ETM-89

มาตรการอนุรักษ์พลังงานในอาคารผู้โดยสารท่าอากาศยานเชียงใหม่

Energy Conservation Measures in the Passenger Terminal Building at Chiang Mai International Airport

วิชุดา เมตตานันท[1*], ชยวีย์ ปรากฏ[1]และอิสเรศ ไวยเนตตา[1]

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยศิลปากรอ.เมืองจ.นครปฐม 73000
*ติดต่อ: E-mail: vichuda@su.ac.th, Tel.: +66-3425-9025, fax: +66-3421-9367

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษามาตรการอนุรักษ์พลังงานเพื่อใช้กับอาคารผู้โดยสารท่าอากาศยานเชียงใหม่โดยคำนวณผลการประหยัดพลังงานค่าใช้จ่ายในการลงทุนและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เพื่อใช้ในการตัดสินใจลงทุนมาตรการอนุรักษ์พลังงานอาคารผู้โดยสารท่าอากาศยานเชียงใหม่เป็นอาคาร 2 ชั้นมีพื้นที่ใช้สอยทั้งหมด 39,157.50 ตารางเมตรแบ่งเป็นพื้นที่ปรับอากาศ 36,975.64 ตารางเมตรและพื้นที่ไม่ปรับอากาศ 2,181.86 ตารางเมตรทั้งนี้การจำลองการใช้พลังงานภายในอาคารผู้โดยสารนั้นใช้โปรแกรมEnergyPlus ในการประเมินผลการใช้พลังงานและใช้เครื่องมือทางด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อคำนวณค่าความคุ้มทุนได้แก่มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV), อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR), ระยะเวลาคืนทุน (PB) และค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (LCC) โดยมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่ได้เลือกมาใช้มีทั้งหมด 3 มาตรการคือมาตรการติดตั้งหลอดไฟประหยัดพลังงานLED มาตรการติดตั้งอุปกรณ์สเปรย์ละอองน้ำและการรวมมาตรการทั้งสองเข้าด้วยกันจากผลการศึกษาพบว่าเมื่อทำการติดตั้งมาตรการทั้งหมดเข้าด้วยกันในด้านการประหยัดพลังงานนั้นจะสามารถลดการใช้พลังงานได้ 25.20 % ของการใช้พลังงานภายในอาคารผู้โดยสารส่วนในด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์นั้นพบว่ามีอัตราผลตอบแทน (IRR) สูงสุดที่ 96.71 % มีค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (LCC) ต่ำที่สุดเท่ากับ256.54ล้านบาทมีระยะเวลาในการคืนทุนน้อยที่สุดคือ15เดือน

คำหลัก: มาตรการอนุรักษ์พลังงาน; ความคุ้มค่าในการลงทุน; สนามบิน; EnergyPlus

Abstract

This research aims to study energy conservation measures in the passenger terminal building of the Chiang Mai international airport in terms of energy saving, costs, and economic analysis. The building is a 2-storey building with total floor areas of 39,157.05 m^2 which include of 36,975.64 m^2 air-conditioned areas and 2,181.86 m^2 nonair-conditioned areas. This research uses EnergyPlus program to simulate the energy consumption of the building. The net present value (NPV), internal rate of return (IRR), pay back (PB) period and life cycle cost (LCC) were used to examine for investment worthiness of the energy saving measures. There are three energy efficient measures investigated including replacement of lighting fixtures from fluorescent lamp to LED lamp, installation of water mist pre-cooling on the chiller and the combination of the two measures. By using the combination measure, in energy efficient perspective, the

results showed that the highest energy saving of 25.20% can be achieved. In economic perspective, the combination measure provides the highest IRR (96.71%), the lowest LCC (256.54million Baht) and the shortest Payback Period (15 months).

