประหยัดพลังงาน

การพิจารณาว่ามาตรการประหยัดพลังงาน มีศักยภาพในการปฏิบัติได้จริง และมีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์หรือไม่ พิจารณาจาก

ก. ผลตอบแทนการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ที่แท้จริง (Real Economics Internal Rate of Return :EIRR)

ซึ่งแสดงถึงอัตราผลตอบแทนการลงทุนต่อเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ ผลตอบแทนการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ ที่เหมาะสมต่อการลงทุนในปัจจุบันมีค่ามากกว่าร้อยละ 9

ข. ผลตอบแทนการลงทุนทางการเงิน (Financial Internal Rate of Return:FIRR)

ซึ่งแสดงถึงอัตราผลตอบแทนการลงทุนต่อเงินที่ลงทุน(ต่อเจ้าของกิจการ) โดยปกติแล้วค่าของผลตอบแทนการลงทุนทางการเงิน ที่นักลงทุนควรมีมากกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ต่ำสุดสำหรับลูกค้ารายย่อยของธนาคารกรุงไทย (Minimal Retail Rate , MRR) เฉลี่ยในช่วง 3 เดือนที่ผ่านมา + ร้อยละ 2

ค. ระยะเวลาคืนทุน(Payback Period)

ระยะเวลาคืนทุน คือ ระยะที่ผลตอบแทนสุทธิจากการดำเนินงานมีค่าเท่ากับค่าลงทุนของโครงการ

$$\text{ระยะคืนทุน(ปี)} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุน(บาท)}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิต่อปี(บาท/ปี)}} \quad (9).$$

สามารถจำแนกช่วงระยะเวลาคืนทุนได้ตามขั้นตอนของการประหยัดพลังงาน (สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน, 2541)

ก.1 การบำรุงรักษาหรือการดูแลเบื้องต้น (House Keeping)

การประหยัดพลังงานโดยวิธีนี้แท้จริงแล้วเป็นการปรับแต่งเครื่อง และการทำงานต่าง ๆ เช่น การกำหนดให้มีกรรมวิธีดูแลบำรุงรักษาที่ถูกต้อง และขั้นตอนการทำงานอย่างเหมาะสม วิธีต่าง ๆ เหล่านี้ โดยมากแล้วจะไม่ทำให้ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น หรือเป็นมาตรการที่เสียค่าใช้จ่ายน้อย แต่มีระยะเวลาคืนทุนสั้น ๆ คือ น้อยกว่า 4 เดือน

ก.2 การปรับปรุงประสิทธิภาพขบวนการผลิต (Process Improvement)

มาตรการในข้อนี้เป็นการปรับปรุงระบบอุปกรณ์หรือขบวนการเดิม เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงขึ้นหรือทำให้การสูญเสียต่าง ๆ ลดน้อยลง วิธีการปรับปรุงขบวนการทำงานตามปกติจะมีความยุ่งยากมากขึ้น และจะต้องอาศัยการตรวจวิเคราะห์อย่างละเอียด โดยทั่วไปกรรมวิธีนี้จะต้องการเงินลงทุนปานกลาง โดยมีระยะเวลาคืนทุน 1-2 ปี

ค.3 การเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์หรือระบบ (Major Change Equipment)

เมื่อการตรวจวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้ชี้ให้เห็นว่า สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้มาก โดยการเปลี่ยนหรือเพิ่มอุปกรณ์ ทั้งนี้จะต้องประเมินค่าผลตอบแทนทางการเงินที่ได้จากการดำเนินงานตามมาตรการดังกล่าว และถ้าผลการวิเคราะห์ที่ได้มีความสอดคล้องและเข้ากับเกณฑ์การลงทุนของฝ่ายบริหารแล้ว มาตรการดังกล่าวจะได้รับการเสนอเพื่อขอความเห็นชอบ โดยปกติมาตรการต่าง ๆ ในข้อนี้จะต้องมีการลงทุนสูง โดยมีระยะเวลาคืนทุนเป็น 2-7 ปี

