การจัดการพลังงานในโรงพยาบาล: กรณีศึกษาโรงพยาบาลเจ้าพระยายมราช

นางสาวชมพูนิกข์ นามสุวรรณ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ENERGY MANAGEMENT IN HOSPITAL:

A CASE STUDY AT CHAOPRAYOMMARAD HOSPITAL

Miss Chompunick Namsuwan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Energy Technology and Management

(Interdisciplinary Program)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจัดการพลังงานในโรงพยาบาล: กรณีศึกษาโรงพยาบาลเจ้าพระยายมราช
โดย	นางสาวชมพูนิกข์ นามสุวรรณ
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยงเจริญ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุเนตร ชุตินธรานนท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมพงษ์ พุทธิวิสุทธิศักดิ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยงเจริญ)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร. อุริช อัชชโคสิต)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ชมพูนิกข์ นามสุวรรณ : การจัดการพลังงานในโรงพยาบาล: กรณีศึกษาโรงพยาบาลเจ้าพระยายมราช (ENERGY MANAGEMENT IN HOSPITAL: A CASE STUDY AT CHAOPRAYOMMARAD HOSPITAL) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. วิทยา ยงเจริญ, 72 หน้า.

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการศึกษาระบบการจัดการพลังงานภายในโรงพยาบาล โดยมีโรงพยาบาลเจ้าพระยายมราชเป็นกรณีศึกษา โดยนำข้อมูลการใช้พลังงานเบื้องต้นของโรงพยาบาลมาทำการวิเคราะห์ และกำหนดหามาตรการตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550) โรงพยาบาลเจ้าพระยายามราชเป็นโรงพยาบาลขนาด 602 เตียง มีเจ้าหน้าที่ 1,525 คน ดัชนีการใช้พลังงานเฉลี่ยใน 3 ปี เป็น 127.15 MJ/bed-day มีชั่วโมงการทำงาน 8,760 ชั่วโมงต่อปี สามารถแบ่งสัดส่วนการใช้พลังงานภายในโรงพยาบาลได้ออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ระบบปรับอากาศ 71.93% ระบบแสงสว่าง 17.39% และระบบอื่นๆ 10.69% จากการเก็บข้อมูลตัวอย่างในแต่ละระบบ พบว่าสาเหตุหนึ่งที่ทำให้โรงพยาบาลมีการใช้ไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก เกิดจากประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์มีการเสื่อมลงจากการใช้งานเป็นระยะเวลานาน เนื่องจากโรงพยาบาลมีการเปิดทำการตั้งแต่ปี 2469 ดังนั้นจึงนำเสมอมาตรการการเปลี่ยนอุปกรณ์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ ทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้ามีปริมาณลดลง

ทางโรงพยาบาลเจ้าพระยายมราช ได้ดำเนินการจัดการพลังงานตามแนวทางการอนุรักษ์พลังงานของพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550) ทั้ง 8 ขั้นตอน ในปี 2257 สามารถลดการใช้พลังงาน เมื่อรวมการใช้พลังงานความร้อน 13.3%

จากการตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงงานในระบบปรับอากาศและระบบแสงสว่าง สามารถหามาตรการที่มีความคุ้มค่าในการลงทุน 4 มาตรการ คือ 1) มาตรการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้า T8 18 watt เป็นหลอดไฟLED 10 watt ระยะเวลาคืนทุน 1.1 เดือน 2) มาตรการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศเก่าแบบแยกส่วนขนาด 5.27 kW เป็นเครื่องใหม่ ที่มี EER 3.49 W/W ระยะเวลาคืนทุน 1.1 ปี 3) มาตรการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นเก่าขนาด 72 RT เป็นเครื่องใหม่ที่มีค่า COP 2.9 W/W ระยะเวลาคืนทุน 4.4 ปี 4) มาตรการติดตั้ง VSD ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์เครื่องสูบน้ำของเครื่องทำน้ำเย็น โดยปรับลดความถี่จาก 50 Hz เป็น 34 Hz ระยะเวลาคืนทุน 7 เดือน

สาขาวิชา เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2557 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

5687517520 : MAJOR ENERGY TECHNOLOGY AND MANAGEMENT
KEYWORDS: ENERGY CONSERVATION / ENERGY EFFICIENCY

CHOMPUNICK NAMSUWAN: ENERGY MANAGEMENT IN HOSPITAL: A CASE STUDY AT CHAOPRAYOMMARAD HOSPITAL. ADVISOR: ASSOC. PROF. WITHAYA YONGCHAREON, Ph.D., 72 pp.

Hospital's energy policy and planning was studied for the Chaoprayayommarad Hospital by analyzing and identifying according to the Energy Conservation Promotion Act, B.E. 2535 (Revised Edition, B.E. 2550. The Chaoprayayommarad hospital was 602 beds and 1,525 staffs. The total working hours account for 8,760 hours per year. The energy consumptions consisted of air system (71.93%), light system (17.39%) and others (10.69%). According to the sample collections in each system, the major cause of the huge amount of energy usage within hospital was the machine deterioration from long-term usage as the hospital has been established since 1962. Thus, changing the new machine was recommended as the energy saving measures, to help enhancement of the energy efficiency of machines and thus reducing the electric energy consumption.

The Chaoprayayommarad hospital has implemented 8 step policies of the Energy Conservation Promotion Act. Due to the implementation of this measure, the total energy consumption was decreased by 13.3%. After the measurement and analysis of energy usage in air conditioning system and lighting system. The 4 energy measures that was worthiness were: 1) The replacement of light bulbs from 18 watt T8 to 10 watt LED resulted in payback period of 1.1 month. 2) The replacement of 5.27 kW split type air conditioner with a new one which EER was 3.49 W/W resulted in payback period of 1.1 year. 3) The replacement of 72 TR old water Chiller to a new one which COP 2.9 W/W resulted in payback period of 4.4 years and 4) The installation of VSD to control speed of water pump from 50 Hz to 34 Hz resulted in payback period of 7 months.

Field of Study: Energy Technology and Management Student's Signature .....
Advisor's Signature .....

Academic Year: 2014

กิตติกรรมประกาศ

การที่วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี มีเหตุอันเนื่องด้วยความกรุณาของรองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ยงเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยเมตตาให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง และบอกแนวทางในการแก้ปัญหาในการวิจัยให้สำเร็จ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณคุณอาจารย์มา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณทุกคนในครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจให้ตลอดมา ขอบคุณเพื่อนๆทุกคน คุณสุวรรณรัตน์ที่คอยให้ความช่วยเหลือตลอดการศึกษา

ขอขอบคุณคุณปู คุณไพรัตน์และเจ้าหน้าที่ทุกท่านในโรงพยาบาลเจ้าพระยายมราชที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจวัด เอื้อเฟื้อข้อมูล สละเวลาในการช่วยเหลือมาโดยตลอด

ขอบคุณทุกๆท่านที่ไม่ได้เอ่ยถึงมา ณ ที่นี้ด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 วัตถุประสงค์ในการวิจัย 2

1.2 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 2

บทที่ 2 ทฤษฎีเอกสารและงานวิจัย 4

2.1 ทฤษฎี 4

2.1.1 ระบบแสงสว่าง 4

2.1.1.1 หลักการให้แสงสว่าง 4

2.1.1.2 หน่วยที่ใช้ในการวัดแสงสว่าง 4

2.1.1.3 ชนิดของหลอดไฟ 5

2.1.1.4 อุปกรณ์ทำงานร่วมกับหลอดไฟ 6

2.1.1.5 หลักในการเลือกใช้อุปกรณ์ในระบบแสงสว่าง 7

2.1.1.6 สูตรคำนวณระบบแสงสว่าง 8

2.1.1.7 มาตรฐานแสงสว่างในแต่ละพื้นที่ใช้งานภายในโรงพยาบาล 8

2.1.2 ระบบปรับอากาศ 9

2.1.2.1 ประเภทของระบบปรับอากาศ 9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.2.2 แผนภูมิไซโครเมตริก (Psychrometric Chart) 9

2.1.2.3 สูตรการคำนวณระบบทำความเย็น 10

2.1.2.4 หลักเกณฑ์เครื่องปรับอากาศของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 12

2.1.2.5 ค่าประสิทธิภาพพลังงานสำหรับเครื่องทำน้ำเย็นระบบปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง 12

2.1.3 ระบบเครื่องสูบน้ำ หรือปั๊มน้ำ 13

2.1.3.1 ประเภทของเครื่องสูบน้ำ 13

2.1.3.2 กำลังและประสิทธิภาพของเครื่องสูบ 13

2.1.3.3 กฎของเครื่องสูบ (Affinity Law) 14

2.1.4 มาตรการอนุรักษ์พลังงาน 14

2.1.5 ทฤษฎีผลตอบแทน 15

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17

2.2.1 พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน 17

2.2.2 ดัชนีการใช้พลังงานในโรงพยาบาล 18

2.2.3 การบริหารการใช้พลังงานและมาตรการประหยัดพลังงานของอาคารประเภทโรงพยาบาล 19

2.2.4 การควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงแรม 20

2.2.5 การพัฒนาระบบการจัดการพลังงานสำหรับอาคารรัฐวิสาหกิจ 21

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 23

3.1 กำหนดแนวทางวิจัย 25

3.2 ศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานเบื้องต้น มาตรการการอนุรักษ์พลังงานของกรณีศึกษา 25

3.2.1 ข้อมูลเบื้องต้นของโรงพยาบาล 25

3.2.2 การใช้ไฟฟ้าในแต่ละประเภทของโรงพยาบาล 26

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.3 ข้อมูลการใช้พลังงานของโรงพยาบาล 29

3.2.4 ข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้าระบบแสงสว่างและระบบปรับอากาศ 32

3.3 ศึกษาระบบการจัดการพลังงานของกรณีศึกษา 34

3.4 เก็บข้อมูลงานวิจัยเพื่อกำหนดแนวทางอนุรักษ์พลังงาน 36

3.4.1 เครื่องมือตรวจวัด 36

3.4.2 การตรวจวัดระบบแสงสว่าง 39

3.4.3 การตรวจวัดระบบเครื่องปรับอากาศ 40

3.4.4 การตรวจวัดระบบเครื่องทำน้ำเย็น 42

3.4.5 การตรวจวัดระบบเครื่องสูบน้ำ 44

บทที่ 4 วิเคราะห์ข้อมูลจากการวิจัย 47

4.1 มาตรการเปลี่ยนหลอดไฟ T8 เป็นหลอดไฟ LED 47

4.2 มาตรการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ 50

4.3 มาตรการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น 52

4.4 มาตรการติดตั้งเครื่อง VSD 55

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 59

5.1 สรุปผลงานวิจัย 59

5.1.1 ผลการศึกษาการจัดการพลังงานภายในโรงพยาบาลเจ้าพระยายมราช 59

5.1.2 วิเคราะห์มาตรการประหยัดพลังงาน 59

5.2 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย 61

รายการอ้างอิง 62

ภาคผนวก 64

ภาคผนวก ก ค่า Enthalpy ในการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 65

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

ภาคผนวก ข รูปเครื่องและอุปกรณ์ในการตรวจวัด..... 66

ภาคผนวก ค หน่วยวัด..... 70

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 72

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2-1 มาตรฐานแสงสว่างในโรงพยาบาลในแต่ละพื้นที่ใช้งาน 8

ตารางที่ 2-2 ค่าประสิทธิภาพพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง..... 13

ตารางที่ 2-3 การใช้พลังงานในระบบต่างๆของอาคารควบคุมประเภทโรงพยาบาล 18

ตารางที่ 3-1 ตารางมิเตอร์ไฟฟ้าและหม้อแปลงไฟฟ้าแยกตามอาคาร 28

ตารางที่ 3-2 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโรงพยาบาลในแต่ละอัตราของปี 2557 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนตุลาคม (9 เดือน) 29

ตารางที่ 3-3 ข้อมูลการใช้พลังงานโดยรวมทั้งปีของปี พ.ศ. 2555-2557 29

ตารางที่ 3-4 สัดส่วนการใช้พลังงานทั้งหมดในแต่ละระบบในโรงพยาบาลเจ้าพระยายมราช 31

ตารางที่ 3-5 ข้อมูลหลอดไฟที่ติดตั้งภายในโรงพยาบาลเจ้าพระยายมราช 32

ตารางที่ 3-6 ข้อมูลเครื่องปรับอากาศที่ใช้ภายในโรงพยาบาลเจ้าพระยายมราช 33

ตารางที่ 3-7 ข้อมูลเครื่องทำน้ำเย็นระบบระบายความร้อนด้วยอากาศที่ใช้งานภายในโรงพยาบาลเจ้าพระยมราช 34

ตารางที่ 3-8 ข้อมูลการตรวจวัดค่าความสว่าง 40

ตารางที่ 3-9 สูตรการคำนวณความสว่าง 40

ตารางที่ 3-10 ข้อมูลการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศ 41

ตารางที่ 3-11 สูตรการคำนวณเครื่องปรับอากาศ..... 42

ตารางที่ 3-12 ตารางการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น..... 43

ตารางที่ 3-13 สูตรการคำนวณประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น..... 43

ตารางที่ 3-14 ข้อมูลการตรวจวัดประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำ..... 45

ตารางที่ 3-15 สูตรการคำนวณประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำ..... 45

ตารางที่ 4-1 ผลการตรวจวัดค่าความสว่าง หลอดไฟ T8 อาคารอำนวยการ บริเวณที่พักหน้าห้องตรวจ 48

ตารางที่ 4-2 ผลการตรวจวัดค่าความสว่างหลังการเปลี่ยนหลอดไฟเป็นหลอด LED อาคารอำนวยการ บริเวณที่พักหน้าห้องตรวจ 49

ตารางที่ 4-3 ผลการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์มาตรการเปลี่ยนหลอดไฟ LED 49

ตารางที่ 4-4 ผลการคำนวณเครื่องปรับอากาศที่อาคารอุบัติเหตุ 7 ชั้น 51

ตารางที่ 4-5 ผลการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์มาตรการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ 52

ตารางที่ 4-6 ผลการคำนวณประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น โรงพยาบาลเจ้าพระยายมราช 53

ตารางที่ 4-7 เครื่องทำน้ำเย็นตัวใหม่ 53

ตารางที่ 4-8 ผลการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์มาตรการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น 55

ตารางที่ 4-9 ผลการคำนวณประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำก่อนติดตั้ง VSD 56

ตารางที่ 4-10 ผลการตรวจวัดเครื่องสูบน้ำหลังติดตั้ง VSD 57

ตารางที่ 4-11 ผลการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์มาตรการติดตั้ง VSD ที่เครื่องสูบน้ำ 58

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

รูปที่ 3.1 ผังแสดงที่ตั้งอาคาร การวางผังหม้อแปลงไฟฟ้า อาคารบริการ โรงพยาบาลเจ้าพระยายมราช 24
รูปที่ 3.2 มิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้า 36
รูปที่ 3.3 เครื่องมือวัดความเร็วลม 37
รูปที่ 3.4 เครื่องมือวัดอัตราการไหลของน้ำ 37
รูปที่ 3.5 เครื่องวัดความสว่างแสง 37
รูปที่ 3.6 เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้น 38
รูปที่ 3.7 เครื่องมือวัดความดัน Bourdon-Tube Gauge 38
รูปที่ 3.8 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ 38
รูปที่ 3.9 ตลับเมตร 39
รูปที่ 3.10 ไดอะแกรมแสดงตำแหน่งตรวจวัด 39
รูปที่ 3.11 ไดอะแกรมแสดงตำแหน่งที่วัดของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 41
รูปที่ 3.12 ไดอะแกรมการวัดอุณหภูมิและความดันของน้ำที่เครื่องทำน้ำเย็น 43
รูปที่ 3.13 ไดอะแกรมแสดงตำแหน่งตรวจวัด 44
รูปที่ 4.1 ข้อมูลเครื่องปรับอากาศเครื่องใหม่ 51
รูปที่ 4.2 ข้อมูลเครื่องทำน้ำเย็นเครื่องใหม่ (17) 54

บทที่ 1
บทนำ

จากสภาพทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทยมีการเติบโตสูงขึ้น ส่งผลให้มีความต้องการพลังงานเพิ่มขึ้นตามอัตราการขยายตัว ทำให้มีการลงทุนและวางแผนนโยบายเพื่อตอบสนองต่อการความต้องการพลังงานที่ใช้บริโภคที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เพียงพอต่อความต้องการ เพื่อเป็นการสนับสนุนการใช้พลังงานให้คุ้มค่าและมีประสิทธิภาพสูงสุด กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) จึงออกกฎหมาย “พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535” ประกาศใช้ในราชกิจจานุเบกษา เมื่อวันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2535 มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2535 เพื่อทำการกำหนดมาตรการ กำกับ ดูแล พลังงาน อย่างไรก็ตามเพื่อให้เข้ากับสถานการณ์ทางปัจจุบัน จึงได้มีการแก้ไขบทบัญญัติบางส่วน โดยทำการแก้ไขพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่2) เมื่อปี พ.ศ. 2550 ขึ้นมา ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเมื่อวันที่ 4 ธันวาคม พ.ศ. 2550 มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2551

ขอบเขตการบังคับใช้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550) มีวัตถุประสงค์หลักในการกำกับ ดูแล ส่งเสริม สนับสนุนให้โรงงานควบคุมและอาคารควบคุม ใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบไปด้วย

1) โรงงานควบคุม

2) อาคารควบคุม

3) ผู้ผลิตหรือผู้จำหน่ายเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง

หลักเกณฑ์ในการกำหนดอาคารควบคุม ตามมาตรา 178 ของรัฐธรรมนูญ แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับ5) พ.ศ. 2538 ได้ กำหนดให้

1) อาคารหลังเดียวหรือหลายหลังภายใต้เลขที่บ้านเดียวกันที่ได้รับอนุมัติจากผู้จำหน่ายให้ใช้เครื่องวัดไฟฟ้า หรือติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าชุดเดียวหรือหลายชุดรวมกัน มีขนาดตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ หรือ 1,175 กิโลโวลต์แอมแปร์

2) อาคารหลังเดียวหรือหลายหลังภายใต้เลขที่บ้านเดียวกันที่ใช้ไฟฟ้าจากระบบของผู้จัดจำหน่าย ความร้อนจากไอน้ำจากผู้จัดจำหน่ายหรือพลังงานสิ้นเปลืองอื่นจากผู้จำหน่ายหรือของตัวเองอย่างใดอย่างหนึ่ง มีปริมาณพลังงานทั้งหมดเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ 20 ล้านเมกะจูลขึ้นไป (1)

จากหลักเกณฑ์เบื้องต้นจะเห็นชัดว่า โรงพยาบาลก็จัดอยู่ในหมวดหมู่อาคารควบคุมประเภทหนึ่งที่จำเป็นต้องมีการควบคุมการใช้พลังงานตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน โรงพยาบาลเป็นสถานที่ที่มีการเปิดทำการตลอดเวลาจึงมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะโรงพยาบาลเจ้าพระยายมราชซึ่งเป็นโรงพยาบาลศูนย์ประจำจังหวัดขนาด 602 เตียง ก่อตั้งโรงพยาบาลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2469 อาคารและอุปกรณ์ที่ติดตั้งจึงมีอายุการใช้งานมาแล้วเป็นระยะเวลานาน ทำให้ประสิทธิภาพของอุปกรณ์เสื่อมลง

ภายในโรงพยาบาลระบบการใช้พลังงานที่สำคัญ ได้แก่ระบบทำความเย็น ระบบแสงสว่างเป็นระบบหลักที่ทำให้เกิดการใช้พลังงานอย่างสูง แต่นอกจากการใช้พลังงานในสองระบบนี้แล้ว ภายในโรงพยาบาลยังมีการใช้พลังงานที่แตกต่างจากอาคารควบคุมประเภทอื่นได้แก่ ระบบทำความร้อน และยังมีอุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ในการรักษาคนผู้ป่วย ดังนั้นการออกมาตรการประหยัดพลังงาน การปรับเปลี่ยนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้พลังงานภายให้โรงพยาบาลให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น จะทำให้สามารถลดการใช้พลังงานและลดค่าไฟลงได้

1.1 วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1) เพื่อศึกษาการจัดการพลังงานภายในโรงพยาบาล

2) เพื่อหามาตรการอนุรักษ์พลังงานไปใช้ในโรงพยาบาล

3) เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนและความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการเปลี่ยนอุปกรณ์ภายในโรงพยาบาล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2 ขอบเขตของการวิจัย

1) ศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานและการจัดการพลังงานภายในโรงพยาบาลเจ้าพระยายมราช

2) ศึกษาการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศและแสงสว่างภายในโรงพยาบาล

1.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1) ศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานและการจัดการพลังงานภายในโรงพยาบาลเจ้าพระยายมราช

2) ศึกษาการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศและแสงสว่าง

3) สำรวจศักยภาพเบื้องต้นในการจัดการระบบปรับอากาศและแสงสว่าง

4) เก็บข้อมูลการใช้พลังงานในโรงพยาบาล

5) หามาตรการประหยัดพลังงานที่มีศักยภาพ

6) วิเคราะห์ความคุ้มทุน

7) สรุปผลงานวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
ทฤษฎีเอกสารและงานวิจัย

