การพัฒนาระบบบริหารจัดการพลังงานของระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผัน(VRF) ด้วยเทคโนโลยีนวัตกรรมดิจิทัลแพลตฟอร์ม

Development of energy management systems for Variable Refrigerant Flow (VRF) air conditioning systems using innovative digital platform technology.

โดย

ผศ.ดร.ญาณวุฒิ สุพิชฌางกูร

สนับสนุนทุนวิจัยโดย

สถาบันวิจัย

มหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปี การศึกษา 2563

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ผศ.ดร.ญาณวุฒิ สุพิชญางกูร 2563: การพัฒนาระบบบริหารจัดการพลังงานของระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผัน(VRF) ด้วยเทคโนโลยีนวัตกรรมดิจิทัลแพลตฟอร์ม สาขาวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต 113 หน้า

ระบบปรับอากาศของสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ได้มีการปรับเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผัน ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้มีแนวคิดในการออกแบบและจัดทำดิจิทัลแพลตฟอร์มระบบจัดการพลังงานที่มีเชื่อมต่อกับชุดส่งสัญญาณการเชื่อมต่ออัตโนมัติ ด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดพลังงานดิจิตอลมิเตอร์ ที่สามารถตรวจสอบ ติดตามการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผันแบบทันทีตามเวลาจริง และประเมินการใช้พลังงานเทียบกับเครื่องปรับอากาศรุ่นเก่าที่เคยติดตั้ง พร้อมทั้งวิเคราะห์คาดการณ์การใช้พลังงานล่วงหน้า 3 ปี ด้วยสมการพยากรณ์การใช้พลังงาน รวมถึงการวิเคราะห์คุณภาพอากาศเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคาร

ผลการวิจัยพบว่าดิจิทัลแพลตฟอร์มระบบบริหารจัดการพลังงานของระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผัน สามารถประมวลผลและติดตามข้อมูลพลังงานมาทำการวิเคราะห์ด้านต่างๆได้ตามวัตถุประสงค์การใช้พลังงานระบบปรับอากาศ ประกอบด้วย กำลังไฟฟ้า, กระแสไฟฟ้า, แรงดันไฟฟ้า, ความถี่, หน่วยไฟฟ้าและตัวประกอบกำลังไฟฟ้า โดยแสดงผลไปยังดิจิทัลแพลตฟอร์ม และสามารถจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลการใช้พลังงานที่มหาวิทยาลัยได้ ทั้งแสดงผลหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าปัจจุบันและย้อนหลัง เป็นแบบทันทีตามเวลาจริง, รายวัน, รายเดือน และรายปี และแสดงผลปริมาณการใช้พลังงานสะสมและผลประหยัดพลังงาน พร้อมทั้งสามารถนำข้อมูลออกไปใช้ประมวลผลด้านอื่นๆได้ ส่วนด้านการประเมินผลประหยัดพลังงานระหว่างเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผันและเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนในปัจจุบัน และเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นเก่าที่เคยติดตั้งพบว่า เครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผันสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้ามากกว่าเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นเก่าที่เคยติดตั้ง เป็นจำนวน 66,427.97 kWh/ปี และเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานไฟฟ้า เท่ากับ 76.94% มีระยะเวลาคืนทุน 2 ปี 3 เดือน และความคุ้มค่าของการเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผันมีอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (B/C) เท่ากับ 3.08 แสดงได้ว่าสามารถตัดสินใจในการลงทุนได้ และผลการประเมินคุณภาพอากาศภายในห้องอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารของมาตรฐาน ASHRAE 55 และ มาตรฐาน ASHRAE62.1 และจากข้อมูลการใช้พลังงานรายเดือนย้อนหลัง 2 ปี 6 เดือน สามารถวิเคราะห์คาดการณ์ค่าการใช้พลังงานล่วงหน้า 3 ปี ได้สมการพยากรณ์การใช้พลังงาน ดังนี้ $y = 0.4301x^2 - 7.1906x + 1266.4$ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 2.84 % และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์เท่ากับ 1.31 % แสดงว่าการพยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในอนาคตสามารถเชื่อมั่นได้

คำสำคัญ : บริหารจัดการ, พลังงาน, เครื่องปรับอากาศ, ปรับน้ำยาแปรผัน, ดิจิทัลแพลตฟอร์ม

Asst. Prof. Dr.Yannavut supichayanggoon 2020: Development of energy management systems for Variable Refrigerant Flow (VRF) air conditioning systems using innovative digital platform technology. Mechanical engineering department, College of engineering, Rangsit university 113 Pages

The Air conditioning system of the Department of Mechanical Engineering office, College of Engineering, Rangsit University has been upgraded to use a variable refrigerant flow air conditioning system. Therefore, this research has the concept of designing and creating a digital energy management platform connected to an automatic communication system, utilizing digital energy meters for measuring and tracking real-time energy usage of the variable refrigerant flow air conditioning system with instantaneous adjustments according to real-time. And evaluate the energy consumption compared to the older installed air conditioning system. Additionally, forecast energy consumption over the next 3 years using energy consumption prediction equations, as well as analyze air quality in comparison with indoor air quality standards.

The research results, the digital energy management platform of the variable refrigerant flow air conditioning system is capable of processing and tracking energy data for various analyses according to the energy usage objectives of the air conditioning system. It consists of electrical power, electric current, voltage, frequency, electrical units, and electrical power factor. The results are displayed on the digital platform and can be stored in a database, the energy usage data can be stored at the university includes real-time and historical electricity consumption data. This data is in real-time, showing daily, monthly, and yearly displays. It also presents the cumulative energy usage and energy savings, and the data can also be utilized for various other analyses.

The evaluation of energy savings is conducted between the variable refrigerant flow air conditioning system and the split type air conditioners, as well as the older installed air conditioning system, amounting to 66,427.97 kWh per year, an energy-saving efficiency of 76.94%. The payback period was determined to be 2 years and 3 months, with a benefit-to-cost ratio (B/C) of 3.08, indicating a viable investment decision.

The results indicate that the indoor air quality assessment in the room meets the standards of indoor air quality within buildings according to ASHRAE 55 and ASHRAE 62.1. Monthly energy usage data from the past 2 years and 6 months can be analyzed to predict energy consumption values for the next 3 years, the future energy consumption values can be predicted using the energy prediction equation: $y = 0.4301x^2 - 7.1906x + 1266.4$, with an electricity consumption prediction error of 2.84% and an mean absolute percentage error of 1.31%. This indicates that the forecasted electricity consumption in the future can be trusted with confidence.

Keywords: Management, Energy, Air conditioning, Variable refrigerant flow, Digital platform

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	จ
คำอธิบายสัญลักษณ์	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.4 ขอบเขตโครงงาน	3
1.5 วิธีดำเนินงาน	4
1.6 ระยะเวลาการดำเนินงาน	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 ระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผัน	7
2.1.1 ภาระการทำความเย็น	11
2.1.2 ระบบบริหารจัดการพลังงาน	13
2.2 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ	22
2.3 การอนุรักษ์พลังงานอาคาร	27
2.4 คุณภาพอากาศภายในอาคาร	29
2.5 การพยากรณ์การใช้พลังงาน	31
2.5.1 เทคนิคการพยากรณ์	31
2.5.2 รูปแบบของข้อมูล	31
2.5.3 การพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้า	32
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	34
บทที่ 3 วิธีดำเนินการ	37
3.1 การเก็บข้อมูล	39
3.1.1 ข้อมูลทั่วไป	39
3.1.2 ผลการสำรวจและเก็บข้อมูลตามแผนผังและขนาดพื้นที่	39
3.1.3 ผลการเก็บข้อมูลและคุณสมบัติเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	57
3.1.4 รายละเอียดและข้อมูลของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นเก่าที่เคยติดตั้งของ	61

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2 อุปกรณ์การเก็บข้อมูล 63
3.3 การสำรวจ ตรวจวัดขนาดของสำนักงาน 72
3.4 ผลการติดตั้งชุดส่งสัญญาณการเชื่อมต่ออัตโนมัติ พร้อมอุปกรณ์ 75
บทที่ 4 ผลการดำเนินการ 79
4.1 ผลการออกแบบและจัดทำแพลตฟอร์มระบบบริหารจัดการพลังงาน ของระบบปรับอากาศ แบบปรับน้ำยาแปรผัน 79
4.1.1 ออกแบบ วิเคราะห์ระบบ ในการประมวลผล 79
4.1.2 ออกแบบแพลตฟอร์มรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน 80
4.1.3 รูปแบบแพลตฟอร์มของเว็บแอปพลิเคชัน 81
4.1.4 การออกแบบและติดตั้งชุดอุปกรณ์บริหารจัดการพลังงานของระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผัน ในการส่งสัญญาณการเชื่อมต่ออัตโนมัติ พร้อมอุปกรณ์เครื่องมือวัดชนิดต่างๆ และทำการประกอบการติดตั้ง 85
4.2 ผลการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผัน 89
4.3 ผลการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นเก่าที่เคยติดตั้ง 94
4.4 ประเมินผลประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศ 96
4.5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพอากาศภายในห้องสำนักงาน 98
4.6 ผลการวิเคราะห์คาดการณ์ค่าการใช้พลังงาน 107
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 110
5.1 สรุปผลการวิจัย 110
5.2 ข้อเสนอแนะ 111
เอกสารอ้างอิง 112

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันอัตราค่าไฟฟ้าของสถาบันการศึกษามีราคาสูงขึ้น อันเนื่องมาจากใช้งานสำนักงาน งานการเรียนการสอน ร้านค้าและหอพัก ซึ่งมีการพลังงานไฟฟ้าในอัตราที่สูง อีกทั้งสถาบันการศึกษาต้องมีการลดค่าใช้จ่ายส่วนต่างๆ ให้เหมาะสมกับสถานะการณ์ในช่วงวิกฤตจากจำนวนรับนักศึกษาเข้าเรียน ทำให้รายได้ของสถาบันการศึกษาลดลง ดังนั้นสถาบันการศึกษาจึงให้ความสำคัญต่อมาตรการประหยัดพลังงาน เพื่อลดต้นทุนและประหยัดค่าใช้จ่ายทางพลังงานไฟฟ้า เพื่อให้ธุรกิจอยู่รอดไปได้ ส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของสถาบันการศึกษา พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ส่วนใหญ่ คือ ระบบปรับอากาศ หลอดไฟฟ้า และอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น แต่ระบบที่มีการใช้พลังงานมากที่สุด คือ ระบบปรับอากาศ ซึ่งใช้พลังงานประมาณ 60-70% ของค่าไฟฟ้าทั้งหมด

โดยในปัจจุบันระบบของเครื่องปรับอากาศของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มีการปรับเปลี่ยนมาติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผัน (Variable Refrigerant Flow System :VRF) ซึ่งเป็นระบบปรับอากาศที่สามารถปรับปริมาณและควบคุมสารทำความเย็นได้อัตโนมัติจากคอนเดนซิ่งยูนิต (Condensing Unit) ไปสู่ชุดแฟนคอยล์ (Fancoil Unit) โดยใช้คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ผ่านการควบคุมด้วยระบบอินเวอร์เตอร์ (Inverter) เพื่อให้เกิดความเหมาะสมต่อการใช้งานในสำนักงาน อาคารของสถาบันการศึกษา ที่ต้องการเน้นเรื่องการประหยัดพลังงานซึ่งระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผันสามารถช่วยให้เกิดผลประหยัดค่าไฟฟ้าอย่างเป็นรูปธรรม และยังประหยัดกว่าเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศเหมาะกับสถานศึกษาที่คำนึงถึงสถานที่ติดตั้งที่มีพื้นที่วางคอนเดนซิ่งยูนิตอย่างจำกัด

แนวคิดในออกแบบและจัดทำระบบบริหารจัดการพลังงาน (Energy Management System: EMS) สำหรับระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผันตามเวลาจริง และตรวจวัดการใช้พลังงานของระบบเครื่องปรับอากาศของห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สามารถเป็นต้นแบบของมหาวิทยาลัยรังสิต โดยใช้การออกแบบและการจัดทำดิจิทัลแพลตฟอร์มจะตรวจสอบและติดตามการกใช้พลังงานด้วยการประสานกันระหว่างอุปกรณ์ตรวจวัด (Sensor) สมาร์ทมิเตอร์ (Smart Meter) และระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอัตโนมัติ (Controller) บนโครงสร้างของระบบเทคโนโลยีและสารสนเทศ (Information Technology: IT) ซึ่งระบบจะตรวจสอบ และติดตาม