2.8 ฐานข้อมูล

ฐานข้อมูล คือ การรวบรวมรายละเอียดของข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กัน โดยจัดเก็บไว้อย่างเป็นระเบียบแบบแผน โดยข้อมูลเหล่านี้จะต้องมีความถูกต้อง เชื่อถือได้

2.8.1 ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์

รูปแบบของฐานข้อมูลหรือโมเดลฐานข้อมูล จำแนกได้เป็น 3 ประเภท คือ โมเดลแบบลำดับชั้น (Hierarchical Model) โมเดลแบบเครือข่าย (Network Model) และ โมเดลแบบเชิงสัมพันธ์ (Relational Model) ซึ่งโมเดลแบบเชิงสัมพันธ์เป็นที่นิยมใช้มากที่สุดในปัจจุบัน เนื่องจากง่ายต่อการใช้งาน ไม่จำเป็นต้องทราบถึงตำแหน่งการจัดเก็บทางกายภาพ การจัดเก็บเป็นลักษณะของตารางทำให้เห็นภาพชัดเจน

ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database) มีการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบของตาราง (Table) หรือเรียกกันในฐานะข้อมูลประเภทนี้ว่า รีเลชัน (Relation) ซึ่งหมายถึง ตาราง 2 มิติ ที่ประกอบด้วยแถว และคอลัมน์ของข้อมูล

คำว่าแถว (Row) ในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์จะเรียกว่า ทัพเพิล (Tuple) และคำว่าคอลัมน์ (Column) จะเรียกว่า แอททริบิวต์ (Attribute) เพื่อให้เกิดความเข้าใจมากขึ้นได้แสดงโครงสร้างของรูปแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ตามตาราง 2.6

ตาราง 2.6 ตัวอย่างรูปแบบของฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์
รีเลชัน แหล่งพลังงาน

รหัสแหล่งพลังงาน	ชื่อแหล่งพลังงาน
01	ไฟฟ้า
02	น้ำมันเตา
03	น้ำมันดีเซล
04	น้ำมันเบนซิน
05	น้ำมันก๊าด
06	ก๊าซปิโตรเลียม
07	ก๊าซธรรมชาติ
08	ฟืน

ทัฟเฟิล
หรือแถว

คอลัมน์ หรือ แอททริบิวต์

รีเลชันต่างๆ ได้มีการออกแบบและผ่านการทำให้เป็นบรรทัดฐาน (Normalization) เพื่อลดความซ้ำซ้อน ความผิดพลาดที่เกิดจากการเพิ่ม ลบ หรือ ปรับปรุงข้อมูล และทำให้การจัดการข้อมูลเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีการทำให้เป็นบรรทัดฐาน จะได้อธิบายเพิ่มเติมในหัวข้อ 2.8.4 การออกแบบระบบฐานข้อมูล

2.8.2 ภาษาที่ใช้ในระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์

ภาษาที่ใช้ในระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ คือ ภาษา SQL (Structured Query Language) ออกเสียงว่า "Sequel" หรือ "S-Q-L" คำสั่งต่างๆ ใน SQL เป็นคำสั่งที่ง่าย คล้ายกับภาษาอังกฤษ ทำให้สื่อความหมายได้ชัดเจน สามารถใช้ SQL ในการกำหนดโครงสร้างฐานข้อมูล เรียกค้น เปลี่ยนแปลง หรือลบข้อมูล

การใช้ SQL สามารถใช้ในลักษณะตอบโต้โดยตรงผ่านระบบจัดการฐานข้อมูล หรือใช้ร่วมกับภาษาอื่น ๆ เช่น PASCAL, FORTRAN, COBOL เป็นต้น