***Keywords**:* Energy conservation measures; Investment worthiness; Airport; EnergyPlus.

1. บทนำ

ในปัจจุบัน มีการใช้พลังงานภายในภาคอาคารมากถึง 30 % ของการใช้พลังงานทั่วโลก [1,2]ในประเทศไทย เป็นประเทศหนึ่งที่กำลังพัฒนาและมีความต้องการใช้พลังงานมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมากกว่า53% ของการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในประเทศ มาจากการใช้พลังงานในอาคารเชิงพาณิชย์และอาคารอยู่อาศัย [3]

สนามบิน ถือเป็นอาคารประเภทหนึ่งที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามาก เนื่องจากสนามบินหลักๆ จะถูกใช้งานตลอด 24ชั่วโมง และมีพื้นที่การใช้งานที่กว้างขวาง ท่าอากาศยานเชียงใหม่ซึ่งเป็น 1 ใน 5 ของท่าอากาศยานนานาชาติที่ดำเนินงานโดยบริษัทท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน) มีเที่ยวบินเข้าออกหนาแน่น และเป็นศูนย์กลางทางการบินของภาคเหนือโดยมีสถิติการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 15.5GWh/ปี ในช่วงปี พ.ศ.2550-2555[4]ซึ่งในช่วงตั้งแต่ปี 2552 ถึงปี 2555มีใช้พลังงานเพิ่มขึ้นจากเดิมถึง 3,000MWh/ปี หรือคิดเป็นค่าไฟฟ้า 10.5 ล้านบาท (คิดที่อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย3.5บาทต่อหน่วย) โดยที่มีแนวโน้มการใช้พลังงานที่สูงขึ้นในทุกๆ ปี

ในปัจจุบันการใช้มาตรการอนุรักษ์พลังงานในสนามบินได้ถูกศึกษาอย่างแพร่หลาย ตัวอย่างเช่นในประเทศกรีซ ได้มีการศึกษาและประเมินการใช้มาตรการประหยัดพลังงานกับสนามบิน 3แห่ง ซึ่งผลการประเมินพบว่าการใช้มาตรการลดจำนวนหลอดไฟลงของสนามบินทั้ง 3 แห่งส่งผลให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากเดิมได้อยู่ในช่วง2.4% ถึง9.6% [5]นอกจากนี้ที่สนามบิน Malpensaในประเทศอิตาลีได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อน-ความเย็นร่วม(Trigeneration) หรือที่เรียกว่า ระบบ Combine Cooling, Heating and Power: CCHP ซึ่งจากการศึกษาพบว่าสามารถลดการนำเข้าของพลังงานคิดเป็นมูลค่ากว่า 8 ล้านยูโร (ประมาณ 360 ล้านบาท)[6]จากงานวิจัยดังกล่าวในการวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาสำหรับประเทศไทยโดยพิจารณาความคุ้มค่าในการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานภายในอาคารผู้โดยสารของท่าอากาศยานเชียงใหม่ ซึ่งได้พิจารณาทั้งในด้านการประหยัดพลังงานและในด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจใช้มาตรการอนุรักษ์พลังงานภายในท่าอากาศยานเชียงใหม่ต่อไป

2. ลักษณะโดยทั่วไปของอาคารผู้โดยสารท่าอากาศยานเชียงใหม่

ท่าอากาศยานเชียงใหม่ (Chiang Mai International Airport) ซึ่งแสดงในรูปที่1ตั้งอยู่ทางตะวันตกเฉียงใต้ห่างจากตัวเมืองเชียงใหม่ 4 กิโลเมตร

รูปที่1 อาคารผู้โดยสารท่าอากาศยานเชียงใหม่

ท่าอากาศยานเชียงใหม่ตั้งอยู่ในตำบลสุเทพ อำเภอเมืองเชียงใหม่จังหวัดเชียงใหม่โดยมีสถานที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ที่ 18.76 N 98.96 E และมีกำหนดเวลาการให้บริการตั้งแต่เวลา 06.00 น. ถึงเวลา 24.00 น. การใช้พลังงานส่วนใหญ่ของสนามบินมาจากระบบปรับอากาศชนิดรวมศูนย์ซึ่งมีสัดส่วนเท่ากับ 70.58% ของการใช้พลังงานทั้งหมด รองลงมาเป็นการใช้พลังงานจากอุปกรณ์สำนักงานและสิ่งอำนวยความ

สะดวกที่14.64% ระบบแสงสว่างที่11.67% และระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนที่3.11%ตามลำดับ [4]

2.1 ตารางการใช้งานและข้อมูลของอาคาร

อาคารอาคารผู้โดยสารท่าอากาศยานเชียงใหม่เป็นอาคาร 2 ชั้น ซึ่งเป็นอาคารที่ใช้พลังงานหลักของท่าอากาศยานเชียงใหม่ และเป็นอาคารเดียวที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์มีการใช้งานในช่วงเวลา04.00 - 24.00 น. โดยชั่วโมงการทำงานและสัดส่วนการใช้งานของระบบปรับอากาศระบบแสงสว่างและอุปกรณ์ไฟฟ้า และสำนักงานต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์การใช้พลังงานได้แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เวลาการใช้งานของระบบต่างๆ