ข้อมูลอัตโนมัติที่จากส่วนกลางที่สามารถประมวลผลและบริหารการข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ ในช่วงเวลานั้นๆได้ของสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ทำให้ทราบและเข้าใจพฤติกรรมการใช้พลังงานของสำนักงานมากขึ้น ซึ่งจะทำให้สามารถระบุแนวทางหรือศักยภาพที่เป็นไปได้ในการปรับเปลี่ยนการใช้พลังงานให้เหมาะสมกับสำนักงานมากขึ้น และสามารถเป็นตัวอย่างให้กับสำนักงานและอาคารอื่นๆ อีกทั้งสามารถนำไปพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของ ระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผัน โดยต้องสามารถพยากรณ์ได้ว่าระบบปรับอากาศของสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามากน้อยเพียงใด ซึ่งสามารถพัฒนาต่อยอดเป็นชุดปฏิบัติการด้านวิศวกรรมเครื่องกล เป็นการเรียนรู้และเพิ่มทักษะเทคโนโลยีนวัตกรรมดิจิทัลบนแพลตฟอร์ม กับวิชาระบบปรับอากาศ วิชาเลือกด้านพลังงานทดแทนและเทคโนโลยีพลังงาน และสามารถพัฒนาเป็นรายวิชาหลักสูตรระดับสถาบันอุดมศึกษาและการฝึกอบรมที่มีใบประกาศนียบัตรได้ และจากนโยบายภาครัฐด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมดิจิทัล ที่มีการส่งเสริม สนับสนุน พัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ด้านการวิจัยต่างๆ บูรณาการประยุกต์ใช้เพื่อประโยชน์กับการวิจัยและการศึกษา และยังสามารถพัฒนาไปในเชิงธุรกิจกับหน่วยงานอื่นๆในการพัฒนางานวิจัยด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมดิจิทัลทุกๆด้าน โดยเฉพาะด้านนำไปประยุกต์ใช้กับการวิจัยและการศึกษา ด้วยดิจิทัลแพลตฟอร์มในการบริหารการข้อมูลใช้การพลังงาน เป็นการนำไปใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมดิจิทัล (Digital Transformation) ให้เป็นประโยชน์ต่อเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และความมั่นคงของประเทศ อีกทั้งยังพัฒนาคณาจารย์ นักวิจัย และนักศึกษา เพื่อเตรียมความพร้อมสู่ความเป็นประชาชนดิจิทัล สามารถเรียนรู้และเพิ่มทักษะดิจิทัลประยุกต์ใช้ด้านต่างๆ ได้ในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อจัดทำแพลตฟอร์มระบบบริหารจัดการพลังงานของระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผัน สำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

1.2.2 เพื่อเป็นต้นแบบการนำนวัตกรรมดิจิทัลแพลตฟอร์มระบบบริหารจัดการพลังงาน มาใช้กับหน่วยงานต่างๆภายในมหาวิทยาลัย เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด นำเป็นตัวอย่างการประหยัดไฟฟ้าและลดค่าใช้จ่าย

1.2.3 เพื่อสามารถวางแผนการจัดการการใช้พลังงานภาพรวมของมหาวิทยาลัย และสามารถประเมินสถานะการณ์การใช้พลังงานของมหาวิทยาลัยได้

1.2.4 เพื่อพัฒนาระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผันของแต่ละอาคารภายในมหาวิทยาลัยสามารถจัดการ เรียนรู้ และควบคุมบนดิจิทัลบนแพลตฟอร์ม ที่อาจพัฒนาเป็นศูนย์การจัดการและควบคุมพลังงานของมหาวิทยาลัย

1.2.5 เพื่อสามารถเป็นแหล่งเรียนรู้ สามารถประยุกต์ใช้เป็นการเรียนการสอนในรายวิชาต่างๆ ของวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์

1.3 ประโยชน์ที่จะได้รับ

1.3.1 สถาบันการศึกษาสามารถลดค่าใช้จ่ายทางพลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ และมีมาตรการประหยัดพลังงาน

1.3.2 มหาวิทยาลัยที่กำกับดูแลจะมีโอกาสได้ทราบปริมาณและค่าใช้จ่ายการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบปรับอากาศว่ามีจำนวนมากน้อยเพียงใด

1.3.3 สามารถตรวจสอบ ติดตามและบริหารการข้อมูลใช้การพลังงานของระบบปรับอากาศของสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลให้เป็นตัวอย่างให้กับสำนักงานและอาคารอื่นๆ

1.3.4 สามารถนำไปพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ

1.3.5 สามารถพัฒนาต่อยอดเป็นชุดปฏิบัติการด้านวิศวกรรมเครื่องกล เป็นการเรียนรู้และเพิ่มทักษะเทคโนโลยีนวัตกรรมดิจิทัลบนแพลตฟอร์ม กับวิชาระบบปรับอากาศ วิชาเลือกด้านพลังงานทดแทนและเทคโนโลยีพลังงาน และสามารถพัฒนาเป็นรายวิชาหลักสูตรระดับสถาบันอุดมศึกษาและการฝึกอบรมที่มีใบประกาศนียบัตรได้

1.3.6 สามารถบูรณาการประยุกต์ใช้เพื่อประโยชน์กับการวิจัยและการศึกษา และยังสามารถพัฒนาไปในเชิงธุรกิจกับหน่วยงานอื่นๆในการพัฒนางานวิจัยด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมดิจิทัลทุกๆ ด้าน โดยเฉพาะด้านนำไปประยุกต์ใช้กับการวิจัยและการศึกษา ด้วยดิจิทัลแพลตฟอร์มในการบริหารการข้อมูลใช้การพลังงาน

1.4 ขอบเขตโครงงาน

1.4.1 ศึกษาเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผันที่ติดตั้งอยู่ในสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลปัจจุบัน ขนาดทำความเย็น 154,000 BTU/hr จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วย คอนเดนซิ่งยูนิตจำนวน 1 ตัว ต่อกับชุดแฟนคอยล์จำนวน 14 ตัว ใช้ปรับอากาศในพื้นที่เพียง 14 ห้องจากทั้งจำนวนหมด 16 ห้อง และอีก 2 ห้องที่เหลือเป็นเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง ประกอบด้วย ชุดที่ 1 ขนาดทำความเย็น 10,600 BTU/hr ติดตั้งห้องโถงกลางและชุดที่ 2 ขนาดทำความเย็น 22,800 BTU/hr ติดตั้งห้องประชุม ส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ ประกอบด้วยพัดลมดูดอากาศจำนวน 16 ตัว, โคมไฟฟ้า จำนวน 28 โคม หลอด LED 18 W จำนวน 56 หลอด, ตู้เย็น จำนวน 1 เครื่อง, เตาไมโครเวฟ จำนวน 1 เครื่อง, กระติกน้ำร้อน จำนวน 1 เครื่อง ส่วนกรอบอาคารของห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ประกอบด้วยหน้าต่างและช่องรับแสงรวม 30 บาน และประตู 17 บาน

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

1.4.2 ออกแบบและจัดทำแพลตฟอร์มระบบบริหารจัดการพลังงานของของระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผันด้วยเทคโนโลยีนวัตกรรมดิจิทัลแพลตฟอร์ม แบบทันทีและต่อเนื่อง พร้อมทั้งติดตั้งระบบติดตามข้อมูลการใช้พลังงาน และข้อมูลต่างๆอาทิเช่น แรงดันไฟฟ้า,กระแสไฟฟ้า, ค่ากำลังไฟฟ้า, ความถี่,หน่วยไฟฟ้าและค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

1.4.3 วิเคราะห์ เปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังงานระหว่างเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศรุ่นเก่าที่เคยติดตั้ง มีอายุการใช้งานมา 20 ปี และเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผันของสำนักงานห้องภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล เพื่อนำข้อมูลที่สำรวจมาวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้งานและปัจจัยด้านอื่นๆที่ส่งผลกระทบต่อการประหยัดพลังงาน

1.4.4 ศึกษาและวิเคราะห์คุณภาพอากาศภายในห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลพร้อมทั้งประเมินคุณภาพอากาศที่ได้เทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคาร ประกอบด้วย อุณหภูมิอากาศ ,ความชื้นอากาศ , การกระจายลม , การระบายอากาศ และปริมาณฝุ่น

1.4.5 วิเคราะห์คาดการณ์ค่าการใช้พลังงาน (Forecasting) ล่วงหน้า 3 ปี และนำมาสร้างเป็นสมการพยากรณ์การใช้พลังงาน ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุนาม

1.5 วิธีการดำเนินงาน

1.5.1 ลงพื้นที่สำรวจและเก็บข้อมูลของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการศึกษา

1.5.2 ศึกษาวิธีการทำงานของระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผัน และเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงในปัจจุบันที่จะนำข้อมูลมาใช้ในการเปรียบเทียบการใช้พลังงานกับเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศรุ่นเก่าที่เคยติดตั้ง

1.5.3 ออกแบบและจัดทำแพลตฟอร์มระบบบริหารจัดการพลังงานของของระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผันด้วยเทคโนโลยีนวัตกรรมดิจิทัลแพลตฟอร์ม

1.5.4 ติดตั้งชุดระบบติดตามข้อมูลการใช้พลังงาน เพื่อเก็บข้อมูลและวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้ระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผัน แบบทันทีและต่อเนื่อง เชื่อมต่อกับแพลตฟอร์มระบบบริหารจัดการพลังงาน

1.5.5 ดำเนินจัดการบันทึกผลการติดตามข้อมูลการใช้พลังงาน ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2564 จนถึงเดือนมิถุนายน 2566

1.5.6 วิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานและผลประหยัดพลังงานของระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผัน และเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงในปัจจุบัน กับเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศรุ่นเก่าที่เคยติดตั้ง

1.5.7 ตรวจวัดอุณหภูมิอากาศ ,ความชื้นอากาศ , การกระจายลม , การระบายอากาศ และปริมาณฝุ่น แล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพอากาศเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศภายในสำนักงานส่งผลกระทบต่อความสะดวกสบายของอาจารย์ เจ้าหน้าที่ และผู้ใช้บริการ

1.5.8 นำข้อมูลการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผัน รายเดือนย้อนหลัง 2 ปี 6 เดือน ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 ถึง เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2566 มาวิเคราะห์คาดการณ์ค่าการใช้พลังงาน (Forecasting) ล่วงหน้า 3 ปี และนำมาสร้างเป็นสมการพยากรณ์การใช้พลังงาน

1.5.9 จัดทำรายงานวิเคราะห์ และสรุปผล

1.6 ระยะเวลาการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินงาน พศ. 2563																							
	มิ.ย.				ส.ค.				ก.ย.				ต.ค.				พ.ย.				ธ.ค.			
	1	2	3	4	1	1	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ลงนามสัญญา																								
ลงพื้นที่สำรวจและเก็บข้อมูล																								
ศึกษาวิธีการทำงานของระบบ																								
ออกแบบแพลตฟอร์มระบบบริหารจัดการพลังงาน																								
จัดทำแพลตฟอร์มระบบบริหารจัดการพลังงาน																								

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินงาน พศ. 2564																							
	ม.ค.				ก.พ.				มี.ค.				เม.ย.				พ.ค.				มิ.ย.			
	1	2	3	4	1	1	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
เจออุปสรรค ขอขยายเวลาครั้งที่ 1																								
ติดตั้งชุดระบบติดตามข้อมูลการใช้พลังงาน																								
บันทึกผลการติดตามข้อมูลการใช้พลังงาน (สถานะการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัส COVID-19 ในประเทศไทย และมหาวิทยาลัยรังสิตประกาศหยุดการทำงาน ไม่สามารถเก็บข้อมูลการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ)																								

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินงาน พศ. 2564																							
	ก.ค.				ส.ค.				ก.ย.				ต.ค.				พ.ย.				ธ.ค.			
	1	2	3	4	1	1	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
บันทึกผลการติดตามข้อมูลการใช้พลังงาน (สถานะการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัส COVID-19 ในประเทศไทย และมหาวิทยาลัยรังสิตประกาศหยุดการทำงาน ไม่สามารถเก็บข้อมูลการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ)																								

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินงาน พศ. 2565																							
	ม.ค.				ก.พ.				มี.ค.				เม.ย.				พ.ค.				มิ.ย.			
	1	2	3	4	1	1	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
บันทึกผลการติดตามข้อมูลการใช้พลังงาน																								
เจออุปสรรค ขอขยายเวลาครั้งที่ 2																								
สำนักบริการเทคโนโลยีสารสนเทศมีการปรับปรุงจัดการระบบจัดเก็บข้อมูลกลางมหาวิทยาลัย																								

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินงาน พศ. 2565																							
	ก.ค.				ส.ค.				ก.ย.				ต.ค.				พ.ย.				ธ.ค.			
	1	2	3	4	1	1	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
บันทึกผลการติดตามข้อมูลการใช้พลังงาน																								