2.8.3 ระบบจัดการฐานข้อมูล

ระบบจัดการฐานข้อมูล (Database Management System: DBMS) เป็นซอฟต์แวร์ที่ทำหน้าที่ควบคุม ดูแลการสร้าง การเรียกใช้ข้อมูล แก้ไขโครงสร้างฐานข้อมูล จัดทำรายงานต่าง ๆ โดยที่ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องทราบรายละเอียดของการจัดเก็บจริง ๆ ตัวอย่างของระบบจัดการฐานข้อมูล เช่น ORACLE, ACCESS, MS SQL Server, Ingres, dBase เป็นต้น

ระบบจัดการฐานข้อมูล แบ่งออกตามประเภทของระบบฐานข้อมูล โดยระบบฐานข้อมูลสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ (สุทธิชัย สุทธิธรรม, 2542)

ก. ระบบฐานข้อมูลที่ใช้โดยผู้ใช้คนเดียว (Desktop Database) บนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเครื่องเดียว ระบบจัดการฐานข้อมูลที่ใช้กับฐานข้อมูลประเภทนี้ คือ ACCESS, dBase, Paradox เป็นต้น

ข. ระบบฐานข้อมูลแบบไคลเอนต์/เซิร์ฟเวอร์ (Client/Server Database) เป็นระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ที่แท้จริงที่ใช้โดยผู้ใช้อย่างน้อย 2 คน ระบบจัดการฐานข้อมูลที่ใช้กับฐานข้อมูลประเภทนี้ คือ ORACLE, Informix, MS SQL Server เป็นต้น การทำงานแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ไคลเอนต์ และ เซิร์ฟเวอร์

เครื่องไคลเอนต์ คือเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่จัดการกับแอปพลิเคชันฐานข้อมูลหรือหน้าบันทึก และรายงานแสดงผลต่าง ๆ ส่วนเครื่องเซิร์ฟเวอร์ คือ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีซอฟต์แวร์ระบบจัดการฐานข้อมูล (DBMS) ข้อมูลต่าง ๆ จะบันทึกอยู่ในส่วนของเซิร์ฟเวอร์ การเรียกใช้ข้อมูลต่าง ๆ จะเรียกใช้จากเครื่องไคลเอนต์ ผ่านโครงสร้าง ODBC (Open Database Connectivity) ไปยังเซิร์ฟเวอร์ โดยใช้ภาษา SQL หรือภาษาที่เสริมการใช้ภาษา SQL เพื่อให้การเขียนโปรแกรม มีความยืดหยุ่นยิ่งขึ้น เช่น ภาษา PL/SQL ใน ORACLE เป็นต้น

ฐานข้อมูลที่จัดทำขึ้นนี้เป็นฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ในรูปแบบของ ไคลเอนต์/เซิร์ฟเวอร์ ที่ต้องการให้ข้อมูลด้านพลังงานทั้งหมดเก็บไว้เพียงที่เดียว และสามารถเรียกใช้ หรือบันทึก ได้จากผู้ใช้หลาย ๆ คน จึงได้เลือกระบบจัดการฐานข้อมูล ORACLE และเลือก ORACLE Developer/2000 เป็นซอฟต์แวร์ที่จัดทำแอปพลิเคชัน ข้อดีของระบบจัดการฐานข้อมูล ORACLE คือ มีความเชื่อถือได้ (Reliability) สูง สนับสนุนภาษาที่ใช้ร่วมกับ SQL ได้จำนวนมาก เช่น COBOL, FORTRAN, C, PASCAL ยกเว้นภาษา BASIC และสามารถทำงานได้บนหลายแพลตฟอร์ม เช่น บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 9x, เอ็นที, ยูนิกซ์, โซลาริส, ลินุกซ์ หรือบนพีซี เป็นต้น

2.8.4 การออกแบบระบบฐานข้อมูล

หัวข้อการออกแบบระบบฐานข้อมูล (Database Design) จะกล่าวถึงการออกแบบในระดับหลักการหรือระดับแนวคิด หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นการกำหนดโครงสร้างของฐานข้อมูลก่อนจะเข้าสู่ขั้นตอนนี้ ผู้ออกแบบจะต้องรวบรวมข้อมูลที่ต้องการไว้แล้วจากนั้นจึงเริ่มสู่ขั้นตอนการออกแบบ 6 ขั้นตอน (ดวงแก้ว สวามิภักดิ์, 2534)

