กระทรวงพลังงาน
MINISTRY OF ENERGY

วช.
NRCT

AERD-KKU

(ร่าง) คู่มือการถ่ายทอดเทคโนโลยี

โคชงกาช

การถ่ายทอดความรู้อาคารต้นแบบพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ได้รับทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยฯ
จากศูนย์บริการวิชาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

โครงการ การถ่ายทอดความรู้อาคารต้นแบบพลังงานสุทธิเป็นศูนย์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่กลุ่มเป้าหมายที่มีศักยภาพในการนำไปใช้ประโยชน์

ภายใต้โครงการจัดการความรู้และถ่ายทอดเทคโนโลยีจากผลงานวิจัยและนวัตกรรม ประจำปี 2557

1. ภาพรวมของโครงการและหลักการของอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า พลังงานถือเป็นปัจจัยสำคัญในการตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของประชาชน และเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจ แต่ประเทศไทยมิได้มีแหล่งพลังงานเชิงพาณิชย์ภายในประเทศมากพอที่จะตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคได้ ทำให้ต้องพึ่งพาพลังงานจากต่างประเทศคิดเป็นมูลค่าที่เราต้องจ่ายเพื่อการนำเข้าเป็นมูลค่าถึง 644,800 ล้านบาท (ที่มา: สถิติสำนักงานและแผนนโยบาย กระทรวงพลังงาน) ซึ่งภาระทางการเงินดังกล่าวจะยิ่งทวีขึ้นไปอีกในเวลาที่ค่าเงินบาทอ่อนตัว หรือเกิดสถานการณ์ความไม่สงบในประเทศผู้ค้าน้ำมัน หรือผลกระทบจากการเก็งกำไรของราคาน้ำมัน ซึ่งหลายคนอาจจำได้ว่า ในปี พ.ศ. 2520 น้ำมันเบนซินมีราคาเพียงลิตรละ 4 บาท (ที่มา: สถิติสำนักงานและแผนนโยบาย กระทรวงพลังงาน) ต่อจากนั้นราคาน้ำมันได้ขยับตัวสูงขึ้นเรื่อยๆ จนถึงปัจจุบันปี พ.ศ.2555 ราคาน้ำมันได้ขึ้นมาอยู่ที่ประมาณลิตรละ 40 บาท และยังมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นต่อไปในอนาคต และเมื่อพิจารณาถึงแหล่งพลังงานหลักที่มนุษย์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในปัจจุบันจะเห็นว่ามีอยู่ 8 แหล่ง ดังนี้ 1.พลังงานเคมี 2.พลังงานนิวเคลียร์ 3. พลังงานน้ำ 4. พลังงานจากแสงอาทิตย์ 5. พลังงานลม 6. พลังงานจากชีวมวล 7. พลังงานความร้อนใต้พิภพ 8. พลังงานจากทะเล ซึ่งจะเห็นได้ว่าแหล่งพลังงานเคมีและพลังงานนิวเคลียร์ เป็นแหล่งพลังงานที่เมื่อมีการใช้แล้วจะหมดสิ้นไปในที่สุด ส่วนระยะเวลาจะช้าหรือเร็วก็ขึ้นอยู่กับปริมาณสำรองที่มีอยู่ ดังนั้น พลังงานในกลุ่มนี้จึงมีชื่อเรียกว่า “พลังงานสิ้นเปลือง” ส่วนพลังงานน้ำ พลังงานจากแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานจากชีวมวล พลังงานความร้อนใต้พิภพ และพลังงานจากทะเล เป็นแหล่งพลังงานที่ใช้ไปแล้วยังสามารถผลิตขึ้นมาใช้ใหม่ได้อีก จึงมีชื่อเรียกว่า “พลังงานหมุนเวียน” ส่วนคำว่า “พลังงานทดแทน” หมายถึง แหล่งพลังงานที่นำมาใช้แทนพลังงานสิ้นเปลือง ซึ่งมีแนวโน้มที่ราคาจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ (ที่มา: Thailand Energy website) และคาดว่าจะหมดไปในระยะเวลาอันสั้น หากยังคงมีการใช้กันอย่างไม่มีประสิทธิภาพ

อย่างไรก็ตาม การใช้ประโยชน์จากแหล่งพลังงานในข้อ 2–8 ยังมีข้อจำกัดและมีปัญหาอยู่มาก ตัวอย่างเช่นการใช้พลังงานความร้อนใต้พิภพ อาจก่อให้เกิดปัญหาการทรุดตัวของแผ่นดินได้ หากมีการสูบน้ำร้อนขึ้นมาใช้ ส่วนพลังงานนิวเคลียร์ แม้ว่าจะมีความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐกิจ แต่ก็มีปัญหาในเรื่องการจัดการและการยอมรับจากประชาชน เนื่องจากการใช้นิวเคลียร์มีอันตรายมาก เนื่องจากกว่าที่กากนิวเคลียร์จะแผ่

กัมมันตภาพรังสีจนหมด ต้องใช้เวลานานกว่า 25,000 ปี (ที่มา: Thailand Energy website) และในปัจจุบันคนทั่วไปก็ยังมีความเชื่อเก่าเกี่ยวกับความไม่ปลอดภัยที่จะเกิดจากปฏิกิริยาการระเบิดของพลังงานนิวเคลียร์อีกด้วย

ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบพลังงานทั้งหมดแล้ว พลังงานเคมีโดยเฉพาะน้ำมันจึงเป็นพลังงานที่ใช้ได้ง่ายและสะดวกที่สุด โดยที่การลงทุนไม่สูงมากเท่าพลังงานอื่นๆ ด้วยเหตุนี้น้ำมันจึงเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน และมีความเกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์มากที่สุดเช่นกันและเมื่อลองจินตนาการถึงอนาคต หากขาดแคลนน้ำมันการดำเนินชีวิตจะเป็นอย่างไรในเมื่อพลังงานน้ำมันเป็นพลังงานหลักที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า โลกคงอยู่ในความมืด การติดต่อสื่อสาร ความบันเทิงเริงใจ การเดินทางไปมา ความสะดวกสบายของเราคงขาดหายไปเกือบหมด ตามที่นักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาการใช้น้ำมันเมื่อปี พ.ศ. 2531 พบว่า หากการใช้น้ำมันของประชากรทั่วโลกยังอยู่ในอัตราเดียวกับที่ใช้อยู่ในปี พ.ศ. 2531เชื่อว่าน้ำมันดิบที่มีอยู่ตามแหล่งสำรองต่าง ๆ ทั่วโลกจะหมดไปภายใน 40 ปี แต่ตัวเลขการใช้จริงมากกว่าตัวเลขในการศึกษา ฉะนั้นเชื่อได้ว่าน้ำมันจะหมดเร็วกว่าที่คาดไว้อย่างแน่นอน (ที่มา: Thailand Energy website)

ขณะที่พลังงานจากแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานความร้อนใต้พิภพ ยังอยู่ในช่วงของการพัฒนาให้มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์การลงทุน ซึ่งการพัฒนาเทคโนโลยีที่จะนำพลังงานเหล่านี้มาใช้ควรจะควบคู่ไปกับการอนุรักษ์พลังงานที่เหลืออยู่พร้อมๆ กันเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาอย่างยั่งยืน ซึ่งที่ผ่านมารัฐบาลได้มีการกำหนดมาตรการต่าง ๆ เพื่อบรรเทาปัญหาและผลกระทบจากวิกฤตพลังงาน อาทิ การประกาศใช้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2539 การตรึงราคาน้ำมันเชื้อเพลิง การส่งเสริมการใช้น้ำมันให้เหมาะสมกับประเภทของเครื่องยนต์ การส่งเสริมให้ใช้พลังงานทดแทนอื่น ๆ รวมทั้งรณรงค์เพื่อสร้างความตระหนักและกระตุ้นจิตสำนึกการประหยัดและอนุรักษ์พลังงานอย่างต่อเนื่อง เช่น โครงการพลังงานหารสอง โครงการประหยัดไฟกำไรสองต่อ โครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม เป็นต้น โดยมีการมอบหมายให้หน่วยงานของภาครัฐ อาทิ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน เป็นผู้ดูแลรับผิดชอบ โดยโครงการดังกล่าวมุ่งเน้นการประหยัดพลังงานในภาคของโรงงานอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ ในขณะที่ภาคอาคารและที่อยู่อาศัยมีสัดส่วนการใช้พลังงานที่ค่อนข้างมาก (15.5% ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในปี 2554 (ที่มา: พ.พ.,2554) รองจากการใช้พลังงานในภาคขนส่ง (35.7 % ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในปี 2554 (ที่มา: พ.พ.,2554) จึงเป็นภาคที่น่าจะนำมาพิจารณาในการหาเทคโนโลยีและมาตรการลดการใช้พลังงาน

จากสถานการณ์การใช้พลังงานที่กล่าวมาแล้วนั้นและเพื่อเป็นการอนุรักษ์พลังงานของประเทศชาติปัจจุบันแนวคิดการประหยัดพลังงานเกี่ยวกับการใช้พลังงานสุทธิเท่ากับศูนย์ (Net Zero Energy Building; NZEB) จึงถูกนำมาใช้ในภาคอาคารและที่อยู่อาศัยกันบ้างแล้ว โดยมีหลักการว่าการนำพลังงานจากภายนอกเข้าอาคารลบกับพลังงานที่ผลิตได้เองในอาคารมีค่าเท่ากับศูนย์จะเห็นได้ว่าสิ่งที่จะช่วยให้แนวคิดดังกล่าวสำเร็จ

ได้นั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญสองส่วน ส่วนแรกคือ เทคโนโลยีการประหยัดพลังงานที่นำมาใช้ในอาคาร เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงต่างๆ การออกแบบอาคาร และการจัดการพลังงาน เป็นต้น สำหรับส่วนที่สองคือ เทคโนโลยีการผลิตพลังงานที่ใช้ในอาคาร เช่น การผลิตไฟฟ้าหรือความร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นต้น ดังนั้นเพื่อให้การอนุรักษ์พลังงานของอาคารโดยใช้หลักการ NZEB ประสบความสำเร็จ งานวิจัยนี้จึงเลือกที่จะทำการศึกษาการพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวกับพลังงานที่เหมาะสมเพื่อนำมาใช้กับอาคารในประเทศไทย ซึ่งจะมีส่วนช่วยให้เกิดประโยชน์มหาศาลในการลดการใช้พลังงานในอาคาร และทราบถึงความเหมาะสมในการนำเทคโนโลยีมาใช้กับอาคารรวมถึงปัญหาและวิธีการแก้ไขในการนำเทคโนโลยีต่าง ๆ มาใช้อีกด้วย

<u>คำนิยาม</u>

อาคารที่มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building) หมายความว่า อาคารที่มีระบบผลิตพลังงานของตนเองจากแหล่งพลังงานทดแทนในรูปแบบต่าง โดยคิดจากพลังงานที่ผลิตได้และพลังงานที่ใช้ ในระยะเวลา 1 รอบปี โดยอาคารดังกล่าวอาจผลิตพลังงานทดแทนเกินกว่าที่ใช้ก็ได้ ซึ่งจะต้องส่งไปทดแทนการใช้พลังงานสิ้นเปลืองของอาคารอื่น ในขณะเดียวกันอาคารดังกล่าวอาจจะใช้พลังงานสิ้นเปลืองในบางช่วงเวลาที่ไม่สามารถผลิตพลังงานเองจากแหล่งพลังงานทดแทนได้ ทั้งนี้เมื่อรวมกันแล้วพลังงานสุทธิใน 1 รอบปีต้องเป็นศูนย์

<u>ขอบเขตของการดำเนินงาน</u>

1) ใช้อาคารของหน่วยงานภาครัฐ หรือกึ่งรัฐ จำนวนหนึ่งหลังสำหรับการปรับปรุงเพื่อการศึกษาวิจัยนี้

2) อาคารที่คัดเลือกดำเนินการปรับปรุงเฉพาะอุปกรณ์ที่ใช้พลังงาน กรอบอาคาร หลังคา ไม่รวมโครงสร้างหลักของอาคาร

3) อาคารที่ทำการปรับปรุงใหม่จะต้องเป็นอาคารที่มีคุณภาพดีมีลักษณะภายนอกดังอาคารที่ใช้งานทั่วไป สภาพแวดล้อมภายในมีคุณภาพดีในขณะใช้งานโดยต้องมีคุณภาพอากาศที่ได้มาตรฐาน มีคุณภาพความสบายเชิงอุณหภาพดีสำหรับผู้อยู่อาศัยในประเทศไทย มีคุณภาพเชิงแสง (Visual Quality) ที่ได้มาตรฐานและมีหน้าต่างที่เหมาะสมที่ให้วิวสู่ภายนอกได้ดี มีค่า WWR โดยรวมไม่ต่ำกว่า 0.15 และมีคุณภาพเชิงเสียง (Acoustic Quality) ที่ได้มาตรฐาน

4) ศึกษาเฉพาะอาคารที่มีโครงสร้างเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กเท่านั้น

<u>วิธีการดำเนินโครงการ</u>

โครงการพัฒนาเทคโนโลยีอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building) ที่เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย มีวิธีการดำเนินโครงการโดยย่อดังต่อไปนี้คือ

1. การศึกษารวบรวมข้อมูล ได้ดำเนินการศึกษารวบรวมข้อมูลที่สำคัญในการใช้ในการศึกษาวิจัยเพื่อทำให้อาคารที่คัดเลือกมีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero energy Building) และ มีความเหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย ประกอบด้วย

1) ศึกษารวบรวมข้อมูลอาคารที่มีผลงานการอนุรักษ์พลังงานโดดเด่น
2) ศึกษารวบรวมข้อมูลมาตรการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร
3) ศึกษารวบรวมข้อมูลวิธีการเก็บข้อมูลผลการอนุรักษ์พลังงานและรูปแบบวิธีการตรวจวัดการใช้พลังงานในอาคาร

2. คัดเลือกอาคารที่จะทำการศึกษาวิจัย การคัดเลือกอาคารเพื่อก่อสร้างหรือปรับปรุงให้เป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ มีองค์ประกอบในการพิจารณา ดังนี้ คือ

1) การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารจะต้องประกอบไปด้วยอุปกรณ์ ระบบปรับอากาศ ไฟฟ้าแสงสว่างและอุปกรณ์สำนักงาน เป็นอย่างน้อย
2) ลักษณะตัวอาคารจะต้องมีพื้นที่ของตัวอาคารเอง เพื่อใช้เป็นพื้นที่ติดตั้งระบบพลังงานทดแทน เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ กังหันลม หรือ พลังงานทดแทนอย่างอื่นที่จะเลือกมาเพื่อผลิตพลังงานใช้เอง
3) ตำแหน่งที่ตั้งของตัวอาคารมีความเหมาะสมและสะดวกในการเยี่ยมชมเพื่อประชาสัมพันธ์ตัวอาคารให้กับผู้สนใจทั่วไป หลังจากได้มีการปรับปรุงเป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์

ซึ่งการสำรวจพื้นที่อาคารทั้งหมดในมหาวิทยาลัยขอนแก่นแล้ว คณะทำงานได้มีผลการพิจารณาเป็นมติเอกฉันท์ในการคัดเลือกอาคารสำนักงานกองสื่อสารองค์กร ของมหาวิทยาลัยขอนแก่นซึ่งเป็นอาคารสำนักงานของฝ่ายประชาสัมพันธ์ของมหาวิทยาลัยเป็นอาคารที่จะใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้โดยอาคารดังกล่าวมีรายละเอียดดังนี้คือ

ที่ตั้ง:	มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น
ชื่ออาคาร:	อาคารสำนักงานกองสื่อสารองค์กร
การใช้งานหลัก:	สำนักงาน มีเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงาน 25 คน
เวลาในการทำงานหลัก:	วันจันทร์ – วันศุกร์ เวลา 8:00 – 17:00 น.
ลักษณะของอาคาร:	โครงสร้างก่ออิฐถือปูน สองชั้น
พื้นที่อาคารรวม:	315 ตารางเมตร แบ่งเป็น

ชั้น 1 พื้นที่ปรับอากาศ 63.00 ตร.ม. และ พื้นที่ไม่ปรับอากาศ 94.50 ตร.ม.