ระบบ/อุปกรณ์	เวลาการใช้งาน
ระบบปรับอากาศ	00.00-04.00 น. (ทำงาน 0.00%) 04.00-08.00 น. (ทำงาน 57.00%) 08.00 – 24.00 น. (ทำงาน 100.00%)
ระบบแสงสว่าง	04.00 - 24.00 น. (ทำงาน 100.00%)
อุปกรณ์ไฟฟ้าและสำนักงาน	01.00-03.00 น. (ทำงาน 43.33%) 04.00-24.00 น. (ทำงาน 100.00%)

ในตารางที่ 2แสดงข้อมูลโดยทั่วไปของอาคารโดยข้อมูลวัสดุก่อสร้างระบบแสงสว่างระบบปรับอากาศได้จากข้อมูลที่แสดงในแบบก่อสร้าง แบบสถาปัตย์ แบบไฟฟ้า และแบบปรับอากาศของอาคาร ประกอบกับข้อมูลที่ได้จากการสอบถามเจ้าหน้าที่ประจำอาคาร ส่วนข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่างๆนั้นได้จากการสำรวจอาคาร

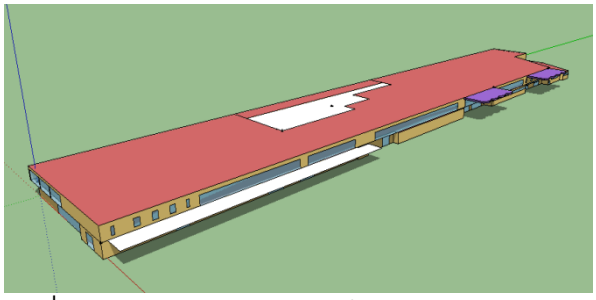
ตารางที่ 2 ข้อมูลทั่วไปและวัสดุของอาคาร

ลักษณะ	รายละเอียด
ที่ตั้ง	ตำบลสุเทพอำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 18.76949 N 98.965316 E
ความสูงอาคาร	9.6 m
พื้นที่	- พื้นที่ปรับอากาศ 36,975.64 m^2 - พื้นที่ไม่ปรับอากาศ 2,181.86 m^2
ผนังอาคาร	คอนกรีตมวลเบา75 mm ฉาบปูน 10 mmทั้ง 2 ด้าน
พื้นอาคาร	คอนกรีตหนา100 mmคอนกรีตมวลเบาหนา100 mmกระเบื้องดูดซับเสียง 19 mm
หลังคา	แผ่นพื้นเหล็กหนา 1.5 mm, แผ่นกันร้ัวซึมหนา 9.5 mm ฉนวนหลังคาหนา 210 mm
กระจก	กระจกสีน้ำตาลใส6 mm, กระจกสองชั้น (กระจกใส 4 mmช่องว่างอากาศ 13 mm, กระจกใส 4 mm)กระจกสองชั้น (กระจกเทมเปอร์ 6 mmช่องว่างอากาศ 15 mmกระจกลามิเนต 6 mm)พื้นที่กระจกต่อผนัง 33.6%
ผู้ใช้งาน	เฉลี่ย 1,000 คน/ชั่วโมง
ระบบปรับอากาศ	- เป็นระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ใช้เครื่องส่งลมเย็น (AHU) ชนิด VAV - เครื่องทำน้ำเย็น (Chillers) ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ โดยแบ่งเป็น - ฝั่งผู้โดยสารภายในประเทศ ยี่ห้อ York จำนวน 4 เครื่อง ขนาดทำความเย็นเครื่องละ 182 ตัน อัตราการไหลของน้ำเย็นที่ 0.0303m^3/h ค่า COP เท่ากับ 2.57และ

	- ฝั่งผู้โดยสารภายนอกประเทศ ยี่ห้อ Carrier จำนวน 2 เครื่องขนาดทำความเย็นเครื่องละ 206.8 ตัน อัตราการไหลของน้ำเย็นที่ 0.0220 m^3/h ค่า COP เท่ากับ 2.57
ระบบแสงสว่าง	ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ 7.98 W/m^2
อุปกรณ์อื่นๆ	4.80 W/m^2