2.1 ทฤษฎี

2.1.1 ระบบแสงสว่าง

2.1.1.1 หลักการให้แสงสว่าง

ในการติดตั้งแสงไฟให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับการใช้งาน มีวิธีในการติดตั้ง 3 วิธี

1) การให้แสงสว่างทั่วพื้นที่ ติดตั้งแหล่งให้แสงกระจายทั่วบริเวณ เพื่อให้มีแสงสว่างทั่วบริเวณ วิธีการนี้มีข้อดี คือสามารถเคลื่อนย้ายพื้นที่ทำงานได้อิสระ ไม่จำเป็นต้องทราบตำแหน่งที่ทำงานแน่นอน แต่มีข้อเสียก็คือใช้พลังงานสิ้นเปลือง

2) การให้แสงสว่างเฉพาะที่ เป็นการติดตั้งแหล่งให้แสงโดยออกแบบให้เหมาะสมกับการทำงานในแต่ละพื้นที่ ข้อดีคือสามารถประหยัดพลังงานลงได้ แต่ข้อเสียก็คือไม่สามารถย้ายพื้นที่การทำงานได้

3) การให้แสงสว่างเฉพาะจุด เป็นวิธีการให้แสงบริเวณเฉพาะจุดที่มีความต้องการแสงสว่างสูง ในการติดตั้งแหล่งกำเนิดแสงต้องควบคุมทิศทางและความสว่างให้เหมาะสมเพื่อให้แสงไฟไม่ไปรบกวนการทำงานของผู้ใช้งาน วิธีนี้เป็นวิธีการให้แสงที่ประหยัดพลังงานมากที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.1.2 หน่วยที่ใช้ในการวัดแสงสว่าง

1) Luminous Flux คือปริมาณแสงทั้งหมดที่แผ่มาจากแหล่งกำเนิดแสงทุกทิศทาง มีหน่วยเป็น lumen (2)

2) ความเข้มการส่องสว่าง (Luminous Intensity) คือปริมาณแสงทั้งหมดที่แผ่มาจากแหล่งกำเนิดแสงลงไปในพื้นที่ที่กำหนดโดยแนวมุมองศาและระยะทาง มีหน่วยเป็นแคนเดลา

3) ความสว่าง (IL luminous) คือปริมาณแสงของแหล่งกำเนิดที่ตกกระทบลงพื้นที่ 1ตารางเมตร มีหน่วยเป็น lumen/m^2 หรือ lux คำนวณหาค่าได้จากสูตร

$$E = \frac{F}{A}$$

E = ความสว่าง มีหน่วยเป็น lumen/m^2 หรือ lux

F = Luminous Flux ที่ตกกระทบพื้นมีหน่วยเป็น lumen

A = พื้นที่รับแสง มีหน่วยเป็น m^2

4) ความส่องสว่าง (Luminance) คือค่าความสว่างที่ตาได้รับ เมื่อมองพื้นที่ที่ได้รับแสงสะท้อนขึ้นมา มีหน่วยเป็นแคนเดลาต่อตารางเมตร

5) ประสิทธิภาพการส่องสว่าง (Luminous Efficacy) อัตราส่วนระหว่าง Luminous Flux กับกำลังงานที่ทำให้เกิด Luminous Flux หน่วยเป็น lumen/watt

6) กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้า (Lamp Power: W) คือค่าของพลังงานที่หลอดไฟใช้ในการให้กำเนิดแสงสว่าง

2.1.1.3 ชนิดของหลอดไฟ

1) Incandescent เป็นหลอดมีไส้ มีประสิทธิผล (Efficacy) ต่ำ มีอายุการใช้งานสั้นในเกณฑ์ ประมาณ 1,000-3,000 ชม. ประสิทธิภาพการส่องสว่าง 5-13 lumen/watt

2) Fluorescent เป็นหลอดปล่อยประจุความดันไอต่ำ มีอายุการใช้งาน 9,000-12,000 ชม.ทำงานรวมกับ ballast ปัจจุบันมีการพัฒนาหลอด fluorescent ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เรียกว่า หลอด T5 T8 มีอายุการใช้งานประมาณ 7,500-10,000 ชม ประสิทธิภาพการส่องสว่าง 35-80 lumen/watt มีโทนสีให้แสง อยู่ 3 โทน ได้แก่

- Warm white ให้โทนทองส้ม เป็นแสงโทนอุ่น ให้สว่างไม่มาก ให้ความรู้สึกอบอุ่น ผ่อนคลายเหมาะกับพื้นที่ที่ต้องการสร้างบรรยากาศ ใช้ในการตกแต่ง เช่นบริเวณร้านอาหาร ร้านเสื้อผ้า ห้องนอน ห้องนั่งเล่น

- Daylight ให้แสงใกล้เคียงกับแสงธรรมชาติในตอนกลางวัน มองเห็นภาพชัดเจน ให้ความรู้สึกตื่นตัว เหมาะกับการใช้งานที่ต้องการการมองเห็นที่ชัดเจน เช่น โต๊ะแต่งหน้า ห้องสมุด ห้องผ่าตัด ออฟฟิศ

- Cool white ให้แสงโทนสีฟ้าขาว แสงที่ได้ออกมาเป็นแสงโทนกลางระหว่าง Warm white กับ Daylight ให้ความรู้สึกเย็นสบายตา

3) หลอดไอปรอทความดันสูง หรือหลอดแสงจันทร์ นิยมติดในพื้นที่ที่มีเพดานสูง มีอายุการใช้งานประมาณ 20,000-24,000 ชม. ประสิทธิภาพการส่องสว่าง 30-60 lumen/watt

4) Metal Halide นิยมใช้กับสนามกีฬา มีอายุการใช้งานประมาณ 8,000-15,000 ชม. ประสิทธิภาพการส่องสว่าง 60-120 lumen/watt

5) หลอดโซเดียมความดันไอสูง เหมาะกับงานที่ไม่ต้องการความส่องสว่างมาก เช่น คลังสินค้า บริเวณพื้นที่นอกอาคาร อายุการใช้งานประมาณ 18,000-24,000 ชม. ประสิทธิภาพการส่องสว่าง 70-130 lumen/watt

6) หลอดโซเดียมความดันไอต่ำ ให้แสงสีเหลือง ปกติใช้เป็นไฟถนน มีอายุการใช้งานนานประมาณ 22,000-24,000 ชม. ประสิทธิภาพการส่องสว่าง 100-180 lumen/watt

7) Light Emitting Diode (LED) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ผลิตจากสารกึ่งตัวนำ สีของแสงที่เปล่งออกมานั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของสารกึ่งตัวนำที่ใช้ หลอดชนิดนี้ใช้งานกับไฟฟ้ากระแสตรง ดังนั้นหากจะนำมาใช้ในอาคารต้องมีอุปกรณ์แปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นกระแสตรงก่อนการใช้งาน การเพิ่มกำลังการส่องสว่างของ LED ทำได้โดยการต่อ LED เล็กๆ หลายหลอดไว้บนแผงเดียวกัน ประสิทธิภาพของแสงที่เปล่งออกมาให้ความสว่างสูง จึงมีข้อดีในเรื่องการประหยัดไฟ และให้พลังงานความร้อนต่ำอายุการใช้งานประมาณ 50,000-60,000 ชั่วโมง ประสิทธิภาพการส่องสว่าง 120 lumen/watt

2.1.1.4 อุปกรณ์ทำงานร่วมกับหลอดไฟ

ในการวางระบบแสงสว่างให้มีประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากพิจารณาการวางตำแหน่งหลอดไฟ ปัจจัยที่จะส่งผลให้มีการใช้พลังงานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ได้แก่

1) โคมไฟ มีหน้าที่สำคัญในการช่วยกระจายแสงให้ตกยังบริเวณจุดที่ต้องการ

2) Ballast เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับหลอดไฟ ให้มีความเหมาะสม แบ่งออกเป็นออกได้เป็น 3 ประเภทหลักๆ

- Ballast ขดลวดแกนเหล็กแบบธรรมดา ประกอบจากแผ่นเหล็กนำมาเรียงกัน พันด้วยขดลวดทองแดง ใช้กำลังไฟฟ้าประมาณ 9-13 watt

- Ballast ขดลวดแกนเหล็กแบบประสิทธิภาพสูง ใช้หลักการเดียวกันกับ ballast ขดลวดแกนเหล็กแบบธรรมดา แต่ใช้แกนเหล็กและขดลวดคุณภาพสูง เพื่อลดการสูญเสียพลังงาน ใช้กำลังไฟฟ้าประมาณ 5-6 watt

- Ballast ขดลวดแกนเหล็กอิเล็กทรอนิกส์ ทำจากชุดอิเล็กทรอนิกส์ใช้กำลังไฟฟ้า 1-2 watt ในการทำงาน ไม่ต้องทำงานร่วมกับสตาร์ทเตอร์

2.1.1.5 หลักในการเลือกใช้อุปกรณ์ในระบบแสงสว่าง

ในการติดตั้งอุปกรณ์ระบบแสงสว่างให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้พลังงาน มีปัจจัยในการพิจารณาดังต่อไปนี้

1) เลือกความสว่างให้เพียงพอกับความสว่างที่ต้องใช้ในพื้นที่นั้น สามารถเลือกค่าการใช้งานได้ตามคู่มือการออกแบบทางวิศวกรรมการส่องสว่าง โดยการเลือกอุปกรณ์ที่มีค่า luminous flux ให้เหมาะสม

2) ค่าประสิทธิผล (Efficacy) ปริมาณแสงที่ออกมาต่อ watt ที่ใช้ (lumen/watt) หลอดที่มีค่าประสิทธิผลสูง คือหลอดไฟที่ให้ปริมาณแสงมากต่อ watt ต่ำ อย่างไรก็ตามในการเลือกหลอดไฟให้เหมาะสมควรพิจารณาความสูงในการติดตั้งหลอดไฟด้วย เนื่องจากความสูงของพื้นที่ที่ทำการติดตั้งมีผลต่อประสิทธิภาพของหลอดไฟ

3) ความถูกต้องของสี (Color rendering) สีที่ส่องไปกระทบตัววัตถุให้ความถูกต้องสีหรือไหม มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ หลอดที่มีค่าความถูกต้อง 100% หมายถึง หลอดไฟหลอดนี้ส่องวัตถุแล้วสีของวัตถุที่เห็นไม่ต่างจากสีจริงของวัตถุ

4) อายุการใช้งาน (Life time) อายุการใช้งานโดยเฉลี่ยของหลอด มีหน่วยเป็นชั่วโมง

5) โคมไฟ เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยควบคุมทิศทางของแสงให้ไปยังทิศทางที่ต้องการ ช่วยให้การส่องแสง

6) แสงสว่างจากธรรมชาติ ในบริเวณที่สามารถเปิดรับแสงจากธรรมชาติในช่วงเวลากลางวันได้ จะช่วยลดการใช้แสงจากหลอดไฟ เช่น การปรับปรุงหลังคาบางส่วนให้เป็นหลังคาโปร่งแสง อย่างไรก็ตามบริเวณนั้นไม่ควรเป็นบริเวณที่มีการติดตั้ง

เครื่องปรับอากาศ เนื่องจากแสงสว่างจากดวงอาทิตย์มีความร้อนสูง ทำให้เพิ่มภาระการทำงานกับเครื่องปรับอากาศ

2.1.1.6 สูตรคำนวณระบบแสงสว่าง

1) พลังงาน (kWh) = กำลังไฟฟ้า (kW) * ชั่วโมงการใช้งาน (hr.)

2) ผลประหยัดพลังงานสามารถคำนวณผลประหยัดพลังงานไฟฟ้า จาก ปริมาณไฟฟ้าที่ลดการใช้ลงต่อปี (kWh/ปี) = จำนวนหลอดไฟ * (กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟ+กำลังสูญเสียของ ballast) * ชั่วโมงเปิดไฟ * จำนวนวันที่ใช้งาน

3) ปริมาณค่าสว่างโดยเฉลี่ย = $\frac{(R1+R2+\cdots Rx)}{N}$

R = จำนวนตำแหน่งที่ทำการตรวจวัด (lux)

N = จำนวนหลอดไฟ

4) ค่าไฟที่ลดลงต่อปี = ปริมาณไฟฟ้าลดลงต่อปี (kWh/ปี)*ค่าไฟต่อหน่วย (บาท/kWh)

2.1.1.7 มาตรฐานแสงสว่างในแต่ละพื้นที่ใช้งานภายในโรงพยาบาล

ในการติดตั้งหลอดไฟเพื่อให้แสงสว่างในแต่ละพื้นที่ของโรงพยาบาล กรมควบคุมโรคได้ตั้งมาตรฐานความสว่างในการใช้งาน ไว้ตามตารางที่ 2-1 (3)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2-1 มาตรฐานแสงสว่างในโรงพยาบาลในแต่ละพื้นที่ใช้งาน

ลักษณะงาน	ความเข้มของแสง (LUX)
ห้องรอพัก	200
บริเวณประชาสัมพันธ์	400
ป้อมยาม	100
จุดกรองโรค	400
ทางเดิน	20-50
ห้องพักฟื้น	50
ห้องตรวจโรค	400
บริเวณสำนักงาน	600
ห้องน้ำ	200
ห้องครัว	500
บันได	150
โรงซักรีด	100
โรงอาหาร	200

2.1.2 ระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศ คือ กระบวนการรักษาสภาพอากาศโดยการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น การกระจายลมให้เหมาะสมกับความต้องการ

2.1.2.1 ประเภทของระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศที่ใช้ในปัจจุบัน มีการใช้งานแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท

1) ระบบปรับอากาศแบบทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller) เป็นระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ ใช้น้ำในการระบายความร้อน

2) ระบบปรับอากาศแบบทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller) โดยปกติแล้วติดตั้งในที่ที่ต้องการความเย็นไม่เกิน 500 ตันความเย็น ใช้อากาศในการระบายความร้อน

3) ระบบปรับอากาศแบบเป็นชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Package) เป็นระบบปรับอากาศขนาดเล็กที่ติดตั้งภายในบริเวณที่ต้องการทำความเย็น

4) ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) เป็นระบบปรับอากาศขนาดเล็ก มักติดตั้งในอาคาร สามารถบำรุงรักษาได้ง่าย ประสิทธิภาพในการทำความเย็นต่ำ

2.1.2.2 แผนภูมิไซโครเมตริก (Psychrometric Chart)

อากาศประกอบด้วยอากาศแห้งและความชื้น การหาค่าสมบัติของอากาศชื้น สามารถหาได้จากการอ่านแผนภูมิไซโครเมตริก นอกจากนั้นแผนภูมิไซโครเมตริกยังสามารถใช้ในการแสดงสภาวะของอากาศ และใช้ประเมินภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ในระบบปรับอากาศเพื่อนำไปประเมินค่าพลังงานที่ใช้ในระบบปรับอากาศได้อีกด้วย

แผนภูมิไซโครเมตริกแสดงค่าสมบัติของอากาศชื้นได้ดังนี้

1) อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry-bulb Temperature) คือ อุณหภูมิที่มาจากกระเปาะแห้ง วัดค่าด้วยเทอร์โมมิเตอร์ธรรมดา

2) อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet-bulb Temperature) คือ อุณหภูมิที่มาจากกระเปาะเปียก วัดค่าด้วยเทอร์โมมิเตอร์ที่หุ้มด้วยสำลีชุบน้ำซึ่งมีลมพัดผ่านกระเปาะเปียกในอัตราความเร็วไม่เกิน 5 m/sec

3) อุณหภูมิจุดกลั่นตัว (Dew-point Temperature) คือ ค่าของอุณหภูมิที่ทำให้ไอน้ำเกิดการกลั่นตัว

4) ความชื้นสัมบูรณ์ (Absolute Humidity) คือ มวลไอน้ำต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรอากาศ (g/m^3)

5) ความชื้นจำเพาะหรือสัดส่วนความชื้น (Humidity Ratio) คือ มวลไอน้ำต่อมวลอากาศแห้งหนึ่งหน่วย (g/kg)

6) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) คือ อัตราส่วนของปริมาณไอน้ำในอากาศกับปริมาณไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิเดียว

7) Enthalpy ปริมาณพลังงานในอากาศ โดยค่าความร้อนในอากาศประกอบด้วย

- ความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) ความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศที่ความชื้นจำเพาะ (Absolute Humanity) คงที่

- ความร้อนแฝง (Latent Heat) ความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในอากาศที่อุณหภูมิกระเปาะแห้งคงที่

2.1.2.3 สูตรการคำนวณระบบทำความเย็น

1) สัมประสิทธิ์สมรรถนะในการทำความเย็น Coefficient of Performance (COP) คือการหาค่าที่ใช้แสดงประสิทธิภาพของการทำความเย็นสำหรับเครื่องปรับอากาศ

$$COP = \frac{Q}{W}$$

Q = ความสามารถในการทำความเย็น (kW)

W = ค่ากำลังงานที่ใช้ใน Compressor (kW)

2) ค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น

$$\frac{kW}{Ton}$$

kW = ค่ากำลังงานที่ใช้ใน Compressor (kW)

Ton = ความสามารถในการทำความเย็น (Ton)

3) ประสิทธิภาพพลังงาน Energy Efficiency Ratio (EER) คือค่าแสดงอัตราส่วนประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็นขนาดเล็ก เพื่อเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองพลังงาน ถ้าค่า EER ของเครื่องปรับอากาศมีค่าสูง แสดงว่าเครื่องปรับอากาศเครื่องนั้นยิ่งมีประสิทธิภาพในการทำความเย็นมาก

$$EER = \frac{Q}{W}$$

Q = ความสามารถในการทำความเย็น (W)

W = ค่ากำลังงานที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศ (W)

4) การหาอัตราค่าเฉลี่ยของความเร็วลม หาได้จากการวัดค่าอัตราการไหลของลมหลายๆแห่ง จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยอัตราการไหลของลมของเครื่องปรับอากาศ แล้วนำมาแทนค่าในสูตร

$$S = \frac{F1+F2+F3+F4+\cdots Fn}{N} \text{ (m/sec)}$$

S = ค่าเฉลี่ยอัตราการไหลของลม (m/sec)

F = ค่าอัตราการไหลของลม (m/sec)

N = จำนวนครั้งที่วัดอัตราการไหลของลม

5) การคำนวณขนาดทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่

$$Ton = \frac{F * (Tr - Ts)}{50.4} \quad (4)$$

Ton = ความสามารถในการทำความเย็นที่ภาระเต็มพิกัด (kW)

F = ปริมาณน้ำเย็นที่ไหลผ่านส่วนทำความเย็น (liter/m)

Tr = อุณหภูมิน้ำเย็นด้านเข้า (°C)

Ts = อุณหภูมิน้ำเย็นด้านออก (°C)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6) การคำนวณขนาดทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

$$Ton = \frac{0.342 * Q * (Hr - Hs)}{1{,}000}$$

Ton = ความสามารถในการทำความเย็น (kW)

Q = ปริมาณลมหมุนเวียนผ่านคอยล์เย็น (m^3/h)

Hr = Enthalpy ของลมกลับ (kJ/kg)

Hs = Enthalpy ของลมส่ง (kJ/kg)

2.1.2.4 หลักเกณฑ์เครื่องปรับอากาศของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย มีหลักเกณฑ์มาตรฐานสำหรับเครื่องปรับอากาศประหยัดไฟเบอร์ 5 ดังต่อไปนี้ (5)

1) ระดับประสิทธิภาพ เบอร์5 อัตราส่วนพลังงานมากกว่าหรือเท่ากับ 11.0 Btu per hour per watt (3.22 watt/watt)

2) ระดับประสิทธิภาพ เบอร์4 อัตราส่วนพลังงานมากกว่าหรือเท่ากับ 10.6 น้อยกว่า 11.0 Btu per hour per watt (≥3.111<3.22 watt/watt)

3) ระดับประสิทธิภาพ เบอร์3 อัตราส่วนพลังงานมากกว่าหรือเท่ากับ 9.6 น้อยกว่า 10.6 Btu per hour per watt (≥2.81<3.111 watt/watt)

4) ระดับประสิทธิภาพ เบอร์2 อัตราส่วนพลังงานมากกว่าหรือเท่ากับ 8.6 น้อยกว่า 9.6 Btu per hour per watt (≥ 2.52<2.81 watt/watt)

5) ระดับประสิทธิภาพ เบอร์1 อัตราส่วนพลังงานน้อยกว่า 8.6 Btu per hour per watt (<2.52 watt/watt)

2.1.2.5 ค่าประสิทธิภาพพลังงานสำหรับเครื่องทำน้ำเย็นระบบปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง

กฎกระทรวงตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่2) พ.ศ. 2550 ได้กำหนดค่าประสิทธิภาพพลังงานสำหรับเครื่องทำน้ำเย็นสำหรับระบบปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงในแต่ละประเภทต่างๆ จำเป็นต้องมีค่าประสิทธิภาพพลังงานดังต่อไปนี้ (6)

ตารางที่ 2-2 ค่าประสิทธิภาพพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง

ประเภทของเครื่องทำน้ำเย็นสำหรับระบบปรับอากาศ		ขนาดความสามารถในการทำความเย็นที่ภาระเต็มพิกัดของเครื่องทำน้ำเย็นสำหรับ	ค่าประสิทธิภาพพลังงาน (กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น)
ชนิดการระบายความร้อน	แบบของเครื่องอัด		
ระบายความร้อนด้วยอากาศ	ทุกแบบ	ทุกขนาด	1.12
ระบายความร้อนด้วยน้ำ	แบบลูกสูบ	ทุกขนาด	0.88
	แบบโรตารี	ทุกขนาด	0.7
	แบบสกรูหรือแบบสครอลล์	น้อยกว่า 300	0.67
	แบบแรงเหวี่ยง	ตั้งแต่ 300 ขึ้นไป	0.61

2.1.3 ระบบเครื่องสูบน้ำ หรือปั๊มน้ำ

2.1.3.1 ประเภทของเครื่องสูบน้ำ

เครื่องสูบน้ำเป็นอุปกรณ์ขับเคลื่อนของเหลวหรือก๊าซผ่านทางท่อ โดยการเพิ่มแรงดันและพลังงานให้แก่ของไหล แบ่งประเภทได้ออกเป็น

1) แบบ Positive Displacement ตัวอย่างเช่น แบบลูกสูบ แบบโรตารีเวน แบบไดอะแฟรม แบบเฟืองเป็นต้น

2) แบบ Non-Positive Displacement ตัวอย่างได้แก่ แบบหอยโข่ง ซึ่งเครื่องสูบแบบนี้เป็นแบบที่นิยมใช้กันและสามารถพบได้ในอาคารทั่วไป

2.1.3.2 กำลังและประสิทธิภาพของเครื่องสูบ

Chulalongkorn University

$$\eta = \frac{Q\Delta P}{W_{in}}$$

Q = อัตราการไหล (m^3/s)

ΔP = Total Dynamic Pressure (Pa)

W_{in} = กำลังงานไฟฟ้า (W)

η = ประสิทธิภาพของเครื่องสูบ มีหน่วยเป็น (%)

2.1.3.3 กฎของเครื่องสูบ (Affinity Law)

กฎของเครื่องสูบน้ำ ใช้บอกความสัมพันธ์ของตัวแปรค่าของเครื่องสูบน้ำ

$$\frac{Q1}{Q2} = \frac{N1}{N2}$$

$$\frac{H1}{H2} = \left[\frac{N1}{N2}\right]^2$$

$$\frac{P1}{P2} = \left[\frac{N1}{N2}\right]^3$$

Q = อัตราการไหล flow (liter per second)

N = ความเร็วของเครื่องสูบน้ำ pump speed (Hz)

H = แรงดัน head (m)

P = กำลัง power (kW)

2.1.4 มาตรการอนุรักษ์พลังงาน

1) เปลี่ยน ballast ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น การใช้ ballast ประสิทธิภาพสูงจะช่วยลดพลังงานที่ใช้งานและยังช่วยยืดอายุการใช้งานหลอดไฟด้วย

2) ติดตั้งโคมไฟที่เหมาะสม โคมไฟเป็นตัวช่วยสะท้อนแสงที่ผลิตออกมาจากหลอดไฟ ไปยังพื้นที่ที่ต้องการแสง ทำให้ลดการติดตั้งหลอดไฟเกินความจำเป็น

3) การติดเซือกกระตุกโคมไฟฟ้า เพื่อลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็น เมื่อไม่มีการใช้แสงไฟในบริเวณนั้น

4) มาตรการติดตั้งระบบ VSD กับเครื่องสูบน้ำเย็น เมื่อทำงานปรับลดอัตราการไหลของน้ำเย็นลงให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานจะช่วยลดพลังงานไฟฟ้าในส่วนปั๊มน้ำเย็นลงได้ ทำให้ลดการใช้พลังงาน

5) มาตรการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นให้มีประสิทธิภาพ เมื่อเครื่องทำน้ำเย็นมีการใช้งานเป็นระยะเวลานาน ทำให้อุปกรณ์เสื่อมลง ทำงานไม่ได้เต็มที่

6) มาตรการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพ เมื่อเครื่องปรับอากาศมีการใช้งานเป็นระยะเวลานาน ทำให้อุปกรณ์เสื่อมลง ทำงานไม่ได้เต็มที่

2.1.5 ทฤษฎีผลตอบแทน

1) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) คือผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลการประหยัดต้นทุนพลังงาน จากมาตรการในรูปตัวเงินที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละปีตลอดอายุของโครงการกับมูลค่าปัจจุบันของเงินที่จ่ายออกไป ภายใต้โครงการที่กำลังพิจารณาอัตราลดค่า (discount rate) หรือค่าของทุน (cost of capital) ที่กำหนดจากคำนิยามข้างต้นการคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิจะต้องทราบข้อมูลดังนี้ กระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิ กระแสเงินสดรับสุทธิรายปีตลอดอายุโครงการ ระยะเวลาของโครงการ อัตราลดค่าหรือค่าของทุนของธุรกิจ คำนวณได้จากสูตร

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{ES_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad (7)$$

n = อายุของโครงการ (ปี)

ES_t = ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ (Energy Cost Savings) รายปีตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึง n

I_0 = เงินจ่ายลงทุนตอนเริ่มโครงการ (Total Investment)

i = อัตราลดค่า (Discount Rate)

ค่าของทุนที่ใช้เป็นอัตราลดค่า (Discount Rate) จะมีค่าเดียวกันตลอดอายุโครงการและ ขึ้นอยู่กับอัตราดอกเบี้ยของตลาดที่ผู้ลงทุนเผชิญอยู่ซึ่งค่าที่เป็น base case อย่างน้อยควรมีค่าของทุนเท่ากับอัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำที่ผู้ลงทุนได้รับ

ในการเลือกโครงการค่า NPV จะแสดงให้เห็นว่าโครงการที่กำลังพิจารณามีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของการลงทุนเป็น มูลค่าเท่าไรเมื่อสิ้นสุดโครงการถ้าค่า NPV มีค่าเป็นบวกแสดงว่าโครงการดังกล่าวสมควรที่จะลงทุนและเลือกโครงการที่ให้ค่า NPV เป็นบวกสูงที่สุด แต่การใช้ NPV เพียงอย่างเดียวอาจทำให้มีข้อจำกัดในการตัดสินใจเลือกโครงการได้ ในกรณีที่โครงการมี ขนาด

ต่างกันแต่ให้ค่า NPV ที่เป็นบวกเท่ากัน ดังนั้นการตัดสินใจให้การสนับสนุนควรจะต้องนำเครื่องมืออื่นมาประกอบการ พิจารณาควบคู่ไปกับการใช้ค่า NPV

2) อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) หมายถึงอัตราลดค่า (Discount Rate) ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดที่คาดว่าจะต้องจ่ายในการลงทุนเท่ากับมูลค่าปัจจุบัน ของกระแสเงินสดที่คาดว่าจะได้รับจากการดำเนินการประหยัดพลังงานตลอดอายุโครงการจากคำนิยามข้างต้น การคำนวณหา อัตราผลตอบแทนลดค่าจะต้องทราบข้อมูลดังนี้ กระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิ กระแสเงินสดรับสุทธิรายปีตลอดอายุโครงการ ระยะเวลาของโครงการ จากสูตรภายใต้ข้อสมมติว่าไม่มีมูลค่าซากและเงินลงทุนสุทธิเท่ากับต้นทุนทางบัญชี

$$-I_0 + \sum_{t=1}^{n} \frac{ES_t}{(1+IRR)^t} = 0 \quad (8)$$

n = อายุของโครงการ (ปี)

ES_t = ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ (Energy Cost Savings) รายปีตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึง n

I_0 = เงินจ่ายลงทุนตอนเริ่มโครงการ (Total Investment)

IRR = อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return)

การคำนวณหาค่า IRR ก็คือการหาค่า Discount Rate ที่ทำให้ NPV มีค่าเท่ากับศูนย์ นั่นเองถ้าค่า IRR มากกว่า หรือ เท่ากับค่าของทุน Discount Rate (i) ที่ผู้ลงทุนเลือกใช้เป็นจุดตัดสินใจก็ถือได้ว่า โครงการ ดังกล่าวเป็นโครงการที่น่าลงทุนโดยทั่วไปแล้วทั้งวิธีในการประเมินโครงการจากค่า IRR และ NPV จะให้ผลการตัดสินใจรับโครงการหรือปฏิเสธโครงการเป็นไปในทำนองเดียวกันแต่ในบางกรณี ที่ใช้ข้อสมมติ เช่น การนำเงินที่ได้ในแต่ละปีไปลงทุนใหม่ (Reinvestment) หรือการใช้วิธีหักค่าเสื่อมราคา แบบ Double-Declining Balance Method แทนแบบ Straight Line-Method ก็อาจทำให้คำตอบ ที่ได้จากทั้ง 2 วิธีขัดแย้งกันได้ ดังนั้นการพิจารณาประเมินโครงการลงทุนจากทั้ง 2 วิธี จึงต้องคำนึงถึงข้อสมมติที่ใช้ในการคำนวณด้วย

3) เวลาคืนทุนคิดลด (Discounted Payback Period: DPB) คือ การคำนวณหาจุดคุ้มทุนของการลงทุน โดยคำนวณจากระยะเวลาคืนทุน หลังจากมีการลงทุน คำนวณจากกระแสเงินสดสะสมที่จะได้รับในอนาคตหลังจากแปลงค่าให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน (Present Value of Cash Flows) คำนวณเวลาคืนทุนได้จากจำนวนงวดก่อนคืนทุนบวกกับมูลค่าปัจจุบันของเงินส่วนที่ยังไม่ได้คืนทุนหารมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดที่เกิดขึ้นในปีที่คืนทุน

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550) ได้กำหนดขั้นตอนแนวทางในการอนุรักษ์ เพื่อให้เจ้าของโรงงานและอาคารควบคุมต้องดำเนินการจัดการพลังงาน ให้เป็นไปตามมาตรฐานตามที่กฎกระทรวงกำหนดขึ้น โดยมีหลักเกณฑ์และวิธีการจัดการพลังงานวิธีการจัดการพลังงานประกอบด้วย 8 ขั้นตอนดังนี้ (9)

1) การจัดให้มีคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน

2) การประเมินสถานการณ์จัดการเบื้องต้น

3) กำหนดนโยบายอนุรักษ์พลังงานและเผยแพร่ประชาสัมพันธ์

4) การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน

5) กำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานรวมทั้งแผนฝึกอบรม

6) ดำเนินการตามแผนฯและตรวจสอบวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมาย

7) ตรวจติดตามประเมินระบบการจัดการพลังงาน

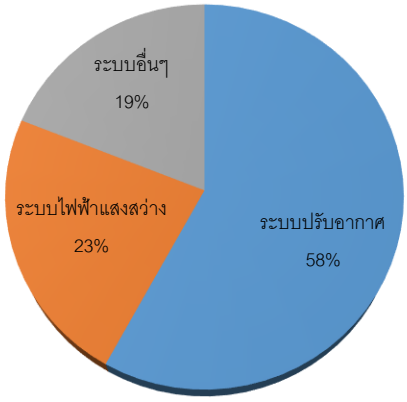
8) การทบทวนวิเคราะห์แก้ไขระบบ

2.2.2 ดัชนีการใช้พลังงานในโรงพยาบาล

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน(10)ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการใช้พลังงานในอาคารประเภทโรงพยาบาล โดยจากข้อมูลรายงานแสดงการใช้ไฟฟ้าในระบบต่างๆของอาคารควบคุมปี 2546 ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน พบว่าการใช้พลังงานต้นในระบบปรับอากาศเป็นระบบที่ใช้พลังงานสูงสุดถึง 58% ตามมาด้วยระบบแสงสว่าง 23% และระบบอื่นๆ 19% ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากข้อมูลเบื้องต้นแล้ว พบว่าการใช้พลังงานของโรงพยาบาล มีการใช้พลังงานกับระบบปรับอากาศและระบบแสงสว่างเป็นหลัก ดังนั้นเพื่อทำการปรับปรุงการใช้พลังงานภายในอาคารโรงพยาบาลจึงจำเป็นต้องมุ่งเน้นไปที่การจัดการพลังงาน 2 ระบบนี้

ตารางที่ 2-3 การใช้พลังงานในระบบต่างๆของอาคารควบคุมประเภทโรงพยาบาล

แสดงการใช้พลังงานในระบบต่าง ๆของอาคาร
ควบคุมประเภทโรงพยาบาล



(10)

ในการประเมินการค่าพลังงานอาคาร มีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาที่เรียกว่า Specific Energy Consumption (SEC) เพื่อใช้ในการหาค่าพลังงานที่ใช้ในอาคารแต่ละประเภท สำหรับอาคารประเภทโรงพยาบาลสามารถประเมินค่าพลังงานที่ใช้ในอาคาร ได้โดยการนำปริมาณคนไข้ในต่อปีมาใช้ในการวัดค่า โดยการนำปริมาณการใช้พลังงานของอาคารโรงพยาบาล ปริมาณพื้นที่ปรับอากาศและปริมาณคนไข้ในที่รักษามาเป็นค่าตัวแปรในการวัด เพื่อหาค่าพลังงานเฉลี่ยตลอดปีที่ใช้งาน ต่อคนไข้ 1 คน/วัน ต่อเตียงวัน เขียนออกมาในรูปแบบสมการได้ดังนี้

$$SEC\ of\ Hospital = \frac{Total\ Energy\ Consumption\ in\ Year}{Amount\ of\ IPD\ in\ Year} = \text{MJ/Bed-Day (in Year)}$$

สมการนี้เป็นดัชนีชี้วัดในการใช้พลังงานต่อหน่วยในการรักษาคนไข้เท่าไหร่ ยิ่งคนไข้มีจำนวนมาก ค่าเกณฑ์การใช้พลังงานยิ่งลดลง การที่ใช้ค่าพลังงาน MJ/Bed-Day ก็เพื่อนำผลที่ได้มาเป็นเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงาน ซึ่งข้อจำกัดในการวัดค่าพลังงานในอาคารโรงพยาบาล มีข้อจำกักเนื่องด้วยปัจจัยจากขนาด และบริการที่แตกต่างกันในแต่ละโรงพยาบาล จากข้อมูลในช่วงปี 2546-2548 รวบรวมจาก โรงพยาบาล 198 แห่ง พบว่าค่าเฉลี่ยของ SEC อยู่ที่ 441 MJ/Bed-Day ค่าต่ำสุดอยู่ที่ 17 MJ/Bed-Day ค่า SEC สูงอยู่ที่ 4,064 MJ/Bed-Day

เมื่อพิจารณาข้อมูลแยกเป็นส่วนโรงพยาบาลรัฐและโรงพยาบาลเอกชนได้เบื้องต้นพบว่าค่าการใช้พลังงานของโรงพยาบาลรัฐมีค่า SEC ที่ต่ำกว่าโรงพยาบาลเอกชนอยู่มาก โดยค่า SEC ของโรงพยาบาลรัฐบาลพบว่าค่าเฉลี่ยของ SEC อยู่ที่ 262 MJ/Bed-Day ค่าต่ำสุดอยู่ที่ 17 MJ/Bed-Day ค่า SEC สูงอยู่ที่ 2,481 MJ/Bed-Day ส่วนค่า SEC ของโรงพยาบาลเอกชน มีค่าเฉลี่ยของ SEC อยู่ที่ 625 MJ/Bed-Day ค่าต่ำสุดอยู่ที่ 138 MJ/Bed-Day ค่า SEC สูงอยู่ที่ 4,064 MJ/Bed-Day

2.2.3 การบริหารการใช้พลังงานและมาตรการประหยัดพลังงานของอาคารประเภทโรงพยาบาล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สุนิชญา รักธรรมมั่น: “การบริหารการใช้พลังงานและมาตรการประหยัดพลังงานของอาคารประเภทโรงพยาบาล”(11)ได้กล่าวถึงผลจากจากสอบถามงานวิจัยพบว่าค่าเฉลี่ยในการใช้พลังงานโดยเฉลี่ยแต่ละระบบ พบว่า ระบบที่ใช้พลังงานมากที่สุด คือ ระบบปรับอากาศ 58% ระบบแสงสว่าง 20% และระบบอื่นๆ เช่น ลิฟต์ กล้องวงจรปิด จอโทรทัศน์ และบันไดเลื่อน 22% ดังนั้นหากต้องการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า โรงพยาบาลควรจะเน้นมาตรการทางด้านระบบปรับอากาศมากที่สุด

โดยแนวทางที่จะส่งผลให้การอนุรักษ์พลังงานประสบผลสำเร็จมีขึ้นอยู่กับปัจจัยภายในและภายนอก

ปัจจัยภายใน จำนวนผู้ใช้บริการ จำนวนอาคาร และอายุการใช้งานของแต่ละอาคาร ผังอาคาร ประเภทขององค์กร ว่าเป็นภาครัฐหรือภาคเอกชน ทัศนคติของผู้บริหาร การวางนโยบายและการจัดการ

ปัจจัยภายนอก นโยบาย กฎระเบียบ กฎหมายของภาครัฐ สภาพภูมิ อากาศ ฤดูกาล วิธีการคำนวณค่าไฟฟ้าแบบ TOU หรือ TOD

2.2.4 การควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงแรม

กันต์ธร เก่งพล: “การควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงแรม กรณีศึกษา: “โรงแรมขนาดกลางและขนาดเล็ก”(12)ได้สรุปผลงานวิจัยไว้ว่าปัจจัยที่จะส่งผลให้มาตรการประหยัดพลังงานสำเร็จลุล่วงได้ มีปัจจัยมาจากความเป็นไปได้ของการปฏิบัติงาน การคุ้มค่าต่อการลงทุน ความสามารถในการประหยัดพลังงานสูง มีการบำรุงที่ไม่ซับซ้อน อายุการใช้งาน โดยแต่ละโรงแรมที่เข้าไปทำการศึกษาจะมีความเหมาะสมในการจัดการที่แตกต่างกัน โดยสามารถแยกวิธีการในการประหยัดได้ดังนี้

1) ระบบปรับอากาศ

ระบบ Chiller ตรวจดูประสิทธิภาพการทำงานและควบคุมระบบทำความร้อนและทำความเย็นให้สมดุลกันในขณะที่ Chiller ทำความเย็น ควรให้ Cooling Tower ระบายความร้อนคิดเป็นปริมาณใกล้เคียงกันด้วย

- ระบบ Split Type ควรทำความสะอาดผิว Condenser และ Filter สม่ำเสมอ เพื่อให้อุปกรณ์ทำงานได้มีประสิทธิภาพสูงสุด

2) ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

- เปลี่ยนหลอดไฟจาก Incandescent เป็นหลอด Compact Florescent สามารถลดการใช้ไฟได้ถึง74%

- เปลี่ยน Ballast ธรรมดาเป็น ballast low loss สามารถลดการสูญเสียพลังงานได้ถึง 40%

3) ระบบมอเตอร์ ยังไม่มีวิธีที่เหมาะสมต่อการลงทุน

4) หม้อแปลงไฟฟ้า

- ปรับ Tap หม้อแปลงไฟฟ้า ปรับแรงดันไฟฟ้าด้านทุติยภูมิให้เหมาะกับการใช้งาน

- การติดตั้ง Capacitor เพื่อเพิ่มค่า Power Factor ของหม้อแปลงและลด Loss ของหม้อแปลงลง

ในการวางแผนเพื่อควบคุมการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพ มีขั้นตอนดำเนินงานเริ่มจากการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับการใช้พลังงานทั้งหมด เพื่อนำมาวิเคราะห์หาวิธีการที่เหมาะสมในการประหยัดพลังงานของแต่ละโรงแรม โดยมีปัจจัยในการตัดสินใจดำเนินมาตรการ ดังต่อไปนี้

- ความเป็นไปได้ในการปฏิบัติ เช่น การติดตั้งอุปกรณ์มีผลกระทบต่อการใช้งานระบบอื่นๆ หรือไม่

- ความคุ้มค่าต่อการลงทุน

- ความสามารถในการประหยัดพลังงาน

- วิธีการดูแลบำรุงรักษา

- อายุการใช้งาน

สรุปผลงานวิจัยได้ว่าในการพิจารณาวางมาตรการดำเนินการก่อนหลังนั้น ควรพิจารณา เริ่มจากมาตรการที่ไม่มีการลงทุน โดยการบำรุงรักษา มาตรการต่อไปก็คือ มาตรการที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานสูง ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ระบบปรับอากาศ และพิจารณาถึงความเป็นไปได้ และค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นในการปรับปรุงระบบ

2.2.5 การพัฒนาระบบการจัดการพลังงานสำหรับอาคารรัฐวิสาหกิจ

อรรณพ วรรณทองศรี: “การพัฒนาระบบการจัดการพลังงานสำหรับอาคารรัฐวิสาหกิจ”(13)จากการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังจากทำการพัฒนาระบบจัดการพลังงาน พบว่าค่าการใช้งานพลังงานจำเพาะ (SEC) มีประสิทธิภาพดีขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อนำค่าประสิทธิภาพของอุปกรณ์ในแต่ละประเภทไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่กฎกระทรวงตั้งไว้ พบว่าค่าที่ประสิทธิภาพของอุปกรณ์มีค่าสูงขึ้น แต่ยังมีบางส่วนที่ค่าต่ำกว่ามาตรฐาน เนื่องจากอุปกรณ์มีอายุการใช้มานานแล้ว