ชั้น 2 พื้นที่ปรับอากาศ 157.50 ตร.ม.

รูปที่ 1.1 บริเวณด้านนอกอาคารและหลังคาอาคารสำนักงานกองสื่อสารองค์กร

3. ศึกษาความเป็นไปได้และออกแบบปรับปรุงอาคาร การศึกษาความเป็นไปได้และออกแบบปรับปรุงอาคารเดิมให้เป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ จะต้องดำเนินการให้สอดคล้องตามกรอบการศึกษาวิจัยดังต่อไปนี้

1) กรอบอาคาร

จะต้องปรับปรุงกรอบอาคารให้ได้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) ต้องไม่สูงกว่า 20 W/m^2

2) ระบบแสงสว่าง

จะต้องปรับปรุงอุปกรณ์ให้แสงสว่างด้วยไฟฟ้า มีกำลังไฟฟ้าติดตั้งต้องไม่สูงกว่า 6 W/m^2 และมีความส่องสว่างไม่น้อยกว่าค่ามาตรฐาน

3) การใช้แสงธรรมชาติ

ต้องออกแบบให้มีการนำแสงจากธรรมชาติมาใช้แทนแสงสว่างจากไฟฟ้า ในปริมาณที่เหมาะสม

4) ระบบทำความเย็น

ต้องศึกษาความเป็นไปได้ในการนำระบบทำความเย็นที่ใช้รังสีอาทิตย์ (Solar Cooling) หรือใช้ระบบทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพ ใช้พลังงานไม่สูงกว่า 0.6 kW/Ton และเป็นไปตามเกณฑ์ของการมีคุณภาพอากาศและความสบายเชิงอุณหภาพให้เหมาะสมกับประเทศไทย

5) คุณภาพเชิงแสง

อัตราส่วนหน้าต่างกระจกต่อพื้นที่ผนังรวม และคุณภาพเชิงเสียง

ต้องออกแบบให้อาคารมีคุณภาพเชิงแสง (Visual Quality) มีค่า WWR ไม่ต่ำกว่า 0.15 และมีคุณภาพเชิงเสียง (Acoustic Quality) ที่ได้มาตรฐาน

6) ออกแบบให้มีการติดตั้งระบบไฟฟ้าจากรังสีอาทิตย์ (Solar cell) ผลิต

4. สรุปผลการออกแบบและปรับปรุงอาคาร

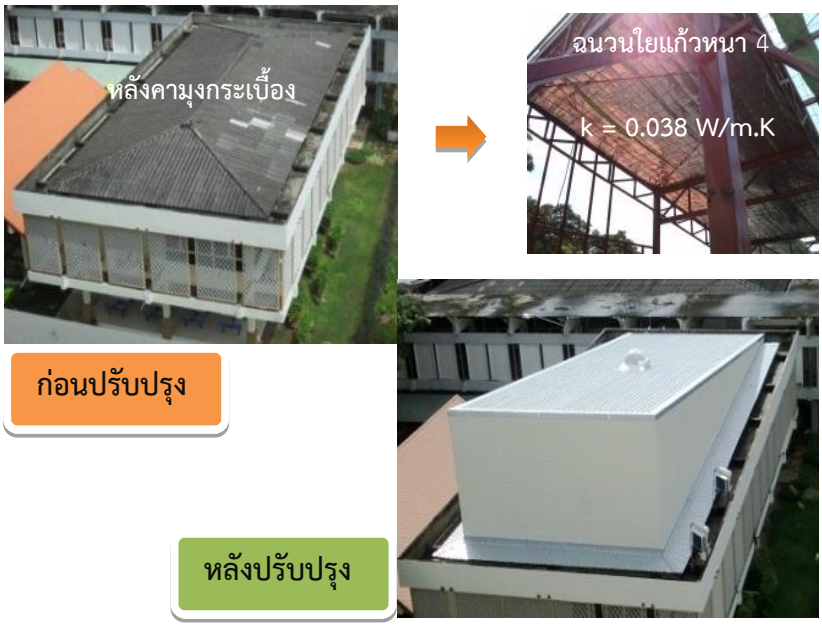
หลังจากดำเนินการศึกษาความเป็นไปได้ที่จะออกแบบปรับปรุงอาคารเดิมให้เป็นอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ และได้คำนึงถึงความสอดคล้องตามกรอบการศึกษาวิจัย ตลอดจนได้พิจารณาความเหมาะสมกับสภาวะแวดล้อมที่จะใช้งานและความเหมาะสมของเทคโนโลยีในปัจจุบันสำหรับอาคารในประเทศไทยและได้ประเมินไว้ว่า หลังจากปรับปรุงอุปกรณ์การใช้พลังงานหลักในอาคารให้มีประสิทธิภาพสูง จะต้องมีการใช้พลังงานเฉลี่ยลดลงเหลือ 60.06 หน่วยต่อวัน หรือ 21,920.71 หน่วยต่อปี ผลสรุปการออกแบบอาคารและปรับปรุงอาคารแต่ละระบบ มีดังนี้

1) การออกแบบและปรับปรุงกรอบอาคาร

ออกแบบลดพื้นที่กระจก โดยปรับเปลี่ยนเป็นผนังทึบไฟเบอร์ซีเมนต์แกนกลางบุฉนวนใยแก้วหนา 3 นิ้ว และผนังกระจกที่ไม่ได้ปรับปรุงเป็นผนังทึบติดตั้งฟิล์มลดความร้อน โดยเลือกใช้ฟิล์มชนิดสัมประสิทธิ์ การบังเงาที่ต่ำ (SC = 0.23) ทำให้ค่า OTTV ลดลงเหลือเพียง 18.95 W/m^2 แต่ยังคงไว้ซึ่งคุณภาพเชิงแสง มีค่า WWR เท่ากับ 0.21

รูปที่ 1.2 แสดงผนังอาคารก่อนและหลังการปรับปรุง

2) การออกแบบและปรับปรุงหลังคาอาคาร ออกแบบหลังคายกสูงทำมุมยกขึ้นจากพื้นราบประมาณ 12 - 15 องศา และเปลี่ยนวัสดุมุงหลังคาเป็นเมทัลชีท เพื่อรองรับการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์และติดตั้งฉนวนใยแก้ว หนา 4 นิ้ว ใต้หลังคาเพื่อลดค่าการถ่ายเทความร้อน



รูปที่ 1.3 แสดงหลังคาอาคารก่อนและหลังการปรับปรุง

3) **การออกแบบและปรับปรุงระบบแสงสว่าง** เทคโนโลยีหลอดไฟฟ้าแสงสว่างประสิทธิภาพสูงและมีความเหมาะสมที่นำมาเลือกใช้ออกแบบและปรับปรุง คือ หลอด LED ซึ่งสามารถใช้แทนหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ T8 และหลอด Downlight ที่มีใช้งานอยู่ในอาคารนี้ ได้ค่าความส่องสว่างเป็นไปตามมาตรฐานะและกำลังไฟฟ้าติดตั้งต่อพื้นที่ใช้งานเท่ากับ 3.36 W/m^2

รูปที่ 1.4 ระบบแสงสว่างก่อนและหลังการปรับปรุง

4) การออกแบบและปรับปรุงการใช้แสงธรรมชาติ

อาคารมีการใช้งานในช่วงเวลากลางวัน จึงออกแบบให้ใช้แสงธรรมชาติได้ ซึ่งเลือกใช้ช่องนำแสงธรรมชาติประเภทกันความร้อนและรังสี UV เพื่อไม่ให้เป็นโหลดทำความเย็นเครื่องปรับอากาศและผลกระทบต่อผู้ใช้งานและออกแบบให้ติดตั้งบริเวณทางเดินในสำนักงาน เพียง 1 จุด เพื่อเหลือพื้นที่หลังคาไว้สำหรับติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตไฟฟ้าได้เพียงพอต่อการใช้งานและทำให้อาคารมีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์

รูปที่ 1.5 แสดงภาพก่อนและหลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์ช่องนำแสงธรรมชาติ

5) **การออกแบบและปรับปรุงระบบทำความเย็น**

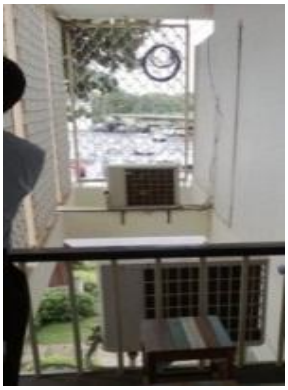
การใช้งานระบบปรับอากาศรวมของอาคารจะเป็นลักษณะโหลดไม่เต็มพิกัดและมีปริมาณโหลดทำความเย็นสูงสุดไม่เกิน 20 ตันความเย็น หรือ 240,000 Btu/hr จึงเลือกออกแบบและปรับปรุง ดังนี้

5.1 ออกแบบติดตั้งระบบปรับอากาศแบบ VRF และแบบ Solar Air

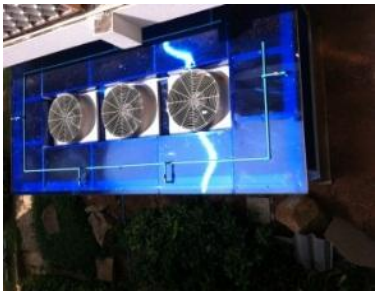
เครื่องปรับอากาศ VRF ใช้คอมเพรสเซอร์ DC มอเตอร์และมี Inverter ควบคุมความเร็วรอบให้สัมพันธ์กับโหลดทำความเย็นและใช้พื้นที่ระบายความร้อนผ่านคอนเดนเซอร์ทุกชุดอย่างต่อเนื่องและประหยัดพลังงาน เครื่องปรับอากาศ Solar Air มีเทคโนโลยีนำพลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์ผ่านอุปกรณ์ Vacuum Tube ช่วยเสริมกำลังอัดและลดกำลังไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ได้อย่างดี โดยเฉพาะในสภาวะอากาศร้อน

5.2 การติดตั้งแผงรังผึ้งระบายความร้อน (Cooling Pad)

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบายความร้อนคอนเดนเซอร์เครื่องปรับอากาศ VRF ด้วยแผงรังผึ้งระบายความร้อนที่ใช้น้ำช่วยลดอุณหภูมิอากาศ ส่งผลให้การใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ*ทุกระบบรวมกันลดลงเหลือเพียง 0.57* kW/Ton ทั้งนี้การออกแบบยังคำนึงถึงเกณฑ์คุณภาพอากาศตามข้อกำหนดอัตราการระบายอากาศ และกำหนดความสบายที่อุณหภูมิ 25±1 $^{\circ}$C และความชื้น 50±5 %RH รวมทั้งคุณภาพเชิงเสียงระดับเสียงไม่เกิน 90 (เดซิเบลเอ)



ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน
ประสิทธิภาพ 1.09 kW/Ton



Solar Air

แผงรังผึ้งระบายความร้อน

ระบบปรับอากาศแบบ VRF ร่วมกับแผงรังผึ้ง + Solar Air
ประสิทธิภาพ 0.57 kW/Ton

รูปที่ 1.6 แสดงภาพก่อนและหลังการปรับปรุงระบบปรับอากาศ

6) การออกแบบและปรับปรุงอุปกรณ์สำนักงาน

การปรับปรุงอุปกรณ์สำนักงานไม่ได้กำหนดไว้ในกรอบของการวิจัย แต่เนื่องจากในอาคารมีการใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นจำนวนมาก และเป็นคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ ซึ่งใช้กำลังไฟฟ้ามาก จึงได้มีการเปลี่ยนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานในสำนักงานมาเป็นคอมพิวเตอร์ Ultrabook แทนคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ นอกจากจะช่วยให้ประหยัดพลังงานมากขึ้นหลายเท่าตัวแล้ว ยังมีความคล่องตัวและเหมาะสมในการใช้งานเป็นอย่างมาก

รูปที่ 1.7 แสดงภาพตัวอย่างคอมพิวเตอร์ Ultrabook

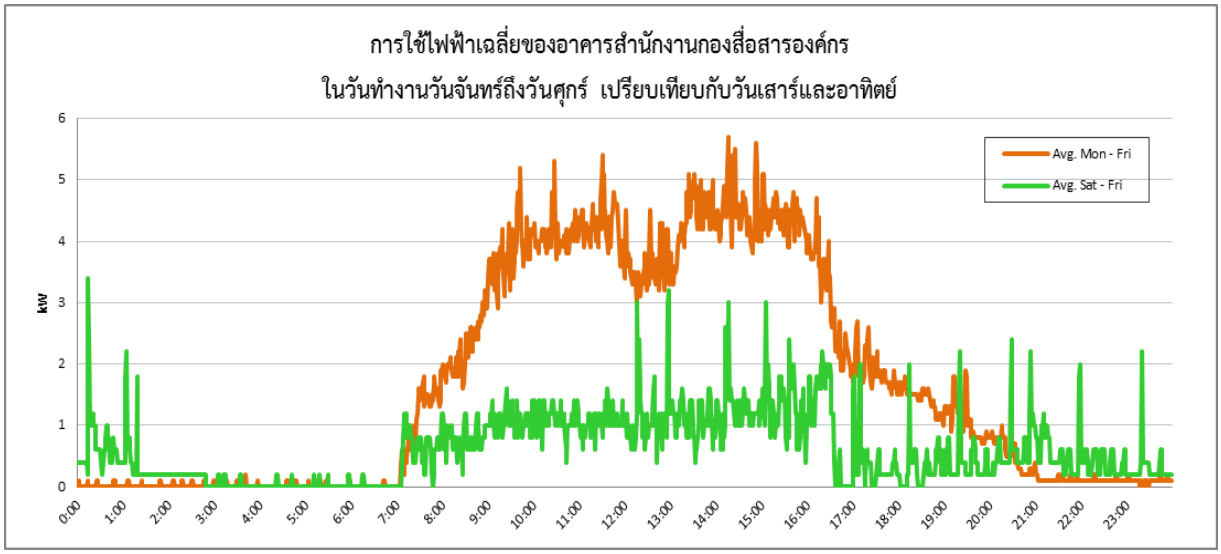
7) ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