3.การจำลองการใช้พลังงานในอาคาร

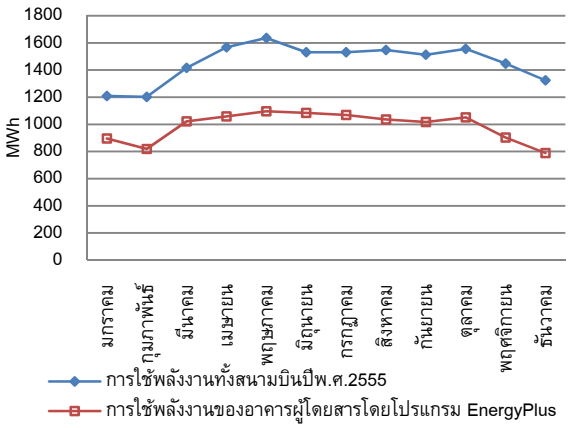
ในการจำลองการใช้พลังงานของอาคารผู้โดยสารท่าอากาศยานเชียงใหม่ ได้ใช้EnergyPlus[7]เป็นโปรแกรมในการวิเคราะห์ซึ่งได้ทำการแบ่งพื้นที่ภายในอาคารผู้โดยสารออกเป็น 3 บริเวณคือ 1)บริเวณห้องสำนักงานของบริษัทสายการบินต่างๆที่ชั้น1 ซึ่งมีระบบปรับอากาศชนิดแยกส่วน 2)บริเวณพื้นที่ส่วนที่เหลือของชั้น1 และ 3)บริเวณพื้นที่ชั้น2ซึ่งแบบจำลองของอาคารผู้โดยสารที่ใช้ในการวิเคราะห์โดยโปรแกรม EnergyPlus นั้นได้แสดงดังในรูปที่2



รูปที่ 2 แบบจำลองของอาคารผู้โดยสารท่าอากาศยานเชียงใหม่

จากข้อมูลการใช้พลังงานรวมของทั้งสนามบินในปี พ.ศ. 2555 ซึ่งประกอบด้วยอาคารทั้งหมด21 อาคาร พบว่ามีการใช้พลังงานเท่ากับ 17,480,160 kWh [4] ซึ่งผลจากแบบจำลองโดยใช้โปรแกรมEnergyPlusได้ค่าการใช้พลังงานเฉพาะส่วนอาคารผู้โดยสารเท่ากับ 13,072,287 kWhหรือคิดเป็น74.78% และมีแนวโน้มการใช้พลังงานของอาคารผู้โดยสารใกล้เคียงกับข้อมูลการใช้พลังงานรวมของทั้งสนามบินดังแสดงในรูปที่3

โดยสัดส่วนการใช้พลังงานของอาคารผู้โดยสารที่ได้จากแบบจำลองนั้นประกอบด้วยการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ 73% ระบบแสงสว่าง 17% และอุปกรณ์อื่นๆ10%



รูปที่ 3 การใช้พลังงานของทั้งสนามบิน[4] และการใช้พลังงานของอาคารผู้โดยสารจากแบบจำลอง

4.ผลการจำลองมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

มาตรการอนุรักษ์พลังงานที่ทำการศึกษาประกอบด้วย 1)มาตรการปรับปรุงระบบไฟฟ้าแสงสว่างโดยการติดตั้งหลอดไฟLED2) มาตรการปรับปรุงระบบปรับอากาศโดยการติดตั้งอุปกรณ์ฉีดละอองน้ำเข้าที่แผงคอนเดนเซอร์ และ 3)การใช้มาตรการที่ 1 และ 2 พร้อมกัน

ในการเปรียบเทียบผลการประหยัดจากมาตรการต่างๆนั้นจะใช้แบบจำลองอาคารผู้โดยสารในหัวข้อที่ 3 เป็นกรณีฐานโดยแบ่งผลการศึกษาออกเป็น 2 ด้านคือ ผลการประหยัดด้านพลังงานและผลการประหยัดด้านเศรษฐศาสตร์โดยในการคำนวณผลการประหยัดด้านเศรษฐศาสตร์นั้นได้กำหนดอัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 3.5 บาทต่อหน่วย[4] อัตราคิดลด (Discount rate) ที่ 6.875% [8] และอายุโครงการที่ 10 ปีซึ่งในการคำนวณค่าใช้จ่ายตลอดอายุโครงการ(Life cycle cost) จะประกอบไปด้วยค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมในแต่ละมาตรการ ค่าบำรุงรักษา และค่าไฟฟ้ารายปี ซึ่งรายละเอียดของมาตรการอนุรักษ์