ในการที่จะทำให้ระบบการจัดการพลังงานประสบผลสำเร็จนั้น มีความเป็นที่ผู้บริหารต้องให้การสนับสนุนอย่างจริงจัง ได้วิธีการต่างๆ เช่น

- จัดให้การอบรมด้านการอนุรักษ์พลังงาน

- การประชาสัมพันธ์

- สร้างแรงจูงใจ โดยการให้รางวัลแก่พนักงาน

- ทำการประเมินผลการระบบ วิเคราะห์ หาจุดแข็ง จุดอ่อน

- ติดตั้งอุปกรณ์วัดข้อมูลการใช้พลังงาน

สรุปผลการวิจัยจากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม ตั้งแต่ช่วง ปี พ.ศ. 2547 ถึง ปี พ.ศ. 2551 อาคารมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการสร้างอาคารเพิ่ม ในปีพ.ศ. 2548 และใช้งานในปี พ.ศ. 2551 ทำให้ปริมาณการใช้ไฟฟ้ารวมเพิ่มสูงขึ้น แต่หากพิจารณาจากผลการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) พบว่าอัตราใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ลดน้อยลง โดยก่อนทำการวิจัย ค่า SEC เฉลี่ยอยู่ที่ 65.24 MJ/m^2 หลังจากทำการวิจัยค่า SEC ลดลงอยู่ที่ 53.51 MJ/m^2 และเมื่อ

เปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉพาะ ระหว่างปี พ.ศ. 2551 และ พ.ศ. 2552 พบว่ามีปริมาณการใช้ไฟฟ้าลดลง371,395.50 kWh/Year หรือคิดเป็นจำนวนเงินได้ 633,554.93 บาท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนในการศึกษาวิจัยงานชิ้นนี้ มีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าภายในโรงพยาบาลเจ้าพระยายมราชเป็นกรณีศึกษาซึ่งโรงพยาบาลเจ้าพระยายมราช เป็นโรงพยาบาลศูนย์ประจำจังหวัด ขนาด 602 เตียง เปิดทำการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2469 มีอาคารทั้งหมด 12 อาคาร อายุการใช้งานอาคารเริ่มตั้งแต่ 14-89 ปี มีการติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้า 4 ประเภท ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ทำการศึกษาการใช้ไฟฟ้าระบบการทำความเย็นซึ่งอุปกรณ์มีอายุการใช้งานเป็นเวลานานมากกว่า 10 ปี เช่น เครื่องทำน้ำเย็นระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนติดตั้ง และระบบแสงสว่าง ในงานวิจัยนี้ได้นำมาตรการด้านการอนุรักษ์พลังงาน ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550) มาใช้และผู้วิจัยได้ทำการตรวจวัด จัดเก็บข้อมูลจากกรณีศึกษา โดยมีเครื่องมือและอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

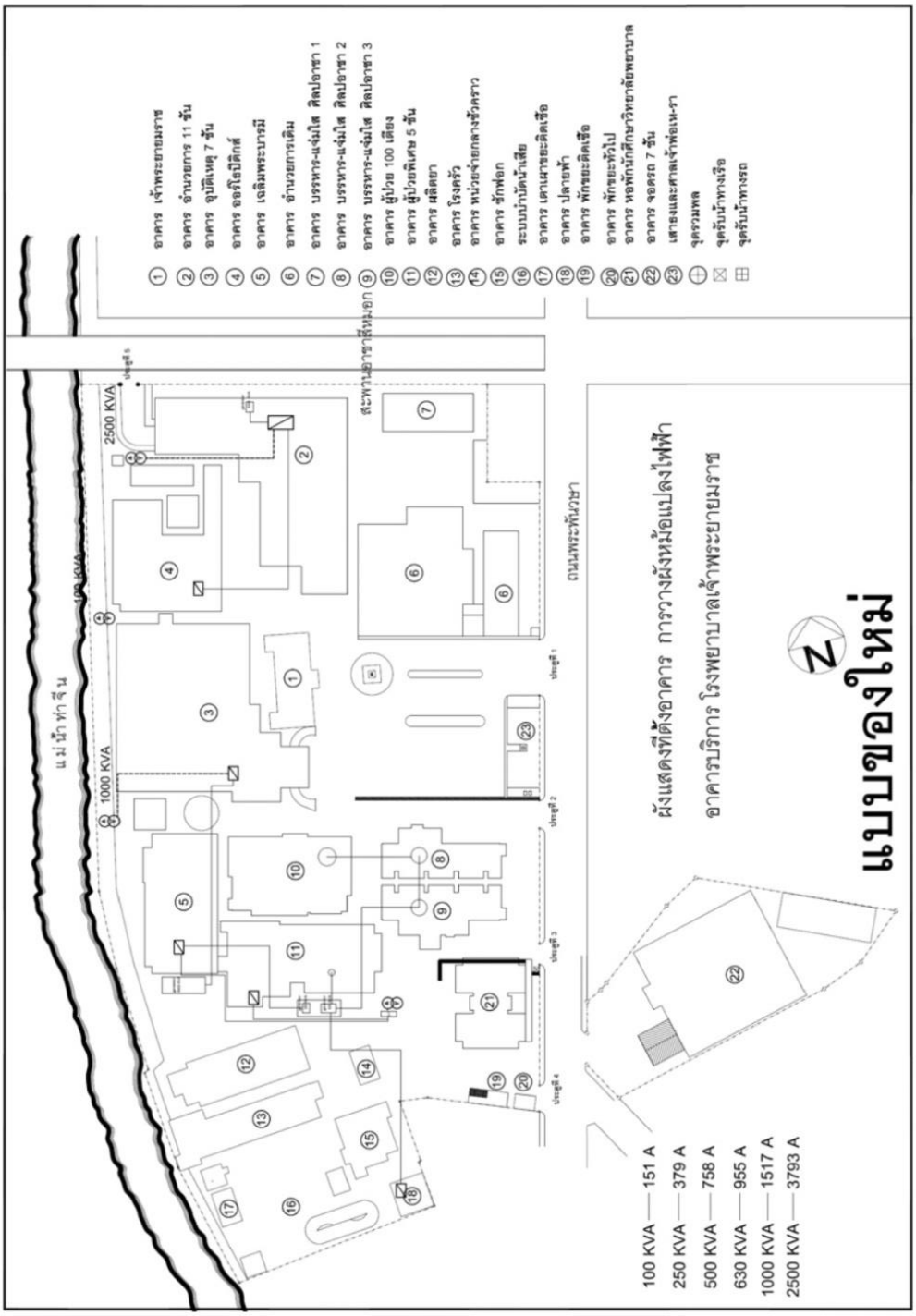
3.1 กำหนดแนวทางวิจัย

3.2 ศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานเบื้องต้น

3.3 ศึกษาระบบการจัดการพลังงานของกรณีศึกษา

3.4 เก็บข้อมูลงานวิจัยเพื่อกำหนดแนวทางอนุรักษ์พลังงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 3.1 ผังแสดงที่ตั้งอาคาร การวางผังหม้อแปลงไฟฟ้า อาคารบริการ โรงพยาบาลเจ้าพระยายมราช

3.1 กำหนดแนวทางวิจัย

เริ่มงานวิจัยโดยทำการศึกษากฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานหลักเกณฑ์ และวิธีการในการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. 2552 โดยกฎกระทรวงการจัดการพลังงานฉบับนี้ได้มีการประกาศในราชกิจจานุเบกษา เมื่อวันที่ 23 กรกฎาคม พ.ศ. 2552 ซึ่งมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 20 พฤศจิกายน พ.ศ. 2552 โดยโรงงาน/อาคารควบคุมต้องมีดำเนินและพัฒนาการวางแผนการจัดการพลังงาน จำเป็นต้องจัดส่งผลการตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงานภายในเดือนมีนาคมของทุกปี รวมไปถึงจัดการให้มีการตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงาน โดยผู้ตรวจสอบพลังงานที่ขึ้นทะเบียนกับกรมพัฒนาพลังงานและอนุรักษ์พลังงานและส่งรายงานการตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงานให้กับกรมพัฒนาพลังงานและอนุรักษ์พลังงาน โดยนำกฎกระทรวงมาเพื่อเป็นกรอบในการวางแผนดำเนินงานวิจัย วิเคราะห์และติดตามผลในการดำเนินแผนงานอนุรักษ์พลังงานให้กับกรณีศึกษา

ดำเนินการวางแผนจัดการพลังงานของอาคารควบคุมของกรณีศึกษาให้เป็นไปตามขั้นตอน 8 ข้อของกฎกระทรวงการจัดการพลังงาน อันได้แก่

1) การกำหนดโครงสร้างหน่วยงานด้านการจัดการพลังงาน
2) การประเมินสถานการณ์เบื้องต้น
3) กำหนดนโยบายอนุรักษ์พลังงานและเผยแพร่ประชาสัมพันธ์
4) การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน
5) กำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน รวมถึงแผนการฝึกอบรม
6) ดำเนินการแผนงานที่ตั้งไว้
7) ตรวจติดตาม ประเมินระบบการจัดการพลังงาน
8) การทบทวน วิเคราะห์ แก้ไขระบบ

3.2 ศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานเบื้องต้น มาตรการการอนุรักษ์พลังงานของกรณีศึกษา

3.2.1 ข้อมูลเบื้องต้นของโรงพยาบาล

ชื่ออาคาร โรงพยาบาลเจ้าพระยายมราช

ชื่อนิติบุคคล สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข

ที่อยู่ 950 ถนนพระพันวษา ตำบลท่าพี่เลี้ยง อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี

อายุอาคาร (อาคารที่พักคนไข้และอาคารสนับสนุนบริการ)	14-89 ปี
พื้นที่โดยรวมทั้งหมดของอาคาร	60,548 ตารางเมตร
แบ่งเป็นพื้นที่ใช้สอยทั้งหมด	51,383 ตารางเมตร
พื้นที่ปรับอากาศ	35,765 ตารางเมตร
พื้นที่ไม่ปรับอากาศ	15,618 ตารางเมตร
พื้นที่จอดรถ	9,156 ตารางเมตร
ข้อมูลการใช้งานอาคาร (ปีพ.ศ. 2555-2557)	
จำนวนผู้ใช้งาน (เจ้าหน้าที่)	1,525 คน
เวลาทำการ	วันจันทร์ถึงอาทิตย์
ชั่วโมงการทำงาน	8,760 ชั่วโมงต่อปี

3.2.2 การใช้ไฟฟ้าในแต่ละประเภทของโรงพยาบาล

โรงพยาบาลเจ้าพระยายมราช แบ่งประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าได้ ออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ อัตราปกติ 2.1.1 อัตราปกติ 3.1.2 อัตรา TOU 3.2.2 และอัตรา TOU 4.2.2

1) อัตราปกติ 2.1.1 ประเภท2 กิจการขนาดเล็ก สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ ธุรกิจรวมกับที่อยู่อาศัย อุตสาหกรรม หน่วยงานราชการ สำนักงาน องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ ตลอดบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ โดยผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว แรงดัน 12-24 กิโลโวลต์ อัตราค่าไฟ 3.4230 บาทต่อหน่วย ค่าบริการ 312.24 บาทต่อเดือน

2) อัตราปกติ 3.1.2 ประเภทกิจการขนาดกลาง สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม หน่วยงานราชการ สำนักงาน องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติและสถานที่ทำการขององค์กรระหว่างประเทศ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ตั้งแต่ 30 ถึง 999 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการใช้พลังไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน ไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว แรงดัน 69 กิโลโวลต์ ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า 175.70 บาทต่อกิโลวัตต์ อัตราค่าไฟ 2.6506 บาทต่อหน่วย ค่าบริการ 312.24 บาทต่อเดือน

ในการคิดความต้องการพลังไฟฟ้า(Demand Change)ของแต่ละเดือน จะคิดจากความต้องการพลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในรอบเดือน เศษของกิโลวัตต์ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์คิดค่าเป็น 1 กิโลวัตต์ ในขณะที่เศษที่ไม่ถึง 0.5 ทิ้งจะถูกตัดทิ้ง

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด ต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ70 ของค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (Demand Change) ที่สูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา

3) อัตรา TOU 3.2.2 สำหรับการคิดค่าไฟแบบ TOU (Time of Use Tariff: TOU Tariff) คือ การคิดค่าไฟสำหรับกิจการขนาดกลางไม่ต่างกับอัตราปกติ 3.1.2 โดยคิดค่าไฟตามช่วงเวลาการใช้งาน โดยแบ่งช่วงเวลาการใช้ไฟได้ดังต่อไปนี้

On Peak: 09.00-22.00 วันจันทร์ถึงวันศุกร์

Off Peak: 22.00-09.00 วันจันทร์ถึงวันศุกร์

: 00.00-24.00 วันเสาร์ วันอาทิตย์ วันหยุดราชการตามปกติ ไม่รวมวันหยุดชดเชยและวันพืชมงคล

การคิดไฟอัตรา TOU 3.2.2 สำหรับค่าแรงดัน 12-24 กิโลวัตต์โวลต์ แบ่งออกเป็นช่วงค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า 132.93 บาทต่อกิโลวัตต์ ค่าพลังงานไฟฟ้า 3.6796 บาทต่อหน่วย ในช่วง On Peak และไม่คิดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า และคิดค่าพลังงานไฟฟ้า 2.1760 ในช่วง Off Peak ค่าบริการรายเดือน 312.24 บาทต่อเดือน

4) อัตรา TOU 4.2.2 ประเภทกิจการขนาดใหญ่ สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม หน่วยงานราชการ สำนักงาน องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติและสถานที่ทำการขององค์กรระหว่างประเทศ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป และมีปริมาณการใช้พลังไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว แรงดัน 12-24 กิโลโวลต์ สำหรับค่าแรงดัน 12-24 กิโลวัตต์โวลต์ แบ่งออกเป็นช่วงค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า 132.93 บาทต่อกิโลวัตต์ ค่าพลังงานไฟฟ้า 3.6796 บาทต่อหน่วย ในช่วง On Peak และไม่คิดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า และคิดค่าพลังงานไฟฟ้า 2.1760 ในช่วง Off Peak ค่าบริการรายเดือน 312.24 บาทต่อเดือน แบ่งช่วงเวลาการใช้ไฟได้ดังต่อไปนี้

On Peak: 09.00-22.00 วันจันทร์ถึงวันศุกร์

Off Peak: 22.00-09.00 วันจันทร์ถึงวันศุกร์

: 00.00-24.00 วันเสาร์ วันอาทิตย์ วันหยุดราชการตามปกติ ไม่รวมวันหยุดชดเชย และวันพืชมงคล(14)

ตารางที่ 3-1 ตารางมิเตอร์ไฟฟ้าและหม้อแปลงไฟฟ้าแยกตามอาคาร

ลำดับที่	หมายเลขผู้ใช้ไฟฟ้า	รหัสเครื่องวัดไฟฟ้า	ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า	อัตราการใช้ไฟฟ้า	การติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า		อาคารที่ใช้งาน
					ขนาด	จำนวน	
1	9823-020002737928	23051313	4.2.2	TOU	2,500	1	อาคารอำนวยการ 11 ชั้น
							อาคารออร์โธปิดิกส์
					1,000	1	อาคารอุบัติเหตุ 7 ชั้น
							อาคารเจ้าพระยายมราช
					630	1	อาคารเฉลิมพระบารมี
					500	1	อาคารบรรหาร-แจ่มใส 2
							อาคารบรรหาร-แจ่มใส 3
							อาคารผู้ป่วย 100 เตียง
							อาคารผู้ป่วยพิเศษ 5 ชั้น
					500	1	อาคารหน่วยจ่ายกลางชั่วคราว
							อาคารซักฟอก
							ระบบบำบัดน้ำเสีย
							อาคารเตาเผาขยะติดเชื้อ
							อาคารปลายฟ้า
							อาคารพักขยะติดเชื้อ
							อาคารพักขยะทั่วไป
2	9804 020002956425	23052093	3.2.2	TOU	500	1	อาคารอำนวยการเดิม
3	9011 020002953258	27684219	3.1.2	ปกติ	250	1	อาคารหอพักแพทย์และพยาบาล
4	9011 020002956336	D 680080	2.1.1	ปกติ	250	1	อาคารลานจอดรถ
รวม					**6130 kVA**		

ตารางที่ 3-2 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโรงพยาบาลในแต่ละอัตราของปี 2557 ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนตุลาคม (9 เดือน)

เดือน	หน่วยการใช้ไฟฟ้า (kWh)					รวมค่าใช้จ่าย (บาท)	ค่าไฟ (หน่วย/บาท)
	4.2.2 TOU	3.2.2 TOU	3.1.2	2.1.1	รวม		
มกราคม	294,840.00	19,232.00	24,830.06	6,020.00	344,922.06	1,469,472.47	4.26
กุมภาพันธ์	372,840.00	21,888.00	33,070.04	6,559.20	434,357.24	1,834,621.22	4.22
มีนาคม	494,880.00	28,016.00	46,273.73	8,391.20	577,560.93	2,422,378.53	4.19
เมษายน	525,780.00	27,472.00	51,840.49	8,693.60	613,786.09	2,552,754.10	4.16
พฤษภาคม	571,980.00	31,208.00	58,623.88	9,307.20	671,119.08	2,821,120.79	4.20
มิถุนายน	523,260.00	29,720.00	52,248.48	8,602.40	613,830.88	2,648,870.79	4.32
กรกฎาคม	512,820.00	27,248.00	48,485.91	8,056.80	596,610.71	2,567,696.62	4.30
สิงหาคม	466,560.00	27,328.00	46,321.06	7,970.40	548,179.46	2,344,921.30	4.28
กันยายน	472,200.00	21,184.00	45,139.49	7,600.00	546,123.49	2,370,033.16	4.34
ตุลาคม	477,240.00	912.00	44,497.29	7,676.80	530,326.09	2,281,658.01	4.30
รวม	4,712,400.00	234,208.00	451,330.43	78,877.60	5,476,816.03	23,313,526.99	-
เฉลี่ย	471,240.00	23,420.80	45,133.04	7,887.76	547,681.60	2,331,352.70	4.26

3.2.3 ข้อมูลการใช้พลังงานของโรงพยาบาล

ตารางที่ 3-3 ข้อมูลการใช้พลังงานโดยรวมทั้งปีของปี พ.ศ. 2555-2557

ปี (พ.ศ.)	พลังงานไฟฟ้า (kWh/ปี)	พลังงานความร้อน (MJ/ปี)	พลังงานรวม= พลังงานไฟฟ้า*3.6+ พลังงานความร้อน (MJ/ปี)	พลังงานรวม 55-57 (MJ/เตียง-วัน)
2555	7,852,401.04	1,602,480.00	29,871,123.74	149.36
2556	6,743,557.60	1,689,888.00	25,966,695.36	129.83
2557	5,828,282.40	1,515,072.00	22,496,888.64	112.48
ค่าเฉลี่ย	**6,808,080.35**	**1,602,480.00**	**26,111,569.25**	**130.56**

*โรงพยาบาลศูนย์ประจำจังหวัดมีเตียงผู้ป่วยจำนวน 602 เตียง

โดยในปี 2556 ทางโรงพยาบาลได้ดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงานดังต่อไปนี้

1) มาตรการเปลี่ยนหลอดไฟจากเดิมใช้หลอดไฟ T8 เปลี่ยนเป็นหลอดไฟ T5 จำนวน 5,600 หลอด สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 306,600 kWh

2) มาตรการปลดหลอดไฟบริเวณทางเดินทั้งหมด 238 หลอด สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 31,921 kWh มาตรการติดตั้งสวิทซ์กระตุก จำนวน 152 จุด สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 2,874 kWh

3) มาตรการทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 600,000 kWh

รวมทั้งหมด 3 มาตรการสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าลดลงได้ 909,474 kWh ส่วนที่เหลือจำนวน 199,370 kWh เป็นการประหยัดพลังงานจากการมีส่วนรวมในการประหยัดพลังงานของพนักงาน

ส่วนในปี 2557 ทางโรงพยาบาลได้ดำเนินมาตรการเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

1) มาตรการลดเวลาการใช้งานเครื่องปรับอากาศหนึ่งชั่วโมงจำนวน 216 เครื่อง สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 190,190 kWh

2) มาตรการลดเวลาการทำงานปั้มเติมอากาศบ่อน้ำเสีย สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 25,053 kWh

3) มาตรการติดตั้งสวิทซ์กระตุก จำนวน 319 จุด สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 7,644 kWh มาตรการทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 607,000 kWh