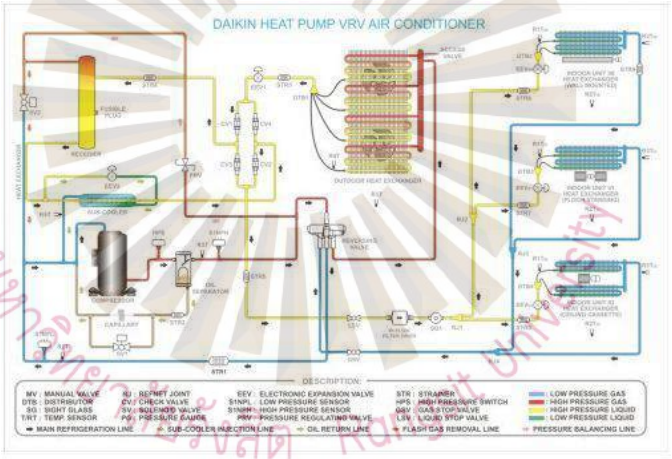
ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินงาน พศ. 2566																							
	ม.ค.				ก.พ.				มี.ค.				เม.ย.				พ.ค.				มิ.ย.			
	1	2	3	4	1	1	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
บันทึกผลการติดตามข้อมูลการใช้พลังงาน																								
วิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานและผลประหยัดพลังงาน																								
วิเคราะห์คุณภาพอากาศ																								

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินงาน พศ. 2566																							
	ก.ค.				ส.ค.				ก.ย.				ต.ค.				พ.ย.				ธ.ค.			
	1	2	3	4	1	1	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
เจออุปสรรค ขอขยายเวลาครั้งที่ 3																								
วิเคราะห์คาดการณ์ค่าการใช้พลังงาน (Forecasting) ล่วงหน้า 3 ปี																								
จัดทำรายงานวิเคราะห์ และสรุปผล																								

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ระบบของเครื่องปรับอากาศของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ ดำเนินการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผัน (Variable Refrigerant Flow :VRF) ซึ่งนำมาทดแทนระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) มาเป็นระยะเวลา 8-9 ปี แล้ว ซึ่งการทำงานของระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผันนั้น [1] มีลักษณะการทำงานที่สามารถเปลี่ยนแปลงปริมาณสารทำความเย็นตามภาระของโหลดและเครื่องปรับอากาศ ขณะที่มีการทำงานของเครื่องปรับอากาศเยอะตัวควบคุมจะทำงานโดยสั่งให้มีการจ่ายน้ำยาเข้าไปในระบบเยอะ ขณะที่เครื่องปรับอากาศทำงานน้อย ระบบจะควบคุมในการจ่ายปริมาณน้ำยาให้เพียงพอกับการทำงาน ระบบนี้เหมาะกับการติดตั้งในอาคารที่ถูกจำกัดในเรื่องของพื้นที่วางคอยล์ร้อน (Condensing unit) เพราะคอยล์ร้อน 1 ตัว สามารถทำการเชื่อมต่อกับคอยล์เย็น (Fancoil Unit) ภายในอาคารได้หลายตัว ซึ่งอาจจะอยู่ชั้นเดียวกันหรือหลายชั้นก็ได้ ซึ่งการทำงานของคอยล์เย็นนั้นมีการทำงานที่แยกอิสระต่อกัน จึงสามารถทำการควบคุมอุณหภูมิได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

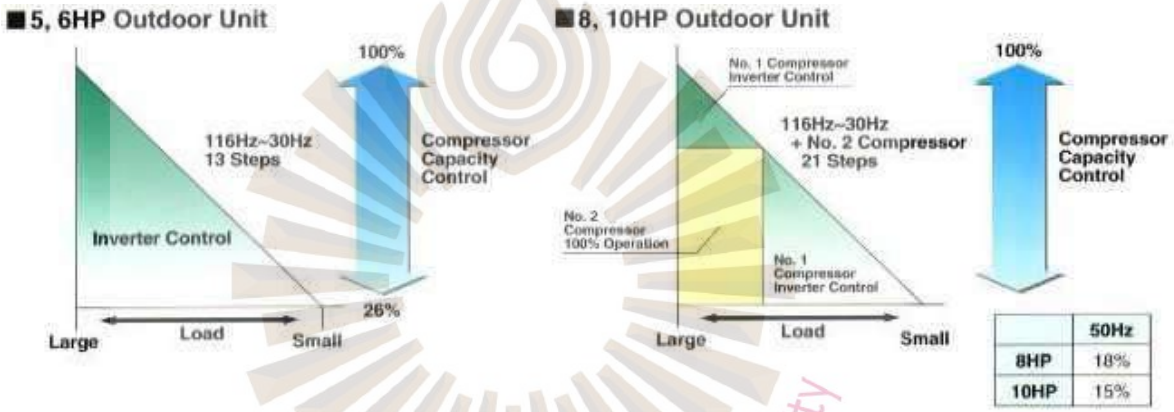


รูปที่ 2.1 วงจรการทำงานของระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผัน

2.1 ระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผัน

ในปัจจุบันระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผันมีการใช้คอมเพรสเซอร์แบบ Inverter ซึ่งสามารถปรับรอบการทำงานให้เหมาะสมต่อภาระความร้อนในแต่ละพื้นที่ ในพื้นที่ ๆไม่มีการใช้งานระบบจะหยุดการจ่ายสารทำความเย็นไปที่บริเวณนั้นและปรับลดรอบการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ดังนั้นระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผันมีประสิทธิภาพในการทำงานแบบ Part Load ที่สูงและประหยัดพลังงาน เป็นเทคโนโลยีที่ควบคุมการจ่ายปริมาณสารทำความเย็นโดยตรงโดยติดตัวควบคุม

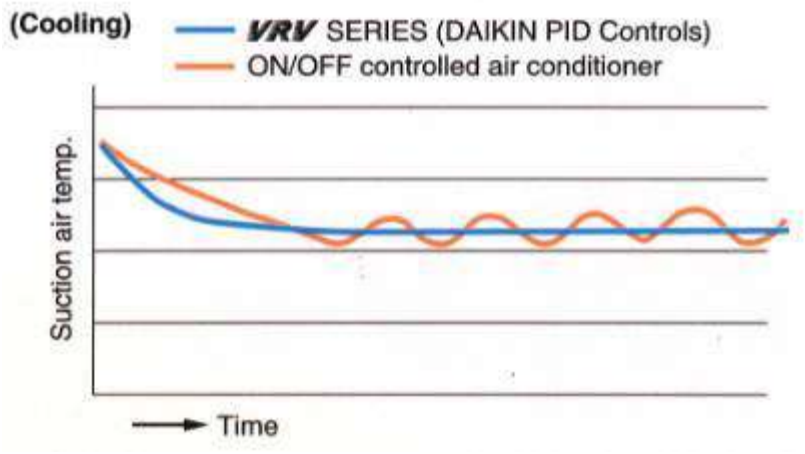
การจ่ายสารทำความเย็นไว้ที่ตัวคอยล์เย็น (Fancoil unit) ทำให้ควบคุมอุณหภูมิได้แม่นยำ และประหยัดค่าไฟฟ้าได้ถึง 40% เมื่อเทียบกับระบบปรับอากาศอื่นๆ และสามารถควบคุมอุณหภูมิให้เย็นสบายและแม่นยำขึ้น และนอกจากนั้นยังมีระบบปรับปรุงคุณภาพของอากาศให้ดีขึ้นได้ด้วยการระบายอากาศลดความชื้น และกระบวนการอื่นๆ เป็นระบบเครื่องปรับอากาศที่ถูกออกแบบมามีความกะทัดรัดลงตัว จึงสามารถติดตั้งในพื้นที่จำกัดได้ เช่น บนหลังคา โดยใช้พื้นที่น้อยลง การติดตั้งง่ายไม่ซับซ้อน ช่วยประหยัดเวลา และเสร็จสมบูรณ์ได้ในเวลาอันสั้น ซึ่งเป็นการตอบรับกับนโยบายการอนุรักษ์พลังงานในปัจจุบัน และเมื่อเปรียบเทียบกับคอมเพรสเซอร์ชนิดอื่นที่มีสมรรถนะใกล้เคียงกัน พบว่าคอมเพรสเซอร์ของแบบ DC Rotary สามารถช่วยประหยัดพลังงานได้มากกว่า 5% ในการปรับเปลี่ยนระดับการทำงานของคอมเพรสเซอร์ระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผัน ซึ่งเป็นระบบหลักของเครื่องระบบนี้ ทำงานผ่านอุปกรณ์ที่เรียกว่า Inverter ทำให้คอมเพรสเซอร์ ของระบบนี้สามารถปรับเปลี่ยนการทำงานเป็นขั้นๆตามภาระการทำความเย็นที่ต้องการ สามารถควบคุมการทำงานขึ้นลงได้หลายขั้นตอน



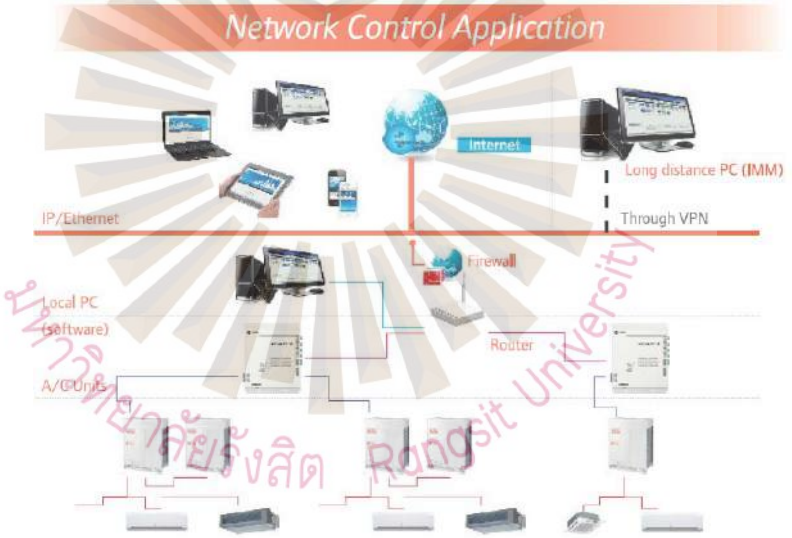
รูปที่ 2.2 กราฟแสดงการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ในระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผัน ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนการทำงานเป็นขั้นๆ ตามสภาพการใช้งานที่ไม่คงที่

ส่วนคุณสมบัติระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผัน [2] โดยมีความสามารถปรับปริมาณน้ำยาทำความเย็นที่ส่งออกจากตัวคอมเพรสเซอร์เข้าสู่ Fancoil unit เปลี่ยนแปลงตามความต้องการ ระบบนี้ใช้พลังงานน้อยกว่าระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ปริมาณน้ำยาทำความเย็นที่ส่งออกจากคอมเพรสเซอร์จะมีปริมาณคงที่ตลอดเวลา การที่ระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผันสามารถปรับเปลี่ยนปริมาณน้ำยาทำความเย็นส่งผลให้สามารถควบคุมอุณหภูมิในพื้นที่ปรับอากาศได้ดีกว่าระบบเดิม

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University



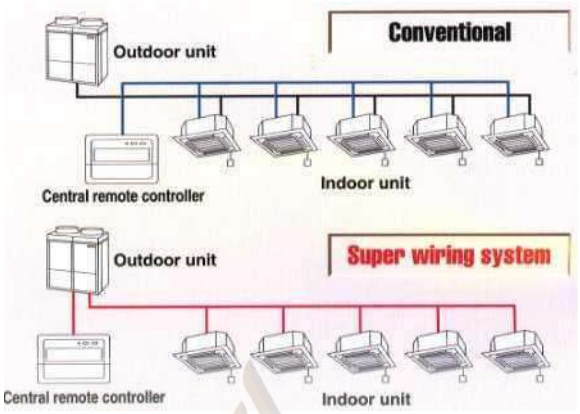
รูปที่ 2.3 แสดงคุณภาพของการควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในพื้นที่ปรับอากาศของระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผันมีความสม่ำเสมอกว่าระบบที่ใช้กันอยู่เดิม



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างระบบควบคุมการทำงานระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผันผ่านการประมวลผลด้วย Micro processor

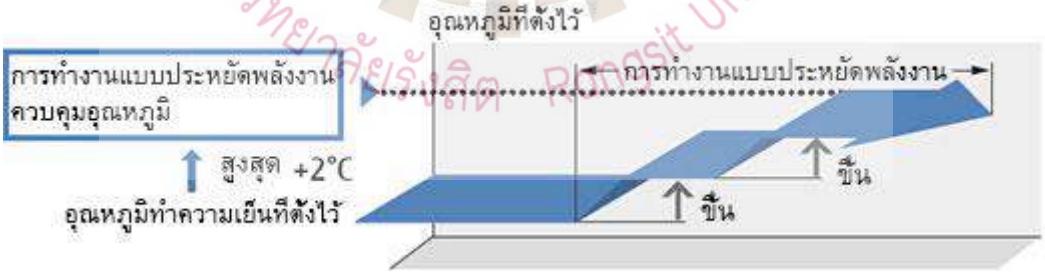
ในส่วนระบบควบคุมของระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผันจะใช้ Super Wiring System ลักษณะจะเป็นสายสัญญาณที่ต่อกันเป็นอนุกรมจากเครื่อง Fancoil unit เข้าหากัน แล้วต่อเข้าเครื่อง Condensing unit การต่ออุปกรณ์ควบคุมสามารถต่อกับ Condensing unit เพียงจุดเดียวจะสามารถควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด นอกจากนั้นยังมีระบบควบคุมการทำงานและแจ้งความผิดพลาดในการทำงานของเครื่อง ตั้งแต่การตรวจสอบความผิดพลาดในการต่อเชื่อมสายเคเบิล, ความผิดพลาดในการเดิมท่อน้ำยาปรับอากาศ, ระบบควบคุมและแสดงสภาวะการทำงาน,ระบบแสดง