หลังการปรับปรุงประสิทธิภาพระบบต่าง ๆ ทำให้การใช้พลังงานของอาคารลดลงโดยประมาณ 40% พลังงานที่จำเป็นต้องใช้จริงประมาณ 60% ของพลังงานเดิม จะมาจากระบบผลิตไฟฟ้าจากรังสีอาทิตย์โดยเลือกใช้แผง PV module-Polycrystalline มีประสิทธิภาพสูง 16.05% เต็มพื้นที่หลังคา ให้มีปริมาณการผลิต 78.65 หน่วยต่อวัน หรือ 28,707.00 หน่วยต่อปี เพื่อให้เพียงพอต่อปริมาณการใช้พลังงาน หลังจากปรับปรุงอุปกรณ์หลักในอาคารให้มีประสิทธิภาพสูงและเพียงพอต่อการใช้พลังงานรวมทั้งปีของอาคารหลังนี้

รูปที่ 1.8 แสดงภาพแผง PV module-Polycrystalline ที่ติดตั้งใช้งานในอาคาร

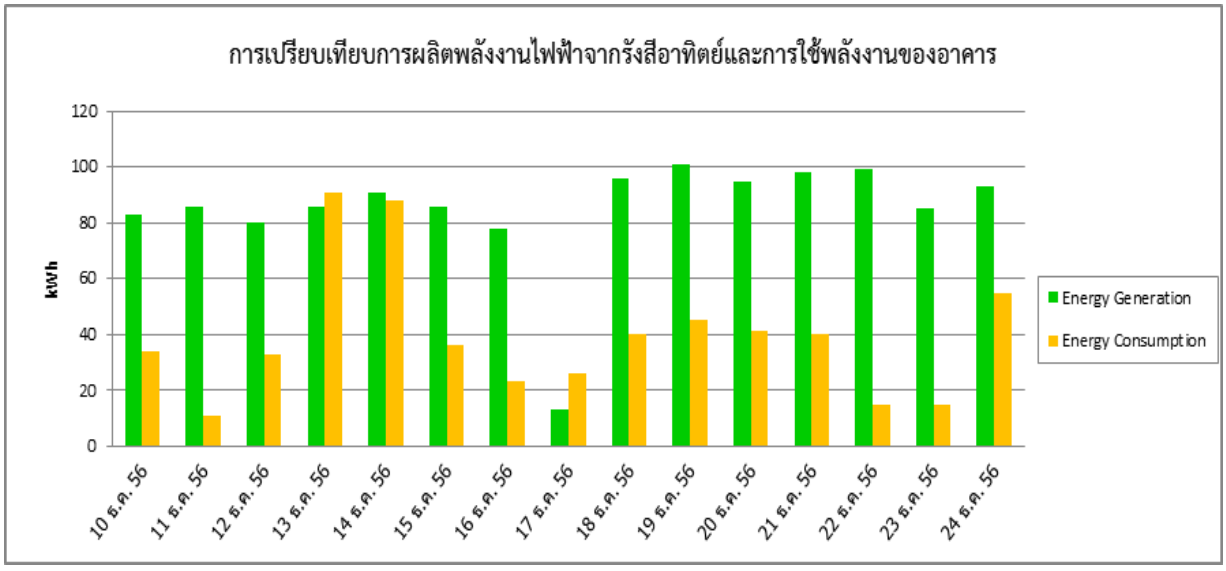
เก็บข้อมูลหลังการปรับปรุงอาคาร

การตรวจวัดสถานะภาพการใช้พลังงานของอาคารหลังการปรับปรุง ซึ่งได้ดำเนินการในลักษณะเดียวกันกับก่อนการปรับปรุง คือแบบต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 2 สัปดาห์ และเลือกช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน คือ ตั้งแต่วันที่ 10 ถึง วันที่ 24 ธันวาคม 2556 หลังจากนั้นสรุปข้อมูลเฉลี่ยให้เหลือเพียง 1 สัปดาห์ แล้วจัดทำเป็นกราฟแสดงลักษณะการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยก่อนการปรับปรุง ปรากฏในรูปที่ 1.9-1.10



รูปที่ 1.9 แสดงสถานะภาพการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยของอาคารในช่วงเวลาทำงานวันจันทร์ถึงศุกร์ และ วันเสาร์-อาทิตย์

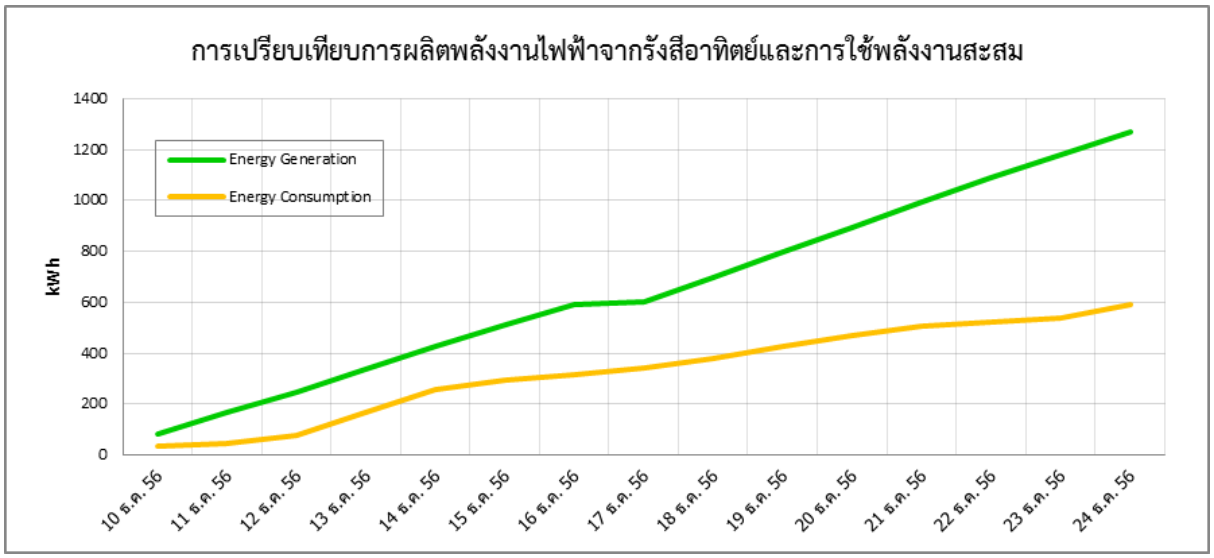
จากกราฟในรูปที่ 1.9 จะเห็นได้ชัดเจนว่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยหลังการปรับปรุง ลดลงโดยประมาณ 50% เปรียบเทียบกับกำลังใช้พลังงานก่อนปรับปรุงสำหรับข้อมูลการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ และเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้พลังงานในอาคารหลังการปรับปรุง ในช่วงระยะเวลาเดียวกัน คือ ตั้งแต่วันที่ 10 ถึงวันที่ 24 ธันวาคม 2556 ปรากฏในรูปที่ 1.10



รูปที่ 1.10 แสดงการผลิตพลังงานไฟฟ้าและการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังการปรับปรุง

จากกราฟในรูปที่ 1.10 พบว่ามีการใช้พลังงานเฉลี่ยเหลือ 39.53 หน่วยต่อวัน หรือ 14,428.45 หน่วยต่อปีและเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้พลังงานก่อนปรับปรุง พบว่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงไปประมาณ 50% ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากรังสีอาทิตย์มีการผลิตพลังงานเฉลี่ย 84.67 หน่วยต่อวัน หรือ

30,904.55 หน่วยต่อปี ซึ่งมากกว่าปริมาณผลิตไฟฟ้าที่ออกแบบไว้ คือ 60.06 หน่วยต่อวันหรือ 21,920.71 หน่วยต่อปี สำหรับปริมาณการใช้พลังงานสะสมกับปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สะสม ตั้งแต่วันอังคารที่ 10 ธันวาคม 2556 จนถึง วันอังคารที่ 24 ธันวาคม 2556 นั้น พบว่ามีปริมาณ 593 หน่วย และ 1,270 หน่วย ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 1.11



รูปที่ 1.11 แสดงการเปรียบเทียบการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าสะสมของอาคาร

สรุปผลงานการศึกษาวิจัย

การดำเนินงานศึกษาวิจัย “การพัฒนาเทคโนโลยีอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building) ที่เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย” ใช้เวลาดำเนินการ 16 เดือน เริ่มจากการคัดเลือกอาคารที่จะใช้ในการทำวิจัยศึกษาพลังงานที่ใช้ในอาคารเดิม ศึกษาเทคโนโลยีและออกแบบปรับปรุงอุปกรณ์การใช้พลังงานหลักในอาคารให้มีประสิทธิภาพสูง ดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ตามที่ออกแบบปรับปรุง และเก็บข้อมูลการใช้พลังงานหลังการปรับปรุง จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้นและสามารถสรุปผลงานการศึกษาวิจัยตามที่ระบุไว้ในวัตถุประสงค์ ได้ดังนี้

1. **การเป็นอาคารใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์**

การปรับปรุงให้อาคารมีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ ประกอบด้วย

1) การอนุรักษ์พลังงาน อาคารสำนักงานกองสื่อสารองค์กร มหาวิทยาลัยขอนแก่น เดิมมีการใช้พลังงานโดยเฉลี่ยเท่ากับ 98.60 หน่วยต่อวัน หรือ 35,987.70 หน่วยต่อปี และได้ประเมินไว้ว่า หลังจากปรับปรุงอุปกรณ์การใช้พลังงานหลักในอาคารให้มีประสิทธิภาพสูง จะต้องมีการใช้พลังงานเฉลี่ยลดลงเหลือ 60.06 หน่วยต่อวัน หรือ 21,920.71 หน่วยต่อปี เมื่อทำการเก็บข้อมูลวัดผลการใช้พลังงานจริงหลังการปรับปรุง ระหว่างวันที่

10 – 24 ธันวาคม 2556 พบว่าอาคารดังกล่าวมีการใช้พลังงานเฉลี่ยลดลงเหลือ 39.53 หน่วยต่อวัน หรือ 14,428.45 หน่วยต่อปี ผลการออกแบบและปรับปรุงอาคารโดยใช้อุปกรณ์ประสิทธิภาพสูง นั้น สามารถลดการใช้พลังงานได้สอดคล้องตามที่ประเมินไว้

2) การใช้พลังงานทดแทน ซึ่งได้ออกแบบระบบผลิตพลังงานใช้เองจากแสงอาทิตย์ ให้มีปริมาณการผลิต 78.65 หน่วยต่อวัน หรือ 28,707.00 หน่วยต่อปี เพื่อให้เพียงพอต่อปริมาณการใช้พลังงาน หลังจากปรับปรุงอุปกรณ์หลักในอาคารให้มีประสิทธิภาพสูง คือจำนวน 60.06 หน่วยต่อวัน หรือ 21,920.71 หน่วยต่อปี เมื่อทำการเก็บข้อมูลระบบผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ ระหว่างวันที่ 10 – 24 ธันวาคม 2556 พบว่า มีปริมาณการผลิตพลังงานเฉลี่ย 84.67 หน่วยต่อวัน หรือ 30,904.55 หน่วยต่อปี ผลการผลิตพลังงานใช้เองจากแสงอาทิตย์ มีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการใช้พลังงานของอาคารและยังมีพลังงานส่วนที่เหลือ ส่งไปให้อาคารในบริเวณใกล้เคียงได้ใช้ด้วย

สรุปผลการปรับปรุง อาคารสำนักงานกองสื่อสารองค์กร มหาวิทยาลัยขอนแก่น ทำให้อาคารหลังนี้ใช้พลังงานลดลงตามเป้าหมายและสามารถผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ใช้เองเพียงพอต่อความต้องการ เป็นไปตามนิยามการเป็นอาคารใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์

2. การศึกษาพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานที่เหมาะสมสำหรับอาคารในประเทศไทย

การปรับปรุงอุปกรณ์การใช้พลังงานหลักในอาคารให้มีประสิทธิภาพสูงและการผลิตพลังงานไฟฟ้าใช้เอง มุ่งเน้นเทคโนโลยีพลังงานที่เหมาะสมสำหรับอาคารในประเทศไทย ซึ่งได้พิจารณาความเหมาะสมกับสภาวะแวดล้อมที่จะใช้งาน และความเหมาะสมของเทคโนโลยีในปัจจุบัน ประกอบด้วย

1) การปรับปรุงผนังอาคาร ออกแบบลดพื้นที่กระจก โดยปรับเปลี่ยนเป็นผนังทึบไฟเบอร์ซีเมนต์แกนกลางบุฉนวนใยแก้วหนา 3 นิ้ว และผนังกระจกที่ไม่ได้ปรับปรุงเป็นผนังทึบติดตั้งฟิล์มกันความร้อน โดยเลือกใช้ฟิล์มชนิดสัมประสิทธิ์การบังเงาที่ต่ำ (SC = 0.23)
2) การปรับปรุงระบบไฟฟ้าแสงสว่าง เลือกใช้หลอดไฟ LED มีประสิทธิภาพ 100 ลูเมนต่อวัตต์ซึ่งเป็นเทคโนโลยีใหม่และมีความเหมะสมในปัจจุบัน
3) การปรับปรุงใช้แสงสว่างจากธรรมชาติ เลือกใช้อุปกรณ์ที่ให้แสงสว่างป้องกันรังสี UV และมีการถ่ายเทความร้อนต่ำ ในขณะเดียวกันตัวอุปกรณ์มีมอเตอร์ใช้พลังงานจากแผงPVขนาดเล็ก ใช้ขับเคลื่อนแผ่นรับแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ตลอดเวลา
4) การปรับปรุงระบบทำความเย็น การใช้งานระบบปรับอากาศรวมของอาคารจะเป็นลักษณะโหลดไม่เต็มพิกัดและมีปริมาณโหลดทำความเย็นสูงสุดไม่เกิน 20 ตันความเย็น หรือ 240,000 Btu/hr

ระบบปรับอากาศแบบ VRF มีความเหมาะสมบนสภาวะโหลดไม่เต็มพิกัด มีเทคโนโลยีอินเวอร์เตอร์ควบคุมรอบมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ให้ทำงานสอดคล้องในแต่ละสภาวะโหลดต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม ช่วยให้ประหยัดพลังงานได้อย่างมาก และยังออกแบบให้มีอุปกรณ์ลดอุณหภูมิอากาศ (Cooling Pad) ก่อนเข้าระบายความร้อนที่ชุดคอนเดนเซอร์ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานดีที่สุด นอกจากนี้ยังนำระบบปรับอากาศแบบ Solar Air ที่มีความเหมาะสมใช้งานในสภาวะที่มีแสงแดดและอากาศภายนอกอุณหภูมิสูงๆ

เนื่องจาก Solar Collector ทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ ช่วยลดภาระโหลดคอมเพรสเซอร์ได้เป็นอย่างดี เมื่อนำระบบปรับอากาศทั้งสองแบบนี้มาติดตั้งใช้งานร่วมกัน จึงทำให้การใช้งานระบบปรับอากาศมีประสิทธิภาพประหยัดพลังงานตลอดเวลา ทั้งสภาวะโหลดน้อยและโหลดมาก

