การศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานในอาคารประเภทสถานศึกษา ด้วยโปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์

The Study of Energy Saving in a School Building by Using a Computer Simulation Program

ทสพล เขตเจนการ* พงษ์ศิริ จรุยนนท์ วิชุดา เมตตานันท พงษ์นรินทร์ ชมชื่น และ ภาณุวัตร เกษรทอง
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร อ.เมือง จ.นครปฐม 73000
โทร 0-3425-9025 โทรสาร 0-3421-9367 *อีเมล thosapon@su.ac.th

Thosapon Katejanekarn*, Pongsiri Jaruyanon, Vichuda Mettanant, Pongnarin Chomchuen, and Panuwat Kesornthong
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University,
Mueng, Nakhonpathom 73000, Thailand, Tel: 0-3425-9025, Fax: 0-3421-9367, *E-mail: thosapon@su.ac.th

บทคัดย่อ

ในการประเมินการใช้พลังงานตลอดจนผลประหยัดที่จะเกิดขึ้นจากการใช้มาตรการประหยัดพลังงานต่าง ๆ ของอาคาร มักนิยมใช้ข้อมูลตัวแทนที่เป็นค่าเฉลี่ย ค่าตรวจวัด หรือค่าที่สภาวะออกแบบเพียงค่าเดียวทำการคำนวณปริมาณการใช้พลังงานและผลประหยัดตลอดทั้งปี การใช้โปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยจะทำให้ผลการคำนวณที่ได้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารสถานศึกษาซึ่งมีตารางเวลาการใช้งานที่ไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากสามารถป้อนข้อมูลของอาคารได้ละเอียดกว่ามากและใช้ข้อมูลอากาศตลอดทั้งปีในการคำนวณ บทความนี้นำเสนอการนำโปรแกรม "EnergyPlus" มาใช้ในการประเมินปริมาณการใช้พลังงานและผลประหยัดที่จะได้จากมาตรการต่าง ๆ ของอาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ซึ่งเป็นอาคาร 9 ชั้น พื้นที่รวม 27,776 ตารางเมตร เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานที่ได้จากแบบจำลอง 742,919 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี กับผลการตรวจวัดการใช้พลังงานจริง 727,716 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปีแล้วพบว่า มีค่าแตกต่างกันเพียงร้อยละ 2.09 เท่านั้น แบบจำลองที่ได้ได้นำไปใช้ประเมินหาผลประหยัดที่จะได้หากดำเนินมาตรการต่าง ๆ โดยเน้นไปที่มาตรการที่ไม่ต้องลงทุนหรือมาตรการที่ลงทุนไม่มากนักเพื่อให้เหมาะสมกับสถานศึกษา ผลลัพธ์จากการใช้โปรแกรมจำลองพบว่ามาตรการที่ไม่ต้องใช้เงินลงทุนที่น่าสนใจ ได้แก่ การใช้มู่ลี่ร่วมกับการเพิ่มอุณหภูมิควบคุมของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งลดการใช้พลังงานลงได้ร้อยละ 20.57 ส่วนมาตรการที่ต้องใช้เงินลงทุนที่น่าสนใจ ได้แก่ การใช้สองมาตรการที่แล้วร่วมกับการใช้บัลลาสต์อิเล็คทรอนิคส์ ซึ่งลดการใช้พลังงานลงได้ร้อยละ 24.35 โดยมีระยะเวลาคืนทุน 1.32 ปี

Abstract

Assessment of annual energy use and annual savings from energy conservation measures of a building is mostly performed by using a single set of typical values at a design condition. The use of a computer simulation program would provide more precise results, especially school buildings of which the operating schedules are not uniform, since much more details and annual weather data are input. This paper presents the use of the "EnergyPlus" software to investigate the energy use and energy savings of the Faculty of Engineering and Industrial Technology building at Silpakorn University (9 stories, 27,776 m^2.) The difference between the energy consumption calculated by the software model (742,919 kWh/y) and that from the actual energy audit (727,716 kWh/y) was found to be only 2.09%. The created model was used to estimate the energy savings from the selected measures emphasizing on non-investment and low-investment ones suitable for the limited budgets. The simulation results show that the interesting non-investment measure is the combination of using internal blinds and increasing thermostat setpoint which reduces the energy consumption by 20.57%. The interesting low-investment measure is the combination of the mentioned two measures and the use of electronic ballasts which reduces the energy use by 24.35% with 1.32 years payback period.

1. บทนำ

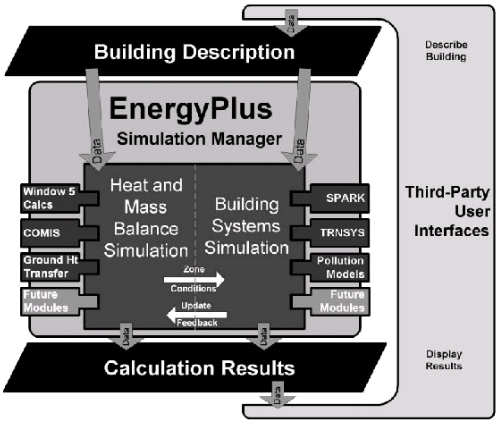
โดยทั่วไป การประเมินการใช้พลังงานและผลประหยัดที่จะเกิดขึ้นจากการดำเนินมาตรการประหยัดพลังงานของอาคาร มักนิยมใช้ข้อมูลตัวแทนที่เป็นค่าเฉลี่ย ค่าตรวจวัด หรือค่าที่สภาวะออกแบบเพียงค่าเดียวทำการคำนวณปริมาณการใช้พลังงานและผลประหยัดตลอดทั้งปี ซึ่งก็แม่นยำพอประมาณ แต่หากนำโปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์มาใช้ จะทำให้ได้ผลการคำนวณที่แม่นยำและใกล้เคียงความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารสถานศึกษาซึ่งมีตารางเวลาการใช้งานที่ไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากต้องป้อนข้อมูลที่มีรายละเอียดมากกว่าและใช้ข้อมูลสภาพอากาศตลอดทั้งปีในการคำนวณ