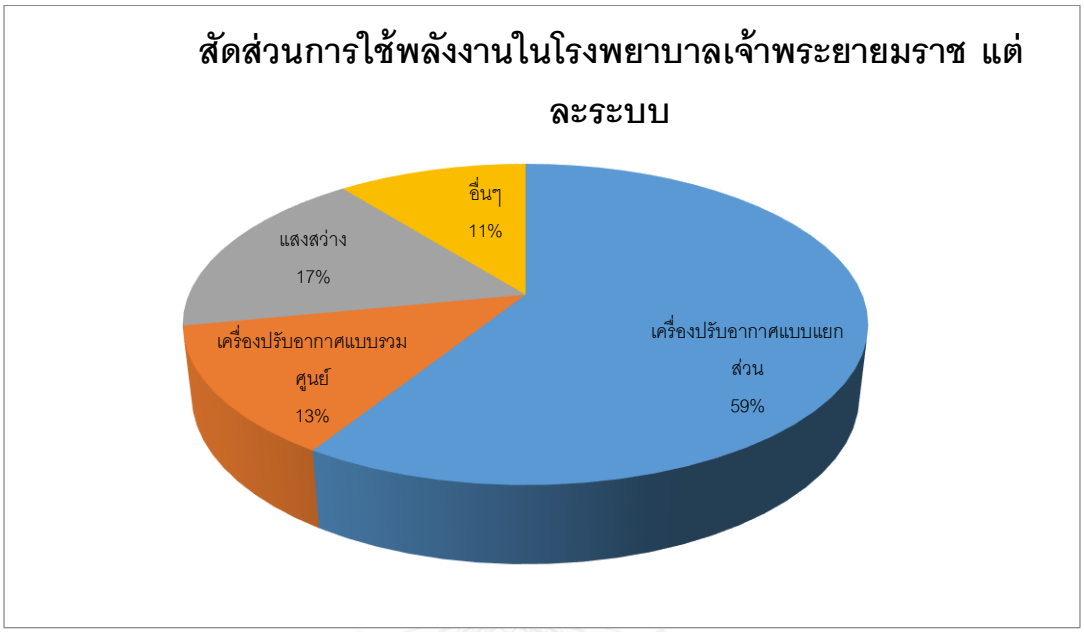
รวมทั้งหมด 3 มาตรการสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าลดลงได้ 822,243 kWh ส่วนที่เหลือจำนวน 93,032 kWh เป็นการประหยัดพลังงานจากการมีส่วนรวมในการประหยัดพลังงานของพนักงาน

ในการดำเนินมาตรการต่างๆนั้นช่วยให้โรงพยาบาลสามารถลดการใช้งานได้ถึง 13% ในปี 2556 และลดการใช้พลังงานได้ 13.3% ในปี 2557 มีดัชนีการใช้พลังงานเฉลี่ย 127.15 MJ/bed-day (15) ซึ่งต่ำกว่าดัชนีการใช้พลังงานเฉลี่ยของโรงพยาบาลรัฐซึ่งมีค่าอยู่ที่ 262 MJ/bed-day (10)

ภายในโรงพยาบาลเจ้าพระยายมราชแบ่งการใช้พลังงานในแต่ละระบบได้ออกเป็นสัดส่วน การใช้พลังงานพลังงานระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ 510,241.56 kWh/Year

ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน 4,637,717.51 kWh/Year ระบบแสงสว่าง 1,445,462.60 kWh/Year และระบบอื่นๆ เช่น ระบบเครื่องสูบน้ำ ระบบไอน้ำ ใช้ในเครื่องมือแพทย์เป็นต้น 666,149 kWh/Year สามารถสร้างเป็นกราฟได้ตามรูปภาพด้านล่าง

ตารางที่ 3-4 สัดส่วนการใช้พลังงานทั้งหมดในแต่ละระบบในโรงพยาบาลเจ้าพระยายมราช



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.4 ข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้าระบบแสงสว่างและระบบปรับอากาศ

ตารางที่ 3-5 ข้อมูลหลอดไฟที่ติดตั้งภายในโรงพยาบาลเจ้าพระยายมราช

อาคาร	ชนิดหลอด	ขนาด (watt)	จำนวน (หลอด)	รวม (watt)
อาคารอำนวยการ 11 ชั้น	T5	28	1,430	40,040
	T8	18	2,637	73,836
	T8	36	1,361	62,606
	CFL	7	198	1,386
	CFL	9	108	972
	CFL	11	16	176
	CFL	50	12	600
	CFL	60	56	3,360
อาคารอุบัติเหตุ 7 ชั้น	T5	28	1,936	54,208
	T8	18	412	11,536
	T8	36	215	9,890
	CFL	10	9	90
	CFL	25	40	1,000
อาคารพิเศษ 5 ชั้น	T5	28	266	7,448
	T8	18	378	10,584
	T8	36	227	10,442
	CFL	9	155	1,395
อาคารบรรหาร-แจ่มใส 1	T5	28	16	448
อาคารบรรหาร-แจ่มใส 2	T5	28	16	448
	T8	18	43	1,204
	T8	36	26	1,196
อาคารบรรหาร-แจ่มใส 3	T5	28	104	2,912
	T8	18	153	4,284
	T8	36	13	598
อาคารเฉลิมพระเกียรติบารมี	T5	28	920	25,760
	T8	18	1,054	29,512
อาคารอำนวยการเก่า	T5	28	462	12,936
	T8	18	54	1,512
	T8	36	245	11,270
อาคารจอดรถ 7 ชั้น	T5	28	28	784
ห้องปลายฟ้า	T5	28	18	504
ห้องกู้ชีพ	T5	28	8	224
อาคารศัลยกรรม	T5	28	212	5,936
	T8	18	58	1,624
	T8	36	28	1,288
อาคาร 100 เตียง	T8	18	121	3,388
อาคารผู้ป่วยนอก 2 ชั้น	T8	18	85	2,380
	T8	36	253	11,638
รวม			13,373	409,415

ตารางที่ 3-6 ข้อมูลเครื่องปรับอากาศที่ใช้ภายในโรงพยาบาลเจ้าพระยายมราช

ลำดับ	ขนาดทำความเย็น		จำนวน (เครื่อง)	ขนาด	
	เครื่อง (Btu/hr)	รวม (Btu/hr)		เครื่อง (Ton)	รวม (Ton)
1	9,000	36,000	4	0.8	3.0
2	12,000	252,000	21	1.0	21.0
3	12,500	237,500	19	1.0	19.8
4	13,000	806,000	62	1.1	67.2
5	17,000	17,000	1	1.4	1.4
6	18,000	2,016,000	112	1.5	168.0
7	18,500	74,000	4	1.5	6.2
8	19,000	19,000	1	1.6	1.6
9	20,000	120,000	6	1.7	10.0
10	24,000	384,000	16	2.0	32.0
11	25,000	650,000	26	2.1	54.2
12	26,000	156,000	6	2.2	13.0
13	30,400	30,400	1	2.5	2.5
14	32,000	32,000	1	2.7	2.7
15	33,400	100,200	3	2.8	8.4
16	35,000	35,000	1	2.9	2.9
17	36,000	432,000	12	3.0	36.0
18	38,000	760,000	20	3.2	63.3
19	40,000	40,000	1	3.3	3.3
20	42,000	84,000	2	3.5	7.0
21	45,000	360,000	8	3.8	30.0
22	45,500	45,500	1	3.8	3.8
23	48,000	48,000	1	4.0	4.0
24	51,000	153,000	3	4.3	12.8
25	56,000	504,000	9	4.7	42.0
26	60,000	300,000	5	5.0	25.0
27	75,000	75,000	1	6.3	6.3
28	78,000	78,000	1	6.5	6.5
รวม		**7,844,600**	**348**	**79.9**	**653.7**

ตารางที่ 3-7 ข้อมูลเครื่องทำน้ำเย็นระบบระบายความร้อนด้วยอากาศที่ใช้งานภายในโรงพยาบาลเจ้าพระยมราช

ประเภทเครื่องปรับอากาศ	ระบายความร้อนด้วยอากาศ
ประเภทเครื่องอัดอากาศ	ลูกสูบ
ขนาดทำความเย็น (ตัน / ชั่วโมง)	72.5
ขนาดเครื่องอัดอากาศ (กิโลวัตต์)	90.39
Refrigerent	R-22
Model	30GTN070
Serial	3000F19235
ชื่อผู้ผลิต	Carrier
เดือน / พ.ศ.ที่ติดตั้งใช้งาน	2544
จำนวน (เครื่อง)	2
ขนาดปั๊มน้ำเย็น CHP (kW)	11

3.3 ศึกษาระบบการจัดการพลังงานของกรณีศึกษา

ในการจัดการพลังงานของโรงพยาบาลเริ่มจากนายแพทย์ชัชรินทร์ ปิ่นสุวรรณ ผู้อำนวยการโรงพยาบาลเจ้าพระยายมราชได้เล็งเห็นความสำคัญของการอนุรักษ์พลังงาน จึงกำหนดให้การประหยัดและอนุรักษ์พลังงานเป็นหนึ่งในพันธกิจของโรงพยาบาล โดยมีเป้าหมายที่จะลดการใช้พลังงานให้ลดลงอย่างน้อย 10% ของปีที่ผ่านมา ซึ่งแต่ละหน่วยงานในแต่ละหน่วยต้องปฏิบัติตาม มีการประเมิน ติดตามผลการประหยัดพลังงานนำเสนอผู้บริหารโรงพยาบาลอย่างต่อเนื่อง

ในการอนุรักษ์พลังงานในโรงพยาบาล มีตั้งทีมในการอนุรักษ์พลังงานแบ่งออกคณะทำงานเป็น 3 ระดับเพื่อทำหน้าที่รับผิดชอบในระดับที่แตกต่างกัน โดยระดับที่1 ได้แก่ทีมผู้บริหาร ประกอบด้วยผู้อำนวยการ คณะกรรมการอำนวยการอนุรักษ์พลังงาน คณะกรรมการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน เป็นผู้กำหนดนโยบาย ทิศทางในการอนุรักษ์พลังงาน และให้งบประมาณสนับสนุนในการดำเนินการเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ระดับที่ 2 ทีมปฏิบัติการ ประกอบไปด้วยคณะกรรมการผู้ตรวจประเมินด้านการจัดการพลังงานภายในโรงพยาบาล ทำการประเมินการใช้พลังงานภายในโรงพยาบาล ความสามารถในการลดการใช้พลังงาน คณะอนุกรรมการ 4 กลุ่ม แบ่งออกเป็น ฝ่ายวิชาการ ฝ่ายประชาสัมพันธ์ ฝ่ายวิศวกรรมและเทคโนโลยี ฝ่ายจัดการสิ่งแวดล้อมเพื่อช่วยลดโลกร้อนและพลังงานเชื้อเพลิง ซึ่งทั้ง 4 กลุ่มนี้มีหน้าที่ในการวางแผนการดำเนินกิจกรรมและออกมาตรการให้สอดคล้องกับนโยบายที่ทีมผู้บริหารวางไว้ จากนั้นจึงทำการ

รวบรวมข้อมูล สรุปผลงานในการดำเนินการ ระดับที่ 3 ทีมสนับสนุน ประกอบด้วย สส. พลังงาน เป็นกลุ่มบุคคลในการสนับสนุนดำเนินงานตามแผนงานที่กำหนดไว้

ในภาคปฏิบัติหลังจากมีการแต่งตั้งกลุ่มคนรับผิดชอบเพื่อดูแลการอนุรักษ์พลังงานแล้ว ทางคณะทำงานได้มีการติดป้ายประชาสัมพันธ์ประกาศนโยบายการอนุรักษ์พลังงานตามจุดต่างๆ ของโรงพยาบาล เพื่อให้บุคคลากรภายในโรงพยาบาลนำไปปฏิบัติตาม มีการจัดการอบรมให้ความรู้ด้านการอนุรักษ์พลังงานทั้งภายในและภายนอกองค์กรเป็นประจำ มีการจัดกิจกรรมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานเพื่อให้บุคคลในองค์กรได้มีส่วนร่วม และตระหนักถึงความสำคัญในการอนุรักษ์พลังงาน ในทุกๆเดือนต้องมีการประชุมเพื่อรายงานความคืบหน้า ผลการอนุรักษ์พลังงานเพื่อนำไปประเมินผลให้แก่ทีมผู้บริหารอย่างต่อเนื่อง

ในการอนุรักษ์พลังงานทางโรงพยาบาลได้ริเริ่มวางแผนการประหยัดพลังงาน โดยวิธีการต่างๆ เพื่อลดการใช้พลังงานให้น้อยลง ดังเช่น

มาตรการลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ลดเวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ โดยการปิดเครื่องวันละ 1 ชั่วโมงในช่วงเวลาพักเที่ยง สามารถประหยัดพลังงานได้ถึง 190,190.70 kWh/Year เป็นเงินทั้งหมด 810,212.38 บาท

มาตรการลดจำนวนหลอดไฟฟ้า ลดการถอดหลอดไฟบริเวณหน้าลิฟต์ บริเวณทางเดินระหว่างอาคาร โดยปรับค่าความสว่างให้เหมาะสมกับพื้นที่ใช้งาน สามารถประหยัดพลังงานได้ถึง 28,242.24 kWh/Year เป็นเงินทั้งหมด 120,311.94 บาท

มาตรการติดตั้งเซือกกระตุกโคมไฟ พื้นที่ติดตั้งหลอดไฟในโรงพยาบาลมักติดตั้งหลอดไฟเป็นแนวยาว ควบคุมการทำการของหลอดไฟด้วยสวิทซ์เพียงตัวเดียว เมื่อทำการติดตั้งสวิทซ์เซือกในแต่ละจุดเพื่อปิดหลอดไฟ เมื่อเลิกใช้งาน

มาตรการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างด้วย Microprocessor เพื่อควบคุมแสงสว่างบริเวณทางเชื่อมอาคาร โดยการลดแสงสว่างลง เมื่อไม่มีคนเดินผ่าน

การอุ่นน้ำป้อนเครื่องกำเนิดไอน้ำ (Economizer) โดยการนำเครื่องกำเนิดไอน้ำขนาด 30 HP ที่ใช้ในการผลิตไอน้ำเพื่อใช้ในการฆ่าเชื้ออุปกรณ์ทางการแพทย์ ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำเฉลี่ย 23 ลิตรต่อชั่วโมง หลังจากการติดตั้งเครื่อง Economizer เพื่อเพิ่มอุณหภูมิน้ำให้สูงขึ้นได้ 36 องศาเซลเซียส สามารถลดการใช้น้ำมันได้เหลือเพียง 21 ลิตรต่อชั่วโมง

การเปลี่ยนวิธีทำแผล โดยใช้เทคนิค Vacuum Dressingหรือเทคนิคการปิดแผลโดยใช้ระบบสุญญากาศ และใช้วัสดุพิเศษลักษณะคล้ายฟองน้ำในการปิดแผล ซึ่งจะลดระยะเวลาทำแผลจากเดิมวันละ 2 ครั้ง เป็น 3 วันครั้ง นอกจากนั้นในการใช้เทคนิคนี้ในการทำแผล ไม่

จำเป็นต้องใช้ผ้าก๊อซ และไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ทำแผล จึงสามารถลดการใช้พลังงานได้ลงได้จากการที่ไม่ต้องใช้พลังงานความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้ออุปกรณ์ทำแผล

สำหรับแผนการอนุรักษ์พลังงานในอนาคต ทางโรงพยาบาลได้การวางมาตรการในการดำเนินการด้านอนุรักษ์พลังงาน ในปี 2558 ด้วยการติดตั้งระบบบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้า ติดตั้งระบบผลิตน้ำร้อนจากเครื่องอากาศระบบแยกส่วน ติดตั้งเครื่องควบคุมความเร็ว AHU และปี 2560 เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศเพิ่มอีกเป็นจำนวน 60 เครื่อง เปลี่ยนหม้อไอน้ำ และติดตั้งเครื่องควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ปั๊มเติมอากาศเป็นต้น

3.4 เก็บข้อมูลงานวิจัยเพื่อกำหนดแนวทางอนุรักษ์พลังงาน

จากข้อมูลการใช้พลังงานเบื้องต้นจะเพิ่มว่า ระบบที่บริโภคพลังงานไฟฟ้าเป็นหลักได้แก่ ระบบปรับอากาศ และระบบแสงสว่าง ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงมุ่งเน้นไปในการลดการใช้พลังงานใน 2 ระบบนี้ โดยเริ่มต้นตรวจวัดอุปกรณ์การทำงานระบบแสงสว่างและระบบปรับอากาศ

3.4.1 เครื่องมือตรวจวัด

ในการเก็บข้อมูลในงานวิจัย จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ดังต่อไปนี้ เพื่อทำการเก็บค่าก่อนนำไปทำการวิเคราะห์เพื่อหามาตรการอนุรักษ์พลังงานที่เหมาะสม

1) เครื่องวัดตรวจวัดกำลังไฟฟ้า (Electrical Power Meter) เป็นเครื่องวัดค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ค่าที่ได้จะมีทั้งแรงดัน (Volt) กระแสไฟฟ้า (Amp) Power Factor และกำลังไฟฟ้า (kW) เหมาะสำหรับการตรวจวัดปัจจัยต่างๆ ทางไฟฟ้าของมอเตอร์ หม้อแปลงกำลังไฟฟ้า และเครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้า โดยไม่จำเป็นต้องปิดเครื่องเพื่อทำการตรวจวัด

รูปที่ 3.2 มิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้า

2) เครื่องมือวัดความเร็วลม (Anemometer) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดหาอัตราการไหลของลมหรืออากาศ วัดค่าได้ไม่เกิน 60 °C

รูปที่ 3.3 เครื่องมือวัดความเร็วลม

3) เครื่องมือวัดอัตราการไหลของน้ำ (Ultrasonic Flow Meter) เป็นเครื่องมือในการวัดอัตราการไหลของของเหลว

รูปที่ 3.4 เครื่องมือวัดอัตราการไหลของน้ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4) เครื่องวัดความสว่างแสง (Lux Meter) เป็นเครื่องมือวัดความสว่างของแสงออกมาในหน่วย lux ใช้ประเมินค่าความสว่างของระบบแสงสว่างในที่ต่างๆ

รูปที่ 3.5 เครื่องวัดความสว่างแสง

5) เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (Hygrometer หรือ Psychometer) เป็นเครื่องมือใช้วัดความชื้นสัมพัทธ์

รูปที่ 3.6 เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้น

6) เครื่องมือวัดความดัน (Bourdon-Tube Gauge) เป็นขดลวดโค้งต่อกับสัญญาณความดัน ลักษณะภายเป็นท่อโค้งวงรี ต่อกับข้อต่อ ซึ่งตัวข้อต่อนั้นต่อผ่านจุดหมุนเชื่อมกับเข็มที่หน้าปัด

รูปที่ 3.7 เครื่องมือวัดความดัน Bourdon-Tube Gauge

7) เครื่องมือวัดอุณหภูมิ

รูปที่ 3.8 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ

8) ตลับเมตร ใช้วัดขนาดความกว้างและความยาว หรือความสูงของอุปกรณ์

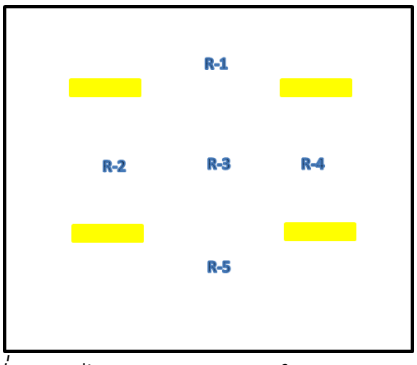
รูปที่ 3.9 ตลับเมตร

3.4.2 การตรวจวัดระบบแสงสว่าง

ภายในอาคารการติดตั้งระบบแสงสว่างจำเป็นต้องหาค่าปริมาณแสงที่เหมาะสมกับกิจกรรมแต่ละประเภทที่ดำเนินภายในพื้นที่นั้นๆ ในการหาค่าความเหมาะสมกับกิจกรรมที่เกิดขึ้น โดยใช้ Lux Meter เป็นเครื่องมือในการตรวจวัดระดับปริมาณของแสงที่ตกกระทบลงหนึ่งพื้นที่ ในการตรวจวัดนั้นสามารถแบ่งออกวิธีการตรวจวัดได้ออกเป็น 2 วิธี

1) การวัดแบบจุด (Spot Measurement) เป็นการตรวจวัดความเข้มแสงสว่างบริเวณที่ทำงานโดยใช้สายตาเฉพาะจุดหรือต้องใช้สายตาอยู่กับที่ในการทำงาน ตรวจวัดในจุดที่สายตากระทบชิ้นงานหรือจุดที่ทำงาน (Point of Work) โดยวางเครื่องวัดแสงในแนวระนาบเดียวกับชิ้นงาน หรือพื้นผิวที่สายตาตกกระทบแล้วอ่านค่า

2) การวัดแสงเฉลี่ยแบบพื้นที่ทั่วไป (Area Measurement) เป็นการตรวจวัดความเข้มแสงสว่างในบริเวณพื้นที่ทั่วไป เช่น ทางเดิน และบริเวณพื้นที่ใช้สอย แบ่งพื้นที่ตรวจวัดออกเป็น 2*2 ตารางตรวจวัดในสูงจากพื้น 1 เมตร แล้วอ่านค่า จากนั้นนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย โดยทำการตรวจวัดที่ตำแหน่งตามรูปที่ 3.10 และข้อมูลการตรวจวัดตามตารางที่ 3-8 และใช้สูตรการคำนวณประสิทธิภาพแสดงตามตารางที่ 3-9 (16)