5) การปรับปรุงอุปกรณ์สำนักงาน เปลี่ยนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานในสำนักงานมาเป็นคอมพิวเตอร์ Ultrabook แทน คอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ นอกจากจะช่วยให้ประหยัดพลังงานมากขึ้นหลายเท่าตัวแล้ว ยังมีความคล่องตัวและเหมาะสมในการใช้งานเป็นอย่างมาก

6) การผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีแสงแดดมาก เทคโนโลยีการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์จึงมีความเหมาะสมเป็นอย่างยิ่ง สำหรับเทคโนโลยีแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมจะใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้านั้น จะต้องผลิตไฟฟ้าได้เพียงพอต่อความต้องการใช้งานของอาคารบนพื้นที่ติดตั้งที่จำกัดของตัวอาคารเอง ซึ่งมีประเภทแผงที่เหมาะสม มี 2 ชนิด คือ เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดหลายผลึก (Poly Crystalline Solar Cells) และ เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยว (Mono Crystalline Solar Cells) เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูง และใช้พื้นที่ติดตั้งน้อยกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทอื่น ๆ และเมื่อพิจารณาความเหมาะสมเพิ่มเติมในเชิงพาณิชย์ จึงเลือกใช้เซลแสงอาทิตย์ชนิด Poly Crystalline และมีประสิทธิภาพของแผงสูงถึง 16.05 %

3. การออกแบบอาคารและกรอบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน

กรอบอาคารนับว่ามีความสำคัญอย่างมากต่อการใช้พลังงานในอาคาร เนื่องจากเป็นส่วนที่มีการส่งผ่าน และถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้ามาสู่ภายในอาคาร ซึ่งความร้อนดังกล่าวเป็นสาเหตุสำคัญให้เครื่องปรับอากาศต้องใช้พลังงานในการลดความร้อน และปรับสภาพอากาศภายในอาคารให้เข้าสู่สภาวะน่าสบาย แหล่งความร้อนต่างๆ ที่มีในตัวอาคารประกอบด้วย

- การส่งผ่านรังสีจากดวงอาทิตย์เข้าสู่อาคารโดยตรง
- การนำความร้อนเข้าสู่อาคารโดยผ่านเปลือกหรือกรอบอาคาร (ผนังทึบและผนังกระจก) พื้น

และหลังคา

- ความร้อนที่เกิดขึ้นจากภายในอาคาร ได้แก่ คน, หลอดไฟส่องสว่างและอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ

- ความร้อนที่เกิดจากอากาศภายนอกที่เข้ามาภายในหรือที่แทรกซึมเข้าสู่อาคาร

การถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคารเกิดขึ้นได้ 3 ลักษณะ คือ การนำความร้อน (Conduction) การพาความร้อน (Convection) และการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) โดยอาจเกิดจากวิธีใดวิธีหนึ่ง หรือหลายๆ วิธีพร้อมๆ กัน อย่างไรก็ตามกระบวนการถ่ายเทความร้อนจะดำเนินไปจนกระทั่งเข้าสู่สมดุลทางความร้อน

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับตัวอาคารเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารเป็นอย่างมาก เพราะความร้อนจากรังสีอาทิตย์ซึ่งเป็นที่มาของภาระการทำความเย็นจะแปรผันไปตามทิศทางของดวงอาทิตย์ โดยมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบตัวอาคารดังนี้

3.1. ตัวอาคาร

3.1.1 ทิศทางการวางตัวอาคาร

- หันด้านแคบของอาคารไปทางทิศตะวันออก-ตะวันตกหรือให้ด้านแคบของอาคารหันไปทางที่ได้รับแสงอาทิตย์ตอนบ่าย (ทิศตะวันตก/ตะวันตกเฉียงใต้)

- ใช้การวางทิศทางของอาคารประกอบกับการปลูกต้นไม้รอบอาคารในการกำหนดทิศทางลมให้พัดผ่านอาคารได้

- วางอาคารให้ตั้งฉากกับทิศทางลม โดยพิจารณาความเร็วและทิศทางของลมในแต่ละฤดูกาล เพื่อใช้ประโยชน์จากลมธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

- ในบางกรณีอาจพิจารณาออกแบบเป็นอาคารชั้นเดียว เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้อย่างเต็มที่ หรือในอาคารหลายชั้น ควรให้แต่ละห้องมีความลึกน้อยที่สุด เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้มาก

3.1.2 รูปทรงอาคาร

- มีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้สอยต่ำที่สุด หรือออกแบบให้กรอบอาคารมีเส้นรอบรูปน้อย

- มีการรั่วซึมของอากาศต่ำ แต่ยอมให้มีการไหลเวียนอากาศผ่านผิวอาคาร

- ในกรณีทีอาคารมีรูปทรงเรียวยาวควรวางอาคารในแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก

3.1.3 ตำแหน่งช่องเปิด ควรลดปริมาณกระจกทางด้านทิศตะวันออกและตะวันตกให้เหลือน้อยที่สุด เพื่อลดความร้อนที่เข้าอาคารและการระคายเคืองในการมองเห็น (glare)

- ติดตั้งอุปกรณ์บังแดด (shading device) แบบถาวรเหนือกระจกเพื่อบังรังสีอาทิตย์โดยตรง (direct solar radiation) หรือพิจารณาใช้การออกแบบสภาพภูมิทัศน์ (landscape) ช่วยในการบังแดด และจำกัดปริมาณกระจกในทิศตะวันออกและตะวันตกให้มีน้อยที่สุด เพราะบังแดดได้ยากกว่ากระจกทางด้านทิศใต้

- ไม่ควรมีช่องแสงขนาดใหญ่บนหลังคา (skylight) ยกเว้นกรณีที่ได้มีการออกแบบให้สามารถป้องกันรังสีตรงได้อย่างสมบูรณ์

- การออกแบบอุปกรณ์บังแดดมีผลกับการใช้แสงสว่างธรรมชาติภายในอาคารโดยตรง ดังนั้นควรพิจารณาควบคู่กันไป

3.2. การกันแดด สำหรับประเทศไทย แผงกันแดดเป็นองค์ประกอบที่สำคัญสำหรับทุกอาคาร เมื่อกรอบอาคารโดยเฉพาะกระจกโดนรังสีอาทิตย์ที่ไม่มีการป้องกันรังสีอาทิตย์ พลังงานความร้อนจะสามารถผ่านเข้ามาในอาคารได้ พลังงานดังกล่าวจะทำให้อุณหภูมิภายในห้องเพิ่มสูงขึ้น และส่งผลต่อการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศที่เพิ่มสูงขึ้น ในประเทศเมืองร้อนอย่างประเทศไทย แดดนับว่าเป็นสิ่งที่ควรป้องกันตลอดปี เนื่องจากไม่มีช่วงที่อาคารต้องการความร้อนเลย ในฤดูหนาวความร้อนที่เกิดจากภายในอาคาร เครื่องใช้ไฟฟ้า ก็เพียงพออยู่แล้ว ดังนั้น ระบบแผงกันแดดจึงควรถูกติดตั้งในทุกอาคาร โดยเฉพาะอาคารกระจก แม้กระทั่งกระจกในทิศเหนือ แม้ว่าทิศดังกล่าวมีอิทธิพลของรังสีอาทิตย์น้อยที่สุดแต่ก็ต้องมีการป้องกัน ซึ่งข้อดีก็คือแผงกันแดดในทิศนี้ไม่จำเป็นต้องยื่นออกไปมากนักหรือยื่นน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับทิศอื่นๆ สำหรับทิศใต้แผงกันแดดจะต้องยาวขึ้นหรือถี่ขึ้นเนื่องจากมุมดวงอาทิตย์ลดต่ำลง ในทิศนี้แผงกันแดดแนวนอนเสริมด้วยแนวตั้งก็เพียงพอต่อการกันแดดและยังเอื้อให้ผู้ใช้อาคารมองวิวผ่านกระจกได้ สำหรับทิศตะวันออกและตะวันตก การยื่นแผงกันแดดทั้งแนวนอนและแนวตั้งต้องมีความยาวหรือถี่มากจนใกล้เคียงกับลักษณะของผนังทึบจึงจะป้องกันแดดได้อย่างสมบูรณ์ ในทิศดังกล่าวหากจำเป็นต้องมีกระจกแล้วการเลือกแผงกันแดดแบบปรับได้ ผนวกกับเทคโนโลยีกระจกที่เหมาะสม จะเอื้อให้ป้องกันแดดที่มาเฉพาะช่วงเวลาที่มาเฉพาะเช้าในทิศตะวันออก และเฉพาะบ่ายในทิศตะวันตก ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

หากแบ่งประเภทของอุปกรณ์กันแดดของอาคารสามารถแบ่งได้เป็น

อุปกรณ์บังแดดภายนอก

- ชายคา
- บานเกล็ด
- กันสาดหรือผ้าใบบังแดด
- ม่านบังตาหรือมู่ลี่
- ร่มเงาจากต้นไม้

อุปกรณ์บังแดดภายใน

- ม่านบังตา หรือมู่ลี่ที่ม้วนหรือรูดขึ้นลงได้
- ม่าน

การบังแดดจากภายนอกจะให้ผลดีกว่า เนื่องจากสามารถป้องกันความร้อนจากรังสีของดวงอาทิตย์

ไม่ให้เข้ามาภายในอาคารได้ การบังแดดภายใน ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ส่วนมากจะเป็นมู่ลี่หรือม่าน จะสะท้อนการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างกลับออกไปภายนอกได้บางส่วน และจะดูดกลืนความร้อนบางส่วนไว้ถ่ายเทเข้าสู่ภายในห้อง ดังนั้นจึงเป็นการดีอย่างยิ่ง หากสามารถป้องกันไม่ให้รังสีจากดวงอาทิตย์ส่องกระทบกระจกของหน้าต่างได้ แต่เนื่องจากว่าการติดตั้งการบังแดดด้านนอกจะเป็นแบบติดตายตัว ซึ่งจะไม่สามารถให้การบังแดดได้เต็มที่ตลอดเวลา เพราะการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ ดังนั้นการใช้วิธีการบังแดดทั้งด้านนอกและด้านในของอาคารจึงมักจะใช้ควบคู่กัน

3.2.1 ลักษณะของอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะกับทิศทางต่างๆ มีดังนี้

- ทิศใต้ (S) ควรใช้อุปกรณ์บังแดดแบบผสม และเพิ่มชายคายื่นยาวช่วยบังรังสีอาทิตย์ทั้งในมุมสูงและต่ำ
- ทิศตะวันออก (E) และตะวันตก (W) ใช้แบบแนวตั้งและปรับมุมได้
- ทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE) และทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW) ใช้แบบตาราง
- ทิศเหนือ (N) จะไม่ได้รับรังสีอาทิตย์โดยตรง ดังนั้นจึงไม่ต้องใช้อุปกรณ์บังแดดมากนัก อาจใช้เพียงแผงกันแดดแนวตั้งยื่นออกมาเล็กน้อยเพื่อบังรังสีอาทิตย์ในช่วงเช้าและเย็น

การติดตั้งกันสาดหรือแผงกันแดดควรหลีกเลี่ยงสะพานความร้อน โดยให้มีจุดเชื่อมต่อระหว่างกันสาดกับตัวอาคารให้น้อยที่สุด หรือให้มีช่องว่างระหว่างกันสาดกับตัวอาคารเพียงพอเพื่อให้สามารถระบายความร้อนได้ดี การใช้อุปกรณ์บังแดดภายในอาคารแม้ว่าจะไม่สามารถลดปริมาณความร้อนทั้งหมดที่เข้าสู่อาคารได้ แต่ควรพิจารณาใช้ในกรณีที่ต้องการช่วยลดการระคายเคืองในการมองเห็น (glare) และช่วยให้เกิดความสบายตาได้

3.3. วัสดุกรอบอาคารและฉนวน

ภาระการทำความเย็นของอาคารส่วนใหญ่มาจากปริมาณความร้อนที่ผ่านวัสดุกรอบอาคารเข้ามาภายในอาคาร การลดปริมาณความร้อนที่ผ่านกรอบอาคารจึงเป็นปัจจัยหลักที่จะช่วยทำให้สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ ฉนวนเป็นวัสดุที่ตอบสนองต่อความต้องการนี้เป็นอย่างดี

3.3.1. ความเป็นฉนวนของผนังและหลังคาทึบ และเพิ่มฉนวนจะช่วยลดความร้อนผ่านผนังและการออกแบบผนังภายนอกอาคารได้ โดยมีหลักการในการออกแบบดังนี้

- เพิ่มความสามารถในการต้านทานความร้อนให้กับผนัง (ค่า R สูง) หรือค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U value) ต่ำ โดยการติดตั้งหรือบุฉนวนกันความร้อนที่ผนังด้านนอกของอาคาร หรือใช้ผนัง 2 ชั้นมีช่องว่างอากาศ (Air-gap) ระหว่างชั้นของผนังเป็นอากาศหรือฉนวนเพื่อกันความร้อน ในบางกรณีที่มีความเหมาะสมเช่น ไม่ต้องการใช้ระบบปรับอากาศในอาคารอาจออกแบบผนังให้มีมวลสารที่สามารถหน่วงความร้อนได้ 12 ชั่วโมงเพื่อปรับปรุงสภาวะน่าสบายและเพิ่มประสิทธิภาพของอาคารโดยเฉพาะผนังทางทิศตะวันตกที่ได้รับความร้อนมาก

- อาคารปรับอากาศที่มีการเปิดและปิดเครื่องปรับอากาศระยะยาว อาจพิจารณาใช้ผนังที่มีการผสมผสานของมวลสารและฉนวนอย่างเหมาะสม โดยให้มวลสารอยู่ด้านนอก ติดตั้งฉนวนในด้านในผนังอาคาร และใช้ฉนวนสะท้อนความร้อนเพิ่มค่า R ให้ช่องว่างอากาศระหว่างผนัง

- อาคารปรับอากาศที่มีการเปิดและปิดเครื่องปรับอากาศระยะสั้น ควรใช้ผนังที่มีมวลสารน้อย ติดตั้งฉนวนความร้อน และใช้วัสดุที่มีการสะสมความร้อนความชื้นน้อย

- สีของผนังภายนอกอาคารควรเป็นสีอ่อนหรือใช้วัสดุผิวมันเพื่อสะท้อนความร้อน

- ในกรณีของอาคารขนาดใหญ่ที่มีความหนาของผนังบริเวณแกน (core) หรือช่องลิฟต์หนามาก ควรให้อยู่ในทิศตะวันตกเพื่อใช้เป็นส่วนป้องกันความร้อน (buffer zone) ที่ร้อนจัดในช่วงบ่าย

- ทำที่บังแดดเพื่อให้ผนังอยู่ในร่มเงาตลอดทั้งวัน โดยเว้นช่องว่างระหว่างที่บังแดดกับผนังเพื่อลดการสะสมความร้อน