อาคารสถานศึกษาเป็นอาคารประเภทที่ทำนายการใช้พลังงานให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงได้ยาก เพราะเป็นอาคารที่มีตารางเวลาการใช้งานค่อนข้างหลากหลาย แตกต่างกันไปในแต่ละวัน ต่างจากอาคารประเภทสำนักงาน ศูนย์การค้า หรืออาคารประเภทอื่นๆ ที่มีลักษณะการใช้งานที่เป็นรูปแบบไม่หลากหลายนัก เช่น อาจมีลักษณะการใช้งานที่แตกต่างกันระหว่างวันธรรมดาและวันหยุดราชการเท่านั้น หากต้องการคำนวณภาระการทำความเย็นเพื่อออกแบบระบบปรับอากาศ ประเมินหาปริมาณการใช้พลังงาน หรือประเมินผลประหยัดจากการดำเนินมาตรการประหยัดพลังงานสำหรับอาคารสถานศึกษา โดยใช้ค่าตัวแทนและสภาพอากาศที่สภาวะออกแบบเพียงค่าเดียว อาจทำให้ผลการคำนวณไม่แม่นยำ การนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จำลองการใช้พลังงานในอาคารอย่างเช่นโปรแกรม EnergyPlus มาใช้ จะช่วยให้การคำนวณแม่นยำขึ้น เนื่องจากต้องป้อนข้อมูลต่างๆ ของอาคาร เช่น คุณสมบัติของวัสดุ, พิกัดและโครงสร้าง, ตารางการใช้งาน, ข้อมูลของผู้ใช้อาคาร แสงสว่าง และอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานในแต่ละห้อง, ระบบปรับอากาศ, อัตราค่าไฟฟ้าและพลังงาน ฯลฯ อย่างละเอียด นอกจากนี้ข้อมูลสภาพอากาศที่ใช้ก็จะเป็นสภาพอากาศรายชั่วโมงตลอดทั้งปีแทนที่จะใช้สภาวะออกแบบเพียงสภาวะเดียว

บทความนี้นำเสนอการใช้โปรแกรม EnergyPlus รุ่น 1.3.0.018 ทำการประเมินปริมาณการใช้พลังงานและผลประหยัดที่จะเกิดขึ้นหากมีการดำเนินมาตรการประหยัดพลังงาน สำหรับอาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ซึ่งตั้งอยู่ที่วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ จังหวัดนครปฐม โดยปริมาณการใช้พลังงานของอาคารที่เป็นผลการคำนวณจากโปรแกรมจะนำไปเปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดจริง [1] และบันทึกการใช้พลังงานจริงของอาคาร ส่วนมาตรการประหยัดพลังงานที่จะทดลองประเมินจะเน้นมาตรการที่ไม่ต้องลงทุนหรือลงทุนไม่มากนัก เพื่อให้เหมาะสมกับงบประมาณของสถานศึกษา และจะคำนึงว่าเป็นมาตรการที่ดำเนินการได้ไม่ยากนักและเป็นไปได้จริงในทางปฏิบัติ

2. โปรแกรม EnergyPlus

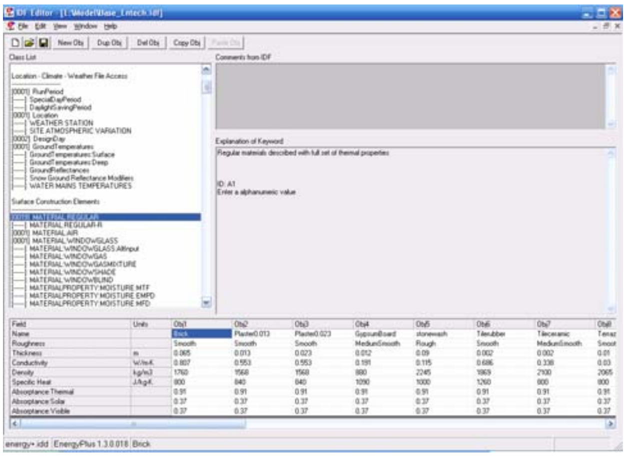
โปรแกรม EnergyPlus เป็นโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคารที่พัฒนาขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2539 โดยกระทรวงพลังงาน ประเทศสหรัฐอเมริกา (U.S. Department of Energy) ร่วมกับหน่วยงานต่างๆ อีกหลายหน่วยงาน [2] โปรแกรมนี้พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ทดแทนโปรแกรม DOE-2 ของกระทรวงพลังงานที่ใช้มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2503 และโปรแกรม BLAST ของกระทรวงกลาโหม (U.S. Department of Defense) ที่ใช้มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2513 โปรแกรมทั้งสองได้รับการปรับปรุงเพิ่มเติมขีดความสามารถเรื่อยมา แต่ก็ทำให้โปรแกรมนั้นซับซ้อนขึ้นตามไปด้วย ผู้ใช้จึงต้องศึกษาและมีความชำนาญจริงจึงจะใช้งานได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ กระทรวงพลังงานของประเทศสหรัฐฯ จึงได้คิดที่จะพัฒนาโปรแกรม EnergyPlus นี้ขึ้นโดยรวมเอาข้อดีของโปรแกรมต้นแบบทั้งสองเข้าด้วยกัน ทำให้เป็นโปรแกรมเชิงวัตถุมากขึ้น โปรแกรมย่อยต่างๆ มีความเป็นอิสระต่อกันมากขึ้น (Modularity) และจะเรียกใช้งานเฉพาะโปรแกรมย่อยที่ต้องการเท่านั้น ทำให้โปรแกรมทำงานได้เร็วขึ้น ไม่สิ้นเปลืองทรัพยากร และสามารถพัฒนาต่อไปได้สะดวกขึ้น นอกจากนี้แล้ว โปรแกรมนี้ยังอนุญาตให้บุคคลทั่วไปนำไปใช้งานได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใดๆ อีกทั้งโปรแกรมยังจะมีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องโดยจะมีการออกรุ่นใหม่ทุก 6 เดือน