- กำหนดกลุ่มข้อมูล
 - กำหนดรายละเอียดกลุ่มข้อมูล
 - การทำให้เป็นบรรทัดฐาน (Normalization) หรือ การทำให้อยู่ในรูปแบบนอร์มัล (Normal Form) หรือ นอร์มัลไลซ์
 - กำหนดแอททริบิวต์ที่ทำหน้าที่เป็นคีย์ต่าง ๆ
 - กำหนดคุณสมบัติและประเภทของข้อมูล
 - ทบทวนตามขั้นตอนทั้งหมดเพื่อปรับปรุง
- ขั้นตอนที่ 1 กำหนดกลุ่มข้อมูล

กลุ่มข้อมูลนี้ เรียกว่า เอนทิตี (Entity) หรือรีเลชัน (Relation) ตามที่เรียกกันในฐานะข้อมูลเชิงสัมพันธ์ เป็นชื่อที่กำหนดขึ้นเพื่อสื่อความหมายว่าข้อมูลในกลุ่มนี้เกี่ยวข้องกับสิ่งใด เช่น ฐานข้อมูลอาคารธุรกิจในประเทศไทยเพื่อส่งเสริมนโยบายการอนุรักษ์พลังงานประกอบด้วยเอนทิตี รายชื่ออาคารธุรกิจ ภูมิภาค แหล่งพลังงาน รายละเอียดแหล่งพลังงาน เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดรายละเอียดของกลุ่มข้อมูล

รายละเอียดของกลุ่มข้อมูล เรียกว่า แอททริบิวต์ (Attribute) หรือคอลัมน์ เช่น เอนทิตีแหล่งพลังงาน ประกอบด้วย แอททริบิวต์ รหัสแหล่งพลังงาน และชื่อแหล่งพลังงาน เขียนในรูปข้อความ ได้ดังนี้

แหล่งพลังงาน (รหัสแหล่งพลังงาน, ชื่อแหล่งพลังงาน)

แอททริบิวต์ที่ขีดเส้นใต้ เป็นคีย์หลักของเอนทิตีนั้น ๆ

ขั้นตอนที่ 3 การทำให้เป็นบรรทัดฐาน (Normalization) หรือ การทำให้อยู่ในรูปแบบนอร์มัล (Normal Form) หรือ นอร์มัลไลซ์

กระบวนการทำให้เป็นบรรทัดฐาน คือ กระบวนการแปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบซับซ้อนให้อยู่ในรูปแบบที่ง่ายต่อการนำไปใช้ และก่อให้เกิดปัญหาน้อยที่สุด จุดประสงค์ของการทำให้รีเลชันอยู่ในรูปแบบนอร์มัล คือ

1. ลดเนื้อที่ในการจัดเก็บ

2. ลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นการลดปัญหาข้อมูลไม่ถูกต้องเนื่องจากการจัดเก็บข้อมูลในรีเลชันหนึ่ง ๆ ไม่ซ้ำกัน ทำให้ปรับปรุงข้อมูลได้ง่ายที่จุดเดียว

3. ลดปัญหาในการเพิ่ม แก้ไข และลบข้อมูลไม่ครบถ้วน

รูปแบบนอร์มัลโดยทั่วไป มี 3 ระดับ คือ รูปแบบนอร์มัลระดับที่ 1 (First Normal Form :1NF) รูปแบบนอร์มัลระดับที่ 2 (Second Normal Form :2NF) รูปแบบนอร์มัลระดับที่ 3 (Third Normal Form :3NF)

ตามตาราง 2.7 ได้แสดงรีเลชัน รายชื่ออาคาร-รายละเอียดแหล่งพลังงานชั้นปลาย ซึ่งยังไม่ผ่านการนอร์มัลไลซ์

ตาราง 2.7 ตัวอย่างรีเลชัน รายชื่ออาคาร-รายละเอียดแหล่งพลังงานชั้นปลาย
ที่ยังไม่ผ่านการนอร์มัลไลซ์