ความผิดพลาดของการทำงานโดยแสดงเป็นรหัส นอกจากนี้ระบบยังสามารถรองรับเชื่อมต่อระบบควบคุมนี้เข้ากับระบบบริหารพลังงานได้



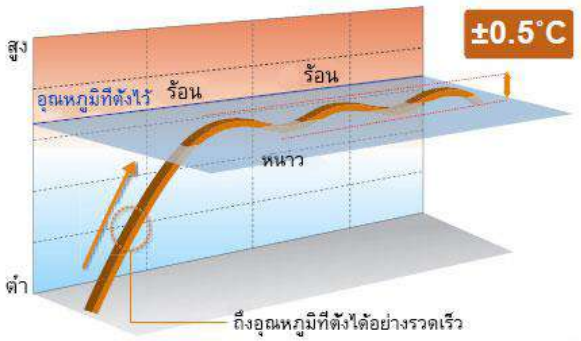
รูปที่ 2.5 แสดงการเดินสายสัญญาณควบคุมแบบ Super Wiring System โดยใช้การเดินสายควบคุมเข้าสู่กลางโดยต่อมาจาก Condensing unit

การทำงานแบบประหยัดพลังงานของระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผัน สามารถตั้งค่าการทำงานแบบประหยัดพลังงานด้วยรีโมทคอนโทรลเลอร์ มีการชดเชยการตั้งค่าอุณหภูมิโดยอัตโนมัติเมื่อผ่านไประยะเวลาหนึ่ง ขีดจำกัดจุดกำหนดอุณหภูมิห้อง สามารถจำกัดช่วงอุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดได้ ซึ่งช่วยประหยัดพลังงานมากขึ้น ในขณะที่ยังคงความสบายให้กับผู้พักอาศัยตัวตั้งเวลาปิดอัตโนมัติ คอยล์เย็นจะปิดการทำงานโดยอัตโนมัติเมื่อถึงกรอบเวลาทำงานที่ตั้งค่าไว้ล่วงหน้า สามารถกำหนดกรอบเวลาของ "Auto off timer" (ตัวตั้งเวลาปิดอัตโนมัติ) ได้อย่างยืดหยุ่น การทำงานแบบประหยัดกำลัง สามารถตั้งค่ากำลังการทำงานได้หลายขั้นสำหรับพิกัดกำลัง การใช้พลังงาน ณ จุดสูงสุดถูกตัดลดและโหลดสูงสุดจะถูกระงับไว้



รูปที่ 2.6 แสดงการทำงานแบบประหยัดพลังงาน มีการชดเชยการตั้งค่าอุณหภูมิโดยอัตโนมัติ

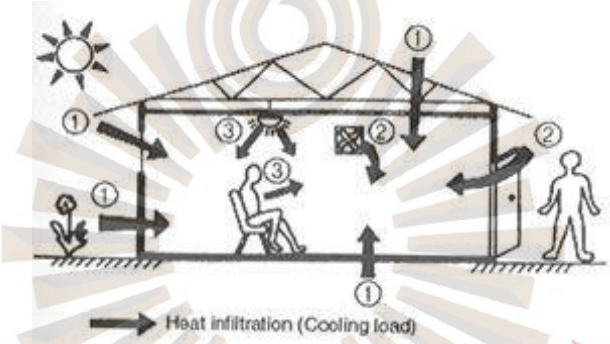
ส่วนการควบคุมการไหลของสารทำความเย็นด้วยความแม่นยำ สามารถควบคุมการไหลของสารทำความเย็นที่ราบรื่นและแม่นยำได้ด้วยการใช้การควบคุมอินเวอร์เตอร์ DC ร่วมกับการควบคุมวาล์วลดความดันแบบอิเล็กทรอนิคส์ของแต่ละคอยล์เย็น ซึ่งทำให้ควบคุมอุณหภูมิที่รู้สึกสบายได้แม่นยำสูงถึง ± 0. 5°C



รูปที่ 2.7 แสดงการทำงานควบคุมการไหลของสารทำความเย็นที่ราบรื่นและแม่นยำด้วยการใช้การควบคุมอินเวอร์เตอร์ DC ร่วมกับการควบคุมวาล์วลดความดันแบบอิเล็กทรอนิคส์

2.1.1 ภาระการทำความเย็น

ส่วนในการคำนวณภาระการทำความเย็นของระบบระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผันก็เหมือนการคำนวณภาระการทำความเย็นทั่วไป [3] คือ

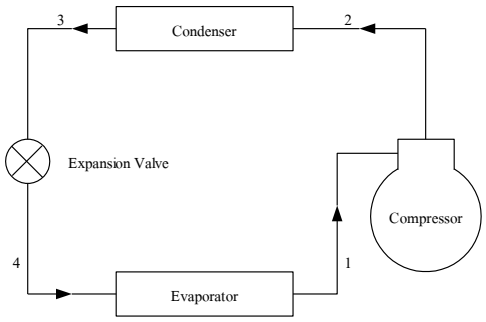


รูปที่ 2.8 แสดงส่วนประกอบหลักของภาระทำความเย็น

ส่วนประกอบหลักของภาระทำความเย็น มีดังนี้

- ภาระภายนอกอาคาร ได้แก่ กรอบอาคาร เช่น ผนัง หน้าต่าง หลังคา กระจก
- ภาระภายในอาคาร ได้แก่ คน ไฟฟ้า แสงสว่าง อุปกรณ์ไฟฟ้า อากาศจากภายนอก

แต่สำหรับระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผันต้องมีส่วนประกอบที่เพิ่มเข้ามาในการคำนวณภาระการทำความเย็น คือ ภาระจากการชดเชย ที่เกิดจากแรงเสียดทานของระบบ เนื่องจากระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผันเป็นระบบปรับอากาศที่มีการติดตั้งท่อสารทำความเย็นเป็นระยะทางที่ยาวและยังใช้สารทำความเย็นหลักในการทำความเย็นทำให้เกิดแรงเสียดทานภายในท่อท่อสารทำความเย็นมาก ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ



รูปที่ 2.9 แสดงการทำงานระบบการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

สมการสำหรับการคำนวณระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผัน มีดังนี้

- อัตราการระบายความร้อนออกจากระบบ

$$Q_{cond} = \dot{m}(h_2 - h_3) \quad (2.1)$$

- อัตราการทำความเย็นระบบหรือความสามารถในการทำความเย็น

$$Q_{evap} = \dot{m}(h_1 - h_4) \quad (2.2)$$

- งานที่ใช้ขับคอมเพรสเซอร์

$$W_{com} = \dot{m}(h_1 - h_2) \quad (2.3)$$

ค่าสมรรถนะการทำความเย็น (Coefficient of Performance ,COP) เป็นอัตราส่วนระหว่างความสามารถในการทำความเย็น (W) และกำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศในการทำความเย็น (W) โดยค่า COP มีหน่วยเป็น W/W

$$COP = \frac{Q}{W} \text{ หรือ } COP = \frac{\dot{m}(\Delta h_{out})}{\dot{m}(\Delta h_{in})} \quad (2.4)$$

เมื่อ Q คือ ขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของระบบปรับอากาศ (W)

W คือ พิกัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ(W)

$\dot{m}$ คือ อัตราการไหลของสารทำความเย็น (kJ/kg)

Δh_{out} คือ ผลต่างของเอนทัลปีด้านทำความเย็น = h_1-h_4 (kJ/kg)

Δh_{in} คือ ผลต่างของเอนทัลปีด้าน Compressor= h_2-h_1 (kJ/kg)

ค่าประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio, EER) เป็นค่าอัตราส่วนระหว่าง ขีดความสามารถในการทำความเย็นรวมสุทธิ(Btu/hr) และกำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศในการทำความเย็น (W) โดยค่า EER มีหน่วยเป็น (Btu /Hr/W)

$$EER = \frac{Q}{W} \quad (2.5)$$

เมื่อ Q คือ ขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของระบบปรับอากาศ (Btu/hr)

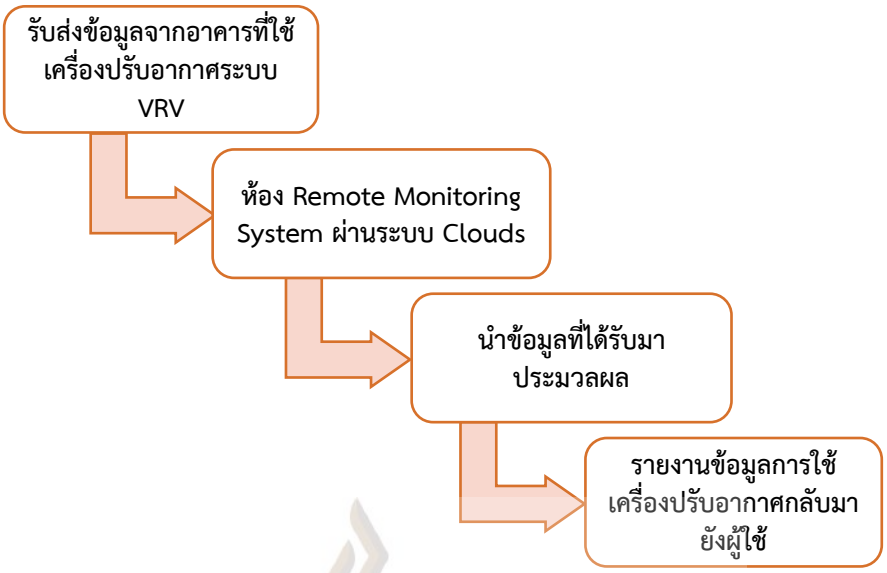
W คือ พิกัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (W)

2.1.2 ระบบบริหารจัดการพลังงาน

ด้วยนโยบายภาครัฐด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมดิจิทัล ที่มีการส่งเสริม สนับสนุน พัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ด้านการวิจัยต่างๆ บูรณาการประยุกต์ใช้เพื่อประโยชน์กับการศึกษา การสาธารณสุขและสุขภาพ การเกษตร การบริหารจัดการการลงทุน และการพัฒนาบุคลากรดิจิทัล ทั้งหมดสามารถพัฒนาไปในเชิงจับคู่ธุรกิจกับหน่วยงานของรัฐและหน่วยของเอกชนในการพัฒนางานวิจัยด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมดิจิทัลทุกๆด้าน โดยเฉพาะด้านนำไปประยุกต์ใช้กับการเกษตร ด้วยแพลตฟอร์มด้านภูมิสารสนเทศ ระบบวิเคราะห์และประมวลผลปริมาณน้ำแปลงเกษตรในพื้นที่ภัยแล้ง อันจะนำไปสู่การพัฒนาอุตสาหกรรมและนวัตกรรมดิจิทัลด้านการเกษตร และการนำไปใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมดิจิทัล (Digital Transformation) ให้เป็นประโยชน์ต่อเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และความมั่นคงของประเทศ อีกทั้งยังพัฒนาเกษตรกรอัจฉริยะ นักวิจัย และประชาชนทั่วไปที่มีความสนใจ เพื่อเตรียมความพร้อมสู่ความเป็นพลเมืองดิจิทัล (Digital Citizenship) สามารถเรียนรู้และเพิ่มทักษะดิจิทัลประยุกต์ใช้ด้านต่างๆตามนโยบายและแผนระดับชาติในการพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม และแผนยุทธศาสตร์การส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล

ระบบติดตามการทำงานของระบบปรับอากาศ (Remote Monitoring System : RMS) [4] เป็นระบบที่ติดตามประสิทธิภาพการทำงานของระบบปรับอากาศ รวมถึงสามารถคาดการณ์ความผิดปกติที่จะเกิดขึ้น เพื่อให้คุณสามารถวางแผนการบำรุงรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพและต้นทุนต่ำ โดยการรับส่งข้อมูลจากอาคารที่ใช้เครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผัน(VRV) ของ มายังห้อง Remote Monitoring System ผ่านระบบ Cloud และนำข้อมูลที่ได้รับมาประมวลผล แล้วรายงานข้อมูลการใช้เครื่องปรับอากาศกลับให้คุณได้อย่างรวดเร็วด้วยเทคโนโลยีติดตามผลการทำงาน ทำให้เราสามารถบันทึกและติดตามการทำงานของเครื่องปรับอากาศได้ตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งระบบประกอบไปด้วย 2 ฟังก์ชัน ดังนี้

1. การจัดการพลังงาน (Energy Management)เป็นการตรวจสอบและควบคุมการทำงานระบบปรับอากาศเพื่อช่วยให้ประหยัดค่าไฟได้มากขึ้น และสามารถเช็คค่าการใช้พลังงานได้หลายช่องทาง เช่น mobile application, website(www.)
2. ระบบจัดการความผิดปกติของเครื่องปรับอากาศ (Fault Management) เป็นระบบคาดการณ์ความผิดปกติของเครื่องปรับอากาศล่วงหน้า แล้วรายงานกลับไปให้ผู้ใช้งานทราบผ่านทาง mobile application, SMS, E-mail ทำให้สามารถดูแลก่อนเกิดปัญหาได้ทัน