รูปที่ 1 ภาพรวมการทำงานของโปรแกรม EnergyPlus [2]

ส่วนประกอบหลักของโปรแกรม EnergyPlus แบ่งออกได้เป็น 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนควบคุมหลัก (Simulation Manager) ส่วนการคำนวณภาระการปรับอากาศ (Heat and Mass Balance Simulation) ส่วนการคำนวณระบบปรับอากาศ (Building Systems Simulation) และข้อมูลสภาพอากาศ (Weather Data) ภาพรวมของการทำงานของโปรแกรมแสดงอยู่ในรูปที่ 1 โดยเริ่มต้น ผู้ใช้จะต้องป้อนข้อมูลของอาคาร (Building Description) เช่น พิกัด วัสดุ ตารางการใช้งาน ฯลฯ โดยตัวอย่างหน้าจอที่ใช้ป้อนข้อมูลแสดงอยู่ในรูปที่ 2 ข้อมูลส่วนหนึ่งจะถูกส่งไปยังส่วนการคำนวณภาระการปรับอากาศเพื่อคำนวณความร้อนที่เข้าสู่อาคาร (Heat Gain) และภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ข้อมูลอีกส่วนหนึ่งจะถูกส่งไปยังส่วนการคำนวณระบบปรับอากาศ ซึ่งสามารถกำหนดรูปแบบของระบบปรับอากาศได้อย่างอิสระ ต่างจากโปรแกรม DOE-2 และ BLAST ที่มีรูปแบบให้เลือกตายตัว จากนั้นส่วนควบคุมหลักจะทำการเชื่อมโยงรับส่งข้อมูลไปมาระหว่างทั้งสองส่วนในระหว่างการคำนวณคล้ายลักษณะของการคำนวณแบบวนรอบ (Iteration) แทนที่จะเป็นการส่งข้อมูลจากส่วนการคำนวณภาระการปรับอากาศไปยังส่วนการคำนวณระบบปรับอากาศในทิศทางเดียวเหมือนในโปรแกรมต้นแบบ ทำให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น ในส่วนของข้อมูลสภาพอากาศจะถูกดึงมาใช้ในระหว่างการ

คำนวณ เมื่อสิ้นสุดการคำนวณทั้งหมดก็จะได้ผลลัพธ์ที่ต้องการออกมา เช่น ปริมาณการใช้พลังงานของแต่ละพื้นที่และทั้งอาคาร สภาวะของอากาศภายในแต่ละพื้นที่ ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของอาคาร ฯลฯ



รูปที่ 2 ตัวอย่างหน้าจอสำหรับป้อนข้อมูลของโปรแกรม EnergyPlus

ในการคำนวณปริมาณการใช้พลังงานของอาคาร จุดแตกต่างที่เห็นได้ชัดเจนระหว่างการคำนวณด้วยมือที่ใช้สภาวะออกแบบเพียงสภาวะเดียว กับการคำนวณด้วยโปรแกรมจำลองก็คือ การคำนวณพลังงานที่ใช้ในระบบปรับอากาศ ในขณะที่พลังงานที่ใช้ในระบบอื่น เช่น แสงสว่างหรืออุปกรณ์ จะไม่แตกต่างกันมากนัก ในการคำนวณด้วยมือเพื่อหาความร้อนที่เข้าสู่อาคาร ภาระการทำความเย็น และพลังงานที่ใช้ของระบบปรับอากาศ มักจะใช้การสมมติให้เป็นสภาวะคงตัว (Steady-state Condition) ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว ค่าต่างๆ เหล่านี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะแวดล้อมซึ่งแปรเปลี่ยนตามเวลา (Transient Condition) ส่วนในการใช้โปรแกรม EnergyPlus จากการที่ผู้ใช้สามารถป้อนข้อมูลของวัสดุและโครงสร้างของอาคารที่ซับซ้อนกว่าได้ กำหนดลักษณะการใช้งานอาคารที่ละเอียดซับซ้อนขึ้นได้ และใช้ข้อมูลอากาศที่ละเอียดเป็นรายชั่วโมงตลอดทั้งปี รวมทั้ง โปรแกรมยังนำการคำนวณด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (Numerical Methods) เข้ามาช่วย จึงทำให้โปรแกรมสามารถคำนวณค่าต่างๆ ดังกล่าวได้ใกล้เคียงกับลักษณะของการแปรเปลี่ยนตามเวลาได้มากกว่า

อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการคำนวณภาระการปรับอากาศ ในการคำนวณด้วยมือ ภาระการทำความเย็นจะมีค่าเท่ากับความร้อนที่เข้าสู่อาคาร เนื่องจากการสมมติให้เป็นสภาวะคงตัวและไม่คำนึงถึงผลของการสะสมความร้อนในเนื้อมวลสารของอาคาร แต่ในการใช้โปรแกรมจะคำนึงถึงผลในส่วนนี้ด้วย โดยจะแปลงค่าความร้อนที่เข้าสู่อาคารให้เป็นภาระการทำความเย็นด้วยวิธีการทำสมดุลความร้อน (Heat Balance Method) หรือวิธีฟังก์ชั่นการถ่ายโอนความร้อน (Conduction Transfer Function Method, CTF) [3] ส่งผลให้ภาระการทำความเย็นในแต่ละชั่วโมงไม่เท่ากับความร้อนที่เข้าสู่อาคาร ณ ชั่วโมงนั้นๆ ซึ่งตรงกับสภาพความเป็นจริงมากกว่า ปริมาณการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศต่อเนื่องไปถึงปริมาณการใช้พลังงานของทั้งอาคารที่คำนวณได้จากโปรแกรมจึงใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากกว่าการคำนวณด้วยมือ

นอกจากนี้ การใช้โปรแกรม EnergyPlus ยังคำนึงถึงการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างบริเวณหรือโซนที่อยู่ติดกัน รวมไปถึงการปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบที่ใช้พลังงานที่มีผลต่อกันและกันอีกด้วย ตัวอย่างเช่น การปิดไฟฟ้าแสงสว่าง นอกจากจะลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของระบบแสงสว่างโดยตรงแล้ว ยังลดความร้อนที่หลอดไฟปล่อยเข้าสู่บริเวณพื้นที่ปรับอากาศ ทำให้พลังงานที่ใช้ของเครื่องปรับอากาศลดลงอีกต่อหนึ่งด้วย ซึ่งการคำนวณด้วยมือจะทำให้ครอบคลุมพฤติกรรมเหล่านี้ได้ลำบาก

3. วิธีดำเนินการ

การประเมินการใช้พลังงานและผลประหยัดจากการดำเนินมาตรการประหยัดพลังงานในงานนี้ใช้โปรแกรม EnergyPlus รุ่น 1.3.0.018 ในการวิเคราะห์ อาคารสถานศึกษาที่ใช้เป็นกรณีศึกษาได้แก่ อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ซึ่งตั้งอยู่ที่วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ จังหวัดนครปฐม อาคารแห่งนี้มี 9 ชั้น พื้นที่รวม 27,776 m^2 ใช้เป็นทั้งพื้นที่สำหรับการเรียนการสอน พื้นที่สำนักงาน และบางส่วนใช้เป็นห้องปฏิบัติการ รูปแบบพลังงานที่ใช้คือพลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว

ในการสร้างแบบจำลองของอาคารจะต้องเตรียมข้อมูลหลายส่วน อาทิเช่น ข้อมูลทางด้านพิกัดและโครงสร้างของอาคาร, คุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุ [4, 5], รายละเอียดเกี่ยวกับคนที่ใช้งาน ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง อุปกรณ์สำนักงาน อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ และระบบปรับอากาศ ตลอดจนตารางเวลาการใช้งาน ฯลฯ ทั้งนี้ ข้อมูลโดยสังเขปของอาคารแสดงอยู่ในตารางที่ 1 ซึ่งสรุปมาจากข้อมูลโดยละเอียดที่ได้จากแบบแปลนของอาคารและการสำรวจการใช้พลังงานของอาคาร [6]

เมื่อได้ข้อมูลเหล่านี้มาแล้ว ก็ทำการแบ่งอาคารออกเป็นพื้นที่หรือโซนต่างๆ โดยพิจารณาจากความคล้ายคลึงกันในแง่ของประเภทการใช้งาน ช่วงเวลาการใช้งาน การปรับอากาศ การอยู่ติดกันหรือไม่ติดกันของพื้นที่ ฯลฯ จากนั้นก็ทำการป้อนข้อมูลของอาคารเข้าไปในโปรแกรม แบบจำลองของอาคารกรณีศึกษาที่ได้จากโปรแกรมมีลักษณะดังแสดงไว้ในรูปที่ 4

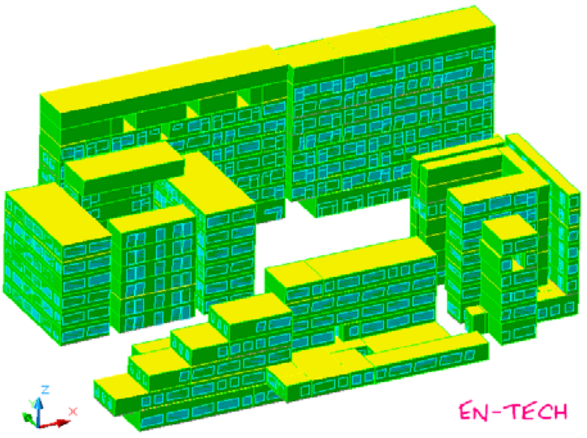
โปรแกรมจะทำการคำนวณโดยใช้ข้อมูลของอาคาร ร่วมกับข้อมูลสภาพอากาศ ซึ่งในที่นี้ใช้ข้อมูล TMY2 ของกรุงเทพฯ [7] แทน เนื่องจากข้อมูลสภาพอากาศของจังหวัดนครปฐมที่มีอยู่นั้นยังไม่ครบถ้วนสมบูรณ์

ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรมจะเป็นปริมาณการใช้พลังงานของแบบจำลองของอาคาร ซึ่งจะนำไปเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้พลังงานจริงของอาคารที่ได้จากบันทึกการใช้พลังงานและรายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์พลังงาน แบบจำลองของอาคารจะถูกปรับแต่ง (Calibrate) จนกระทั่งปริมาณการใช้พลังงานที่คำนวณได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริง แบบจำลองของอาคารที่ได้ในขั้นตอนนี้จะถือว่าเป็นแบบจำลองกรณีฐานของอาคาร (Base Case Model) ซึ่งจะนำไปใช้ในการสำรวจผลประหยัดจากการดำเนินมาตรการประหยัดพลังงานต่อไป

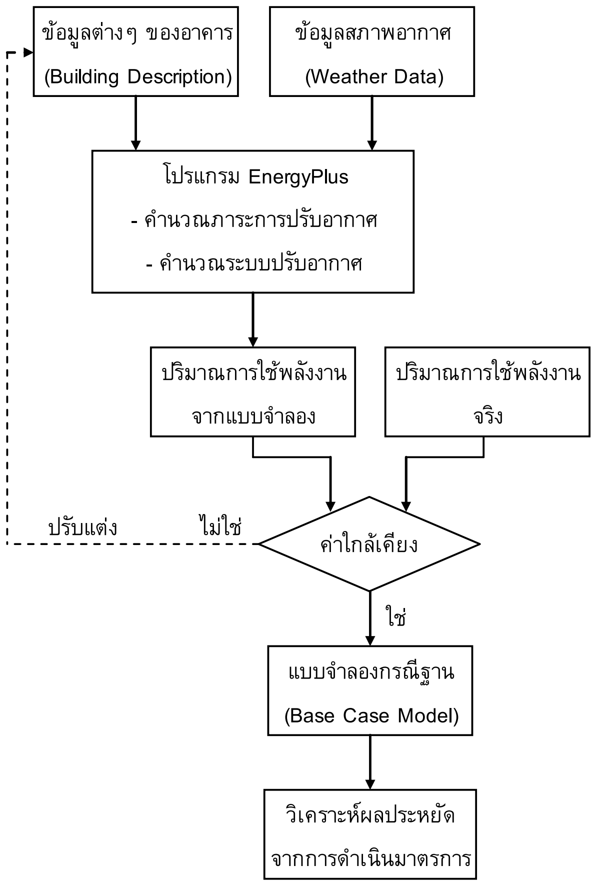
ภาพรวมของขั้นตอนการดำเนินงานที่กล่าวมาทั้งหมดแสดงไว้ในรูปที่ 5

ตารางที่ 1 ข้อมูลโดยสังเขปของอาคารฯ

ชื่ออาคาร	อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
สถานที่ตั้ง	มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ อ.เมือง จ.นครปฐม ละติจูด 13.82°N ลองกิจูด 100.05°E
จำนวนชั้น	9 ชั้น
พื้นที่ - ปรับอากาศ - ไม่ปรับอากาศ - ทางเดิน - รวม	10,656 m^2 8,338 m^2 8,782 m^2 27,776 m^2
วัสดุ - ประเภท - จำนวน	อิฐ ปูนฉาบ คอนกรีต กระจก ฯลฯ 12 ชนิด
โครงสร้าง - ประเภท - จำนวน	กำแพง พื้น เพดาน หลังคา / หน้าต่าง ประตู 1,038 / 1,766 ชิ้น
โซน - จำนวน - เวลาใช้งาน	156 โซน 7 ชั่วโมง/วัน, 250 วัน/ปี (เฉลี่ย)
คน - จำนวน	1,984 คน
แสงสว่าง - หลอด - บัลลาสต์ - โคม - กำลังรวม	ฟลูออเรสเซนต์ 36W (ส่วนใหญ่) แกนเหล็ก สูญเสีย 10 W/ตัว (ส่วนใหญ่) 2 หลอด/โคม พื้นขาว (ส่วนใหญ่) 120,802 kW
อุปกรณ์ - ประเภท - กำลังรวม	อุปกรณ์สำนักงาน อุปกรณ์ปฏิบัติการ 389,214 kW
ระบบปรับอากาศ - ประเภท - จำนวน - ขนาดรวม - กำลังรวม	 แยกส่วน (Split Type) 368 เครื่อง 536 ตันความเย็น 213,545 kW
ประเภทพลังงาน	พลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 4 แบบจำลองของอาคารฯ จากโปรแกรม EnergyPlus



รูปที่ 5 ภาพรวมของขั้นตอนการดำเนินงาน

มาตรการประหยัดพลังงานที่นำมาพิจารณา ประกอบด้วย มาตรการที่ไม่ต้องลงทุน และมาตรการที่ต้องการเงินลงทุนต่ำ ซึ่งมาตรการเหล่านี้ได้มีการคำนึงถึงด้วยว่าเป็นมาตรการที่ดำเนินการได้ไม่ยากนักและเป็นไปได้จริงในทางปฏิบัติ เพื่อให้เหมาะสมกับข้อจำกัดและงบประมาณของสถานศึกษา มาตรการที่นำมาพิจารณา ได้แก่

<u>มาตรการที่ 1</u> ปิดเครื่องปรับอากาศในสำนักงานและห้องพักอาจารย์ระหว่างช่วงพักกลางวัน 1 ชั่วโมง

<u>มาตรการที่ 2</u> ปรับอุณหภูมิควบคุมของเครื่องปรับอากาศขึ้น 1°C จากปัจจุบันที่ส่วนใหญ่ตั้งไว้ที่ 23 ถึง 25°C