รูปที่ 3.10 ไดอะแกรมแสดงตำแหน่งตรวจวัด

= ตำแหน่งหลอดไฟ

R = ตำแหน่งวัดค่าความสว่าง

ตารางที่ 3-8 ข้อมูลการตรวจวัดค่าความสว่าง

ชั้นที่	ชื่อห้อง	ค่าความส่องสว่าง (LUX)							หลอดไฟฟ้า T8		
		การตรวจวัดจุดที่							ขนาด (watt)		
		1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	จำนวน (หลอด)	หลอดไฟ (watt)	บัลลาสต์ (watt)	รวม (watt/หลอด)
1	อาคารอำนวยการ	211	205	226	220	215	215	8	18	10	28

ตารางที่ 3-9 สูตรการคำนวณความสว่าง

ตัวแปร	สัญลักษณ์	สูตร	หน่วย
จำนวนจุดตรวจวัด	N		จุด
ค่าความสว่าง	R		Lux
แสงสว่างเฉลี่ย		$(R_1+R_2+\ldots R_x)/N$	Lux

3.4.3 การตรวจวัดระบบเครื่องปรับอากาศ

ในการประเมินสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบหน่วยเดียว มีเครื่องมือในการตรวจวัด และอุปกรณ์ในการตรวจวัด มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ใช้ตลับเมตรในการวัดพื้นที่ของช่องลมกลับ เพื่อหาขนาดพื้นที่หน้าตัด

2) ใช้เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity Temperature Meter) ในการหาวัดอุณหภูมิ °C และความชื้นสัมพัทธ์ RH%ของอากาศทางด้านกลับ

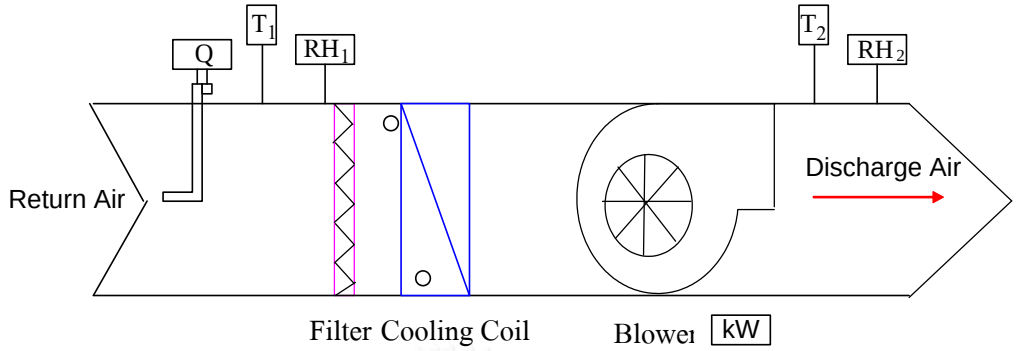
3) ใช้เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity Temperature Meter) ในการหาวัดอุณหภูมิ °C และความชื้นสัมพัทธ์ RH% ของอากาศทางด้านจ่าย

4) ใช้เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer) วัดความเร็วลม ที่ผ่านเข้าช่องลมด้านกลับ โดยทำการวัดค่าหลายๆจุด เพื่อนำมาทำการหาค่าเฉลี่ย

5) ใช้เครื่องวัดไฟฟ้า (Power Meter) ในการวัดกำลังไฟฟ้าในขณะที่คอมเพรสเซอร์ทำงาน โดยวัดทั้งในส่วนของคอมเพรสเซอร์และพัดลมรวมกัน

6) นำค่าอุณหภูมิ °C และความชื้นสัมพัทธ์ RH% มาเทียบใน Psychrometric Chart เพื่อหาค่า Enthalpy

7) ทำการตรวจวัดตามตำแหน่งที่วัดแสดงตามรูปที่ 3.11 กรอกข้อมูลการตรวจวัดตามตารางที่ 3-10 และใช้สูตรคำนวณประสิทธิภาพตามตารางที่ 3-11



รูปที่ 3.11 ไดอะแกรมแสดงตำแหน่งที่วัดของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

ตารางที่ 3-10 ข้อมูลการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศ

ตัวแปรที่ตรวจวัด	สัญลักษณ์	หน่วย	ค่าที่วัด
ความเร็วลม	V	m/s	2.6
ขนาดพื้นที่หน้าตัดช่องลมกลับ	W	cm	10
	H	cm	90
อุณหภูมิของลมกลับ	TDB_1	°C	25.1
ความชื้นสัมพัทธ์ของลมกลับ	RH_1	%	47.3
อุณหภูมิลมจ่าย	TDB_2	°C	14.2
ความชื้นสัมพัทธ์ของลมจ่าย	RH_2	%	79.1
กำลังไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศ	P	kW	1.55

ตารางที่ 3-11 สูตรการคำนวณเครื่องปรับอากาศ

รายการ	สูตร	หน่วย
Enthalpyของลมกลับ	H_1	kJ/kg, da
Enthalpyของลมจ่าย	H_2	kJ/kg, da
พื้นที่หน้าตัดช่องลมกลับ	A=W*H	m^2
ปริมาณลมเย็นผ่านคอยล์	Q=V*A	m^3/s
ปริมาตรจำเพาะของลมกลับ	v	$m^3/kg.da$
ภาระทำความเย็น	q	kW
กำลังไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศ	P	kW
EER ของเครื่องปรับอากาศ	EER=q/P	w/w

3.4.4 การตรวจวัดระบบเครื่องทำน้ำเย็น

เครื่องมือในการตรวจวัด และอุปกรณ์ในการตรวจวัด ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น มีขั้นตอนในการตรวจวัดมีดังต่อไปนี้

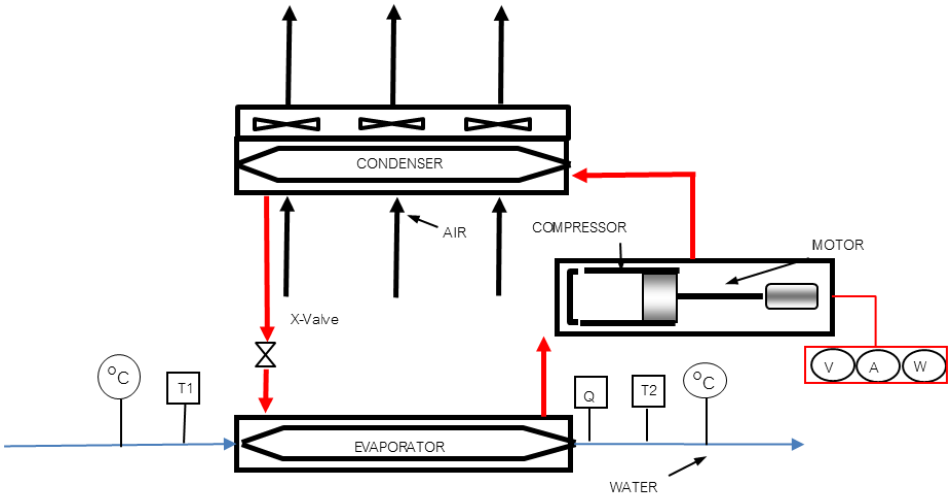
1) ใช้เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Power Meter) ในการตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์

2) ใช้เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำ (Ultrasonic Flow Meter) ในการตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำเย็น

3) ใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature Meter) ในการตรวจค่าอุณหภูมิน้ำเย็นด้านเข้าและด้านออก

4) ทำการตรวจวัดค่าทุกอย่างทุกๆครึ่งชั่วโมง

5) ตำแหน่งที่วัดแสดงตามรูปที่ 3.12 และกรอกข้อมูลตรวจวัดตามตารางที่ 3-12 และใช้สูตรคำนวณประสิทธิภาพแสดงตามตารางที่ 3-13



รูปที่ 3.12 ไดอะแกรมการวัดอุณหภูมิและความดันของน้ำที่เครื่องทำน้ำเย็น

ตารางที่ 3-12 ตารางการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น

อุปกรณ์หรือเครื่อง	ตัวแปร	หน่วย	ก่อน
คอมเพรสเซอร์	กำลังไฟฟ้า	kW	116.42
เครื่องระเหย	อัตราไหลน้ำเย็น	liter/min	630.1
	อุณหภูมิน้ำเย็นเข้า	°C	11.83
	อุณหภูมิน้ำเย็นออก	°C	9.22

ตารางที่ 3-13 สูตรการคำนวณประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น

อุปกรณ์หรือเครื่อง	ตัวแปร	สูตร	หน่วย
คอมเพรสเซอร์	กระแสไฟฟ้า	I	%
	กำลังไฟฟ้า	W	kW
เครื่องระเหย	อัตราไหลน้ำเย็น	V_L	liter/min
	อุณหภูมิน้ำเย็นเข้า	T_1	°C
	อุณหภูมิน้ำเย็นออก	T_2	°C
ความสามารถในการทำความเย็น	น้ำ	$Q_L=V(T_1-T_2)/50.4$	TON
COP		$COP=Q_L/W$	kW/kW
kW/Ton		$kW/Ton=W/Q_L$	

3.4.5 การตรวจวัดระบบเครื่องสูบน้ำ

เครื่องมือในการตรวจวัด และอุปกรณ์ในการตรวจวัด ประสิทธิภาพของเครื่องเครื่องสูบน้ำ มีขั้นตอนในการตรวจวัดมีดังต่อไปนี้

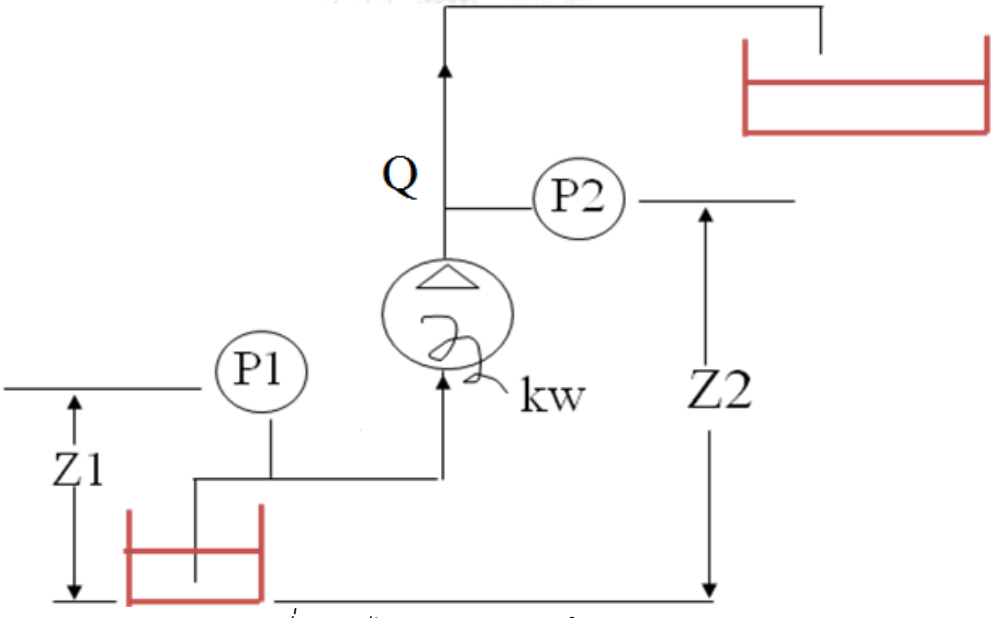
1) ใช้ Bourdon-Tube Gauge วัดความดันด้านจ่ายและด้านดูด

2) ใช้เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำ (Ultrasonic Flow Meter) วัดอัตราไหลของเหลวในท่อ (m^3/s)

3) ใช้เครื่องวิเคราะห์ค่ากำลังไฟฟ้า (Power Quality Analyzer) เพื่อใช้ตรวจวัดค่าความถี่ (Hz) แรงดันไฟฟ้า (Volt) กระแสไฟฟ้า (Amp) ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor) และกำลังไฟฟ้า (kW)

4) ใช้ Bourdon-Tube Gauge ในการวัดค่าความดัน

5) โดยวัดตามตำแหน่งที่แสดงตามรูปที่ 3.13 และข้อมูลการตรวจวัดตามตารางที่ 3-14 และใช้สูตรในการคำนวณประสิทธิภาพแสดงตามตารางที่ 3-15



รูปที่ 3.13 ไดอะแกรมแสดงตำแหน่งตรวจวัด

ตารางที่ 3-14 ข้อมูลการตรวจวัดประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำ

ตัวแปรที่ตรวจวัด	สัญลักษณ์	หน่วย	ค่าที่วัด
สภาวะการเปิดวาล์ว	%	%	100
กำลังไฟฟ้าด้านเข้ามอเตอร์	$W_{in,\ m}$	kW	8.7
ความถี่ไฟฟ้าด้านเข้ามอเตอร์	W_{CT}	Hz	50
ความดันด้านดูด	P_1	psi	7
ความดันด้านจ่าย	P_2	psi	34
อัตราไหล	Q	m^3/s	0.015
ขนาดท่อด้านจ่าย	D_1	in	2.5
ขนาดท่อด้านดูด	D_2	in	2.5
ผลต่างของความสูงด้านจ่ายและดูด	Z_2-Z_1	m	0.7
ประสิทธิภาพมอเตอร์	η_m	%	0.85

ตารางที่ 3-15 สูตรการคำนวณประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำ

ตัวแปร	สัญลักษณ์	สูตร	หน่วย
น้ำหนักจำเพาะ	γ		N/m^3
ความเร็วด้านดูด	V_1	$V_1 = Q/(\P D^2_1/4)$	m/s
ความเร็วด้านจ่าย	V_2	$V_2 = Q/(\P D^2_2/4)$	m/s
กำลังงานน้ำด้านออกจากเครื่องสูบ	$W_{out,\ p}$	$W_{out,\ p} = Q\Delta P_{eq}$	kW
กำลังงานกลด้านเข้าจากเครื่องสูบ	$W_{in,\ p}$	$W_{in,\ p} = \eta_m\ W_{in,\ m}$	kW
Total Dynamic Head	TDH	$TDH = ((P_2-P_1)/\gamma)+(V_2^2-V_1^2)+(Z_2-Z_1)$	m
กำลังไฮดรอลิก	P_H	$P_H = \gamma*Q*TDH$	kW
ประสิทธิภาพเครื่องสูบ	η_p	$\eta_p = 100P_H/W_{in,\ p}$	%

ตามสูตรคำนวณการทำงานของเครื่องสูบน้ำโดยใช้กฎความสัมพันธ์ (Law of Affinity) เป็นกฎแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหล (flow) ความเร็วเครื่องสูบน้ำ (pump speed) และแรงดัน (head) เมื่อมีค่าตัวแปรตัวใดตัวหนึ่งเปลี่ยนไป ตัวแปรอื่นๆสามารถคำนวณได้โดยใช้กฎความสัมพันธ์

$$\frac{Q1}{Q2} = \frac{N1}{N2}$$

$$\frac{H1}{H2} = \left[\frac{N1}{N2}\right]^2$$

$$\frac{P1}{P2} = \left[\frac{N1}{N2}\right]^3$$

Q = อัตราการไหล flow (liter per second)

N = ความเร็วของเครื่องสูบน้ำ pump speed (Hz)

H = แรงดัน head (m)

P = กำลัง power (kW)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
วิเคราะห์ข้อมูลจากการวิจัย

หลังจากทำการศึกษาการใช้งานเบื้องต้นทั้งหมดของโรงพยาบาล แล้วนำข้อมูลเบื้องต้นมาวิเคราะห์ เพื่อหามาตรการอนุรักษ์พลังงานที่เหมาะสมกับการใช้งานภายในโรงพยาบาล จากนั้นจึงทำการตรวจวัดประสิทธิภาพหลอดไฟ เครื่องปรับอากาศ เครื่องทำน้ำเย็นและปั๊มน้ำ โดยนำผลที่ได้จากการตรวจวัดมาวิเคราะห์การใช้พลังงานภายในอาคาร พร้อมทั้งนำค่ามาคำนวณหาผลประหยัดจากมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

4.1 มาตรการเปลี่ยนหลอดไฟจากหลอดไฟ T8 เป็นหลอดไฟ LED

4.2 มาตรการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ

4.3 มาตรการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น

4.4 มาตรการติดตั้งเครื่อง VSD

4.1 มาตรการเปลี่ยนหลอดไฟ T8 เป็นหลอดไฟ LED

จากคุณสมบัติของหลอดไฟ T8 เมื่อเทียบกับหลอดไฟ LED ลักษณะการให้แสงสว่างของหลอดทั้งสองประเภทมีการให้แสงสว่างแตกต่างกัน ในการให้แสงสว่างของหลอดไฟ T8 มีทิศทางการส่องแสงแบบรอบด้าน หลอดไฟทำงานรวมกับ ballast โดยหลอดไฟ T8 ขนาด 18 watt ให้ค่าสว่างอยู่ที่ประมาณ 1,020-1,200 lumen ขึ้นอยู่กับประเภทสีของหลอดไฟ

ส่วนการให้แสงสว่างหลอดไฟ LED มีทิศทางการส่องแสงแบบเป็นท่อ ไม่ได้กระจายออกทุกทิศทางเหมือนหลอดไฟ fluorescent โดยหลอดไฟ LED ขนาด 10 watt ให้ค่าสว่างอยู่ที่ประมาณ 900-1,020 lumen ขึ้นอยู่กับประเภทสีของหลอดไฟ

ในการพิจารณาเปลี่ยนชนิดหลอดไฟ มีเหตุมาจากหลอดไฟ LED ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าหลอดไฟ T8 ในขณะที่ให้ค่า lumen ต่อหลอดในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ถึงแม้ว่าหลอดไฟ LED จะให้ค่า lumen น้อยกว่าหลอดไฟ T8 อยู่เล็กน้อยแต่ด้วยเหตุผลที่ว่าหลอดไฟ T8 เป็นหลอดไฟที่ให้แสงสว่างโดยรอบหลอดไฟ จึงมีการสูญเสียความสว่างไปส่วนหนึ่งกับเมื่อแสงสว่างสะท้อนแสงไปยังโคมไฟต่างกับหลอด LED ที่ให้แสงสว่างส่องตรงจุดพื้นที่ใช้งาน จึงลดการสูญเสียแสงสว่างที่มาจากการสะท้อนไปยังโคมไฟ ผลที่ได้รับคือ ค่าความสว่างของหลอดไฟทั้งสองประเภทไม่มีความแตกต่างกัน

จากการตรวจวัดความเข้มของแสงในพื้นที่อาคารอำนวยการบริเวณหน้าห้องตรวจขนาด 2*2 m มีการเปิดใช้งานหลอดไฟ 14 ชั่วโมงต่อวัน ทำการ 365 วันต่อปี ทำการตรวจวัดโดยใช้ Lux Meter ในการตรวจวัดระดับปริมาณของแสง ผลจากการตรวจวัดเมื่อใช้หลอดไฟขนาด 18 watt ทั้งหมด 8 หลอด ให้ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย 215 lux ทำงานควบคู่กับ ballast แกนเหล็กธรรมดา ใช้กำลังไฟฟ้า 28 วัตต์ต่อหลอด รวมใช้กำลังไฟทั้งหมด 224 watt

เมื่อพิจารณาจากการใช้งานแล้วพบว่าค่าความสว่างที่ตรวจวัดมีความเหมาะสมกับพื้นที่ใช้งานตามค่ามาตรฐานความสว่าง โดยพื้นที่แต่ละส่วนมีความต้องการแสงสว่างในปริมาณที่แตกต่างกัน สำหรับค่าความสว่างที่เหมาะสมกับพื้นบริเวณหน้าห้องตรวจ ซึ่งมีค่าความต้องการแสงอยู่ที่ประมาณ 200 lux

การเปลี่ยนหลอดไฟจากหลอดไฟ T8 ขนาด 18 watt มาใช้หลอดไฟ LED ให้การให้แสงสว่าง จะสามารถการใช้งานของหลอดไฟลดการใช้กำลังไฟฟ้าเหลือเพียง 10 watt ต่อหลอด ลดการใช้พลังงานโดยรวมเหลือเพียง 735.84 kWh/Year ต่อพื้นที่ที่ใช้ในการตรวจวัด

ตารางที่ 4-1 ผลการตรวจวัดค่าความสว่าง หลอดไฟ T8 อาคารอำนวยการ บริเวณที่พักหน้าห้องตรวจ

ชั้นที่	ชื่อห้อง	ค่าความส่องสว่าง (LUX)							หลอดไฟฟ้า T8		
		การตรวจวัดจุดที่							ขนาด (watt)		
		1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	จำนวน (หลอด)	หลอดไฟ (watt)	บัลลาสต์ (watt)	รวม (watt/หลอด)
1	อาคารอำนวยการ	211	205	226	220	215	215	8	18	10	28