ETM-89

พลังงานและผลการจำลองหลังปรับปรุงตามมาตรการอนุรักษ์พลังงานมีดังนี้

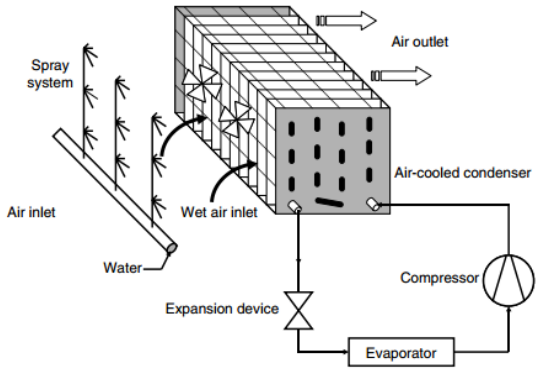
4.1มาตรการติดตั้งหลอดไฟLED

ในการปรับปรุงระบบแสงสว่างได้เปลี่ยนจากระบบเดิมซึ่งประกอบด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์T8ขนาด 36 W ให้ความสว่าง 2,950 ลูเมน อายุการใช้งาน 15,000 ชั่วโมง จำนวน 5,396 หลอดและบัลลาสต์แกนเหล็กธรรมดาขนาด 10 Wจำนวน 2,816 ชุดเป็นหลอด LEDT8ขนาด 18 Wความสว่าง 1,690 ลูเมน อายุการใช้งาน 50,000ชั่วโมงจำนวน 7,220 หลอดในการปรับปรุงนั้นได้พิจารณาค่าความส่องสว่างของพื้นที่ตามข้อแนะนำของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทยสำหรับพื้นที่ขายตั๋วและพื้นที่โดยสารซึ่งแนะนำที่ 300 ลักซ์และคิดค่าความสกปรกจากหลอดที่10%

จากผลการคำนวณพบว่ามาตรการติดตั้งหลอดไฟประหยัดพลังงานLED นั้นส่งผลให้เกิดการประหยัดอันเป็นผลรวมมาจากการลดไฟฟ้าในระบบแสงสว่างโดยตรง ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานต่อพื้นที่ในระบบแสงสว่างได้ 2.5 W/m^{2}ร่วมกับการลดภาระของระบบปรับอากาศอันเนื่องมาจากระบบแสงสว่าง ส่งผลให้สามารถลดการใช้พลังงานรวมของทั้งอาคารได้ 7.83%เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีฐาน และคิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 3.58ล้านบาท/ปีส่วนการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์นั้นเนื่องจากหลอดLED สามารถใช้งานได้นาน 7 ปีแต่อายุโครงการยาว 10 ปีจึงมีการลงทุนในการติดตั้งหลอด 2 ครั้งคือในปีที่ 1 และปีที่ 8 โดยมีราคาอุปกรณ์ดังแสดงในตารางที่ 3 ส่งผลให้คืนทุนภายใน 1 ปี 10 เดือนและมีค่าใช้จ่ายตลอดอายุโครงการ(life cycle cost) ที่ 303.22 ล้านบาท

4.2มาตรการติดตั้งอุปกรณ์ฉีดละอองน้ำ

การติดตั้งระบบฉีดละอองน้ำเข้าที่แผงคอนเดนเซอร์ (Condenser misting system) เพื่อลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ ดังแสดงในรูปที่ 4 ส่งผลให้คอนเดนเซอร์การระบายความร้อนได้เพิ่มขึ้นและเพิ่มสัมประสิทธิ์สมรรถนะ(COP) ของระบบปรับอากาศได้ 17.95 % [9, 10] โดยค่า COP เพิ่มจาก 2.57 เป็น 3.03