- ผนังที่มีการเล่นผิว (texture) เพิ่มพื้นที่ผิว เพื่อลดผลกระทบจากความร้อน

3.3.2 หลังคาเป็นองค์ประกอบอีกส่วนหนึ่งของกรอบอาคาร การลดความร้อนผ่านหลังคาการออกแบบหลังคาอาคารทำได้โดย

- พิจารณาขนาดของอาคารที่มีผลต่อการส่งผ่านความร้อนทางหลังคา เพราะหลังคาเป็นส่วนที่รับความร้อนตลอดทั้งวันและมีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นในอาคารเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่อาคารค่อนข้างเตี้ยแต่มีขนาดใหญ่ซึ่งมีสัดส่วนของพื้นที่หลังคาต่อพื้นที่ผิวอาคารสูง

- เพิ่มความสามารถในการต้านทานความร้อนให้กับหลังคา (ค่า R สูง) โดยการติดตั้งหรือบุฉนวนกันความร้อนใต้หลังคาหรือระหว่างชั้นฝ้าเพดานกับหลังคา โดยอาจมีช่องระบายอากาศเพื่อระบายอากาศร้อนจากใต้หลังคาออกสู่ภายนอกอาคาร

- ติดตั้งแผ่นฟิล์มอลูมินั่ม (reflective aluminum film) บางๆ ที่สะท้อนความร้อนได้ดีไว้ที่ด้านล่างของหลังคา

- เลือกใช้หลังคาสีอ่อนเพื่อสะท้อนรังสีอาทิตย์

- หลีกเลี่ยงการทำช่องแสงบนหลังคา (skylight) แต่ถ้าต้องมีควรทำแผงบานเกล็ดบังแสงแดดและติดตั้งให้ถูกทิศทาง เพราะความร้อนมากกว่า 90% มาจากการแผ่รังสีความร้อนของหลังคาเข้ามายังภายในอาคาร

- วัสดุหลังคาควรเป็นวัสดุที่มีมวลสารน้อย มีการดูดกลืนและสะสมความร้อนต่ำ มีค่าความต้านทานความสูง (R) สูง

- ให้ลอนของหลังคาวางขวางกับการโคจรของดวงอาทิตย์ (ตะวันออกไปตะวันตก อ้อมใต้) เพื่อบังแดดให้กันและกันและลดความร้อน

- ออกแบบเป็นหลังคาจั่วเพื่อเพิ่มช่องว่างอากาศใต้หลังคา หรือทำเป็นหลังคา 2 ชั้น หรือหลังคาทรงสูง ระบายอากาศร้อนออกด้านบน ไม่ควรเป็นหลังคาแบนและหนา

ในส่วนของฉนวนอาคาร ควรเลือกใช้ฉนวนป้องกันความร้อนที่มีค่าความต้านทานความร้อน (ค่าR) สูง โดยพิจารณา

ประเภทที่เหมาะกับลักษณะการใช้งานและตำแหน่งที่ติดตั้งฉนวน เช่น ใช้โฟมฉีดบนหลังคา ใช้ฉนวนแบบแผ่นปูบนโครงเคร่า เป็นต้น

ข้อควรพิจารณาอื่นๆ ในการเลือกฉนวนนอกจากคุณสมบัติในการป้องกันความร้อน (ค่า R) ได้แก่

- ลักษณะทางกายภาพ ความหนาแน่น และน้ำหนัก
- ช่วงอุณหภูมิในการใช้งาน และการยืดหดตัวเมื่อได้รับความร้อน
- การกันน้ำและความชื้น
- การทนต่อแรงอัดและความทนทาน
- การป้องกันการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ- การเสื่อมสภาพ และการบำรุงรักษา
- คุณสมบัติการกันไฟ
- ความต้านทานต่อแมลง เชื้อรา การกัดกร่อนและสารเคมี
- ความปลอดภัยต่อสุขภาพ
- การกันเสียง
- ปลอดกลิ่น

ตัวอย่างคุณสมบัติของฉนวนป้องกันความร้อนชนิดต่างๆ ที่ใช้ในปัจจุบัน ได้แก่

- ใยแก้วหรือไฟเบอร์กลาสมีคุณสมบัติในการกันความร้อนได้ดี มีค่าการกันไฟได้สูงถึง 300 องศาเซลเซียส และกันเสียงได้ด้วย แต่ไม่ทนต่อความชื้น
- ร็อควูลกันความร้อนเทียบเท่าฉนวนใยแก้ว แต่ทนไฟได้ดีกว่า และดูดซับเสียงได้ดี แต่ไม่ทนต่อความชื้น
- โฟมชนิดต่างๆ มีคุณสมบัติในการกันความร้อนได้ดี (ใกล้เคียงกับฉนวนใยแก้วและร็อควูล) และกันน้ำได้ แต่ไม่ทนต่อรังสีอุลตร้าไวโอเลต (UV) และความร้อนสูงๆ (จุดหลอมเหลวมักต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส)
- เซลลูโลสกันความร้อนดีพอๆ กับใยแก้วและร็อควูล ต้องใส่สารกันไฟลาม เพราะทำจากเยื่อไม้หรือกระดาษ
- อลูมินั่มฟอยล์ให้มีประสิทธิภาพในการกันความร้อน ต้องทำให้มีช่องว่างอากาศระหว่างแผ่นฟอยล์กับฝ้าเพดานไม่น้อยกว่า 1 นิ้วเพื่อเพิ่มค่าความเป็นฉนวน

3.4. กระจก (Glass)

กระจกเป็นวัสดุกรอบอาคารที่ปัจจุบันได้รับความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย กระจกมีด้วยกันหลายประเภท นอกจากนี้ในแต่ละประเภทยังมีความหนาและค่าสมบัติทางความร้อนที่แตกต่างกัน กระจกที่ใช้ประกอบอาคารโดยทั่วไปได้แก่ กระจกชั้นเดียวที่มีความหนาระหว่าง 3-6 มิลลิเมตร

กระจกมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อภาระความร้อนของอาคาร ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังกระจกอาจมีค่าสูง 5-10 เท่า เมื่อเทียบกับผนังทึบ การเลือกใช้กระจกที่มีความสามารถในการป้องกันความร้อนจะสามารถลดภาระความร้อนของอาคารลงได้อย่างมาก สำหรับกระจกแล้ว เรายังต้องพิจารณาถึงการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติของแสงธรรมชาติ ด้วยเทคโนโลยีในปัจจุบัน เราสามารถผลิตกระจกที่มีความเหมาะสมมากขึ้น กล่าวคือมีความสามารถในการป้องกันความร้อนได้ดี และในขณะเดียวกันก็สามารถนำเอาแสงธรรมชาติเข้ามาใช้งานภายในอาคารได้อย่างเหมาะสมด้วย

ตัวอย่างคุณสมบัติของกระจกชนิดต่างๆ ที่ใช้ในปัจจุบัน ได้แก่

- กระจกตัดแสง (Tinted Glass) ลดแสงจ้าและความร้อน ถ้าท้องฟ้ามืดมัวจะทำให้แสงสว่างที่เข้าสู่อาคารไม่เพียงพอ

- กระจกดูดกลืนความร้อน (Heat-Absorbing Glass) ดูดซึมความร้อนได้ 45% และถ้ามีที่กันแดดให้กระจกอยู่ในร่มจะลดความร้อนได้ถึง 75%

- กระจกเคลือบผิวสะท้อนแสง (Reflective Metalic Coating) ลดทั้งความร้อนและแสงสว่าง มีค่า R มากกว่ากระจกดูดกลืนความร้อน แต่ขณะเดียวกันก็จะแผ่กระจายความร้อนให้กับภายในห้อง ดังนั้นจึงเหมาะสมกับเมืองหนาวมากกว่า

- กระจกสองชั้น (Double Glazing) ลดความร้อนได้ถึง 80% และยอมให้แสงสว่างผ่านเข้าได้มาก ลดแสงจ้า ป้องกัน UV แต่ราคาค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับกระจกชนิดอื่นๆ เช่น กระจก Heat Stop ใช้กับอาคารส่วนปรับอากาศ มีค่า SC ต่ำ แสงสว่างผ่านได้มาก แต่ความร้อนผ่านได้น้อย มีค่าการนำความร้อนต่ำ (เป็นกระจก 2 ชั้น มีก๊าซเฉื่อยบรรจุตรงกลาง)

- กระจกติดฟิล์ม Low E (low emissivity) หรือฟิล์มที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ และเคลือบ Sun Protection ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดต่ำ จะช่วยลดความร้อนที่เข้าสู่อาคารได้มาก

- กระจกลามิเนต ใช้กับอาคารส่วนไม่ปรับอากาศ เพื่อใช้ประโยชน์ในการนำความร้อนออกสู่ภายนอกอาคาร

นอกจากนี้ฟิล์มกรองแสงยังสามารถใช้เพื่อลดความร้อนเข้าสู่อาคารผ่านกระจกได้ โดยฟิล์มกรองแสงสำหรับอาคารนี้ยังมีประโยชน์เพิ่มเติมอีก อันได้แก่

- สามารถลดรังสีอุลตร้าไวโอเลตหรือรังสียูวีได้กว่า 99% ซึ่งช่วยลดโอกาสในการเกิดโรคมะเร็งผิวหนังและต้อกระจก

- สามารถชะลอการซีดจางของอุปกรณ์และเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ ภายในอาคาร, ที่พักอาศัย

- สามารถสร้างความสวยงามภายนอกและไม่บดบังทัศนวิสัยในการมองจากภายใน สร้างความเป็นส่วนตัว

- สามารถลดแสงจ้าจากภายนอก ทำให้รู้สึกสบายสายตา

****

อ้างอิง

http://www2.dede.go.th/bhrd/old/Download/file_handbook/Pre_Build/Build_13.pdf

http://www.buildernews.in.th/page.php?n=146&a=10&cno=4131

http://www.thaiengineering.com/.../343-แนวทางการออกแบบกรอบอาคาร-(Building- Envelope-Design).html http://www.thaiwindowfilm.com/

3. การออกแบบปรับปรุงอาคารและความเป็นไปได้ในการใช้เทคโนโลยีการอนุรักษ์พลังงาน

การออกแบบปรับปรุงอาคารแบ่งตามหัวข้อที่ศึกษาไว้ดังต่อไปนี้

1) กรอบอาคาร
2) ระบบแสงสว่าง
3) การใช้แสงธรรมชาติ
4) ระบบทำความเย็น
5) ระบบผลิตไฟฟ้าจากรังสีอาทิตย์ (Solar cell)

รูปทรงและทิศทางการวางตัวอาคาร

ผนังด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

ผนังด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้

6)
7)
8)
9)

ผนังด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

ผนังด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้

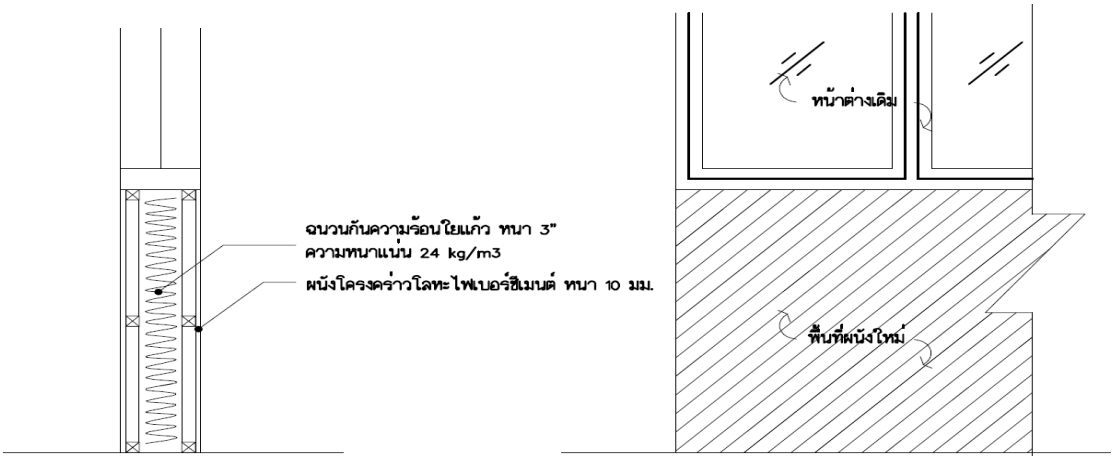
3.1. การออกแบบปรับปรุงผนังอาคาร

จากการวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร หรือ Overall Thermal Transfer Value (OTTV) ก่อนการปรับปรุงอาคารสำนักงานกองสื่อสารองค์กร มีค่าประมาณ 39.79 วัตต์ต่อตารางเมตร (รายละเอียดผลการวิเคราะห์แสดงใน จะเห็นว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานของอาคารควบคุมตามกฎกระทรวง หมวดค่ามาตรฐานของค่าการถ่ายเทความร้อนรวม อาคารสำนักงานจะต้องมีค่า OTTV ไม่เกิน 50 วัตต์ต่อตารางเมตร แต่ในการวิจัยโครงการพลังงานสุทธิเป็นศูนย์นี้ เพื่อให้อาคารมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูง จะต้องทำการออกแบบปรับปรุงให้อาคารมีค่า OTTV ไม่เกิน 20 วัตต์ต่อตารางเมตร

การออกแบบลดพื้นที่ผนังกระจก โดยปรับเปลี่ยนเป็นผนังทึบไฟเบอร์ซีเมนต์ แกนกลางบุด้วยฉนวนใยแก้วที่มีค่าการนำความร้อนต่ำประมาณ 0.038 W/m.K ความหนา 3 นิ้ว หุ้มด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ เมื่อวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม OTTV ให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม U ลดลงจาก 5.9 เหลือ 0.4 $W/m^2.K$

<u>รายละเอียดการออกแบบปรับปรุงผนังอาคาร</u>

การออกแบบเพื่อปรับเปลี่ยนพื้นที่ผนังโปร่งแสง (กระจก) เป็นผนังทึบนั้น ได้ออกแบบให้เป็นผนัง 2 ชั้น ทำจากวัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์ ความหนา 10 มิลลิเมตร แกนกลางบุด้วยฉนวนใยแก้วที่มีค่าการนำความร้อนต่ำประมาณ 0.038 W/m.K ความหนา 3 นิ้ว หุ้มด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ โดยแบบรายละเอียดผนัง 2 ชั้น แสดงดัง **รูปที่ 3.1** และวัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์ ความหนา 10 มิลลิเมตร ซึ่งมีคุณสมบัติแข็งแรง ทนแรงกระแทก และทนน้ำ ทนความชื้น มีน้ำหนักเบา เหมาะกับงานผนังเบา รายละเอียดการออกแบบปรับปรุงผนังอาคารแต่ละด้าน



รูปที่ 3.1 แบบรายละเอียดผนัง 2 ชั้น

1) **<u>การติดตั้งฟิล์มลดความร้อน</u>** ก่อนดำเนินการปรับปรุง อาคารสำนักงานกองสื่อสารองค์กรมีการออกแบบมาให้ทุกพื้นที่ภายในอาคารได้รับแสงธรรมชาติ โดยออกแบบช่องเปิดเป็นกระจกใสรอบตัวอาคาร ทำ