<u>มาตรการที่ 3</u> เปลี่ยนโคมไฟจากแบบธรรมดาเป็นแบบสะท้อนแสงประสิทธิภาพสูง ซึ่งจะทำให้สามารถลดจำนวนหลอดไฟจาก 2 หลอด/โคม ลงเหลือ 1 หลอด/โคมได้ โดยที่ความสว่างลดลงไม่เกิน 10%

<u>มาตรการที่ 4</u> เปลี่ยนบัลลาสต์จากแบบแกนเหล็กธรรมดาซึ่งมีการสูญเสียกำลังไฟฟ้าสุทธิประมาณ 10 W ต่อตัว เป็นแบบอิเล็กทรอนิคส์ซึ่งไม่มีการสูญเสียกำลังไฟฟ้าสุทธิ

<u>มาตรการที่ 5</u> ใช้งานมู่ลี่ป้องกันแสงแดดซึ่งมีติดตั้งอยู่แล้วเกือบทุกพื้นที่ปรับอากาศ แต่ยังใช้งานจริงอยู่เพียงเล็กน้อย ส่วนพื้นที่ปรับอากาศที่ยังไม่มีการติดตั้งมู่ลี่ จะสมมติให้มีการใช้กระดาษทึบแสงมาปิดบังแสงแดดแทน

มาตรการที่ 1, 2 และ 5 ถือว่าเป็นมาตรการที่ไม่ต้องลงทุน ส่วนมาตรการที่ 3 และ 4 เป็นมาตรการที่ต้องลงทุนซึ่งจะพิจารณาความคุ้มค่าในการลงทุนด้วยโดยจะพิจารณาจากระยะเวลาคืนทุนเป็นหลัก

นอกจากการพิจารณาผลประหยัดที่จะเกิดขึ้นจากการดำเนินมาตรการทีละมาตรการแล้ว ยังได้ทำการพิจารณาผลประหยัดจากการดำเนินมาตรการหลายมาตรการพร้อมกันด้วย ดังนี้

มาตรการที่ 6 ได้แก่ มาตรการที่ 2 ร่วมกับ 5

มาตรการที่ 7 ได้แก่ มาตรการที่ 2 ร่วมกับ 5 และ 1

มาตรการที่ 8 ได้แก่ มาตรการที่ 2 ร่วมกับ 5 และ 3

มาตรการที่ 9 ได้แก่ มาตรการที่ 2 ร่วมกับ 5 และ 4

มาตรการที่ 10 ได้แก่ มาตรการที่ 2 ร่วมกับ 5, 3 และ 4

มาตรการที่ 11 ได้แก่ มาตรการที่ 1 ถึง 5 ร่วมกัน

ทั้งนี้ การพิจารณาผลประหยัดที่จะเกิดขึ้นจากการดำเนินหลายมาตรการพร้อมกัน เป็นการอาศัยข้อได้เปรียบของการใช้โปรแกรม EnergyPlus ที่มีเหนือกว่าการคำนวณด้วยมือดังที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้นในแง่ของการวิเคราะห์ผลกระทบจากระบบต่างๆ ที่มีปฏิสัมพันธ์ต่อกันและกัน ทำให้ผลประหยัดที่จะได้จากการดำเนินหลายมาตรการพร้อมกันไม่เท่ากับผลประหยัดรวมจากการดำเนินทีละมาตรการ ยกตัวอย่างเช่น ในมาตรการที่ 9 ผลประหยัดที่ได้จะไม่เท่ากับผลประหยัดที่ได้จากมาตรการที่ 2, 4 และ 5 รวมกันโดยตรง เพราะการใช้บัลลาสต์อิเล็คทรอนิคส์ในมาตรการที่ 4 นอกจากจะประหยัดพลังงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างแล้ว ยังประหยัดพลังงานของระบบปรับอากาศอีกต่อหนึ่งด้วย เนื่องจากความร้อนจากบัลลาสต์ที่จะกลายเป็นภาระการทำความเย็นนั้นหายไป

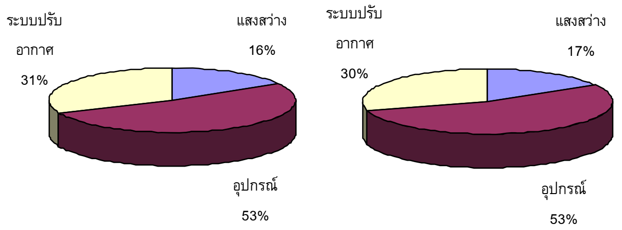
4. ผลลัพธ์และการอภิปราย

ผลลัพธ์ในส่วนแรกเป็นการเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานที่คำนวณได้จากแบบจำลองของโปรแกรม EnergyPlus กับปริมาณการใช้พลังงานจริงของอาคาร

จากตารางที่ 2 และรูปที่ 6 จะเห็นได้ว่าพลังงานที่ใช้ในระบบไฟฟ้าแสงสว่างและอุปกรณ์ระหว่างแบบจำลองและค่าจริงนั้นแทบจะไม่แตกต่างกันเลย คือ มีค่าแตกต่างกันเพียง 0.32% และ 0.85% ตามลำดับเท่านั้น มีเพียงพลังงานที่ใช้ในระบบปรับอากาศที่แตกต่างกัน 8.80% ซึ่งก็ยังถือว่าไม่มาก สาเหตุสำคัญของความแตกต่างที่เกิดขึ้นเกิดจากการใช้ข้อมูลสภาพอากาศ TMY2 ของกรุงเทพฯ แทนข้อมูลสภาพอากาศจริงของจังหวัดนครปฐม สาเหตุอื่นอาจเกิดจากความผิดพลาดในการตรวจวัด และการประมาณค่าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในบางพื้นที่ที่ไม่ได้รับอนุญาตให้เข้าไปทำการสำรวจ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาในภาพรวมแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้ก็เป็นที่น่าพอใจ เนื่องจากปริมาณการใช้พลังงานรวมของอาคารที่ได้จากแบบจำลอง 742,919 kWh/ปี แตกต่างจากค่าจริง 727,716 kWh/ปี เพียง 2.09% เท่านั้น ดังนั้น แบบจำลองของอาคารที่ได้นี้จึงสามารถนำไปใช้เป็นแบบจำลองกรณีฐานสำหรับการวิเคราะห์ผลประหยัดจากการดำเนินมาตรการประหยัดพลังงานในขั้นต่อไปได้อย่างมั่นใจ