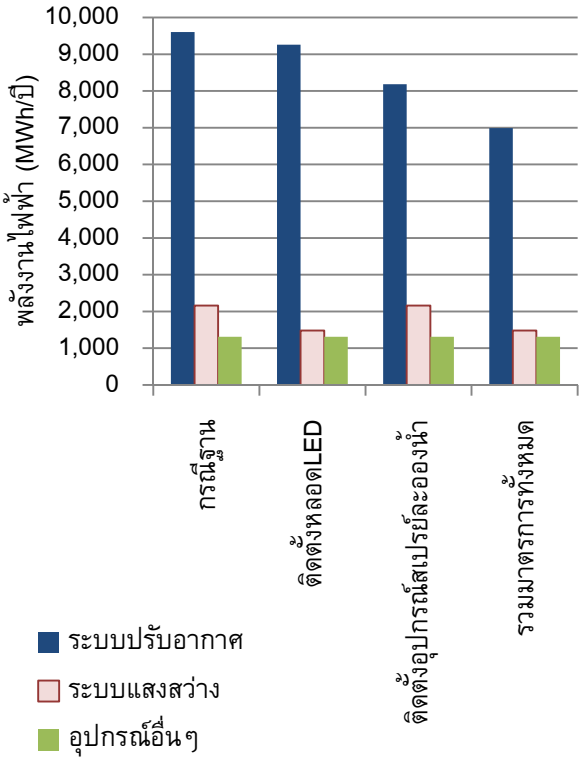
รูปที่ 4 การทำงานของระบบสเปรย์ละอองน้ำ [11]

จากผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานด้วยโปรแกรม EnergyPlus พบว่าสามารถลดการใช้พลังงานในอาคารผู้โดยสารได้ 10.85% คิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 4.96ล้านบาท/ปีซึ่งค่าใช้จ่ายในการลงทุนประกอบด้วยค่าอุปกรณ์และค่าบำรุงรักษารายปี ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยระบบฉีดละอองน้ำนั้นมีค่าใช้จ่ายที่อุปกรณ์ที่ 7,000 บาทต่อตันความเย็น โดยเครื่องทำน้ำเย็นรวมทั้ง 6 เครื่องแล้วมีขนาดทำความเย็นรวมที่1,141.6 ตันจึงมีเงินลงทุนเริ่มต้นเท่ากับ 7.99 ล้านบาท กำหนดให้มีอุปกรณ์มีอายุการใช้งาน 10 ปี จากการวิเคราะห์ผลการประหยัดด้านเศรษฐศาสตร์นั้นได้ว่ามาตรการมีระยะเวลาคืนทุน 1ปี 7เดือนและมีค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน297.63 ล้านบาทดังแสดงในตารางที่ 4

4.3มาตรการติดตั้งหลอดไฟLEDพร้อมอุปกรณ์ฉีดละอองน้ำ

ในการติดตั้งหลอดไฟ LED พร้อมกับอุปกรณ์ฉีดละอองน้ำจะส่งผลให้การใช้พลังงานในระบบแสงสว่างลดลง และลดภาระของระบบปรับอากาศเมื่อประกอบกับค่าCOP ที่เพิ่มขึ้น ทำให้สามารถลดการใช้พลังงานได้สูงถึง25.20% ของการใช้พลังงานภายในแบบจำลองอาคารผู้โดยสาร ดังแสดงในรูปที่ 5 หรือคิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้11.53ล้านบาท/ปีผลการประหยัดด้านเศรษฐศาสตร์นั้นมีระยะเวลาคืนทุนสั้นที่สุด ที่ 1ปี 3เดือนและมีค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานต่ำสุดที่256.54ล้านบาท

ETM-89



รูปที่ 5 การใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนและหลังการปรับปรุงด้วยมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

ตารางที่ 3 ค่าใช้จ่ายในการลงทุนมาตรการต่างๆ

รายละเอียด	ราคา	จำนวน
1) มาตรการติดตั้งหลอดไฟLED		
หลอด LED (บาท/หลอด) - กำลัง:18 W - แรงดัน:12 VDC - กำลังส่องสว่าง:1,700 lm	380	7,220 หลอด
โคมชนิด 1 หลอดต่อโคม (บาท/โคม)	850	92 โคม
โคมชนิด 2 หลอดต่อโคม (บาท/โคม)	1,000	867 โคม
2) มาตรการติดตั้งระบบฉีดละอองน้ำ		
ระบบฉีดละอองน้ำ(บาท/ตันความเย็น)	7,000	1,141.6 ตัน
ค่าบำรุงรักษาต่อปี (บาท/เครื่อง)	35,000	6 เครื่อง

ตารางที่ 4 ผลการประหยัดด้านเศรษฐศาสตร์

มาตรการ	ค่าใช้จ่ายเริ่มแรก (ล้านบาท)	NPV (ล้านบาท)	IRR (%)	PB (ปี)	LCC (ล้านบาท)
LED	3.69	20.00	96.68	1.80	303.22
อุปกรณ์สเปรย์ละอองน้ำ	7.99	25.58	58.89	1.61	297.63
รวมมาตรการ	11.68	66.68	96.71	1.25	256.54