ให้ได้รับแสงแดดและมุมมองที่ดีสำหรับผู้ใช้อาคาร แต่จะมีปัญหาแสงจ้าในช่วงกลางวัน จึงมีการนำอุปกรณ์มาติดตั้งเพื่อลดแสงจ้า เช่น มู่ลี่

หลังการออกแบบปรับปรุงผนังกระจกบางส่วนเป็นผนังทึบ รายละเอียดตามข้อ 1) เพื่อลดค่า OTTV แล้ว พื้นที่ผนังกระจกที่ไม่ได้ปรับปรุงเป็นผนังทึบได้ปรับปรุงโดยการติดตั้งฟิล์มลดความร้อน เพื่อลดค่า OTTV ลงอีก โดยเลือกใช้ฟิล์มที่มีคุณสมบัติป้องกันความร้อนสูงสุด ดังตารางที่ 3-1 ฟิล์มลดความร้อนที่เลือกใช้ในโครงการนี้มีค่า SC = 0.23 จากเดิมกระจกใสมีค่า SC = 0.96

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดพื้นที่ทึบแสง และพื้นที่โปร่งแสงของกรอบอาคารฯ ในแต่ละทิศทางก่อนและหลังการปรับปรุง

ลำดับที่	รายการ	สภาวะ					
		ก่อนปรับปรุง			หลังปรับปรุง		
1	OTTV (W/m^2)	39.79			18.95		
2	สัดส่วนพื้นที่ผนัง	พื้นที่ผนัง (ตารางเมตร)			พื้นที่ผนัง (ตารางเมตร)		
	ทิศ	ผนังทึบ	ผนังโปร่งแสง	รวม	ผนังทึบ	ผนังโปร่งแสง	รวม
	NE	78	35	112	99	13	112
	SE	56	16	72	59	13	72
	SW	47	65	112	89	24	112
	NW	41	31	72	44	28	72
	รวม	**222**	**146**	**368**	**290**	**78**	**368**
	สัดส่วน	**60%**	**40%**	**100%**	**79%**	**21%**	**100%**

3.2 การออกแบบปรับปรุงหลังคาอาคาร

ลักษณะทางกายภาพของอาคารกองสื่อสารองค์กร ตัวอาคารหันหน้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ หลังคาคอนกรีตมุงกระเบื้อง ดังรูปที่ 3.2 ทำให้มีค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาสูงเช่นเดียวกันกับผนังอาคาร ทั้งนี้เพื่อให้รองรับกับการติดตั้งระบบ Solar PV ที่จะติดตั้งบนหลังคา ซึ่งต้องหันแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปทางทิศใต้ เพื่อให้ได้รับรังสีอาทิตย์ตลอดทั้งวัน จึงออกแบบให้หลังคายกสูงด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือแล้วลาดลงไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้

การออกแบบครั้งนี้ได้เปลี่ยนวัสดุมุงหลังคาเป็นเมทัลชีท เพื่อความสะดวกในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่จะติดตั้งได้ง่ายกับหลังคาเมทัลชีท และเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาอาคาร จึงติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนา 4 นิ้ว ลงบนแป ใต้หลังคาเมทัลชีท ซึ่งฉนวนใยแก้วนี้จะทำหน้าที่ช่วยลดการส่งผ่านและการสะสมความร้อนที่ผิววัสดุ ลดการแผ่รังสีความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร และช่วยลดอุณหภูมิอากาศใต้หลังคาอีกด้วย

แบบรายละเอียดการปรับปรุงผนังและหลังคาอาคารสำนักงานกองสื่อสารองค์กร

รูปที่ 3.2 หลังคาอาคารก่อนการปรับปรุง เป็นหลังคาคอนกรีตมุงกระเบื้อง

ความคุ้มค่าการปรับปรุงกรอบอาคาร

1) กรณีอาคารเดิม

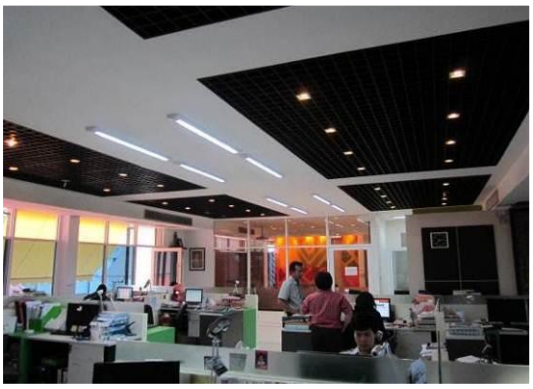
- การปรับปรุงในรูปแบบไปรื้อถอนผนังหรือหลังคาอาคารเดิม ยังไม่คุ้มค่าและเหมาะสมในการปรับปรุงเพราะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการรื้อถอนค่อนข้างมาก
- การปรุงในรูปแบบเพื่อการเพิ่มเติมให้ผนังหรือหลังคาเดิมลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารลดลงจะมีความเหมาะสมในการปรับปรุง โดยมีช่วงระยะการคืนทุนอยู่ ระหว่าง 3 – 5 ปี ขึ้นอยู่กับสมรรถนะระบบปรับอากาศเดิมที่ใช้งานและขนาดของการปรับปรุง

2) กรณีอาคารสร้างใหม่

- การปรุงปรุงในกรณีอาคารสร้างใหม่นั้น สามารถทำได้โดยง่ายและมีความคุ้มค่าในการลงทุนมากกว่าปรับปรุงในอาคารเดิม เพราะนอกจากจะช่วยลดพลังงานในระบบปรับอากาศจากขนาดทำความเย็นที่ลดลงแล้ว ยังช่วยลดเงินลงทุนระบบปรับอากาศได้อีกด้วย เพราะระบบปรับอากาศมีขนาดที่เล็กลง โดยมีช่วงระยะการคืนทุนอยู่ระหว่าง 2 – 5 ปี

3.3 การออกแบบปรับปรุงระบบแสงสว่าง

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารสำนักงานกองสื่อสารองค์กรที่ใช้งานในปัจจุบัน ส่วนใหญ่เป็นหลอดไฟฟ้าชนิดไม่ประหยัดพลังงาน ได้แก่ หลอดดาวน์ไลท์ชนิดไฮโดรเจน หลอดฟลูออเรสเซนต์บัลลาสต์แกนเหล็ก และรายละเอียดการติดตั้งหลอดไฟฟ้าในแต่ละพื้นที่แสดงในตารางที่ 3-2



รูปที่ 3.3 หลอดไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้ก่อนการปรับปรุง

ตารางที่ 3.-2 เปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าติดตั้งต่อพื้นที่ใช้งานก่อนและหลังปรับปรุงกับกรอบการวิจัย

	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	กรอบการวิจัย
กำลังไฟฟ้าติดตั้งต่อพื้นที่ใช้งาน	4.99	3.36	≤ 6.00

ตารางที่ 3-3 รายละเอียดหลอดไฟฟ้าแสงสว่างหลังการปรับปรุง

ลำดับที่	สถานที่	พื้นที่ใช้สอย	ชนิดหลอดไฟ	จำนวน (หลอด)	ขนาด (วัตต์)	กำลังไฟฟ้ารวม	กำลังไฟฟ้าต่อพื้นที่
	ชั้น 1						
1	ห้องรับรอง	81.00	LED Down	8	18	144	1.78
2	พื้นที่สันทนาการ	121.5	LED Tube	9	22	198	1.63
	ชั้น 2						
1	ห้องผู้อำนวยการ	15.00	LED Tube	2	22	44	2.93
2	ห้องทำงานเล็ก	11.25	LED Tube	2	22	44	3.91
3	ห้องตัดต่อ	20.25	LED Tube	3	22	66	3.26
4	ห้องประชุม	20.25	LED Down LED Down	6 5	18 10	108 50	5.33 2.47
			รวม			158	7.80

5	ห้องบันทึกเสียง	10.125	LED Tube	1	22	22	2.17
6	ห้องครัว	10.125	LED Tube	2	11	22	2.17
7	ห้องน้ำ	7.875	LED Tube	1	11	11	1.40
8	ห้องทำงานรวม	114.00	LED Down	8	8	64	0.56
			LED Tube	26	22	572	5.02
			รวม			636	5.58
9	ระเบียง	36.00	LED Tube	3	22	66	1.83
	ไฟรอบอาคาร						
1	ไฟกิ่ง		LED Down	8	8.5	68	
2	ไฟสนามหญ้า		LED Down	3	8.5	25.5	
	รวมทั้งหมด					**1504.5**	**3.36**

ความคุ้มค่าการเปลี่ยนไปใช้หลอดไฟ LED

1) กรณีอาคารเดิม

- การปรับปรุงกรณีอาคารเดิมอาจจะต้องมีค่ารื้อถอนหลอดไฟเดิมและการเข้าสายไฟใหม่ ทำให้มีช่วงระยะการคืนทุนอยู่ระหว่าง 2–4 ปี ขึ้นอยู่กับระยะเวลาการใช้งานและขนาดของการปรับปรุง

2) กรณีอาคารสร้างใหม่

- การปรุงปรุงในกรณีอาคารสร้างใหม่นั้น สามารถทำได้โดยง่ายและมีความคุ้มค่าในการลงทุนมากกว่าปรับปรุงในอาคารเดิม เพราะสามารถเลือกใช้ประเภทหลอดไฟ LED สำหรับอาคารสร้างใหม่ได้หลากหลายมากขึ้นและออกแบบได้ตามขนาดที่เหมาะสมมากขึ้น โดยจะมีช่วงระยะการคืนทุนอยู่ระหว่าง 1.5–3 ปี

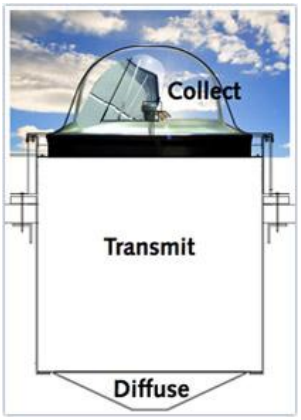
3.4 การออกแบบการใช้แสงธรรมชาติ

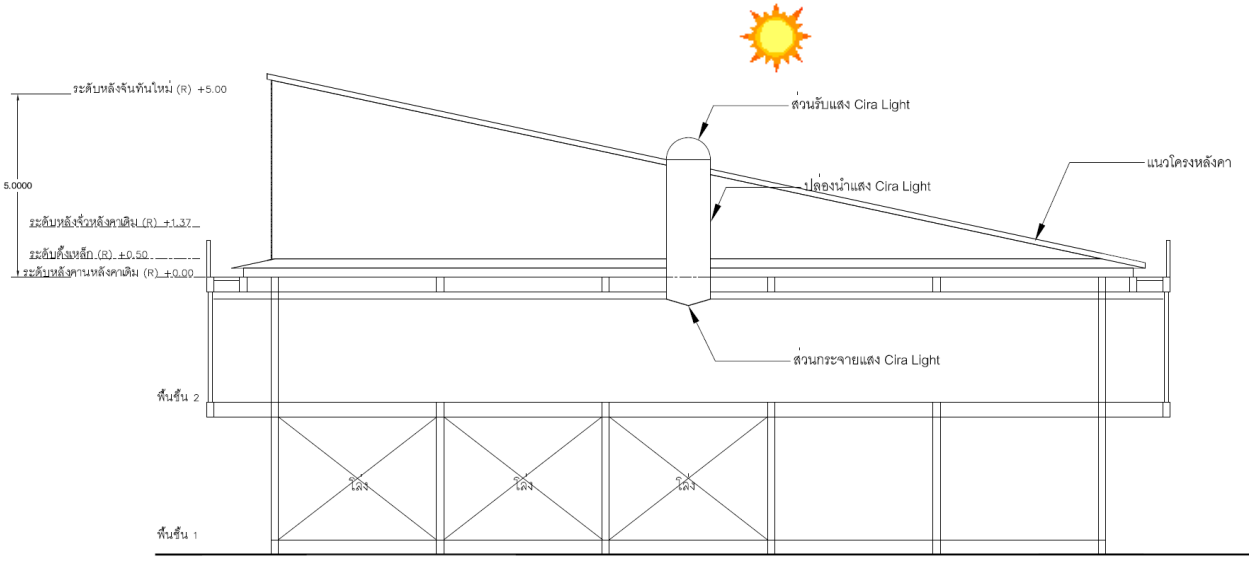
การออกแบบโดยนำแสงธรรมชาติมาใช้งานทดแทนหลอดไฟฟ้าแสงสว่าง เพื่อลดการใช้ไฟฟ้าจากหลอดไฟฟ้านั้น เหมาะสำหรับพื้นที่ที่ไม่เน้นคุณภาพแสงมากนัก จึงได้ออกแบบให้ติดตั้งบริเวณทางเดินในสำนักงาน จำนวน 1 จุด เหตุผลที่ไม่สามารถติดตั้งได้มากกว่านี้เนื่องมาจากข้อจำกัดของพื้นที่ติดตั้ง เพราะพื้นที่หลังคาต้องรองรับการติดตั้งระบบเซลล์

อุปกรณ์นำแสงธรรมชาติที่นำมาติดตั้งสามารถป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลต และลดความร้อนที่เข้าในอาคาร เพื่อไม่ให้เป็นภาระของระบบปรับอากาศ อุปกรณ์ที่เลือกใช้ในงานศึกษาวิจัยนี้ คืออุปกรณ์ช่องนำแสงธรรมชาติ มีขนาด 1.2 x 1.2 เมตร และให้ความสว่างจากแสงธรรมชาติไม่น้อยกว่า 60,000 ลูเมน โดยคุณสมบัติทางแสงและความร้อนดัง ตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 คุณสมบัติทางแสงและความร้อนของอุปกรณ์ช่องนำแสงธรรมชาติ

อุปกรณ์	ค่าการกระจายแสง (VLT)	ค่าการนำพาความร้อน (SHGC)	ค่าการป้องกัน UV (U Value)
อุปกรณ์ช่องนำแสง	0.91	0.3196	0.35





รูปที่ 3-4 ส่วนประกอบของอุปกรณ์ช่องนำแสงธรรมชาติ

ความคุ้มค่าการเปลี่ยนไปใช้แสงธรรมชาติ(เทคโนโลยีระบบGPSหมุนรับแสงและป้องกันความร้อนสูง)

1) กรณีอาคารเดิม

- การปรับปรุงกรณีอาคารเดิมอาจจะต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเรื่องการเจาะช่องหลังคาเดิม ทำให้มีช่วงระยะการคืนทุนอยู่ระหว่าง 7–10 ปี ขึ้นอยู่ประเภทของการนำใช้งานเช่น ทดแทนช่องแสงธรรมชาติชนิดที่มีความร้อนส่งผ่านในพื้นที่ปรับอากาศ หรือทดแทนเฉพาะหลอดไฟที่ใช้ไฟฟ้า และขนาดของการปรับปรุง