ตารางที่ 2 ปริมาณการใช้พลังงานของอาคารฯ ที่ได้จากแบบจำลองเปรียบเทียบกับข้อมูลจริง (kWh/ปี)

	แบบจำลอง	ค่าจริง	% แตกต่าง
แสงสว่าง	121,791	122,186	0.32
อุปกรณ์	387,289	390,599	0.85
ระบบปรับอากาศ	233,839	214,931	8.80
รวม	742,919	727,716	2.09



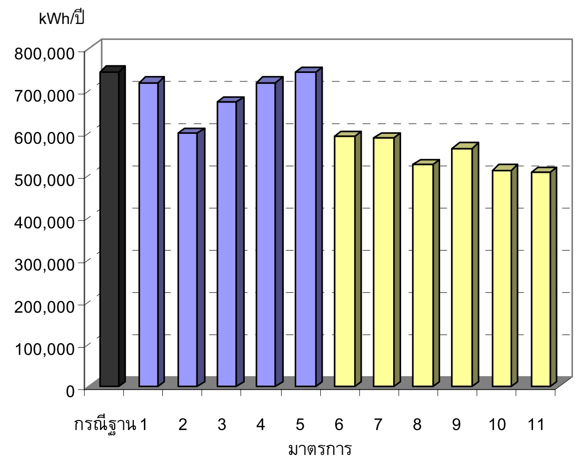
(ก) แบบจำลอง (ข) ค่าจริง

รูปที่ 6 สัดส่วนการใช้พลังงานในอาคารฯ

ผลลัพธ์ในส่วนที่สองเป็นการวิเคราะห์ผลประหยัดที่จะเกิดขึ้นจากการดำเนินมาตรการประหยัดพลังงานต่างๆ ตามที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่แล้วด้วยโปรแกรม EnergyPlus โดยอาศัยแบบจำลองกรณีฐาน ผลลัพธ์ที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 7 และตารางที่ 3

หากแยกพิจารณามาตรการออกเป็นมาตรการที่ไม่ต้องลงทุนและมาตรการที่ต้องลงทุน จะได้ว่า มาตรการที่ไม่ต้องลงทุน ได้แก่ มาตรการที่ 1, 2, 5, 6 และ 7 ส่วนมาตรการที่ต้องลงทุน ได้แก่ มาตรการที่ 3, 4, 8, 9, 10 และ 11 โดยในการวิเคราะห์ผลประหยัดและความคุ้มค่าในการลงทุนจะทำบนสมมติฐานที่ว่า ค่าไฟฟ้าราคา 3.14 บาท/kWh ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนโคมไฟสะท้อนแสงตามมาตรการที่ 3 เท่ากับ 1,193 บาทต่อโคม และค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนบัลลาสต์อิเล็คทรอนิคส์ตามมาตรการที่ 4 เท่ากับ 234 บาทต่อตัว

มาตรการที่ไม่ต้องลงทุนที่ประหยัดพลังงานได้มากที่สุด พบว่าได้แก่ มาตรการที่ 7 ซึ่งประกอบด้วยการเพิ่มอุณหภูมิควบคุมของเครื่องปรับอากาศขึ้น 1°C การใช้มู่ลี่ป้องกันแสงแดด และการปิดเครื่องปรับอากาศช่วงพักกลางวัน 1 ชั่วโมง แต่เมื่อพิจารณาความเป็นจริงในทางปฏิบัติแล้ว การปิดเครื่องปรับอากาศช่วงพักกลางวัน 1 ชั่วโมงอาจสร้างความรู้สึกไม่สบายให้แก่คนที่อยู่ในห้องได้ เนื่องจากยังอาจมีการใช้งานพื้นที่สำนักงานของสถานศึกษาและห้องพักอาจารย์ในช่วงพักกลางวัน ซึ่งไม่เหมือนกับอาคารสำนักงานทั่วไปที่คนส่วนใหญ่จะไม่อยู่ในสำนักงานในช่วงเวลาดังกล่าว ดังนั้น มาตรการที่ 6 ซึ่งตัดการปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงพักกลางวันออกไปจึงเป็นมาตรการที่สมควรนำไปปฏิบัติจริงมากกว่า โดยมาตรการที่ 6 นี้สามารถประหยัดพลังงานได้ 152,816 kWh/ปี หรือ 20.57% ของพลังงานที่ใช้ในกรณีฐาน คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 479,842 บาท/ปี ซึ่งแตกต่างจากมาตรการที่ 7 เพียงไม่ถึง 1% เท่านั้น



รูปที่ 7 ปริมาณการใช้พลังงานเมื่อดำเนินมาตรการประหยัดพลังงานเทียบกับกรณีฐาน (kWh/ปี)