รีเลชัน รายชื่ออาคาร-รายละเอียดแหล่งพลังงานชั้นปลาย

รหัส อาคาร	รหัสหมวด อุตสาหกรรม	ข้อมูลปี (พ.ศ.)	ชื่ออาคาร	พลังงานชั้นปลาย จำแนกตามระบบ	ปริมาณพลังงานไฟฟ้า จากการประเมิน (kWh)
1	63201	2541	เกรทพาลेख	ระบบปรับอากาศ	430,255.00
				ระบบแสงสว่าง	100,055.00
				ระบบอื่น ๆ	246,000.00
2	63201	2541	สุรวงศ์	ระบบปรับอากาศ	300,000.00
				ระบบแสงสว่าง	100,000.00
				ระบบอื่น ๆ	280,000.00

จากตาราง 2.7 เมื่อปรับรีเลชันให้อยู่ในรูปแบบนอร์มัลระดับที่ 1 จะสามารถแตกรีเลชันออกได้เป็น 2 รีเลชัน ตามตาราง 2.8 และ 2.9

ตาราง 2.8 รีเลชัน รายชื่ออาคารธุรกิจที่แตกมาจากรีเลชัน
รายชื่ออาคารธุรกิจ-รายละเอียดแหล่งพลังงานชั้นปลาย

รหัสอาคาร	รหัสหมวดอุตสาหกรรม	ข้อมูลปี (พ.ศ.)	ชื่ออาคารธุรกิจ
1	63201	2541	เกรทพาเลซ
2	63201	2541	สุรวงศ์

ตาราง 2.9 รีเลชัน รายละเอียดแหล่งพลังงานชั้นปลาย ที่แตกมาจาก
รีเลชัน รายชื่ออาคารธุรกิจ-รายละเอียดแหล่งพลังงานชั้นปลาย

รหัสอาคาร	รหัสหมวดอุตสาหกรรม	ข้อมูลปี (พ.ศ.)	พลังงานชั้นปลาย จำแนกตามระบบ	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าจากการประเมิน(kWh)
1	63201	2541	ปรับอากาศ	430,255.00
1	63201	2541	แสงสว่าง	100,055.00
1	63201	2541	อื่น ๆ	246,000.00
2	63201	2541	ปรับอากาศ	300,000.00
2	63201	2541	แสงสว่าง	100,000.00
2	63201	2541	อื่น ๆ	280,000.00

สามารถเขียนเป็นข้อความได้ดังนี้

รายชื่ออาคารธุรกิจ (รหัสอาคาร,รหัสหมวดอุตสาหกรรม, ข้อมูลปี(พ.ศ.), ชื่ออาคารธุรกิจ) และ

รายละเอียดแหล่งพลังงานชั้นปลาย (รหัสอาคาร,รหัสหมวดอุตสาหกรรม, ข้อมูลปี(พ.ศ.), พลังงานชั้นปลายจำแนกตามระบบ, ปริมาณพลังงานไฟฟ้าจากการประเมิน)

จะเห็นว่า ตาราง 2.8 และ 2.9 ไม่มีกลุ่มข้อมูลซ้ำ แต่หากสังเกต ตาราง 2.9 ค่าของแอททริบิวต์พลังงานชั้นปลายจำแนกตามระบบ เป็นระบบปรับอากาศ แสงสว่าง และอื่น ๆ เมื่อมีจำนวนข้อมูลมากขึ้น ก็มีการบันทึกค่า ปรับอากาศ แสงสว่าง อื่น ๆ ด้วย ซึ่งเป็นการเปลืองเนื้อที่ ค่าที่ซ้ำ ๆ กันเหล่านี้สามารถแตกออกมาเป็นอีกรีเลชันได้ ตามตาราง 2.10 ซึ่งลดปัญหาในการเพิ่ม แก้ไข และลบข้อมูล กล่าวคือ หากต้องการเปลี่ยนค่าของรหัส 01 เป็นระบบใด ๆ ก็เปลี่ยนแปลงที่รีเลชันตามตาราง 2.10 เพียงแห่งเดียวเท่านั้น ไม่ต้องเปลี่ยนแปลงแก้ไขทุกรีเลชันที่มีการบรรจุค่าของปรับอากาศ แสงสว่าง และอื่น ๆ