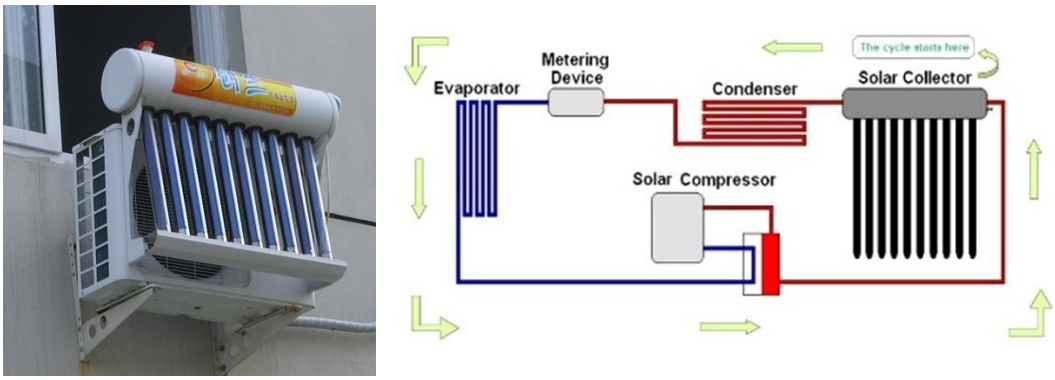
2) กรณีอาคารสร้างใหม่

- การปรุงปรุงในกรณีอาคารสร้างใหม่นั้น สามารถทำได้โดยง่าย และมีความคุ้มค่าในการลงทุนมากกว่าปรับปรุงในอาคารเดิม โดยจะมีช่วงระยะการคืนทุนอยู่ระหว่าง 5–8 ปี

3.5 การออกแบบปรับปรุงระบบทำความเย็น

ระบบปรับอากาศของอาคารสำนักงานกองสื่อสารองค์กรเดิมเป็นระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน ขนาดติดตั้งรวม 24.76 ตัน ประสิทธิภาพเฉลี่ย 1.09 กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น ซึ่งสูงกว่าที่กรอบการวิจัยกำหนดไว้ไม่สูงกว่า 0.6 กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น จึงต้องดำเนินการปรับปรุงประสิทธิภาพ โดยการนำเทคโนโลยีระบบปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับการใช้งานมาออกแบบติดตั้งแทนระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน รายละเอียดการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนแต่ละพื้นที่ และรูปการติดตั้งใช้งานก่อนการปรับปรุง

จากการศึกษาศักยภาพการประหยัดพลังงานของเทคโนโลยีระบบปรับอากาศที่มีในปัจจุบัน ได้คำนึงถึงความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ออกแบบเพื่อการปรับปรุงในโครงการวิจัยนี้ เนื่องจากอาคารที่จะปรับปรุงระบบปรับอากาศมีความต้องการขนาดการทำความเย็นไม่มากนัก จึงเหมาะสมกับเทคโนโลยีระบบปรับอากาศแบบ VRF ที่มีขนาดเครื่องเหมาะสมกับโหลดทำความเย็นของอาคารและมีประสิทธิภาพสูง เพราะเลือกใช้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์และพัดลมเป็นมอเตอร์กระแสตรง ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่ามอเตอร์ในระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนทั่วไป อีกทั้งอาคารที่จะปรับปรุงมีสภาวะการทำงานโหลดไม่เต็มพิกัด ระบบปรับอากาศแบบ VRF จึงมีความเหมาะสมมากที่สุดที่สภาวะการใช้งานแบบนี้ เนื่องจากมีอินเวอร์เตอร์ควบคุมรอบมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ให้ทำงานสอดคล้องในแต่ละสภาวะโหลดต่างๆ ได้อย่างเหมาะสมและประหยัดพลังงาน วงจรการทำงาน นอกจากเทคโนโลยีระบบปรับอากาศแบบ VRF แล้วในโครงการนี้ยังได้นำระบบปรับอากาศแบบ Solar Air ที่นำพลังงานทดแทน คือ แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานมาติดตั้งอีกด้วย ซึ่งมีชุด Solar Collector เป็นอุปกรณ์ร่วมอยู่ใน ระบบการทำงาน ช่วยสร้างแรงดันน้ำยาระบบต่อเนื่องจากคอมเพรสเซอร์ ช่วยให้คอมเพรสเซอร์ทำงานน้อยลง ระบบนี้จะทำงานได้ดีในสภาวะที่มีแสงแดดตลอดเวลา เพราะแสงแดดจะเป็นแหล่งพลังงานทดแทนลดภาระการทำงานของคอมเพรสเซอร์ วงจรการทำงานดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 เครื่องปรับอากาศ แบบ Solar Air Conditioning และวงจรการทำงาน

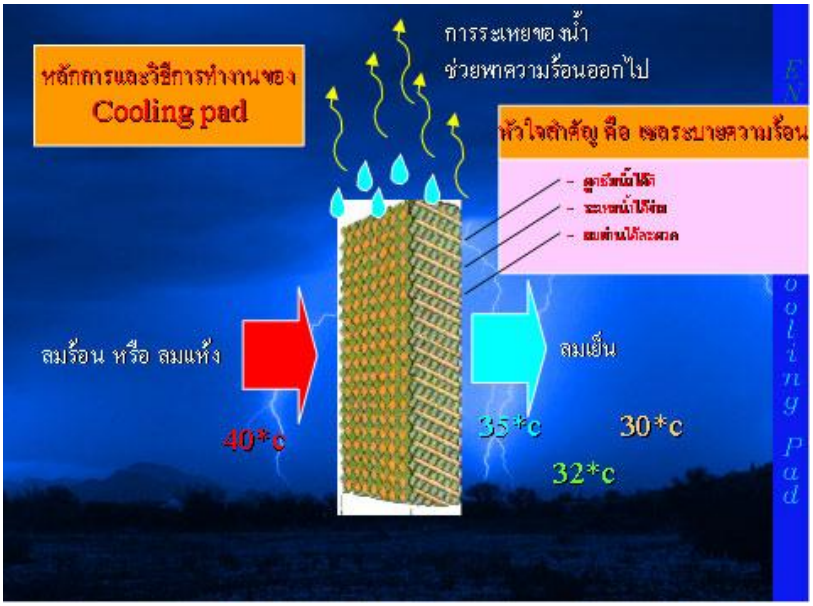
หลังการออกแบบปรับปรุงระบบปรับอากาศจากแบบแยกส่วนไปเป็นระบบปรับอากาศแบบ VRF และแบบ Solar Air Conditioning แล้ว การใช้พลังงานหลังการปรับปรุงลดลงจาก 1.09 กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น เหลือเพียง 0.57 กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น สอดคล้องตามกรอบการวิจัยโครงการที่ต้องมีค่าไม่สูงกว่า 0.6 กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น ทั้งนี้ค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานก่อนและหลังปรับปรุงเทียบกับกรอบการวิจัย ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้พลังงานก่อนและหลังปรับปรุงกับกรอบการวิจัย

	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	กรอบการวิจัย
ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน	1.09	0.57	≤ 0.6

3.5.1 รายละเอียดการออกแบบติดตั้งแผงรังผึ้งระบายความร้อน

ในที่นี้แผงรังผึ้งระบายความร้อนทำหน้าที่ระบายความร้อนให้กับคอนเดนซิ่งยูนิตของระบบปรับอากาศแบบ VRF การออกแบบเริ่มจากกำหนดจุดทำงานของระบบปรับอากาศแบบ VRF ที่ขนาดทำความเย็นประมาณ 18.75 ตัน พิจารณาที่จุดใช้งานเปอร์เซ็นต์โหลดเฉลี่ยประมาณ 43% และสภาวะอุณหภูมิอากาศเข้าระบายความร้อนชุดคอนเดนเซอร์ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าสภาวะปกติ เนื่องจากจะมีการปรับปรุงลดอุณหภูมิอากาศ โดยการติดตั้งอุปกรณ์แผงรังผึ้งระบายความร้อน (Cooling Pad) หลักการทำงานของแผงรังผึ้งระบายความร้อน ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 หลักการทำงานของแผงรังผึ้งระบายความร้อน

อุปกรณ์แผงรังผึ้งระบายความร้อน (Cooling Pad) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ ทำให้อุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ออกจากคอนเดนเซอร์ลดลง ส่งผลให้คอมเพรสเซอร์ใช้กำลังไฟฟ้าน้อยลง สำหรับน้ำที่ใช้เพื่อระบายความร้อนนั้น จะใช้ระบบน้ำหมุนเวียนเพื่อการประหยัดน้ำ โดยมีการออกแบบให้มีการกรองสิ่งสกปรก เพื่อป้องกันการอุดตัน และมีการป้องกันการเกิดตะกรันโดยการระบายน้ำทิ้งอัตโนมัติ เพื่อรักษาระดับความเข้มข้นของน้ำ การออกแบบติดตั้งแผงรังผึ้งระบายความร้อน (Cooling Pad) ถูกออกแบบให้อุณหภูมิอากาศก่อนเข้าระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ของระบบปรับอากาศแบบ VRF ไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส เพื่อให้ระบบปรับอากาศแบบ VRF ทำงานที่สภาวะประหยัดพลังงานสูงสุด (kW/Ton = 0.50)

ความคุ้มค่าการปรับปรุงในระบบปรับอากาศ

1) ระบบปรับอากาศแบบ VRFและแผงรังผึ้งระบายความร้อน

ทั้งอาคารเดิมและอาคารสร้างใหม่ ระบบปรับอากาศแบบ VRFและแผงรังผึ้งระบายความร้อน จะมีความคุ้มค่าในการลงทุนพอๆกัน โดยมีช่วงระยะการคืนทุนอยู่ระหว่าง 3–7 ปี ขึ้นอยู่สมรรถนะเครื่องปรับอากาศเดิม ระยะเวลาที่ใช้งาน และขนาดของการปรับปรุง

2) ระบบปรับอากาศแบบ Solar Air ทั้งอาคารเดิมและอาคารสร้างใหม่ ระบบปรับอากาศแบบ Solar Air ยังไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน

3.6 การออกแบบติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากรังสีอาทิตย์ (Solar cell)

การที่จะทำให้อาคารสามารถเป็น “อาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์” นั้นอาคารจะต้องมีการผลิตไฟฟ้าใช้ได้ด้วยตัวเอง ซึ่งระบบผลิตไฟฟ้าที่เหมาะสมจะนำมาใช้มากที่สุด คือ ระบบผลิตไฟฟ้าจากรังสีอาทิตย์ (Solar Cell) โดยสิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบ คือ ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์ และขนาดของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่จะนำมาติดตั้ง เพื่อผลิตไฟฟ้าและจ่ายให้กับอาคารใช้ได้เพียงพอที่จะทำให้อาคารมีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์

โครงการวิจัยนี้เลือกระบบผลิตไฟฟ้าจากรังสีอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (PV Grid Connected System) หลักการคือ ในช่วงเวลากลางวัน เซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงแดดสามารถผลิตไฟฟ้าจ่ายให้แก่โหลดได้โดยตรง โดยผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (Inverter) และหากมีพลังงานไฟฟ้าส่วนที่เกินจะถูกจ่ายเข้าระบบจำหน่ายไฟฟ้า ส่วนในช่วงกลางคืนเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ กระแสไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าจะจ่ายให้แก่โหลดโดยตรง

3.6.1 หลักการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าจากรังสีอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย

หลักการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าจากรังสีอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย คือ ในช่วงเวลากลางวันที่ค่าความเข้มแสงเพียงพอที่เซลล์แสงอาทิตย์จะผลิตพลังงานไฟฟ้าได้นั้น พลังงานที่ผลิตได้ในแต่ละโมดูล ที่ถูกนำมาต่ออนุกรมกันหรือที่เรียกว่าสตริง (String) จะส่งผ่านพลังงานออกมาในรูปของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC Voltage) ผ่าน DC Junction Box ซึ่งภายในประกอบด้วยอุปกรณ์ ดังนี้

1. DC Fuse จะทำหน้าที่ในการป้องการการลัดวงจรในแต่ละสตริง
2. DC Surge Protection จะทำหน้าที่ป้องกันแรงดันไฟฟ้ากระโชกทางด้าน DC
3. Blocking Diode จะทำหน้าที่เป็นตัวป้องกันกระแสไฟฟ้าไหลย้อนเข้าไปสู่ยังสตริง อาจเกิดขึ้นได้ในกรณีที่เกิดเงาบัง เซลล์แสงอาทิตย์จะทำตัวเปรียบเสมือนตัวต้านทาน ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านแทนการผลิตไฟฟ้า จาก DC Junction Box แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงก็จะถูกแปลงกลับมาให้อยู่ในรูปของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Voltage) โดยอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (Inverter) เพื่อจ่ายให้กับภาระโหลดทางไฟฟ้าต่างๆ เช่น หลอดไฟฟ้า เครื่องปรับอากาศ หรือคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

ในช่วงเวลากลางวันที่เซลล์แสงอาทิตย์ทำการผลิตพลังงานไฟฟ้า ภาระโหลดต่าง ๆ ก็จะรับค่าพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ ตามปริมาณที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตพลังงานไฟฟ้าออกมาได้ ในส่วนที่เหลือหากภาระโหลดยังมีความต้องการเกินกำลังการผลิตของเซลล์แสงอาทิตย์ ก็จะดึงพลังงานไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า (Grid) มาใช้ และเช่นเดียวกันหากเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เกินจากความต้องการของภาระโหลด ค่าพลังงานก็จะไหลย้อนกลับขึ้นไปยังระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าด้วย

3.6.2 การออกแบบเลือกขนาดอุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้าจากรังสีอาทิตย์

การออกแบบเลือกขนาดอุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้าจากรังสีอาทิตย์ มีขั้นตอนการออกแบบดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดขนาดกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่จะติดตั้ง ต้องทำการหาค่าพลังงานสูงสุดที่ต้องการใช้งานก่อน โดยการคำนวณจากโหลดกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ทุก ๆ ชนิดรวมกัน เพื่อนำค่าที่ได้ไปใช้ในการหาค่าอื่นๆ ต่อไป เช่น อินเวอร์เตอร์ ตลอดจนขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากการดำเนินการปรับปรุงระบบต่าง ๆ ได้แก่ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ และเปลี่ยนไปใช้คอมพิวเตอร์แบบโน้ตบุ๊กแล้ว ทำให้การใช้พลังงานของอาคารสำนักงานกองสื่อสารองค์กรลดลงจาก 35,988 เหลือ 21,921 หน่วยต่อปี หรือลดลง 39 เปอร์เซ็นต์ รายละเอียดดังตารางที่ 3.6