5. สรุปผล

จากการจำลองการใช้มาตรการอนุรักษ์พลังงานทั้ง 3 มาตรการภายในแบบจำลองอาคารผู้โดยสารนั้น สามารถลดการใช้พลังงานได้สูงสุด 25.20 % ส่วนในด้านเศรษฐศาสตร์ทุกๆมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่ศึกษาสามารถให้ผลตอบแทนหลังจากการลงทุนได้ทุกมาตรการและมีระยะเวลาในการคืนทุน (PB) ไม่เกิน 2 ปีโดยมาตรการที่เหมาะสำหรับการลงทุนมากที่สุดคือมาตรการที่ 3 ถึงแม้จะมีเงินลงทุนสูงสุด แต่เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (LCC) นั้นกลับมีค่าที่น้อยที่สุดนอกจากนั้นยังมีอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) สูงสุดและมีระยะเวลาคืนทุน (PB) สั้นที่สุดซึ่งจากผลการศึกษาวิจัยข้างต้นนี้สามารถใช้เพื่อประกอบการตัดสินใจในการดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงานทั้ง 3 มาตรการสำหรับอาคารผู้โดยสารท่าอากาศยานเชียงใหม่ได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณท่าอากาศยานเชียงใหม่ที่อนุเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยและอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลสำหรับงานวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Pe´rez-Lombard,L., Ortiz, J. and Pout, C. (2008). A review on buildings energy consumption information, *Energy and Buildings*, vol. 40(3), March 2007, pp. 394-398.

[2] Janda, K.B. (2008). Worldwide Status of Energy Standards for Buildings: A 2007 Update, paper presented in*The Fifth AnnualImproving Energy Efficiency in Commercial Buildings (IEECB)2008*, Frankfurt, Germany.

[3] Pantong,K.,Chirarattananon, S. and Chaiwiwatworakul, P. (2011). Development of Energy Conservation Programs for Commercial Buildings based on Assessed Energy Saving Potentials,*Energy Procedia*, vol. 9, November 2011, pp. 70-83.

[4] ท่าอากาศยานเชียงใหม่(2555).*รายงานการจัดการพลังงานประจำปี2555*, ท่าอากาศยานเชียงใหม่.

[5] Balaras,C.A.,Dascalaki,E.,Gaglia,A. andDroutsa, K. (2003). Energy conservation potential, HVAC installations and operational issues in Hellenic airports,*Energy and Buildings*, vol. 35(11), December 2013, pp. 1105-1120.

[6] Cardona,E.,Sannino,P.,Piacentino, A. and Cardona,F. (2006).Energy saving in airports by trigeneration. Part II: Short and long term planning for the Malpensa 2000 CHCP plant, *Applied Thermal Engineering*, vol. 26(14-15), October 2006, pp. 1437-1447.

[7] U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy Office,Building Technology Program, *Building Energy Software Tools Directory*, URL: http://apps1.eere.energygov/buildings/tools directory, access on 11/06/2014.

[8] ธนาคารกรุงไทย (2555), *อัตราดอกเบี้ยลูกค้ารายใหญ่ชั้นดีประเภทเงินกู้แบบมีระยะเวลา (Minimum Loan Rate)*, แหล่งที่มาhttp://www.ktb.co.th/, เข้าดูเมื่อวันที่ 03/12/2556.

[9] Yang,J., Chan,K.T., Wu, X.,Yang,X. and Zhang,H. (2012). Performance enhancement of air-cooled chillers with water mist: Experimental and analytical investigation, *Applied Thermal Engineering*, vol. 40, July 2012, pp. 114-120.

[10] Tissot,J., Boulet,P., Trinquet,F., Fournaison,L. and Macchi-Tejeda,H. (2011). Air cooling by evaporating droplets in the upwardflow of a condenser, *International Journal of Thermal Sciences*, vol. 50, June 2011, pp. 2122-2131.

[11] Youbi-Idrissi,M., Macchi-Tejeda,H., Fournaison, L. and Guilpart,J. (2007) Numerical model of sprayed air cooled condenser coupled to refrigerating system, *Energy Conversion and Management*, vol. 48, January 2007, pp. 1943–1951.