Chulalongkorn University

<u>ผลการประหยัดพลังงานจากมาตรการเปลี่ยนหลอดไฟ LED</u>

คำนวณจากข้อมูลการใช้งานที่อาคารอำนวยการ เปิดทำการ14 ชั่วโมงต่อวัน 365 วันต่อปี

ก่อนปรับปรุง

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ = 0.028*8*14*365

= 1,144.64 kWh/Year

ประเมินค่าการปรับปรุง

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ = 0.010*8*14*365

= 408.8 kWh/Year

ประหยัดพลังงาน = 1,144.64-408.8

= 735.84 kWh/Year

ค่าไฟโดยเฉลี่ยประมาณ 4.26 บาทต่อหน่วย

ผลประหยัดเงิน 735.84*4.26 = 3,134.67 บาทต่อปี

เมื่อทำการตรวจวัดหลังการติดตั้งหลอดไฟ LED พบว่าค่าความสว่างหลังจากเปลี่ยนหลอดไฟอยู่ที่ 213 lux ไม่แตกต่างกับค่าความสว่างของหลอด T8 ที่วัดได้ 215 lux ซึ่งพื้นที่บริเวณห้องหน้าห้องตรวจต้องการค่าความสว่างอยู่ที่ 200 lux จึงเป็นค่าที่เหมาะสมกับการใช้งาน

ตารางที่ 4-2 ผลการตรวจวัดค่าความสว่างหลังการเปลี่ยนหลอดไฟเป็นหลอด LED อาคารอำนวยการ บริเวณที่พักหน้าห้องตรวจ

ชั้นที่	ชื่อห้อง	ค่าความส่องสว่าง (LUX)						หลอดไฟฟ้า LED	
		การตรวจวัดจุดที่							
		1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	หลอดไฟ+ drivers (watt)	จำนวน (หลอด)
1	อาคารอำนวยการ	220	209	202	207	227	213	10	8

<u>ผลการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์จากมาตรการเปลี่ยนหลอดไฟ LED</u>

ในการลงทุนสำหรับการเปลี่ยนหลอดไฟ ราคาหลอดไฟ LED ประมาณ 400 บาทต่อหลอด จำนวน 8 หลอด เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 3,200 บาท อายุการใช้งาน 5 ปี Interest Rate (discount) 8% Inflation Rate 2% จากตาราง4-3 ค่า NPV ที่ได้รับจากมาตรการประหยัดพลังงาน 9,624 บาท IRR 98.6% คืนทุน 1.1 เดือน

ตารางที่ 4-3 ผลการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์มาตรการเปลี่ยนหลอดไฟ LED

List	Year					
	0	1	2	3	4	5
Investment Cost, Baht	3,200					
Benefit,Baht	3,135	3,197	3,261	3,327	3,393	3,461
Maintenance ,Baht	100	102	104	106	108	110
Ben-Exp-Other,Baht	3,035	3,095	3,157	3,220	3,285	3,351
Yearly PV	0	2,866	2,707	2,556	2,414	2,280
Accumulate PV		2,866	5,573	8,129	10,544	12,824
Cash Flow,Baht	-3,200	-334	2,373	4,929	7,344	9,624
GPV ,Baht	12,824					
NPV ,Baht	9,624					
Pay Back ,yr	1.1					
IRR,%	98.6%					

4.2 มาตรการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ

เมื่อเครื่องปรับอากาศมีระยะการใช้งานเป็นเวลานาน ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องก็จะลดลง ส่งผลให้ปริมาณการใช้พลังงานในการทำความเย็นสูงขึ้น ดังนั้นจึงพิจารณาเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศใหม่ที่มีประสิทธิภาพทำความเย็นสูงขึ้น เพื่อทดแทนการใช้งานเครื่องเก่า ในการศึกษามาตรการนี้ ได้ทำการสุ่มตรวจตัวอย่างเครื่องปรับอากาศภายในตึกอุบัติเหตุ 7 ชั้น ห้องพิเศษ 2 ซึ่งมีอายุการใช้งานมากกว่า 10 ปี

เมื่อนำค่ามาคำนวณหาประสิทธิภาพในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศที่ใช้งานอยู่จริง ผลจากการคำนวณที่ได้พบว่าเครื่องปรับอากาศขนาด 18,000 Btu ใช้กำลังไฟ 1.55 kW ในการทำความเย็น 2.89 kW EER ของเครื่องเมื่อคำนวณแล้วได้ค่า 1.86 kW/kW จากนั้นจึงคำนวณหา load factor การทำงานของเครื่องปรับอากาศที่ใช้อยู่ปัจจุบัน โดยการนำค่า การทำความเย็นหารด้วยขนาดทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ได้ผลการคำนวณค่าเฉลี่ย load factor ในหนึ่งวันที่ทำการตรวจวัด ผลที่ได้ค่า คือ 2.89/6.36 = 0.45

เมื่อเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพพลังงาน (EER) อ้างอิงจากมาตรฐานฉลากประหยัดไฟของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ซึ่งตามมาตรฐานแล้วค่า EER สำหรับเครื่องปรับอากาศ ต้องได้ค่า 3.39 watt/watt ขึ้นไป แต่ค่า EER ของเครื่องปรับอากาศที่ตรวจวัด ได้ค่าเพียง 1.86 watt/watt ถือได้ว่าประสิทธิภาพทำความเย็นที่ได้ต่ำกว่ามาตรฐานทั่วไปมาก สมควรเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศเป็นเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง

จึงทำการหาข้อมูลเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงเพื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งอยู่เดิมกับเครื่องปรับอากาศตัวใหม่ โดยนำค่า factor ที่ได้ไปคำนวณการใช้พลังงานกับเครื่องปรับอากาศตัวเก่ามาใช้คิดหาค่า load factor ของเครื่องปรับอากาศ เพื่อหาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเทียบกัน ดังนั้นค่า load factor ที่ใช้ทำการคำนวณจึงเป็นการเปรียบเทียบค่าเฉพาะวันที่ทำการตรวจวัดเพียงวันเดียว แต่ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์สมมติให้มี load factorเท่ากันตลอดทั้งปี หลังจากนั้นจึงทำการคำนวณหาผลประหยัด และจุดคุ้มทุนของการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ โดยมาตรการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศใหม่ที่มีค่า EER อยู่ที่ 3.49 watt/watt ใช้พลังงานหลังจากคำนวณค่า load factorแล้วอยู่ที่ 1.19 kW สามารถลดการใช้พลังงานได้ถึง 2,635.30 kWh/Year

ตารางที่ 4-4 ผลการคำนวณเครื่องปรับอากาศที่อาคารอุบัติเหตุ 7 ชั้น

อาคาร	พื้นที่จ่ายลม cm^2	ปริมาณลม	อากาศด้านจ่าย			อากาศด้านกลับ			ผลการตรวจวัด		Set Point Temp °C	EER (kW/kW)
		m^3/h	%RH	Temp °C	Hs kJ/kg	%RH	Temp °C	Hs kJ/kg	การทำความเย็น	ไฟฟ้า kW		
อุบัติเหตุ 7 ชั้น ห้องพิเศษ 2	900	571.64	79.10	14.20	34.48	47.30	25.10	49.26	2.89	1.55	24.00	1.86

MODEL			ECONO AIR				
			MS-GK09VA	MS-GK13VA	MS-GK15VA	MS-GJ18VA	MS-
Electrical Data	EGAT Level 5						
	ENERGY EFFICIENCY RATIO (EER)	(Btu/h/W)	13.00	11.92	11.94	11.93	1
	Cooling capacity	Btu/h	9,206.60	12,430.60	14,330.00	18,268.19	23.
		kW	2.7	3.6	4.2	5.1	
	Air circulation	m^3/ min	9.9	11.7	17.3	2 1	
	Power supply		220 V / Sing phase / 50 Hz				
	Power consumption	kW	0.74	1.02	1.20	1.46	
	Running current	A	3.4	4.8	5.6	7.3	
	Coefficient of performance (W/W)		3.65	3.53	3.50	3.49	

รูปที่ 4.1 ข้อมูลเครื่องปรับอากาศเครื่องใหม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ผลการประหยัดพลังงานจากมาตรการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ</u>

คำนวณจากข้อมูลการใช้งานที่อาคารอุบัติเหตุเปิดทำการ 19 ชั่วโมงต่อวัน 365 วันต่อปี

ก่อนปรับปรุง

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ = 1.55*19*365

= 10,749.25 kWh/Year

ประเมินค่าการปรับปรุง

คำนวณโดยใช้load factor เท่าเดิม คือ 45% ซึ่งเปรียบเทียบเฉพาะในวันนั้น

= 1.46*45%

= 0.657 kW

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ = 0.657*19*365

= 4,556 kWh/Year

ค่าไฟโดยเฉลี่ยประมาณ 4.26 บาทต่อหน่วย

ประหยัดพลังงาน = 10,749.25-4,556

= 6,192.9 kWh/Year

ผลประหยัดเงิน 6,193*4.26=26,382.18 บาทต่อปี

ผลการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์จากมาตรการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ

ในการลงทุนสำหรับการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ 18,000 Btu ราคาเครื่อง 25,000 บาท ค่าติดตั้ง 2,500 บาท รวม 27,500 บาท อายุการใช้งาน 10 ปี Interest Rate (discount) 8% Inflation Rate 2% จากตาราง 4-5 ค่า NPV ที่ได้รับจากมาตรการประหยัดพลังงาน 164,800 บาท IRR 98.2% คืนทุน 1.1 ปี

ตารางที่ 4-5 ผลการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์มาตรการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ

List	Year										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Investment Cost, Baht	27,500										
Benefit,Baht	26,382	26,910	27,448	27,997	28,557	29,128	29,710	30,305	30,911	31,529	32,160
Expense,Baht	300	306	312	318	325	331	338	345	351	359	366
Maintenance ,Baht	100	102	104	106	108	110	113	115	117	120	122
Replace Equipment,Baht	500						0				
Ben-Exp-Other,Baht	25,982	26,502	27,032	27,572	28,124	28,686	29,260	29,845	30,442	31,051	31,672
Yearly PV	0	24,539	23,175	21,888	20,672	19,523	18,439	17,414	16,447	15,533	14,670
Accumulate PV		24,539	47,714	69,602	90,273	109,797	128,236	145,650	162,097	177,630	192,300
Cash Flow,Baht	-27,500	-2,961	20,214	42,102	62,773	82,297	100,736	118,150	134,597	150,130	164,800
GPV ,Baht	192,300										
NPV ,Baht	164,800										
Pay Back ,yr	1.1										
IRR,%	98.2%										

4.3 มาตรการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น

เนื่องด้วยตึกเฉลิมพระบารมี ได้มีการใช้งานเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ ขนาด 72 Ton ซึ่งทำการติดตั้งใช้งานตั้งแต่ปีพ.ศ. 2544 จึงได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องว่ายังทำงานได้มีประสิทธิภาพหรือไม่ เพื่อบำรุงรักษา หรือปรับเปลี่ยนเครื่องตามการใช้งานให้เหมาะสม

จากค่าการตรวจวัดการทำงานของเครื่องทำเย็นพบว่า เครื่องทำน้ำเย็นที่ติดตั้งในโรงพยาบาลใช้กำลังไฟโดยเฉลี่ย 52.81 kW ทำความเย็นได้ 32.66 Ton/h COP 0.99 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ 1.6 กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น ตามมาตรฐานของกระทรวงพลังงาน ราชกิจจานุเบกษา

ประกาศไว้เมื่อวันที่ 15 มีนาคม พ.ศ. 2554 เครื่องทำน้ำเย็นสำหรับปรับอากาศระบายความร้อนด้วยอากาศ ต้องมีประสิทธิภาพในการทำความเย็นไม่เกิน 1.12 กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น

คำนวณหา load factor การทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้อยู่ปัจจุบัน โดยการนำความความเย็นที่เครื่องผลิตออกมามาหารด้วยขนาดทำความเย็นของเครื่องได้ค่า 32.6/72=0.45 ซึ่งเป็นค่า load factor ที่ทำการตรวจวัดเฉพาะวันที่ทำการตรวจวัดเพียงวันเดียว แต่ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์สมมติให้มี load factorเท่ากันตลอดทั้งปี จากนั้นนำค่าที่ได้จากการคำนวณเพื่อทำการเปรียบเทียบเครื่องทำน้ำเย็นเครื่องเก่ากับเครื่องทำน้ำเย็นที่มีค่า หลังจากนั้นจึงทำการคำนวณหาผลประหยัด และจุดคุ้มทุนของการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น โดยมาตรการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นเครื่องใหม่ที่ทีค่า พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ 1.08 kW/Tonจะสามารถลดการใช้พลังงานได้ถึง 182,208 kWh/Year

ตารางที่ 4-6 ผลการคำนวณประสิทธิ์ภาพของเครื่องทำน้ำเย็น โรงพยาบาลเจ้าพระยายมราช

เวลา	อุณหภูมิน้ำเย็นเข้า (T_1) °C	อุณหภูมิน้ำเย็นออก (T_2) °C	อัตราการไหลน้ำเย็น liter/min	Power kW	ความสามารถในการทำความเย็น Ton	Power compressor kW	kW/Ton	อัตราทำความเย็น kW	COP
10:00	12.17	8.94	615.00	62.20	39.41	113.63	1.58	138.61	1.22
10:30	12.00	9.17	630.00	60.10	35.38	122.32	1.70	124.41	1.02
11:00	12.00	9.11	639.00	59.95	36.64	117.80	1.64	128.86	1.09
13:35	12.17	9.22	650.00	61.69	38.05	116.75	1.62	133.80	1.15
14:00	12.00	8.94	633.00	68.63	38.43	128.57	1.79	135.16	1.05
14:30	12.33	9.28	619.00	68.26	37.46	131.20	1.82	131.74	1.00
16:00	11.28	9.44	634.00	37.13	23.15	115.50	1.60	81.40	0.70
16:30	11.83	9.35	643.00	42.23	31.64	96.10	1.33	111.27	1.16
16:45	11.17	9.33	620.00	32.62	22.63	103.76	1.44	79.60	0.77
17:00	11.33	9.39	618.00	35.29	23.79	106.81	1.48	83.66	0.78
เฉลี่ย	**11.83**	**9.22**	**630.1**	**52.81**	**32.66**	116.42	1.62	114.86	0.99

ตารางที่ 4-7 เครื่องทำน้ำเย็นตัวใหม่

Power kW	ความสามารถในการทำความเย็น Ton	kW/Ton
71.20	65.80	1.08

Table P-3. 60 Hz chillers in metric units

		Condenser Entering Air Temperature (C)											
		30			35			40			45		
Evaporator Leaving Water Temperature (C)	Unit Size	kW Cooling	kW input	COP	kW Cooling	kW input	COP	kW Cooling	kW input	COP	kW Cooling	kW input	COP
5	70	244.4	65.3	3.3	231.4	71.2	2.9	218.0	77.6	2.5	203.9	84.6	2.2
	80	280.2	76.9	3.3	266.2	83.6	2.9	251.4	91.0	2.5	236.3	99.1	2.2
	90	319.6	90.4	3.2	303.4	97.7	2.8	286.2	105.9	2.5	268.6	114.9	2.2
	100	355.1	103.3	3.1	336.8	111.2	2.8	317.5	120.2	2.4	297.5	130.3	2.1
	110	382.9	112.5	3.1	363.2	121.1	2.8	342.8	130.9	2.4	321.0	141.8	2.1
	125	424.0	123.9	3.1	401.9	133.3	2.8	378.7	143.9	2.5	354.4	155.7	2.1
7	70	259.5	66.8	3.4	246.1	72.7	3.0	232.1	79.1	2.6	214.1	84.7	2.3
	80	298.5	79.0	3.4	283.4	85.8	3.0	267.9	93.2	2.6	252.1	101.3	2.3
	90	339.7	92.9	3.3	322.4	100.2	2.9	304.5	108.4	2.6	285.5	117.5	2.3
	100	376.6	106.2	3.2	357.2	114.1	2.9	337.2	123.1	2.5	316.1	133.2	2.2
	110	405.8	115.6	3.2	385.4	124.2	2.9	363.6	134.0	2.5	341.1	145.0	2.2
	125	449.3	127.6	3.2	426.1	136.9	2.9	401.9	147.4	2.5	376.2	159.3	2.2
9	70	275.3	68.3	3.6	261.2	74.2	3.2	246.8	80.7	2.8	224.7	84.8	2.4
	80	317.1	81.2	3.5	301.3	88.0	3.1	285.2	95.4	2.7	268.3	103.6	2.4
	90	360.0	95.5	3.4	341.8	102.8	3.0	323.1	111.0	2.7	303.1	120.1	2.3
	100	398.7	109.3	3.3	378.3	117.1	3.0	357.2	126.1	2.6	335.1	136.2	2.3
	110	429.3	118.9	3.3	407.9	127.5	3.0	385.0	137.3	2.6	361.4	148.3	2.3
	125	475.7	131.3	3.3	451.1	140.6	3.0	425.4	151.2	2.6	398.7	163.1	2.3

Notes:

รูปที่ 4.2 ข้อมูลเครื่องทำน้ำเย็นเครื่องใหม่ (17)

<u>ผลการประหยัดพลังงานจากมาตรการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น</u>

คำนวณจากข้อมูลการใช้งานเครื่องทำน้ำเย็นเปิดใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน ตลอด 365 วันต่อปี

ก่อนปรับปรุง

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ = 52.8*365*24

= 462,528 kWh/Year

ประเมินค่าการปรับปรุง

คำนวณโดยใช้load factor เท่าเดิม คือ 45% ซึ่งเปรียบเทียบเฉพาะในวันนั้น

= 71.2*45%

= 32 kW

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ = 32*365*24

= 280,320 kWh/Year

ค่าไฟโดยเฉลี่ยประมาณ 4.26 บาทต่อหน่วย

ประหยัดพลังงาน = 462,528-280,320

= 182,208 kWh/Year

ผลประหยัดเงิน = 182,208*4.26 baht

= 776,206 baht

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์จากมาตรการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น

ในการลงทุนสำหรับการเปลี่ยนเครื่องค่าเครื่องทำน้ำเย็นประมาณ 30,000 บาทต่อตัน รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 2,160,000 บาท ค่าติด 800,000 บาท รวมทั้งหมดเป็นเงิน 2,960,000 บาท อายุการใช้งาน 10 ปี Interest Rate (discount) 8% Inflation Rate 2% จากตาราง4-8 ค่า NPV ที่ได้รับจากมาตรการประหยัดพลังงาน 2,781,962 บาท IRR 25.3% คืนทุน 4.4 ปี

ตารางที่ 4-8 ผลการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์มาตรการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น

List	Year										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Investment Cost, Baht	2,960,000										
Benefit,Baht	776,206	791,730	807,565	823,716	840,190	856,994	874,134	891,617	909,449	927,638	946,191
Expense,Baht	300	306	312	318	325	331	338	345	351	359	366
Maintenance ,Baht	100	102	104	106	108	110	113	115	117	120	122
Replace Equipment,Baht	2,500						0				
Ben-Exp-Other,Baht	775,806	791,322	807,149	823,292	839,757	856,553	873,684	891,157	908,980	927,160	945,703
Yearly PV	0	732,706	692,000	653,555	617,247	582,955	550,569	519,982	491,094	463,811	438,044
Accumulate PV		732,706	1,424,705	2,078,261	2,695,508	3,278,463	3,829,032	4,349,013	4,840,107	5,303,918	5,741,962
Cash Flow,Baht	-2,960,000	-2,227,294	-1,535,295	-881,739	-264,492	318,463	869,032	1,389,013	1,880,107	2,343,918	2,781,962
GPV ,Baht	5,741,962										
NPV ,Baht	2,781,962										
Pay Back ,yr	4.4										
IRR,%	25.3%										

4.4 **มาตรการติดตั้งเครื่อง** VSD

ในอาคารเฉลิมพระบารมี มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบ Air Cooled Chiller ในการทำความเย็น โดยใช้มอเตอร์ปั๊มน้ำขนาด 11 kW จำนวน 2 เครื่อง ทำงานสลับกันในแต่ละวัน ซึ่งคุณสมบัติของเครื่องทำน้ำเย็นมีอัตราการไหลของน้ำอยู่ที่ 0.022 m^3/s เมื่อทำการวัดค่าการทำงานของเครื่องสูบน้ำพบว่ามีความถี่ 50 Hz กำลังไฟฟ้า 8.7 kW อัตราการไหลของน้ำเพียง 0.015 m^3/s เกินความต้องการพลังงาน 31.81% ดังนั้นเพื่อปรับปรุงอัตราการไหลของน้ำให้เหมาะสมกับเครื่องทำความเย็น จึงแผนติดตั้งระบบควบคุมรอบ (VSD) ซึ่งจะช่วยปรับรอบความเร็วของมอเตอร์ โดยการลดรอบความเร็วของมอเตอร์จะทำให้การใช้พลังงานลดลงโดยไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของมอเตอร์ พิจารณาจาก Pump Law ที่ว่า

$$Q1/Q2 = N1/N2$$

ดังนั้น 15/22 liter per second = 0.68 ความเร็วรอบ N2 ควรอยู่ที่ N1*0.68=50*0.68 = 34 Hz

$$H1/H2 = (N1/N2)^2$$

ดังนั้น $H2 =(0.68)^2 = 19.7*0.46 = 9.06$ m

$$P1/P2 = (N1/N2)^3$$

ดังนั้น $P2=P1* (0.68)^3 = 8.7*0.3 = 2.6$ kW

โดยที่ Q = อัตราการไหล flow (liter per second)

N = ความเร็วของเครื่องสูบน้ำ pump speed (Hz)

H = แรงดัน head (m)