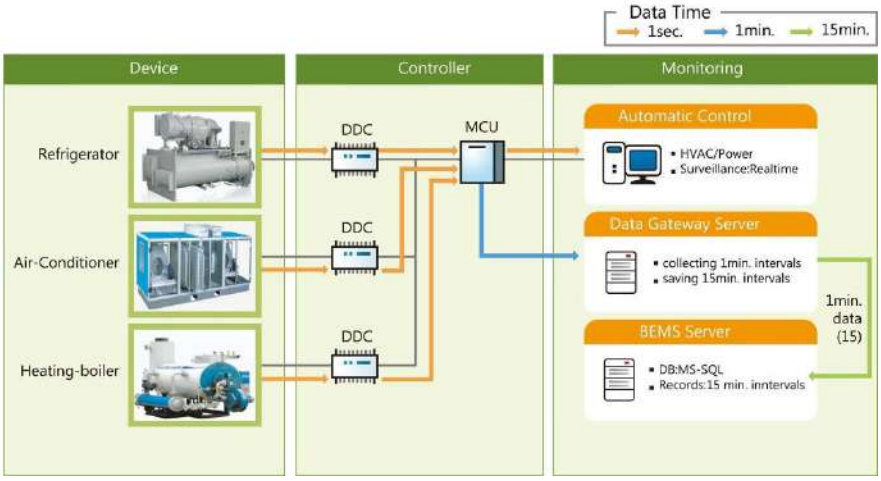


รูปที่ 2.10 แสดงหลักการทำงานของระบบติดตามการทำงานของระบบปรับอากาศ

จากรูปเป็นหลักการทำงานของระบบติดตามการทำงานของระบบปรับอากาศ ในระบบบริหารจัดการพลังงาน (Energy Management System: EMS) เป็นระบบที่มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งจะต้องมีการออกแบบและวางแผนการในการควบคุมการผลิต การส่งพลังงานและการใช้พลังงานที่เหมาะสม โดยจะต้องมีการศึกษาการใช้พลังงานอย่างถูกวิธี ระบบบริหารจัดการพลังงานจะประกอบด้วยด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ร่วมกันทำงาน ได้แก่ อุปกรณ์ตรวจวัด (Sensor) สมาร์ทมิเตอร์ (Smart meter) และระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอัตโนมัติ (Actuator หรือ Controller) ซึ่งมีการเชื่อมต่อ สั่งการ และใช้งานด้วยระบบเทคโนโลยีและสารสนเทศ (Information technology: IT) โดยอาจมีการติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้า หรือติดตั้งกับอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน เพื่อการบริหารจัดการการใช้ไฟฟ้าเป็นไปอย่างเกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งงานวิจัยนี้อยู่ในประเภทระบบบริหารจัดการพลังงานในอาคาร (Building Energy Management System: BEMs) เป็นระบบที่ช่วยในการจัดการ ควบคุม และติดตามระบบพลังงานต่างๆ ภายในอาคาร (เช่น ระบบปรับอากาศ ระบบไฟแสงสว่าง เป็นต้น) โดยจะรวบรวมข้อมูลที่ตรวจวัดในส่วนต่างๆ ประมวลผล และส่งข้อมูลที่จำเป็น ให้ผู้ควบคุมระบบของอาคารเข้าใจถึงการลักษณะการใช้พลังงานในอาคาร อันจะเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานภายในอาคารต่อไป เนื่องจากอาคารประกอบด้วยระบบต่างๆ เพิ่มเติมขึ้นมาจากบ้านเรือนทั่วไป ระบบ BEMS จึงมีความซับซ้อนมากกว่าระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้านเรือนที่พักอาศัยโดยทั่วไปแล้ว อาคารพาณิชย์ในประเทศไทยนั้นจะใช้พลังงานไฟฟ้าส่วนมากไปกับระบบปรับอากาศ ระบบ BEMS จึงมักจะประกอบด้วยส่วนหลักๆ ดังต่อไปนี้ การควบคุมระบบปรับอากาศ ระบบทำความร้อนและระบายอากาศ (Heating, Ventilation, and Air Conditioning: HVAC) ระบบควบคุมแสงสว่างในอาคาร การรวบรวมข้อมูลจากสมาร์ทมิเตอร์ การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์กักเก็บพลังงานในอาคาร เป็นต้น นอกจากนี้อาคารพาณิชย์ที่มีขนาดใหญ่ เช่น ห้างสรรพสินค้า มหาวิทยาลัย หรือสำนักงานใหญ่ เป็นต้น มีศักยภาพในการดำเนินการตอบสนองด้านโหลด BEMs เป็นระบบที่สามารถนำมาใช้เพื่อรองรับการ

ตอบสนองด้านโหลดแบบอัตโนมัติได้ การตอบสนองด้านโหลดในรูปแบบที่ไม่อัตโนมัติ (Manual Demand Response) สามารถดำเนินการได้ทันทีโดยไม่ต้องอาศัยการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์หรือระบบต่างๆ แต่อาศัยการสื่อสารระหว่างบุคคลแทน เช่น เจ้าหน้าที่จากหน่วยงานด้านการไฟฟ้าติดต่อผู้ดูแลอาคารต่างๆ เพื่อสั่งให้อาคารที่เข้าร่วมโครงการลดการใช้ไฟฟ้าลง ผู้ดูแลอาคารก็ไปสั่งการต่อให้บุคคลากรในอาคารในพื้นที่ต่างๆ ปิดการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าบางชนิด เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การนำ BEMs เข้ามาประยุกต์ใช้ในอาคารจะเพิ่มขีดความสามารถให้การดำเนินการตอบสนองด้านโหลดสามารถเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นผ่านการตอบสนองด้านโหลดแบบกึ่งอัตโนมัติ (Semi-automated Demand Response) หรืออัตโนมัติ (Full-automated Demand Response) เช่น หน่วยงานด้านการไฟฟ้าสั่งการให้มีการดำเนินการตอบสนองด้านโหลดผ่านทางระบบควบคุมการตอบสนองด้านโหลดแบบอัตโนมัติ ระบบดังกล่าวจะสั่งงานโดยตรงไปยัง BEMs ของอาคาร โดย BEMs จะประเมินความสามารถในการตอบสนองด้านโหลดของอาคารว่ามีมากน้อยเพียงใดและสื่อสารกลับไปยังระบบควบคุมการตอบสนองด้านโหลดของการไฟฟ้า BEMs ซึ่งรวบรวมการสั่งการระบบต่างๆ ในอาคารไว้จะสื่อสารต่อไปยังระบบต่างๆ ให้ลดหรือปิดการใช้งานต่อไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในระบบ ดังนั้น ระบบ BEMS จะลดความเกี่ยวข้องของบุคคลในกระบวนการตอบสนองด้านโหลดไปได้เป็นอย่างมาก ส่งผลให้การสั่งการการตอบสนองด้านโหลดสามารถทำได้ในกรอบเวลาที่สั้นลง ดังนั้น ระบบ BEMs จะลดความเกี่ยวข้องของบุคคลได้เป็นอย่างมาก ส่งผลให้การการตอบสนองสามารถทำได้รวดเร็วขึ้นประโยชน์ที่ได้จากการนำระบบมาบริหารจัดการพลังงาน ทำให้ Energy Cost Saving ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานประมาณ 5-10% และสามารถวางแผนลดต้นทุนด้านพลังงานในระยะยาวมากกว่า 50% ลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานมากกว่า 20% และ Oparation Cost Saving ลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของอาคารลงมากกว่า 20% จากการทำ Process Improvement และการรวมระบบควบคุมต่างๆมาเป็นระบบเดียว อีกทั้งยังลดความยุ่งยากและระยะเวลาในการดำเนินการเนื่องจากปัญหาที่ต้องใช้บุคคลากรจำนวนมาก ทำให้พนักงานทุกคนในองค์กรมีส่วนร่วมในการลดการใช้พลังงานขององค์กรผ่านทาง Smart device ต่างๆอาทิ คอมพิวเตอร์ Smart phone และ tablet ประเมินผลได้อย่างชัดเจน อีกทั้งช่วยสนับสนุนการนำผลการใช้พลังงานมาเป็นตัวประเมินประสิทธิภาพการบริหารงานขององค์กร รองรับพลังงานสีเขียว และรองรับการเชื่อมต่อกับ Green Technology รูปแบบต่างๆ ในอนาคต อาทิเช่น Solar Roof, สถานีรถพลังงานไฟฟ้าและพลังงานทดแทนอื่นๆ

อย่างไรก็ตาม ระบบ BEMs นี้ถูกนำมาประกอบรวมเข้าเป็นระบบใหญ่ ผ่านการเชื่อมต่อข้อมูลสื่อสารถึงกัน และมีการควบคุมการทำงานร่วมกัน ระบบ BEMs ก็จะกลายเป็นส่วนหนึ่งของระบบสมาร์ทกริดซึ่งมีเป้าหมายในการทำให้ส่วนต่างๆ ทำงานสอดประสานกันอันจะนำไปสู่การใช้งานระบบโครงข่ายไฟฟ้าหลักในภาพใหญ่ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนี้ยังสามารถนำไปสู่ประโยชน์ด้านอื่นๆ ที่ตามมาได้ ไม่ว่าจะเป็นการประหยัดพลังงานและการเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการพลังงานในภาพรวมของประเทศ การเพิ่มปริมาณการใช้พลังงานหมุนเวียนให้ได้มากที่สุด การรักษาความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า การรักษาคุณภาพไฟฟ้า การทำให้โครงสร้างพื้นฐานที่มีอยู่สามารถตอบสนองต่อโหลดต่างๆ ที่เพิ่มเข้ามาในอนาคตได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ



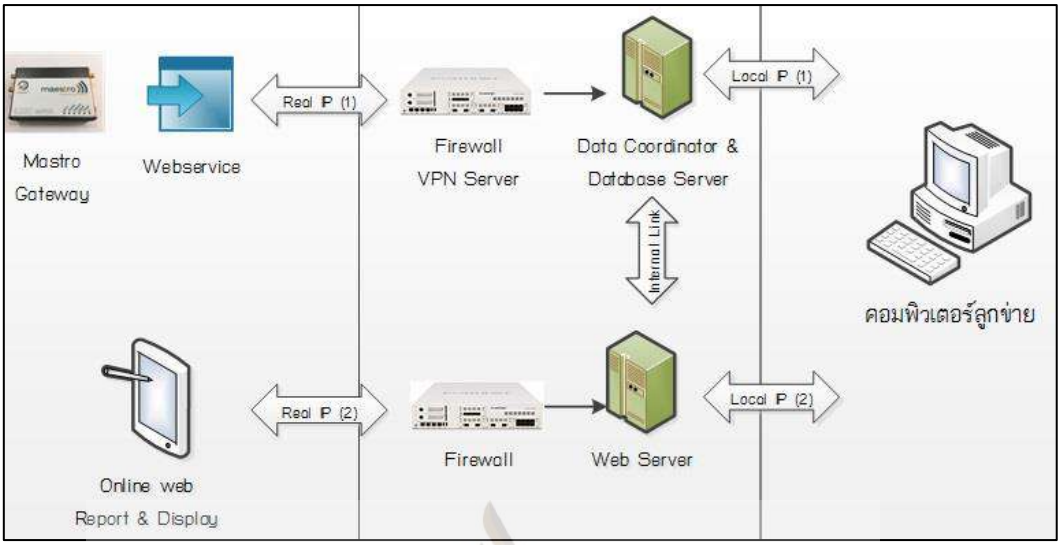
รูปที่ 2.11 แสดงระบบบริหารจัดการพลังงานควบคุมระบบปรับอากาศ ระบบทำความร้อน และระบายอากาศ ของอาคารพาณิชย์ขนาดใหญ่

ส่วนในการออกแบบเชิงสถาปัตยกรรมระบบ (System architecture) จากรูปจะแสดงให้ทราบถึงภาพรวมอุปกรณ์ทั้งหมดในระบบและช่องทางการส่งข้อมูลในแต่ละอุปกรณ์ โดยระบบเครือข่ายจะถูกออกแบบให้เป็น 3 ส่วนหลักคือ (1) เครือข่ายสาธารณะ (2)แม่ข่ายข้อมูลพลังงาน (3) เครือข่ายภายในองค์กร เพื่อความปลอดภัยและง่ายต่อการบริหารจัดการระบบ ส่วนแม่ข่ายข้อมูลพลังงานที่เชื่อต่อกับ เครือข่ายสาธารณะจะถูกแบ่งเป็น 2 ช่องทาง คือ