ตาราง 2.10 รีเลชันพลังงานชั้นปลาย

รหัสพลังงานชั้นปลาย จำแนกตามระบบ	ชื่อพลังงานชั้นปลาย จำแนกตามระบบ
01	ปรับอากาศ
02	แสงสว่าง
03	อื่นๆ

สามารถเขียนเป็นข้อความได้ดังนี้
พลังงานชั้นปลาย (รหัสพลังงานชั้นปลายจำแนกตามระบบ, ชื่อพลังงานชั้นปลายจำแนกตามระบบ)

หลังจากที่ผ่านกระบวนการนอร์มัลไลซ์โดยสมบูรณ์แล้ว จะได้รีเลชันทั้งหมด 3 รีเลชัน ดังนี้

รีเลชัน รายชื่ออาคารธุรกิจ (รหัสอาคาร,รหัสหมวดอุตสาหกรรม, ข้อมูลปี(พ.ศ.),ชื่ออาคารธุรกิจ)

รีเลชัน รายละเอียดแหล่งพลังงานชั้นปลาย (รหัสอาคาร, รหัสหมวดอุตสาหกรรม, ข้อมูลปี(พ.ศ.), พลังงานชั้นปลายจำแนกตามระบบ, ปริมาณพลังงานไฟฟ้าจากการประเมิน) และ

รีเลชัน พลังงานชั้นปลาย (รหัสพลังงานชั้นปลายจำแนกตามระบบ, ชื่อพลังงานชั้นปลายจำแนกตามระบบ)

ซึ่งเป็นไปตามหลักการของฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ที่มีจุดประสงค์ เพื่อลดเนื้อที่ในการจัดเก็บข้อมูล ลดความซ้ำซ้อนของการจัดเก็บข้อมูล ตลอดจนลดปัญหาในการเพิ่ม แก้ไข และลบข้อมูลไม่ครบถ้วน

ขั้นตอนที่ 4 กำหนดแอททริบิวต์ที่ทำหน้าที่เป็นคีย์ต่าง ๆ

คีย์ในที่นี้ หมายถึง คีย์หลัก และคีย์นอก

คีย์หลัก (Primary Key : PK) เป็นแอททริบิวต์ที่เก็บค่าไม่ซ้ำซ้อน กล่าวคือ ทุก ๆ แถวของรีเลชันจะต้องมีค่าไม่ซ้ำกัน และคีย์หลักอาจประกอบด้วยแอททริบิวต์มากกว่าหนึ่ง รีเลชันพลังงานชั้นปลาย ตามตาราง 2.10 มีแอททริบิวต์ รหัสแหล่งพลังงานชั้นปลายจำแนกตามระบบ เป็นคีย์หลัก กล่าวคือ ทุก ๆ ค่าในแอททริบิวต์รหัสพลังงานชั้นปลายจำแนกตามระบบ มีค่าไม่ซ้ำกัน (ค่าเหล่านี้ คือ 01 02 และ 03) การระบุรหัส 01 จะหมายถึง ปรับอากาศ เท่านั้น เป็นต้น

พิจารณาเรเลชัน รายชื่ออาคารธุรกิจ ซึ่งคีย์หลักประกอบด้วยแอททริบิวต์จำนวน 2 แอททริบิวต์ จึงจะระบุว่าเป็นข้อมูลของแถวใดได้

คีย์นอก (Foreign Key :FK) เป็นแอททริบิวต์ในเรเลชันที่สามารถใช้ในการเชื่อมโยงข้อมูลกับอีกรีเลชันหนึ่งที่มีแอททริบิวต์เดียวกันปรากฏอยู่ หรือเป็นแอททริบิวต์ในเรเลชันหนึ่ง และเป็นคีย์หลักในอีกรีเลชันหนึ่ง