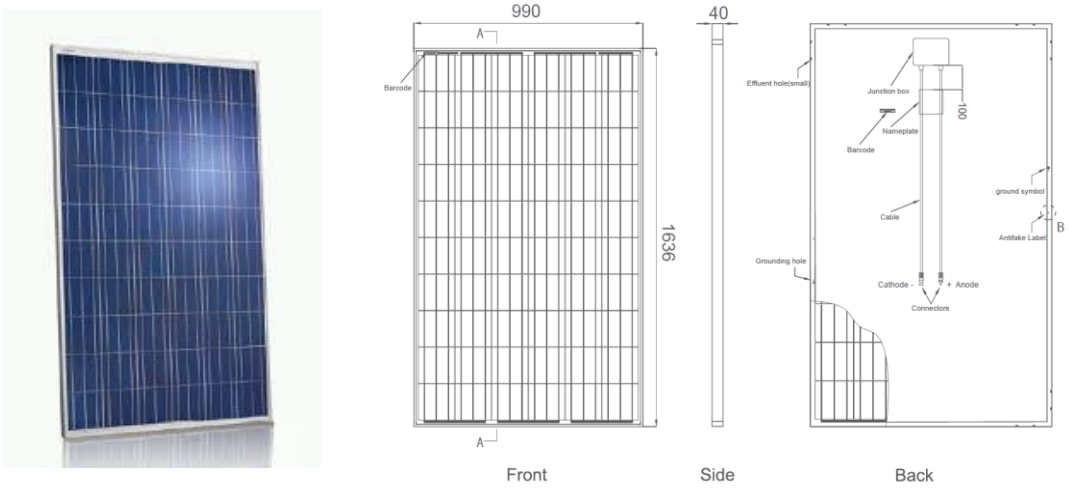
ตารางที่ 3.6 เปรียบเทียบพลังงานที่ใช้ก่อนและหลังปรับปรุงอาคาร

อุปกรณ์	พลังงานที่ใช้ก่อนปรับปรุง (หน่วยต่อปี)	พลังงานที่ใช้หลังปรับปรุง (หน่วยต่อปี)	การใช้พลังงานลดลง (หน่วยต่อปี)
ไฟฟ้าแสงสว่าง	5,786.60	3,896.52	-1,890.08
ปรับอากาศ	19,584.07	12,397.26	-7,186.81
คอมพิวเตอร์	6,501.10	1,511.11	-4989.99
อุปกรณ์สำนักงาน	1,798.25	1,798.25	0
อื่น ๆ	2,317.56	2,317.56	0
รวมทั้งหมด	**35,987.58**	**21,920.70**	**-14,066.99**

ดังนั้นจึงต้องออกแบบติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากรังสีอาทิตย์ที่มีขนาดเพียงพอในการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อจ่ายให้โหลดต่าง ๆ ภายในอาคารได้ไม่น้อยกว่า 21,921 หน่วยต่อปี

ขั้นตอนที่ 2 การเลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ จากผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากรังสีอาทิตย์นั้น แผงเซลล์แสงอาทิตย์ประเภท Crystalline มีความเหมาะสมในการนำมาใช้ในโครงการวิจัยนี้ เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูง และใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อยกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทอื่นๆ ที่นิยมใช้ในเชิงพาณิชย์ เนื่องจากอาคารที่ทำการปรับปรุงมีพื้นที่หลังคาอาคารจำกัด และไม่ต้องการพึ่งพาพื้นที่อื่น ๆ ข้างเคียงนอกเหนือตัวอาคารเองและด้วยข้อจำกัดนี้ ทำให้ต้องเลือกชนิดของแผงที่มีประสิทธิภาพสูง ในที่นี้จึงเลือกใช้แผง PV module Jinko Solar Poly c-si ซึ่งมีกำลังการผลิตไฟฟ้า 260 วัตต์พีคต่อแผง ประสิทธิภาพ 16.05% ลักษณะและคุณสมบัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เลือกใช้ดังรูปที่ 3.7 อาคารสำนักงานกองสื่อสารองค์กรมีพื้นที่หลังคาประมาณ 200 ตารางเมตร วัสดุมุงหลังคาทำจากเมทัลชีท จากรูปที่ 3-7 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละแผงมีขนาด 1.62 ตารางเมตร และเสียพื้นที่หลังคาบางส่วนเพื่อติดตั้งอุปกรณ์ช่องนำแสงธรรมชาติ จึงเหลือพื้นที่

ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ทั้งหมด 78 แผง ซึ่งสามารถผลิตไฟฟ้าจากรังสีอาทิตย์ได้สูงสุดประมาณ 20 กิโลวัตต์พีค หลังจากนั้นนำค่ากิโลวัตต์พีคที่ได้ไปกำหนดขนาดอินเวอร์เตอร์ และจำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งไปประเมินการผลิตพลังงานด้วยการใช้โปรแกรม Simulation ในขั้นตอนที่ 4 ต่อไป



รูปที่ 3.7 ลักษณะและคุณสมบัติแผงโซล่าเซลล์แบบ Polycrystalline

<u>ขั้นตอนที่ 3</u> การเลือกขนาดอินเวอร์เตอร์ (Inverter) กระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current, DC) ดังนั้นในการนำพลังงานไฟฟ้าที่ได้ไปใช้งานกับโหลดที่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current, AC) จึงจำเป็นต้องแปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับก่อน โดยการใช้อุปกรณ์อินเวอร์เตอร์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ อาคารที่ปรับปรุงติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์มีกำลังไฟฟ้ารวม 20 กิโลวัตต์ จึงเลือกใช้อินเวอร์เตอร์เอาท์พุทขนาด 20 กิโลวัตต์ สำหรับระบบแบบ Grid connected 380 โวลต์ 3 เฟส โดยลักษณะและคุณสมบัติของอินเวอร์เตอร์ ดังรูปที่ 3.8

SPECIFICATIONS

Module Type	JKMS240P		JKMS245P		JKMS250P		JKMS255P		JKMS260P	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	240Wp	176Wp	245Wp	179Wp	250Wp	183Wp	255Wp	187Wp	260Wp	191Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	30.0V	27.3V	30.2V	27.5V	30.4V	27.7V	30.6V	27.9V	30.7V	28.0V
Maximum Power Current (Imp)	8.01A	6.45A	8.12A	6.51A	8.23A	6.61A	8.34A	6.70A	8.47A	6.82A
Open-circuit Voltage (Voc)	37.2V	34.1V	37.4V	34.3V	37.6V	34.5V	37.7V	34.6V	37.8V	34.7V
Short-circuit Current (Isc)	8.56A	6.89A	8.69A	7.01A	8.81A	7.10A	8.95A	7.21A	9.11A	7.34A
Module Efficiency STC (%)	14.82%		15.13%		15.44%		15.74%		16.05%	
Operating Temperature(℃)	-40℃~+85℃									
Maximum System Voltage	1000VDC (IEC)									
Maximum Series Fuse Rating	15A									
Power Tolerance	±3% / 0~+3% (Based on customer requirements and contract terms)									
Temperature Coefficients of Pmax	-0.43%/℃									
Temperature Coefficients of Voc	-0.32%/℃									
Temperature Coefficients of Isc	0.06%/℃									
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2℃									

STC: Irradiance 1000W/m² Module Temperature 25°C AM=1.5

NOCT: Irradiance 800W/m² Module Temperature 20°C AM=1.5 Wind Speed 1m/s

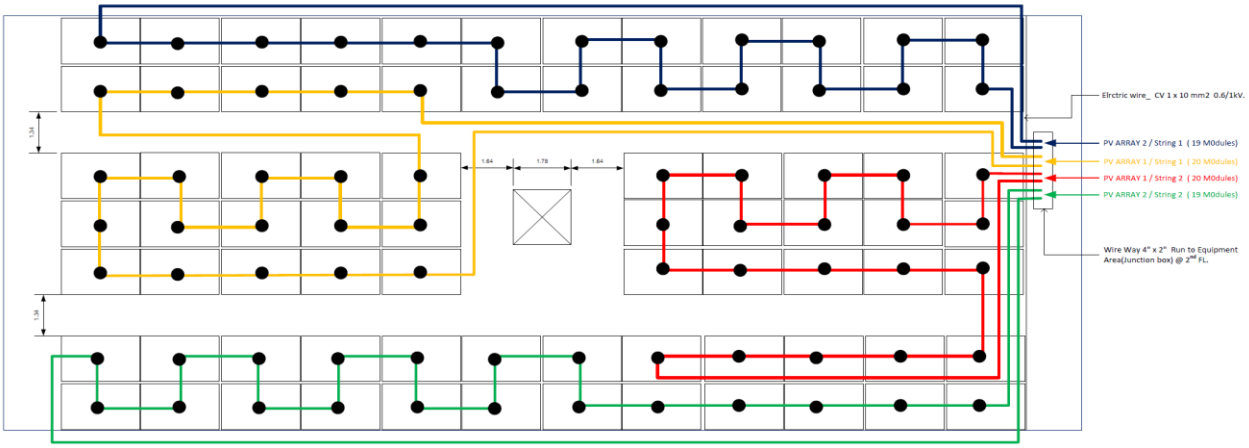
Conext™ TL

Device short name	TL 15000 E	TL 20000 E
Electrical specifications		
Input (DC)		
Photovoltaic power	14 - 19 kW	18 - 25 kW
Input voltage range, MPPT	350 - 800 V	350 - 800 V
Number of MPPT	2	2
Max. input voltage, open circuit	1000 V	1000 V
Max. input current	23 A x 2	30 A x 2
Nominal input power for max. output	17 kW	22 kW
Output (AC)		
Nominal output power	15 kVA	20 kVA
Output voltage	230 / 400 V, three-phase (N + PE)	230 / 400 V, three-phase (N + PE)
Frequency	50 Hz	50 Hz
Frequency range	50 +/- 3 Hz	50 +/- 3 Hz
Nominal output current	22 A	29 A
Harmonic distortion	< 3 %	< 3 %
Power Factor	0.85 leading to 0.85 lagging	0.85 leading to 0.85 lagging
Efficiency		
Peak	98.05%	98.05 %
European	97.3 %	97.5 %
General specifications		
Power consumption, night time	< 2 W	< 2 W
IP degree of protection	IP65 (electronics), IP55 (balance)	IP65 (electronics), IP55 (balance)
Enclosure material	Aluminium	Aluminium
Product weight	67.2 kg (148.2 lb)	67.2 kg (148.2 lb)
Shipping weight	122 kg (269 lb)	122 kg (269 lb)
Product dimensions (H x W x D)	96 x 61.2 x 27.2 cm (37.8 x 24.1 x 10.7 in)	96 x 61.2 x 27.8 cm (37.8 x 24.1 x 10.9 in)
Shipping dimensions (H x W x D)	115 x 79 x 48 cm (45.3 x 31.1 x 18.9 in)	115 x 79 x 48 cm (45.3 x 31.1 x 18.9 in)
Ambient air temperature for operation	-20 to 60°C (-4°F to 140°F)**	-20 to 60°C (-4°F to 140°F)**
Operating altitude	Up to 2000 m	Up to 2000 m
Relative humidity	5 - 95 % (non condensing)	5 - 95 % (non condensing)
Noise emission	< 55 dBA	< 55 dBA
Part number	PVSNVC15000	PVSNVC20000

รูปที่ 3.8 ลักษณะและคุณสมบัติของอินเวอร์เตอร์

จากการ Simulation ต้องออกแบบติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทั้งหมด 78 แผง โดยนำแต่ละแผงมาต่ออนุกรมกันและจัดกลุ่มเป็น 4 สตริง เพื่อควบคุมกระแสไฟฟ้าให้สอดคล้องตามคุณสมบัติอินเวอร์เตอร์และให้ได้กำลังไฟฟ้ารวม 20 กิโลวัตต์พีค โดยแบบแสดงการติดตั้งจัดเรียงแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังรูปที่ 3-9 แบบการเดินสายไฟฟ้าแต่ละสตริงแบบวงจรไฟฟ้า (Single Line Diagram) แสดงการจัดวางและการต่อเชื่อมของอุปกรณ์ต่างในระบบผลิตไฟฟ้า และไดอะแกรมระบบผลิตไฟฟ้าจากรังสีอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า

PV MODULES WIRING & PV MOULES SET



รูปที่ 3.9 แบบแสดงการเดินสายไฟฟ้าแต่ละสตริง

ความคุ้มค่าการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากรังสีอาทิตย์ (Solar cell)

1) กรณีอาคารเดิม

- การปรับปรุงกรณีอาคารเดิมอาจจะต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเรื่องการปรับปรุงโครงสร้างหลังคาเดิม ทำให้มีระยะการคืนทุนนาน 10 ปีขึ้นไป ขึ้นอยู่เงื่อนไขการใช้งานเช่น เป็นระบบGrid Connected หรือ Off Grid และขนาดของการปรับปรุง

2) กรณีอาคารสร้างใหม่

- การปรุงปรุงในกรณีอาคารสร้างใหม่นั้น สามารถทำได้โดยง่ายและมีความคุ้มค่าในการลงทุนมากกว่าปรับปรุงในอาคารเดิม ช่วยลดค่าปรับปรุงโครงสร้างโดยจะมีระยะการคืนทุนนาน 8 ปีขึ้นไป ขึ้นอยู่เงื่อนไขการใช้งานเช่น เป็นระบบGrid Connected หรือ Off Grid และขนาดของการปรับปรุง

อย่างไรก็ตาม กรณีอาคารสร้างใหม่ หากมีการปรับปรุงระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง และระบบอื่นๆ เพื่อลดการใช้พลังงานให้ได้มากที่สุด จะทำให้ขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้าและขนาดสายไฟฟ้าในระบบทั้งอาคารมีขนาดที่เล็กลง ยิ่งเป็นอาคารขนาดใหญ่จะเห็นค่าที่ลดลงได้ชัดเจนมาก ช่วยลดค่าก่อสร้างในส่วนนี้ได้มาก ซึ่งยังไม่นำมาประกอบคิดคำนวณการคืนทุน ดังนั้นกรณีออกแบบสร้างอาคารใหม่ ควรจะต้องนำข้อมูลการประหยัดพลังงานทั้งหมดที่เกี่ยวข้องมาประกอบการวิเคราะห์ไปพร้อมๆกัน

ขอขอบคุณ

1. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)
2. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน (สนพ.)
3. มหาวิทยาลัยขอนแก่น
4. ศูนย์บริการวิชาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
5. ศูนย์วิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยขอนแก่น (AERD)

กลุ่มบริษัทพันธมิตร

1. บริษัท โกลด์มาร์กเทค จำกัด
2. บริษัท เพาเวอร์เรด จำกัด
3. บริษัท วินกูลฟิลม์ จำกัด
4. บริษัท เอ็นโซล จำกัด
5. บริษัท โซลาร์ตรอน จำกัด (มหาชน)
6. บริษัท ไลท์ติ้ง แอนด์ อีควิปเมนท์ จำกัด (มหาชน)
7. บจก. แอดวานซ์ เอ็กซเซนจ์ เทคโนโลยี

คณะผู้จัดทำ

รองศาสตราจารย์ธนากร วงศ์วัฒนาเสถียร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์เด่นพงษ์ สุดภักดี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชำนาญ บุญญาพุทธิพงศ์

นางสาวนันนิภา ประสันลักษณ์

นางสาวดุษฎีรัตน์ ชุมชาตรี

โครงการ การถ่ายทอดความรู้อาคารต้นแบบพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

จัดทำโดย

ศูนย์วิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
ตั้งที่ 123 ถนนมิตรภาพ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002
โทรศัพท์ 08-0461-4416 E-mail : aerd.kku2552@gmail.com