Real IP 1 เป็นไอพีจริงที่ใช้สำหรับเชื่อต่อกับเครือมือตรวจวัด ภายใต้การเชื่อมต่อแบบ VPN (Visual Private Network) เพื่อง่ายต่อการบริหารจัดการระบบในการตรวจสอบการเชื่อมต่อและส่งข้อมูล เนื่องจากระบบจะเห็นอุปกรณ์ที่อยู่พื้นที่เป้าหมายเป็นเครือข่ายเดียวกันทั้งหมด อีกทั้งยังรองรับการส่งผ่านข้อมูลดิบจากฐานข้อมูลภายในไปยัง ระบบอื่นที่ทำงานร่วมกันด้วยกระบวนการ Web Service ซึ่งเป็นมาตรฐานการส่งผ่านข้อมูล และฟังชันการทำงานร่วมกันแบบไม่จำกัด Platform ซึ่งเป็นการเปิดกว้างให้ระบบสามารถพัฒนาต่อยอดได้โดยไม่จำกัดเทคโนโลยี

Real IP 2 เป็นไอพีจริงที่ใช้สำหรับให้บริการแสดงผลเว็บไซต์ ที่จะนำเสนอข้อมูลจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านพลังงาน เนื่องด้วยหลักการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล และระบบฐานข้อมูลจึงจำเป็นต้องแยกส่วนแสดงผลออกจากส่วนประมวลผล

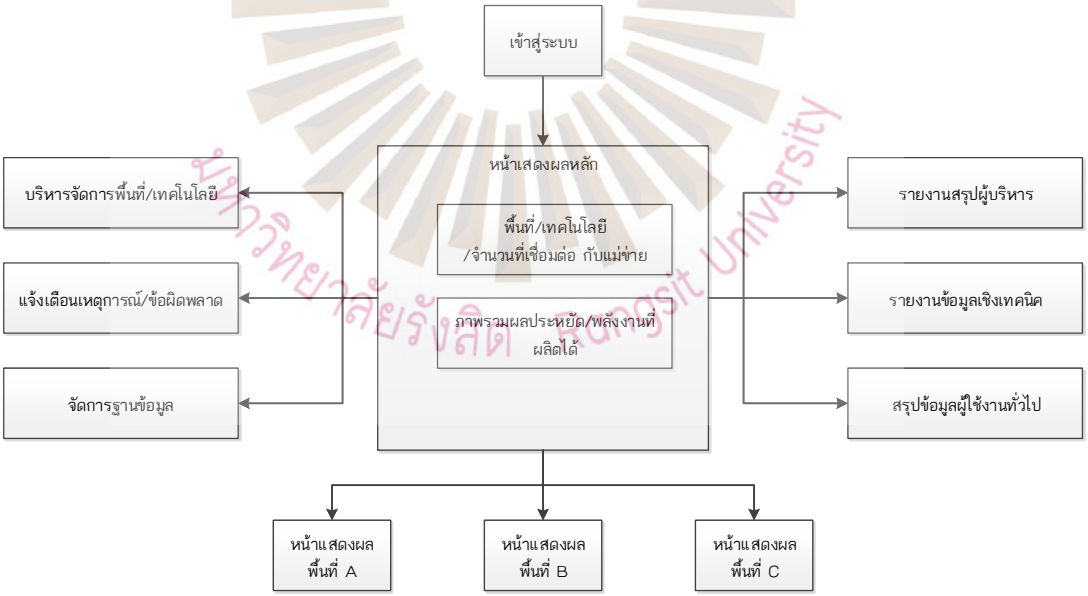
ในส่วนสุดท้าย Local IP 1 และ Local IP 2 เป็นการกำหนดค่าไอพีภายในเพื่อให้ เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายที่ติดตั้งอยู่ภายในอาคาร สามารถเชื่อมต่อเข้ามาบริหารจัดการระบบได้



(1) เครือข่ายสาธารณะ (2) แม่ข่ายข้อมูลพลังงาน (3) เครือข่ายภายในองค์กร

รูปที่ 2.12 สถาปัตยกรรมระบบ (System architecture)

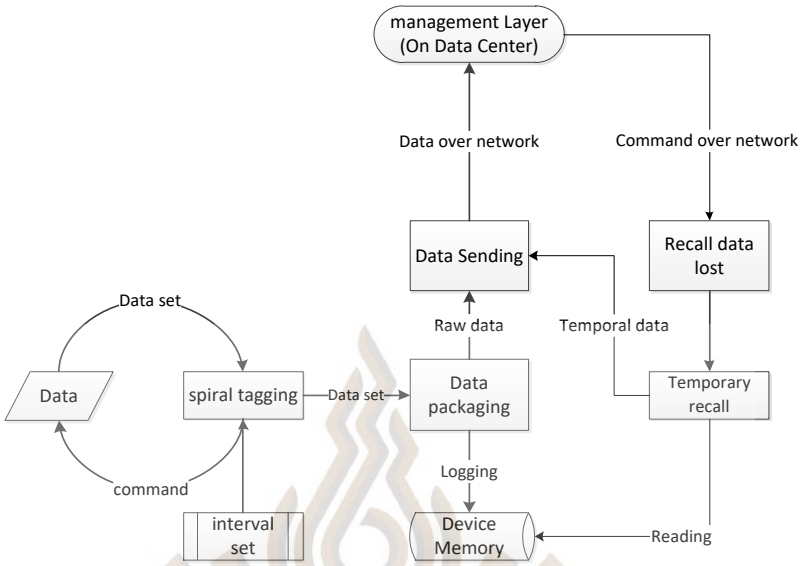
ในส่วนระบบแสดงผลหลักในการบริหารและติดตามข้อมูลพลังงาน จะกล่าวถึงระบบแสดงผลหลัก จากการ Tracking ข้อมูลจากพื้นที่เป้าหมายเพื่อบริหารและติดตามข้อมูลพลังงาน โดยส่วนแสดงผลหลักจะเป็นส่วนที่ผู้ใช้งานจะเชื่อมต่อการเรียกดูข้อมูลไปยังพื้นที่เป้าหมายที่กระจายอยู่หลายพื้นที่ และในส่วนของการบริหารจัดการข้อมูลรวมถึงส่วนรายงานสรุป ดังโครงสร้างต่อไปนี้



รูปที่ 2.13 โครงสร้างระบบแสดงผลระบบบริหารและติดตามข้อมูลพลังงาน

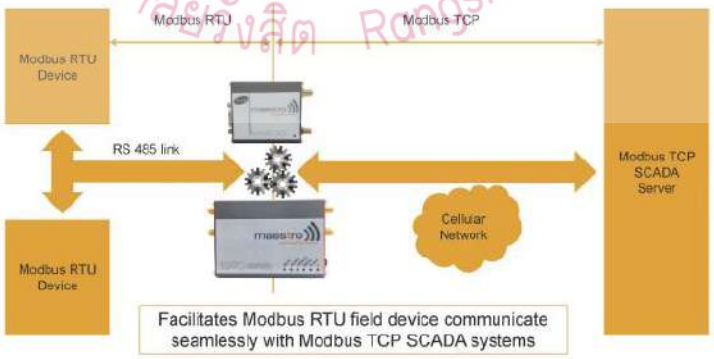
ระบบสนับสนุนการทำงานของระบบอื่น ๆ เป็นส่วนของการเก็บข้อมูลดิบจากพื้นที่เป้าหมายมีความสำคัญอย่างยิ่งเพราะจะเป็นตัวชี้วัดความถูกต้องของบทสรุปข้อมูลดังนั้นการออกแบบกระบวนการทำงานเพื่อสนับสนุนส่วนต่าง ๆของระบบโดยรายละเอียดมีดังต่อไปนี้

1. ระบบควบคุมการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์และแม่ข่าย ในกระบวนการจัดเก็บข้อมูลจากพื้นที่เป้าหมายหลังจากที่อุปกรณ์เชื่อมต่อเข้ากับแม่ข่ายแล้ว ระบบเครือข่ายระหว่างอุปกรณ์และแม่ข่ายจะถูกมองเป็นเน็ตเวิร์คเดียวกัน หลังจากนั้นกระบวนการรับส่งข้อมูลจะมีกระบวนการดังรูป



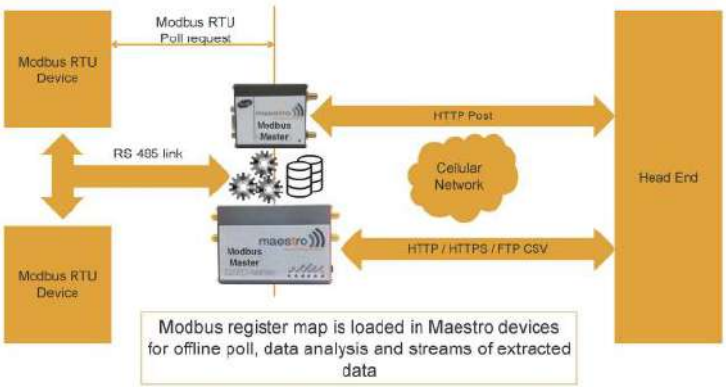
รูปที่ 2.14 กระบวนการประมวลผลและจัดการข้อมูล

อธิบายได้ดังนี้คือส่วนของการบริหารจัดการระบบจะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่กำหนดค่าและจำแนกข้อมูลที่ได้รับจากอุปกรณ์ตรวจวัด เพื่อส่งต่อไปจัดเก็บยังฐานข้อมูล โดยผู้ใช้งานนี้จะเป็นผู้ที่มีหน้าที่ดูแลระบบ และความเรียบร้อยของข้อมูลโดยระบบจะสามารถแสดงสถานะของอุปกรณ์ต่างๆ และข้อผิดพลาดของระบบโดยอัตโนมัติผ่านทาง SMS /E-mail ของอุปกรณ์ที่กระจ่ายอยู่ตามพื้นที่ต่างๆ โดยกระบวนการในส่วนของ การบริหารจัดการข้อมูลอธิบายกระบวนการทำงานรวมกับอุปกรณ์ที่พื้นที่เป้าหมาย ซึ่งอุปกรณ์ที่เลือกใช้เป็นอุปกรณ์ที่รองรับมาตรฐานแบบเปิดซึ่งสามารถรองรับการสื่อสารเชื่อมต่อได้ในหลายรูปแบบโดยจะแสดงการเชื่อมต่อในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้



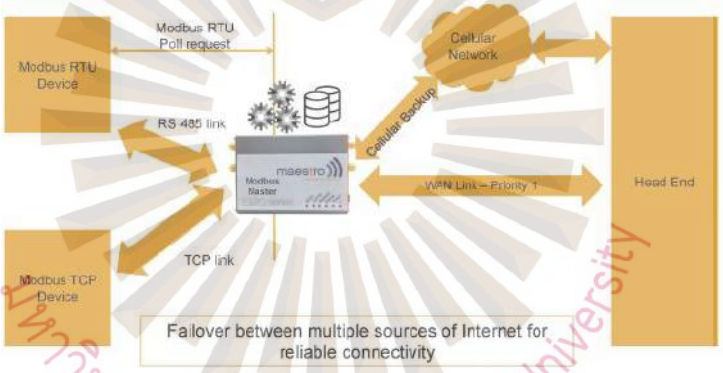
รูปที่ 2.15 โครงสร้างการประยุกต์ใช้งานแบบเชื่อมต่อตรงเข้ากับระบบหลัก

ลักษณะการเชื่อต่อเช่นนี้จะเป็นวิธีการที่สะดวกรวดเร็วในการสื่อสารกับพื้นที่หน้างานโดยการเชื่อมต่อเข้ากับแม่ข่ายโดยตรง ไปยังซอฟต์แวร์ปฏิบัติงานซึ่งจะเหมาะกับการเชื่อต่อที่มีจำนวนลูกข่ายไม่มาก



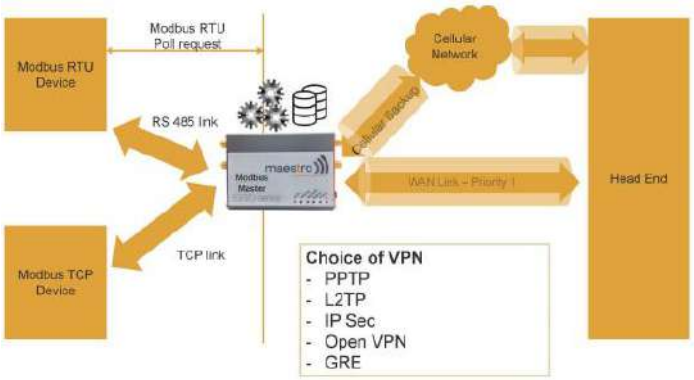
รูปที่ 2.16 โครงสร้างการเชื่อมต่อด้วย HTTP post/get

การเชื่อมต่อลักษณะนี้จะง่ายต่อการพัฒนาระบบซอฟต์แวร์แม่ข่ายโดยสามารถสร้างชุดข้อมูลส่งผ่านมายัง คอมพิวเตอร์แม่ข่ายได้โดย weblink ซึ่งจะทำให้ง่ายต่อการเจาะระบบหรือเสี่ยงต่อภัยคุกคามต่อเซิร์ฟเวอร์