P = กำลัง power (kW)

การสูตรคำนวณการติดตั้งเครื่อง VSD เพื่อลดความเร็วรอบลง ทำให้สามารถลดการใช้เหลือเพียง 2.6 kW หรือ 22,776 kWh/Year

ผลการตรวจวัดพลังงานเครื่องสูบน้ำ

เมื่อทำการวัดค่าการทำงานของเครื่องสูบน้ำก่อนการติดตั้งเครื่อง VSD เครื่องสูบน้ำมีความถี่ 50 Hz ใช้กำลังไฟฟ้า 8.7 kW อัตราความดันด้านดูด 48.26 kPa อัตราความดันด้านจ่าย 234.42 kPa อัตราการไหลของน้ำ 0.015 m^3/s คิดประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำได้ 40%

ตารางที่ 4-9 ผลการคำนวณประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำก่อนติดตั้ง VSD

ตัวแปร	หน่วย	ก่อน
สถานะการเปิดวาล์ว	%	100
ความถี่	Hz	50
กำลังด้านเข้ามอเตอร์เครื่องสูบน้ำ	kW	8.70
ความดันด้านดูด	Kpa	48.26
ความดันด้านจ่าย	Kpa	234.42
อัตราไหล	m^3/s	0.015
Total Dynamic Head	m	19.70
ผลต่างของความสูงด้านจ่ายและดูด	m	0.70
กำลังงานน้ำด้านออกเครื่องสูบ	kW	2.92
กำลังงานน้ำด้านเข้าเครื่องสูบ	kW	7.40
ประสิทธิ์ภาพมอเตอร์	%	0.85
ประสิทธิ์ภาพเครื่องสูบน้ำ	%	0.40

ผลการประหยัดพลังงานจากมาตรการเปลี่ยนเครื่องสูบน้ำ

คำนวณจากข้อมูลการใช้งานเครื่องสูบน้ำเปิดใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน ตลอด 365 วันต่อปี

ก่อนปรับปรุง

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ = 8.7*24*365

= 76,212 kWh/Year

ประเมินค่าการปรับปรุง

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ = 2.6 *24*365

= 22,776 kWh/Year

ค่าไฟโดยเฉลี่ยประมาณ 4.26 บาทต่อหน่วย

ประหยัดพลังงาน = 76,212-22,776

= 53,436 kWh/Year

ผลประหยัดเงิน = 53,436*4.26 baht

= 227,637 baht

หลังจากติดตั้ง VSD ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์เครื่องสูบน้ำของเครื่องทำน้ำเย็น เมื่อทำการวัดค่าที่ใช้งานจริง พบว่าค่าความถี่อยู่ที่ 38 Hz ลดการใช้ไฟฟ้าลงเหลือ 3.7 kW

ตารางที่ 4-10 ผลการตรวจวัดเครื่องสูบน้ำหลังติดตั้ง VSD

ตัวแปร	หน่วย	หลัง
สถานะการเปิดวาล์ว	%	76
ความถี่	Hz	38
กำลังด้านเข้ามอเตอร์เครื่องสูบน้ำ	kW	3.70
ความดันด้านดูด	Kpa	49.64
ความดันด้านจ่าย	Kpa	206.84
อัตราไหล	m^3/s	0.011
Total Dynamic Head	m	16.74
ผลต่างของความสูงด้านจ่ายและดูด	m	0.70
กำลังงานน้ำด้านออกเครื่องสูบ	kW	1.86
กำลังงานน้ำด้านเข้าเครื่องสูบ	kW	3.15
ประสิทธิ์ภาพมอเตอร์	%	0.85
ประสิทธิ์ภาพเครื่องสูบน้ำ	%	0.59

ผลการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์จากมาตรการติดตั้ง VSD ที่เครื่องสูบน้ำ

ในการลงทุนสำหรับการติดตั้งระบบ VSD รวมค่าติดตั้งประมาณ 150,000 บาท อายุการใช้งาน 10 ปี Interest Rate (discount) 8% Inflation Rate 2% จากตาราง4-11 ค่า NPV ที่ได้รับจากมาตรการประหยัดพลังงาน 1,511,862 บาท IRR 154.7% คืนทุน 7 เดือน

ตารางที่ 4-11 ผลการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์มาตรการติดตั้ง VSD ที่เครื่องสูบน้ำ

List	Year										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Investment Cost, Baht	150,000										
Benefit,Baht	227,637	232,190	236,834	241,570	246,402	251,330	256,356	261,483	266,713	272,047	277,488
Expense,Baht	3,000	3,060	3,121	3,184	3,247	3,312	3,378	3,446	3,515	3,585	3,657
Maintenance ,Baht	100	102	104	106	108	110	113	115	117	120	122
Replace Equipment,Baht	500						0				
Ben-Exp-Other,Baht	224,537	229,028	233,608	238,280	243,046	247,907	252,865	257,922	263,081	268,343	273,709
Yearly PV	0	212,063	200,281	189,155	178,646	168,721	159,348	150,495	142,134	134,238	126,780
Accumulate PV		212,063	412,344	601,499	780,145	948,866	1,108,214	1,258,710	1,400,844	1,535,082	1,661,862
Cash Flow,Baht	-150,000	62,063	262,344	451,499	630,145	798,866	958,214	1,108,710	1,250,844	1,385,082	1,511,862
GPV ,Baht	1,661,862										
NPV ,Baht	1,511,862										
Pay Back ,yr	0.7										
IRR,%	154.7%										

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาการจัดการพลังงานภายในอาคารควบคุมประเภทโรงพยาบาล กรณีศึกษาโรงพยาบาลเจ้าพระยายมราช ทำการศึกษาการใช้พลังงานภายในโรงพยาบาลได้ข้อสรุปงานวิจัยดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลงานวิจัย

5.1.1 ผลการศึกษาการจัดการพลังงานภายในโรงพยาบาลเจ้าพระยายมราช

หลังทำการศึกษาการจัดการพลังงานภายในโรงพยาบาลเจ้าพระยายมราชซึ่งเป็นโรงพยาบาลศูนย์ประจำจังหวัด ขนาด 602 เตียง พบว่าเป็นทางโรงพยาบาลได้ดำเนินการจัดการพลังงานภายในโรงพยาบาลตามแนวทางการอนุรักษ์พลังงานของพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550) ทั้ง 8 ขั้นตอน โดยผู้บริหารให้การสนับสนุนในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน จัดตั้งคณะกรรมการในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน มีการประชาสัมพันธ์ มีการอบรม และทบทวนนโยบายเพื่อทำการปรับปรุงและแก้ไข อีกทั้งเจ้าหน้าภายในโรงพยาบาลมีความตั้งใจ มุ่งมั่นในการปฏิบัติการอนุรักษ์พลังงาน ทำให้ในปี 2557 สามารถลดการใช้พลังงานลงได้เหลือการใช้พลังงานไฟฟ้า 5,828,282.40 kWhต่อปี เมื่อรวมการใช้พลังงานความร้อนแล้ว โรงพยาบาลเจ้าพระยายมราชใช้พลังงานรวมทั้งหมด 22,496,888.64 MJ คิดเป็นดัชนีการใช้พลังงานรวม 107.69 MJ/Bed-Day จากเดิม 6,743,557.60 kWhต่อปี รวมการใช้พลังงานความร้อนแล้ว 25,966,695.36 MJ คิดเป็นดัชนีการใช้พลังงานรวม 125.26 MJ/Bed-Day สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงได้ถึง 13.3%

5.1.2 วิเคราะห์มาตรการประหยัดพลังงาน

ในการหามาตรการในการอนุรักษ์พลังงานให้เหมาะสมกับการใช้งานของโรงพยาบาลเจ้าพระยายมราช สามารถนำมาสรุปการประหยัดพลังงานและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในแต่ละมาตรการได้ดังต่อไปนี้

1) มาตรการเปลี่ยนหลอดไฟ LED ทำการเปลี่ยนหลอดไฟจากเดิมติดตั้งหลอด T8 เปลี่ยนเป็น หลอดไฟ LED พบว่าค่าความสว่างหลังจากเปลี่ยนหลอดไฟอยู่ที่ 213 lux ไม่แตกต่างกับค่าความสว่างของหลอด T8 ที่วัดได้ 215 lux ซึ่งพื้นที่บริเวณห้องหน้าห้องตรวจต้องการค่าความสว่างอยู่ที่ 200 lux จึงเป็นค่าที่เหมาะสมกับการใช้งาน

ในด้านการลงทุนสำหรับการเปลี่ยนหลอดไฟ การเปลี่ยนหลอดไฟหนึ่งจุดสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมเหลือเพียง 408.8 kWh/Year จากเดิมใช้พลังงานไฟฟ้า 1,144.64 kWh/Year NPV ที่ได้รับจากมาตรการอยู่ที่ 9,624 บาท IRR 98.6% คืนทุน 1.1 เดือน มีความคุ้มค่าในการลงทุน

2) มาตรการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กเมื่อเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศขนาด18,000 Btu เครื่องใหม่ ที่มีค่า EER อยู่ที่ 3.49 watt/watt ทดแทนเครื่องเก่าที่มีค่า EER 1.86 watt/watt มีอายุการใช้งาน 10 ปีขึ้นไป สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมเหลือต่อหนึ่งเครื่องเหลือเพียง 4,556 kWh/Year จากของเดิม 10,749.25 kWh/Year NPV ที่ได้รับจากมาตรการประหยัดพลังงาน 164,800 บาท IRR 98.2% คืนทุน 1.1 ปี มีความคุ้มค่าในการลงทุน แต่เนื่องจากจำเป็นต้องใช้เงินในการลงทุนเป็นจำนวนมากในการดำเนินมาตรการ จึงอยู่ในขั้นตอนในการดำเนินการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศเพียงบางส่วน

3) มาตรการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น ขนาด 72 Ton ถ้าเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นเครื่องใหม่ที่มีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 1.08 kW/Ton ทดแทนเครื่องทำน้ำเย็นเครื่องที่ใช้พลังงานไฟฟ้า 1.62 kW/Ton ซึ่งใช้งานตั้งแต่ปี 2544 สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมเหลือเพียง 280,320 kWh/Year จากของเดิม 462,528 kWh/Year NPV ที่ได้รับจากมาตรการประหยัดพลังงาน 2,781,962 บาท IRR 25.3% คืนทุน 4.4 ปี มีความคุ้มค่าในการลงทุน แต่เนื่องจากจำเป็นต้องใช้เงินในการลงทุนเป็นจำนวนมากในการดำเนินมาตรการ จึงอยู่ในขั้นตอนพิจารณาในการดำเนินการ

4) มาตรการติดตั้ง VSD ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์เครื่องสูบน้ำของเครื่องทำน้ำเย็น ทำการติดตั้ง VSD เพื่อปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ จากเดิมค่าความถี่อยู่ที่ 50 Hz เหลือ

เพียง 34 Hz ลดการใช้ไฟฟ้าลงเหลือ 2.6 kW ในการใช้งานสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมเหลือเพียง 22,776 kWh/Year จากเดิมใช้พลังงานไฟฟ้า 76,212 kWh/Year NPV ที่ได้รับจากมาตรการประหยัดพลังงาน 1,511,862 บาท IRR 154.7% คืนทุน 7 เดือน มีความคุ้มค่าในการลงทุน

5.2 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1) ควรทำการศึกษาการใช้พลังงานสำหรับอาคารควบคุมโรงพยาบาลในขนาดอื่นๆ เพื่อนำผลที่ได้รับมาเปรียบเทียบข้อมูลการใช้งานว่าภายในโรงพยาบาลแต่ละขนาดมีการใช้งานพลังงาน เหมือนหรือแตกต่างกันด้านใดบ้าง เพื่อนำไปต่อยอดในการหามาตรการประหยัดพลังงานสำหรับอาคารควบคุมประเภทโรงพยาบาลต่อไป

2) ในการสร้างมาตรการประหยัดพลังงาน นอกจากการปรับปรุงอุปกรณ์ เครื่องใช้ต่างๆ แล้ว หากมีการวางแผนการใช้งานตั้งแต่เริ่มก่อสร้างจะช่วยให้การใช้งานมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น เช่น การวางผังหลอดไฟ การติดตั้งสวิทซ์ไฟเป็นต้น

3) การลงทุนเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงและเหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละส่วน เพื่อทดแทนอุปกรณ์เก่าที่เสื่อมประสิทธิภาพ สามารถการใช้พลังงานและเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าค่าอุปกรณ์ตัวใหม่

4) นอกจากประสิทธิภาพของอุปกรณ์ การสร้างจิตสำนึกให้คนในองค์กรร่วมกันช่วยดำเนินการจะมีผลมากกว่าการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์เพียงอย่างเดียว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

1. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. [อินเทอร์เน็ต]. อาคารควบคุม 2558. Available from: http://www.dede.go.th/ewt_w3c/ewt_news.php?nid=102.

2. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. [อินเทอร์เน็ต]. ระบบแสงสว่าง 2557. Available from: http://www2.dede.go.th/bhrd/old/web_display/building/build_lighting.html.

3. กรมควบคุมโรค. [อินเทอร์เน็ต]. การใช้แสงสว่างโรงพยาบาล 2558. Available from: www.dpck5.com.

4. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. [อินเทอร์เน็ต]. ระบบปรับอากาศ 2558. Available from: http://www2.dede.go.th/bhrd/old/Download/file_handbook/Pre_Build/Build_14.pdf.

5. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. ข้อมูลฉลากแสดงระดับประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ 2558. Available from: http://labelno5.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=20&Itemid=341&lang=th.

6. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. [อินเทอร์เน็ต]. กฎกระทรวง กำหนดเครื่องทำน้ำเย็นสำหรับระบบปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง พ.ศ. 2552 2558. Available from: http://www4.dede.go.th/dede/index.php?option=com_content&view=article&id=201&Itemid=131&lang=th.

7. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. [อินเทอร์เน็ต]. NPV 2558. Available from: http://www2.dede.go.th/webpage/tools.htm.

8. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. [อินเทอร์เน็ต]. IRR 2558. Available from: http://www2.dede.go.th/webpage/tools.htm.

9. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. [อินเทอร์เน็ต]. พระราชบัญญัติการอนุรักษ์พลังงาน 2558. Available from: http://www2.dede.go.th/bhrd/old/Download/file_handbook/Pre_Build/Build_2.pdf.

10. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. [อินเทอร์เน็ต]. การจัดการพลังงานโรงพยาบาล 2557. Available from:

http://www2.dede.go.th/km_berc/downloads/menu4/%E0%B9%80%E0%B8%AD%E0%B8%81%E0%B8%AA%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%80%E0%B8%9C%E0%B8%A2%E0%B9%81%E0%B8%9E%E0%B8%A3%E0%B9%88/%E0%B8%84%E0%B8%B9%E0%B9%88%E0%B8%A1%E0%B8%B7%E0%B8%AD/08%20sec/01_%E0%B9%82%E0%B8%A3%E0%B8%87%E0%B8%9E%E0%B8%A2%E0%B8%B2%E0%B8%9A%E0%B8%B2%E0%B8%A5.pdf

11. รักธรรมมั่น ส. การบริหารการใช้พลังงานและมาตรการประหยัดพลังงานของอาคารประเภทโรงพยาบาล. กรุงเทพมหานคร: วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2554.

12. เก่งพล ก. การควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงแรม กรณีศึกษา: โรงแรมขนาดกลางและขนาดเล็ก. กรุงเทพมหานคร: วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2541.

13. วรรณทองศรี อ. การพัฒนาระบบการจัดการพลังงานสำหรับอาคารรัฐวิสาหกิจ. กรุงเทพมหานคร: วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2552.

14. การไฟฟ้านครหลวง. [อินเทอร์เน็ต]. ค่าไฟ 2558. Available from: http://www.mea.or.th/profile/index.php?tid=3&mid=111&pid=109.

15. โรงพยาบาลเจ้าพระยายมราช. รายงานสำหรับThailand energy award 2015. 2558.

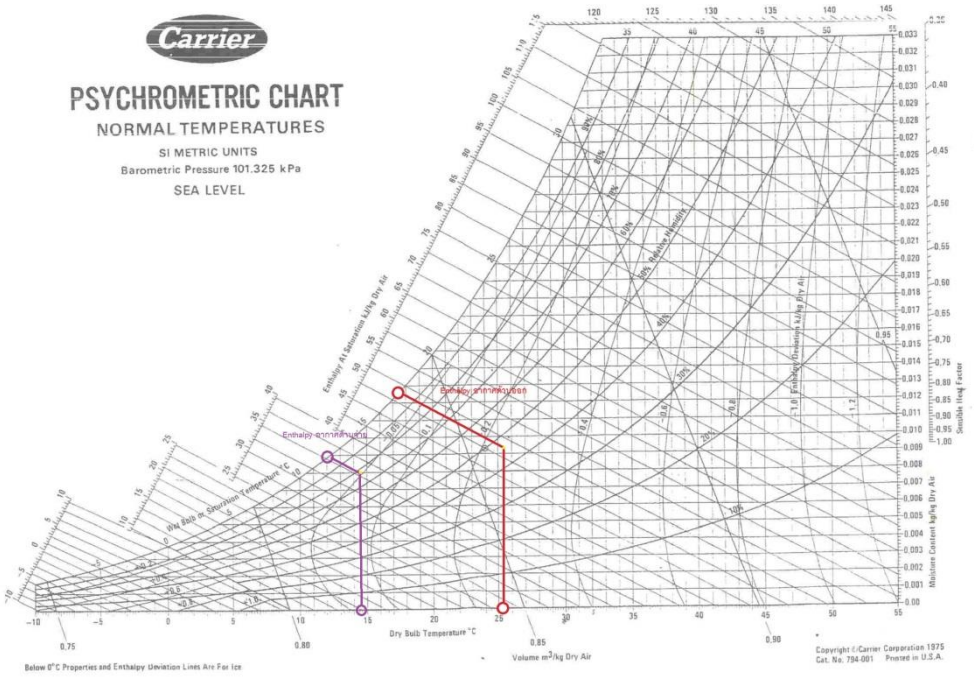
16. สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน. [อินเทอร์เน็ต]. แสงสว่าง 2558. Available from: http://medinfo2.psu.ac.th/commed/occmed/images/TIS18001/tisp4/law%20Physi/images/law/practice_illumination.pdf.

17. carrier. [อินเทอร์เน็ต]. Chiller 2558. Available from: http://www.carrier.co.th/pdcarrier/catalogue/Chiller_Catalog/air_cooled/China_30GTN_July2012.pdf.

18. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในระบบการใช้พลังงานหลักด้านระบบปรับอากาศ. กรุงเทพมหานคร: บริษัทวิสคอมเซ็นเตอร์; 2550.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ค่า Enthalpy ในการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน



รูป ก.1 Psychrometric chart แสดงค่า Enthalpy อากาศขาเข้า-ขาออก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข รูปเครื่องและอุปกรณ์ในการตรวจวัด

รูป ข.1 เครื่องปรับอากาศที่ทำการตรวจวัด

รูป ข.2 เครื่องสูบน้ำที่ทำการตรวจวัด

รูป ข.3 เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศที่ทำการตรวจวัด

รูป ข. 4 การตรวจวัดค่าแสงสว่างของหลอดไฟ

รูป ข.5 การตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำ

รูป ข. 6การตรวจวัดความดันด้านจ่าย

รูป ข. 7 การตรวจวัดความดันด้านดูด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค หน่วยวัด

หน่วยการวัดสากล SI (International Standard)(18)

มวล	m	กิโลกรัม, kg	
แรง	F	นิวตัน, N	F = ma
อัตราเร่ง	g	เมตร/วินาที^{2}, m/s^2	
พื้นที่	A	เมตร^2, m^2	
ความดัน	P	นิวตัน/เมตร^2, Pa	
ปริมาตร	V	เมตร^3, m^3	m = ρV
ความหนาแน่น	ρ	กิโลกรัม/เมตร^3, kg/m^3	
น้ำหนักเฉพาะ	ρ	นิวตัน/เมตร^3, N/m^3	
ความถ่วงจำเพาะ	s		
ระยะทาง	L	เมตร, m	
เวลา	t	วินาที/s	
ความเร็ว	v	เมตร/วินาที, m/s	
อัตราการไหล	Q	เมตร^3/วินาที, m^3/s	Q = vA
งาน	W	นิวตัน เมตร/วินาที, N.m	W = FL
กำลังงาน	P	นิวตัน เมตร/วินาที, W	P = Fv = Tω
ความเร็วเชิงมุม	ω	เรเดียน/วินาที, s^{-1}	ω = 2¶N
ความเร็วรอบ	N	รอบ/วินาที, rps	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปริมาณความร้อน	q	จูล/วินาที, W	$q = mc_p \Delta T$
ประสิทธิภาพ	η		$P_0 = \eta P_i$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวชมพูนิกข์ นามสุวรรณ เกิดเมื่อวันที่ 19 ตุลาคม 2527 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี จากคณะอักษรศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร สาขาเอเชียศึกษา เมื่อปี 2551 เข้าศึกษาต่อหลักสูตรเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี 2556 เริ่มทำงานที่ United States Agency for International Development Embassy of the United States และInternational Organization for Migrationตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University