ตารางที่ 3 ผลประหยัดจากการดำเนินมาตรการประหยัดพลังงาน

ลำดับ	พลังงานที่ประหยัด		เงินที่ประหยัด	เงินลงทุน	ระยะเวลาคืนทุน
	(kWh/ปี)	%	(บาท/ปี)	(บาท)	(ปี)
1	25,232	3.40	79,228	-	-
2	145,864	19.63	458,013	-	-
3	71,061	9.57	223,132	1,903,708	8.53
4	26,092	3.51	81,929	747,981	9.13
5	1,915	0.26	6,013	-	-
6	152,816	20.57	479,842	-	-
7	157,655	21.22	495,037	-	-
8	218,768	29.45	686,932	1,903,708	2.77
9	180,875	24.35	567,948	747,981	1.32
10	232,700	31.32	730,678	2,277,699	3.12
11	237,050	31.91	744,337	2,277,699	3.06

มาตรการที่ต้องลงทุนที่ประหยัดพลังงานได้มากที่สุด พบว่าได้แก่มาตรการที่ 11 ซึ่งเป็นการดำเนินมาตรการที่ 1 ถึง 5 พร้อมกันทั้งหมด แต่หากพิจารณาองค์ประกอบทั้งหมด ทั้งผลประหยัด เงินลงทุน และระยะเวลาคืนทุนแล้ว พบว่า มาตรการที่ 9 ซึ่งประกอบด้วยการเพิ่มอุณหภูมิควบคุมของเครื่องปรับอากาศขึ้น 1°C การใช้มู่ลี่ป้องกันแสงแดด และการใช้บัลลาสต์อิเล็คทรอนิคส์ เป็นมาตรการที่น่าสนใจที่สุด เพราะลงทุนน้อยและมีระยะเวลาคืนทุนสั้นที่สุด โดยมาตรการนี้สามารถประหยัดพลังงานได้ 180,875 kWh/ปี หรือ 24.35% ของพลังงานที่ใช้ในกรณีฐาน คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 567,948 บาท/ปี ใช้เงินลงทุน 747,981 บาท และมีระยะเวลาคืนทุน 1.32 ปี

อย่างไรก็ตาม หากมีงบประมาณเพียงพอ มาตรการลงทุนตั้งแต่มาตรการที่ 8 จนถึงมาตรการที่ 11 ก็น่าสนใจทั้งหมด เนื่องจากระยะเวลาคืนทุนสูงสุดประมาณ 3 ปีเท่านั้น

ข้อสังเกตประการหนึ่งที่ได้จากการวิเคราะห์มาตรการประหยัดพลังงานต่างๆ ก็คือ มาตรการที่ต้องใช้เงินลงทุนอย่างเช่นมาตรการที่ 3 และ 4 ถ้าต้องดำเนินการเพียงมาตรการเดียวจะไม่น่าสนใจ เพราะมีระยะเวลาคืนทุนนานถึงกว่า 9 ปี มาตรการที่ต้องลงทุนเหล่านี้ควรจะต้องดำเนินการร่วมกับมาตรการที่ไม่ต้องลงทุนจึงจะคุ้มค่า

สิ่งหนึ่งที่ควรจะศึกษาต่อไปหากในอนาคตได้มีการดำเนินมาตรการประหยัดพลังงานเหล่านี้จริงก็คือ ควรที่จะมีการตรวจสอบผลประหยัดจริงที่เกิดขึ้น เปรียบเทียบกับผลประหยัดที่วิเคราะห์ได้จากการใช้แบบจำลอง เพื่อพิสูจน์ถึงประสิทธิภาพของการใช้โปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์สำหรับงานในลักษณะนี้

5. สรุป

การใช้โปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคาร EnergyPlus ร่วมกับข้อมูลสภาพอากาศรายชั่วโมงตลอดทั้งปี สามารถนำมาใช้ในการทำนายปริมาณการใช้พลังงานของอาคารได้อย่างแม่นยำเป็นที่น่าพอใจ ทำให้สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ผลประหยัดและความคุ้มค่าในการลงทุนจากการดำเนินมาตรการประหยัดพลังงานต่างๆ ของอาคารได้อย่างมั่นใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาคารสถานศึกษาซึ่งมีลักษณะการใช้งานที่ไม่เป็นรูปแบบคงที่แน่นอนในแต่ละวันเหมือนอาคารประเภทอื่นๆ ทำให้ไม่เหมาะกับการคำนวณด้วยมือซึ่งมักจะอาศัยค่าตัวแทนที่สภาวะออกแบบเพียงสภาวะเดียว

เอกสารอ้างอิง

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, 2548. รายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์พลังงานในอาคารเรียน. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.

[2] Crawley , D. B., Lawrie, L. K., Winkelmann, F. C., Buhl, W. F., Huang, Y. J., Pedersen, C. O., Strand, R. K., Liesen, R. J., Fisher, D. E., Witte, M. J., and Glazer, J., 2001. EnergyPlus: Creating a New-generation Building Energy Simulation Program. Energy and Buildings, Vol. 33, No. 4, pp. 319-331.

[3] U.S. Department of Energy, 2006. EnergyPlus Engineering Reference. U.S. Department of Energy, Washington D.C., USA.

[4] คณะพลังงานและวัสดุ, 2541. คู่มือวัสดุก่อสร้าง. คณะพลังงานและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

[5] ASHRAE, 2001. 2001 ASHRAE Handbook – Fundamentals. American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, USA.

[6] พงษ์นรินทร์ ชมชื่น และ ภาณุวัตร เกษรทอง, 2550. การศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานในอาคารประเภทสถานศึกษาด้วยโปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์. ปริญญานิพนธ์, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.

[7] NREL, 1995. User's Manual for TMY2s. National Renewable Energy Laboratory, Colorado, USA.