รูปที่ 2.17 โครงสร้างการส่งข้อมูลแบบกำหนดช่วงเวลา

จากโครงสร้างการทำงานของการส่งข้อมูลแบบกำหนดช่วงเวลานั้นคือการตั้งค่าให้อุปกรณ์ทำหน้าที่บันทึกข้อมูลเก็บไว้ยังหน่วยความจำของอุปกรณ์เหมาะสำหรับข้อมูลปริมาณไม่มาก โดยเมื่อถึงช่วงเวลาที่กำหนด อุปกรณ์ จะทำการส่งข้อมูลเป็นระยะ ตามที่ได้ทำการตั้งค่าไว้ ส่วนใหญ่จะใช้ในกรณีที่ต้องการข้อมูลไม่ Realtime ซึ่งจะช่วยลดปริมาณการไหลของข้อมูลเข้าสู่ระบบพร้อมกันในปริมาณมากๆ



รูปที่ 2.18 โครงสร้างการเชื่อมต่อแบบ VPN

สำหรับระบบสื่อสารของโครงการนี้จะเป็นการเชื่อมต่อแบบ VPN เนื้องด้วยความสำคัญในการรักษาข้อมูลและบริหารจัดการข้อมูลการเชื่อมต่อแบบ VPN นั้นจะเป็นการห่อหุ้มข้อมูลที่ส่งระหว่างพื้นที่เป้าหมายกับระบบแม่ข่ายได้เสหมือนว่าเป็นเครือข่ายเน็ตเวิร์คเดียวกันซึ่งจะทำให้ง่ายต่อการบริหารจัดการ

ระบบควบคุมการสื่อสารด้วยมาตรฐานเปิด สำหรับการออกแบบระบบให้เปิดกว้างในการพัฒนาระบบเป็นแบบเปิดมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อรองรับการทำงานร่วมกับระบบจากโครงการต่างๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกันดังนั้นในการออกแบบระบบจะยึดหลักการตามมาตรฐาน IEEE 1888 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ใช้อธิบายรายละเอียดและหลักการทำงานของสถาปัตยกรรมการควบคุมทางไกล (Remote Control Architecture) ของระบบต่างๆ ภายในอาคารหรือเครือข่าย รวมถึงยังเป็นมาตรฐานที่ใช้เพื่ออ้างอิงโครงสร้างของข้อมูลที่ใช้ติดต่อสื่อสารกันระหว่างอุปกรณ์และระบบ ทั้งนี้เพื่อทำให้องค์ประกอบต่างๆ เช่น อุปกรณ์ อินเตอร์เฟส หรือข้อมูลภายในระบบเครือข่ายดิจิตอลเป็นไปตามมาตรฐานและสามารถทำงานร่วมกันได้เป็นอย่างดี โดยหลักการแล้วระบบเครือข่ายการควบคุมทางไกลนี้จะมีการเปิดอินเตอร์เฟสเพื่ออนุญาตให้บริการต่างๆ อาทิ บริการสาธารณะและบริการส่วนบุคคลสามารถเข้ามาเชื่อมต่อได้ตามสิทธิที่ได้รับ ซึ่งจะมีผลทำให้ระบบและบริการดังกล่าวสามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยการทำงานร่วมกันขององค์ประกอบต่างๆ ในระบบนั้นจำเป็นที่จะต้องมีการติดต่อสื่อสารกันผ่านทางโพรโทคอลเครือข่ายพื้นฐาน อาทิ โพรโทคอล TCP/IP ทั้งนี้เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการบูรณาการและบริหารจัดการระบบ ทำให้การติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในอาคารขนาดใหญ่นั้น เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งระบบยังมีฟังชันการทำงานระบบ Web Service เพื่อรองรับการเชื่อมต่อกับระบบอื่นๆได้อย่างไรขีดจำกัด ซึ่งพื้นฐานของระบบ Web Service คือโปรโตคอลกลางที่สามารถส่งผ่านข้อมูลหรือเรียกใช้ฟังชันได้กับทุก ภาษาคอมพิวเตอร์ และทุกอุปกรณ์

ระบบการทำงานสำหรับผู้ดูแลระบบ ส่วนของผู้ดูแลระบบจะแบ่งหน้าที่ออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ ส่วนผู้ดูแลเครือข่ายที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆในระบบ (Back End) และในส่วนของหน้าเว็บไซต์ (Front End) ซึ่งมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

1) ผู้ดูแลระบบเครือข่ายที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ในระบบ(Back End) จะทำหน้าที่เฝ้าระวังการเชื่อมต่อจากอุปกรณ์อื่นที่ไม่ใช่อุปกรณ์ในระบบโดยระบบจะทำการส่งข้อมูลไปยังผู้ดูแลระบบโดยอัตโนมัติทันทีเมื่อตรวจพบการบุกรุกระบบลูกข่ายและแม่ข่าย

2) ผู้ดูแลระบบแสดงผลส่วนหน้า ที่มีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลภายนอก ส่วนของ back-end มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ไม่ว่าจะเป็นการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล ทั้ง username password ข้อมูลเว็บไซต์ต่างๆ หาก backend มีการ update ก็ต้องทำการ backup ข้อมูลเดิมเก็บไว้ และตรวจสอบให้ดีก่อนทำการ update รวมไปถึงการทำงานของเว็บไซต์ ความเร็วในการแสดงผล

ระบบตรวจสอบยืนยันการกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งาน ระบบตรวจสอบยืนยันการกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งานของระบบจะถูกออกแบบให้แบ่งออกเป็น 4 ระดับได้แก่ 1) ผู้บริหาร 2) เจ้าหน้าที่ปฏิบัติงาน 3) ผู้ดูแลระบบ 4) ผู้ใช้งานทั่วไป โดยสิทธิ์การเข้าถึงของผู้บริหารจะสามารถดูรายงานภาพรวมของข้อมูลทั้งหมดในระบบจะไม่ลงรายละเอียดเชิงลึกในด้านเทคนิค โดย ข้อมูลเชิงเทคนิคในการบริหารจัดการวิเคราะห์แก้ปัญหาระบบจะเป็นหน้าที่ของเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงาน และในส่วนของผู้ดูแลระบบจะถูกออกแบบให้สามารถเข้าถึงเกือบทุกข้อมูลเพื่อขีดความสามารถในการบริหารจัดการระบบ และในส่วนท้ายสุดเป็นส่วนการกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งานทั่วไป ซึ่งจะสามารถเข้าดูได้เฉพาะในส่วนของการแสดงผลหน้าเว็บไซต์เท่านั้น

ระบบบริหารจัดการข้อมูล ในส่วนของระบบการบริหารจัดการข้อมูลจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1) ส่วนของการจัดการข้อมูลที่ป้อนเข้าสู่ระบบ โดยรูปแบบการจัดการข้อมูลจะเป็นการบริหารจัดการผ่านระบบบนหน้าเว็บไซต์ โดยในส่วนนี้จะมาจากการป้อนข้อมูลดิบหรืออัปโหลดเอกสารข้อมูลขึ้นสู่ระบบโดยผู้ปฏิบัติงานหรือเจ้าหน้าที่

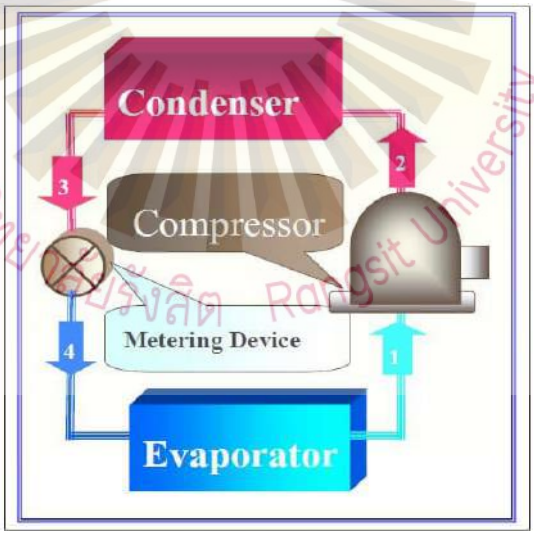
2) ส่วนของการจัดการโครงสร้างข้อมูลภายในระบบฐานข้อมูล ในส่วนนี้จะเป็นหน้าที่ของผู้พัฒนาระบบที่จะลงลึกถึงการออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลโดยเครื่องมือในการบริหารจัดการโครงสร้างข้อมูลสามารถทำผ่าน ซอฟต์แวร์บริหารจัดการฐานข้อมูลได้บนเซิร์ฟเวอร์

ระบบบันทึกการทำงานของระบบ ในระบบปฏิบัติการของ Windows นั้น จะมีกระบวนการในการเก็บ log ในแต่ละประเภทไว้ใน Event Viewer ประเภทของ log ที่เก็บ Application Log ,System log , Security Log , Forwarded Event Log ซึ่งสามารถตรวจสอบข้อมูลได้โดยตรงจากอุปกรณ์ Firewall และสามารถตั้งค่าการแจ้งเตือนไปยังอีเมลผู้ดูแลระบบได้ทันที่ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ดูแลระบบวิเคราะห์เหตุการณ์หรือว่าระบุการเกิดเหตุการณ์หรือแหล่งที่มาของเหตุการณ์นั้นๆ ได้แล้วยังจะช่วยป้องกันไม่ให้เกิดข้อผิดพลาดกับระบบในอนาคตได้ และยังสามารถดู Log เหตุการณ์ที่เกิดย้อนหลังได้อีกด้วย เพื่อตรวจสอบว่าเหตุการณ์นี้เกิดขึ้นมาแล้วกี่ครั้ง

2.2 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ (Split Type)

เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ [5] มีอุปกรณ์และการทำงานแยกระบบออกจากกันเป็น 2 ชุด คือ คอยล์ร้อน (Condensing Unit) และคอยล์เย็น (Fan Coil Unit)

รูปที่ 2.19 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ



รูปที่ 2.20 แสดงลักษณะการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

คอมเพรสเซอร์ดูดสารทำความเย็นเข้ามาทางท่อทางดูด (Suction Line) สถานะเป็นแก๊สความดันและอุณหภูมิต่ำ จากอีวาโปเรเตอร์ (Evaporator) อัดสารทำความเย็นออกไปทางท่อทางอัด (Discharge Line) สถานะเป็นแก๊สร้อนความดันและอุณหภูมิก็สูง ส่งไปยังคอนเดนเซอร์ซึ่งทำหน้าที่ระบายความร้อน รับสารทำความเย็นสถานะเป็นแก๊สร้อนความดันสูง เมื่อถูกระบายความร้อนด้วยน้ำ

หรืออากาศ ทำให้เกิดการกลั่นตัวเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวที่มีความดันสูง ถูกส่งเข้าไปในถังเก็บน้ำยา (Receiver Tank) ซึ่งทำหน้าพักสารทำความเย็น สถานะเป็นของเหลวไว้ด้านล่างส่วนแก๊สที่ไม่กลั่นตัวจะลอยอยู่ด้านบน และสารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นของเหลวจะถูกส่งไปยังตัวควบคุมสารทำความเย็น (Refrigerant Control) และตัวควบคุมสารทำความเย็นจะลดความดันและปริมาณของสารทำความเย็นลง ฉีดเข้าไปในอีวาโปเรเตอร์ ทำให้เกิดการเดือดเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊ส และในการเปลี่ยนสถานะของสารทำความเย็นจะดูดความร้อนจากบริเวณรอบ ๆ ทำให้บริเวณดังกล่าวเย็นลง สังเกตได้จากมีเกล็ดหิมะจับเป็นสีขาว เรียกว่า ฟรอสไลน์ (Frost Line) ในการควบคุมจะต้องควบคุมให้สารทำความเย็นเดือดและระเหยหมดพอดีในอีวาโปเรเตอร์กลายเป็นแก๊สที่มีความดันต่ำและถูกดูดเข้าไปยังคอมเพรสเซอร์อีกครั้ง

2.1) อุปกรณ์หลักของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ [6]

1) คอมเพรสเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเพิ่มความดันของสารทำความเย็น ทำให้สารทำความเย็นสามารถไหลเวียนได้ครบวงจรของระบบอัดไอ และเป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานมากที่สุด คือประมาณ 80% ของพลังงานทั้งหมดที่ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศ (โครงการพัฒนาบุคลากรด้านการตรวจวิเคราะห์การอนุรักษ์สำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม., 2555)

รูปที่ 2.21 คอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ

2) ชุดคอนเดนซิ่งยูนิต(Condensing Unit) คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะจากไอเป็นของเหลว โดยการใช้พัดลมดูดอากาศมาระบายความร้อนให้กับสารทำความเย็นในแผงคอยล์ร้อน ซึ่งอุปกรณ์นี้มีการใช้พลังงานประมาณ 10% ไปกับพัดลมระบายความร้อน

รูปที่ 2.22 ชุดคอนเดนซิ่งยูนิต

3) วาล์วลดความดัน (Expansion Valve) เป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่ลดความดันของสารทำความเย็นหลังจากผ่านคอยล์ร้อน ซึ่งทำให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะจากของเหลวความดันสูงเป็นของเหลวผสมไอ (Mixture หรือ 2-Phases) ที่มีความดันต่ำ