พิจารณาเรเลชัน รายละเอียดแหล่งพลังงานชั้นปลาย แอททริบิวต์ รหัสอาคาร รหัสหมวดอุตสาหกรรม ข้อมูลปี(พ.ศ.) และรหัสพลังงานชั้นปลายจำแนกตามระบบ ทำหน้าที่เป็นทั้งคีย์หลักและคีย์นอก

ขั้นตอนที่ 5 กำหนดคุณสมบัติและประเภทของข้อมูล

ผู้สร้างฐานข้อมูลต้องตัดสินใจว่า แต่ละแอททริบิวต์ควรกำหนดประเภทข้อมูล (Data Type) เป็นประเภทใด หากข้อมูลนั้นจะนำมาใช้คำนวณ ต้องกำหนดเป็นชนิดตัวเลข ส่วนข้อมูลที่ไม่นำมาใช้คำนวณ จะกำหนดชนิดข้อมูลเป็นตัวอักษร ทั้งนี้ประเภทของข้อมูลอาจแตกต่างกันขึ้นอยู่กับซอฟต์แวร์ที่ทำหน้าที่เป็นระบบจัดการฐานข้อมูล

คุณสมบัติของแอททริบิวต์อีกประการหนึ่งที่จะต้องกำหนด คือ การกำหนดให้แอททริบิวต์นั้นเป็นค่าว่าง (NULL) ได้ หรือเป็นค่าว่างไม่ได้ (NOT NULL) คีย์หลักจะถูกกำหนดให้เป็น NOT NULL โดยปริยาย บางแอททริบิวต์ที่เป็นค่าว่างได้ ก็จะระบุเป็น NULL

ขั้นตอนที่ 6 เป็นการทบทวนโครงสร้างฐานข้อมูลทั้งหมดตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 ถึง ขั้นตอน 5 เพื่อความมั่นใจว่าฐานข้อมูลที่สร้างขึ้นจะเกิดปัญหาในการใช้งานน้อยที่สุด หลังจากนั้นจึงเข้าสู่ขั้นตอนการกำหนดโครงสร้างจริง ผ่านระบบจัดการฐานข้อมูล

2.8.5 องค์ประกอบของระบบฐานข้อมูล

ระบบฐานข้อมูลประกอบด้วย

ก. ข้อมูล

ข. ฮาร์ดแวร์

ค. ซอฟต์แวร์ หรือระบบจัดการฐานข้อมูล (Database Management System)

ง. ผู้ใช้ ประกอบด้วยผู้ใช้ 4 กลุ่ม คือ

ง.1 ผู้เขียนโปรแกรมประยุกต์ เป็นผู้เขียนโปรแกรมเพื่อให้ใช้งานได้สะดวก เช่น การทำหน้าบันทึก และการแสดงผล

ง.2 ผู้บริหารฐานข้อมูล เป็นผู้ที่ตัดสินใจว่าจะรวมข้อมูลใดบ้างเข้าไว้ในฐานข้อมูล อาจกล่าวได้ว่าเป็นผู้กำหนดโครงสร้างฐานข้อมูล ว่าควรมีรีเลชันหรือ เอนทิตี ใดบ้าง และแต่ละ

เอนทิตีมีความสัมพันธ์กันอย่างไร นอกจากนี้จะทำหน้าที่ประสานงานกับผู้ใช้ กำหนดระบบความปลอดภัยของข้อมูล และกำหนดแผนในการสำรองข้อมูล

ง.3 ผู้ใช้ระดับปลายหรือผู้ใช้ทั่วไป เป็นผู้ที่ใช้เรียกใช้ข้อมูล โดยใช้โปรแกรมประยุกต์ที่ได้จัดทำไว้

ง.4 โอเปอเรเตอร์ เป็นผู้ที่ทำหน้าที่บันทึกข้อมูล

2.8.6 ประโยชน์ของการประมวลผลด้วยฐานข้อมูล

การประมวลผลด้วยฐานข้อมูลมีประโยชน์หลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าหากมีการเลือกใช้ระบบจัดการฐานข้อมูลที่มีคุณภาพ ประโยชน์จากการประมวลผลด้วยฐานข้อมูล มีดังนี้

ก. ลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล และหลีกเลี่ยงความขัดแย้งของข้อมูลได้

การนำข้อมูลทั้งหมดรวมกันที่เดียวในฐานข้อมูล จะลดความซ้ำซ้อนได้ หากเปรียบเทียบกับการประมวลผลแบบใช้ไฟล์ธรรมดา ข้อมูลที่เก็บจะกระจายตามที่ต่างๆ เป็นการสิ้นเปลืองเนื้อที่ในการเก็บ และหากมีการแก้ไขข้อมูล ก็อาจจะแก้ไขไม่ครบถ้วนเนื่องจากข้อมูลกระจายอยู่ตามที่ต่างๆ ข้อมูลที่ขัดแย้งกันและไม่ถูกต้อง หากนำไปใช้จะก่อให้เกิดความเสียหาย และการตัดสินใจที่ผิดพลาด

ข. สามารถใช้ข้อมูลร่วมกันได้ จากผู้ใช้หลาย ๆ คนพร้อม ๆ กัน

ค. ควบคุมความคงสภาพของข้อมูลได้

ความคงสภาพของข้อมูล มี 2 ลักษณะ คือ เกิดความคงสภาพจากการที่ข้อมูลไม่มีลักษณะขัดแย้ง ตามที่กล่าวในข้อ ก และความคงสภาพจากการที่ข้อมูลเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด เช่น แอพริวิวิพปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการประเมิน ได้กำหนดว่าชนิดของข้อมูลเป็นชนิด NUMBER หากเกิดผิดพลาด หรือผลอ พิมพ์ตัวอักษร เมื่อบันทึกข้อมูลระบบจัดการฐานข้อมูลจะเตือนว่ามีการใช้ชนิดของข้อมูลผิดเงื่อนไข และไม่สามารถบันทึกได้ จนกว่าจะมีการแก้ไขให้ถูกต้องตามเงื่อนไข

ง. สามารถจัดหาระบบความปลอดภัยที่รัดกุมได้

มีการกำหนดสิทธิในการใช้ฐานข้อมูล ผู้ที่ไม่มีสิทธิในข้อมูลจะไม่สามารถเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลได้ และผู้ที่ไม่ส่วนเกี่ยวข้องในการแก้ไขข้อมูลก็จะไม่สามารถแก้ไขข้อมูลได้

2.9 ความสำคัญของระบบฐานข้อมูลต่อการอนุรักษ์พลังงาน

การอนุรักษ์พลังงานจะเป็นไปในทิศทางใดนั้น จำเป็นจะต้องมีข้อมูลเกี่ยวกับการใช้พลังงาน อุปกรณ์พลังงาน และราคาพลังงานในอดีต ที่มีความถูกต้อง และเชื่อถือได้เพื่อกำหนดเป็นแนวทางปฏิบัติหรือกำหนดเป็นนโยบายด้านพลังงานในอนาคต ยิ่งข้อมูลมีปริมาณมากขึ้น การจัดเก็บอาจเกิดความผิดพลาดได้ง่าย ดังนั้นการจัดทำฐานข้อมูลอาคารธุรกิจ จะเป็นแนวทางที่สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้เป็นอย่างดี ซึ่งหากมีการนำข้อมูลที่ผิดพลาดมาใช้ ก็จะทำให้การตัดสินใจเพื่อกำหนดนโยบายด้านพลังงานผิดพลาดตามไปด้วย ความสำคัญอีกประการของระบบฐานข้อมูลก็คือ สามารถตอบสนองความต้องการใช้ข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว ทันต่อเหตุการณ์ นับว่าเป็นวิธีการปรับปรุงการจัดการด้านพลังงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น