รูปที่ 2.23 วาล์วลดความดัน

4) คอยล์เย็น (Fan Coil Unit) คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะจากของเหลวผสมไอ ให้กลายเป็นไออย่างสมบูรณ์ (ไออิ่มตัว) โดยการใช้พัดลมดูดอากาศจากภายในห้องปรับอากาศผ่านแผงคอยล์เย็น ซึ่งทำให้สารทำความเย็นรับความร้อนจากอากาศและเดือดกลายเป็นไอ ซึ่งอุปกรณ์นี้จะมีการใช้พลังงานประมาณ 10% ไปกับพัดลมคอยล์เย็น

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

รูปที่ 2.24 อุปกรณ์ระเหย (Evaporator) หรือ คอยล์เย็น

ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศนั้น วิเคราะห์บนพื้นฐานของ สิ่งที่ป้อนเข้าไป (Input) กับสิ่งที่จ่ายออกมา (Output) ซึ่งสามารถเขียนในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ได้ ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\textbf{Output}}{\textbf{input}} \tag{2.6}$$

ประสิทธิภาพด้านพลังงาน (Energy Efficiency Ratio: EER) คือ อัตราส่วนระหว่างความสามารถให้ความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (BTU/hr)ต่อกำลังไฟฟ้า (W) ที่เครื่องปรับอากาศใช้ มีหน่วยเป็น BTU/hr/W ดังนั้น หากต้องการที่จะซื้อเครื่องปรับอากาศใหม่ ควรเลือกเครื่องปรับอากาศที่มีค่า EER สูง นอกจากจะจ่ายค่าไฟฟ้าในราคาที่เทียบเท่ากับเครื่องปรับอากาศที่มีค่า EER ต่ำแล้ว ยังมีผลจะทำให้ได้รับอากาศในความเย็นที่ทั่วถึงกว่าเครื่องปรับอากาศที่มีค่า EER ต่ำอีกด้วย

$$\text{ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ} = \frac{\text{ปริมาณความเย็นของเครื่อง } (\textbf{BTU/hr})}{\text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้ } (\textbf{W})} \tag{2.7}$$

ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศเป็นค่าที่ได้จากการทดสอบการทำงานของเครื่องปรับอากาศยี่ห้อและรุ่นนั้นๆ แต่ค่านี้นั้นมีข้อจำกัดอยู่ เนื่องจากว่าในสภาพการใช้งานจริง จะมีฤดูกาลที่แตกต่างกันออกไป จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพในการใช้ไฟฟ้าแตกต่างกันออกไป โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในสังคมปัจจุบันนี้คนส่วนใหญ่หันมาใช้เครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ซึ่งมีโฆษณากันอย่างกว้างขวางว่าเป็นเครื่องปรับอากาศที่สามารถประหยัดไฟมากกว่า เครื่องปรับอากาศธรรมดา (Fix Speed) ซึ่งจะไม่ได้ทำงานอยู่ภายใต้สภาวะเดียวตลอดทั้งปี ฉะนั้น จึงต้องมีการปรับปรุงตัวชี้วัดประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศใหม่ โดยเพิ่มตัวแปรด้านสภาพอากาศเข้าไปด้วย ส่วนที่มาของค่า SEER (Seasonal Energy Efficiency Ration) คือค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศในแบบนั้นๆ แต่ในกรณีนี้จะใช้การวัดตามฤดูกาลด้วย คือนำค่าการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ซึ่งมีผลต่อการทำงานของเครื่องปรับอากาศมาร่วมพิจารณา ทำให้

สามารถใช้ค่า SEER ในการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแต่ละยี่ห้อแต่ละรุ่นได้อย่างแม่นยำยิ่งขึ้น

รูปที่ 2.25 เกณฑ์ฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5

เกณฑ์ค่า SEER ฉลาดประหยัดไฟเบอร์ 5 แบบใหม่ แบบมีระดับดาว [7]

ตารางที่ 2.1 ตารางเครื่องปรับอากาศแบบธรรมดา (Fix Speed)

ขนาดทำความเย็น น้อยกว่า 27,296 BTU		ขนาดทำความเย็น 27,296 – 40,944 BTU	
ค่า SEER	ระดับดาว	ค่า SEER	ระดับดาว
12.85 – 13.84	ไม่มีระดับดาว	12.40 – 13.39	ไม่มีระดับดาว
13.85 – 14.84	1 ดาว	13.40 – 14.39	1 ดาว
14.85 – 15.84	2 ดาว	14.40 – 15.39	2 ดาว
เท่ากับหรือมากกว่า 15.85	3 ดาว	เท่ากับหรือมากกว่า15.40	3 ดาว

ตารางที่ 2.2 ตารางเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

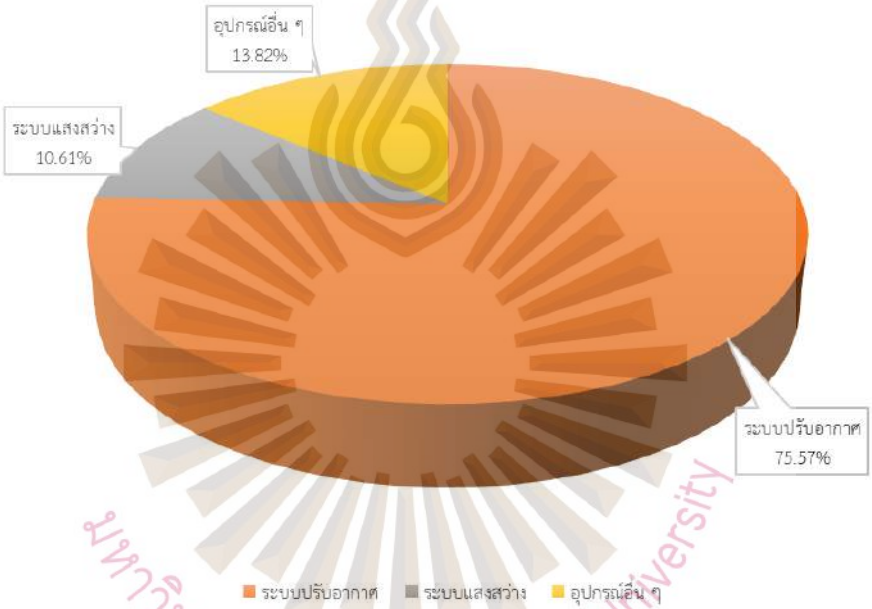
ขนาดทำความเย็น น้อยกว่า 27,296 BTU		ขนาดทำความเย็น 27,296 – 40,499 BTU	
ค่า SEER	ระดับดาว	ค่า SEER	ระดับดาว
15.00 – 17.49	ไม่มีระดับดาว	14.00 – 16.49	ไม่มีระดับดาว
17.50 – 19.99	1 ดาว	16.50 – 18.99	1 ดาว
20.00 – 22.49	2 ดาว	19.00 – 21.49	2 ดาว
เท่ากับหรือมากกว่า 22.50	3 ดาว	เท่ากับหรือมากกว่า21.50	3 ดาว

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

2.3 การอนุรักษ์พลังงานอาคาร [8]

การอนุรักษ์พลังงานหมายถึงการประหยัดพลังงานที่ไม่จำเป็น และรวมถึงการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้พลังงาน โดยครอบคลุมทั้งการใช้พลังงานด้านแสงสว่าง ระบบความร้อน ระบบความเย็น การอนุรักษ์พลังงานจึงเป็นการเสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงาน และช่วยลดค่าใช้จ่ายของภาครัฐและภาคเอกชน ดังนั้นการอนุรักษ์พลังงานของอาคารจึงเป็นส่วนหนึ่งของแผนงานอนุรักษ์พลังงาน และยังมีการบังคับใช้เกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร และมาตรการฉลากแสดงประสิทธิภาพพลังงาน

อาคารสำนักงานส่วนใหญ่จะใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลักเพื่อใช้ในการ ปฏิบัติงาน และกิจกรรมอื่นๆ จากการตรวจสอบ และการใช้พลังงานของห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล พบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในห้องสำนักงานส่วนใหญ่ใช้ในระบบปรับอากาศร้อยละ70 - 80 รองลงมาได้แก่ อุปกรณ์อื่นๆร้อยละ 10 – 15 และระบบไฟฟ้าแสงสว่างร้อยละ 10 – 15 ตามลำดับ



รูปที่ 2.26 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานของห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

แนวทางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ควรเริ่มต้นจากประเภทของเครื่องปรับอากาศ และค่าพิกัดกำลังไฟฟ้า ของเครื่องปรับอากาศทั้งหมด และสถานที่ติดตั้งในบริเวณต่างๆของอาคารเพื่อเป็นฐานข้อมูลการใช้งาน ซึ่งสามารถสำรวจข้อมูลได้ การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศสามารถทำได้ทั้งที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายโดยการปรับเปลี่ยนสภาพแวดล้อมในบริเวณที่ปรับอากาศและพฤติกรรมของผู้ใช้ และลดแหล่งกำเนิดความร้อนทั้งจากภายใน และภายนอกเข้าสู่ตัวอาคาร ซึ่งมีผลต่อภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ และที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการลงทุนเพื่อเปลี่ยนอุปกรณ์เก่าเป็นอุปกรณ์ใหม่ที่มีประสิทธิภาพดีกว่าเดิมหรือติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมเพื่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานดังนี้

1) มาตรการที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

- ปรับอุณหภูมิให้อยู่ในระดับที่ต้องการเท่านั้นและไม่ควรตั้งอุณหภูมิให้ต่ำกว่า 25 °C
- กำหนดเวลาเปิดปิด ที่เหมาะสมเพื่อควบคุมเวลาใช้งานเท่าที่จำเป็น

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

- สำหรับพื้นที่ที่มีการใช้งานไม่เต็มพื้นที่ควรกำหนดให้เครื่องปรับอากาศทำงานเป็นส่วนส่วนตามพื้นที่ที่มีการใช้งาน

- ควบคุมปริมาณอากาศจากภายนอกเข้ามาภายในอาคารที่ปรับอากาศ

- ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าและหลอดไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นเพื่อช่วยลดปริมาณความร้อนภายในอาคาร

- ตรวจเช็คเครื่องปรับอากาศเป็นประจำเพื่อตรวจสอบว่าเครื่องปรับอากาศทำงานปกติหรือไม่

- ทำความสะอาดแผ่นกรองเป็นประจำทุกเดือน

- ปิดประตูและหน้าต่างให้สนิทเพื่อป้องกันลมเย็นรั่วออกจากบริเวณพื้นที่ปรับอากาศ

- ปิดเครื่องปรับอากาศเมื่อไม่มีการใช้งาน

2) มาตรการที่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

- ปลูกต้นไม้รอบอาคารเพื่อช่วยให้ได้ร่มเงา

- ติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่ผนังหรือใต้เพดาน

- ติดตั้งกระจก 2 ชั้นเพื่อลดความร้อนจากภายนอก

- ติดตั้งมู่ลี่หรือม่านกั้นแสงแดดส่องผ่านกระจกหน้าต่างเพื่อลดความร้อนจากภายนอก เข้ามาในบริเวณพื้นที่ปรับอากาศ

- ติดตั้งแผ่นสะท้อนความร้อน หรือฟิล์มกรองแสงเพื่อลดแสงแดดส่องผ่านกระจกหน้าต่าง

- ล้างทำความสะอาดและบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศอย่างสม่ำเสมอ อย่างน้อยปี ละ 2 ครั้ง

- เปลี่ยนไปใช้เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงหรือที่มีสากประหยัดไฟเบอร์ 5

มาตรการประหยัดพลังงานไฟฟ้าภายในอาคารสำนักงานควรจะเน้นในระบบปรับอากาศและระบบแสงสว่างเนื่องจากระบบปรับอากาศมีอัตราการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่สูงคิดเป็นร้อย 60 เมื่อทำการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในระบบปรับอากาศได้ย่อมทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร ลดลงได้มากเช่นกัน การล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศสามารถลดการใช้กำลังไฟฟ้าลงได้ถึง 9.62 % การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้งานสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ปิดเครื่องปรับอากาศและพฤติกรรมของผู้ใช้งาน ซึ่งอาจนำระบบควบคุม (Timer Switch) มาใช้ควบคุมการเปิด-ปิด เครื่องปรับอากาศแทนผู้ใช้งาน ซึ่งก็สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้เช่นกัน การใช้เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงแทนเครื่องปรับอากาศเดิม ซึ่งมาตรการนี้เหมาะสำหรับนำมาประยุกต์ใช้กับเครื่องปรับอากาศที่ใช้งานเกิน 10 ปี ขึ้นไป เนื่องจากเครื่องปรับอากาศจะมีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำและมีการใช้พลังงานมากกว่ามาตรฐานอาคารเก่าที่ 1.61 kW/TOU การบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศจะทำให้ผลประหยัดสูงที่สุด เนื่องจากสามารถทำได้กับเครื่องปรับอากาศทุกเครื่อง ขณะที่มาตรการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง จะขึ้นอยู่กับจำนวนเครื่องปรับอากาศที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 10 ปี ขึ้นไป

2.4 คุณภาพอากาศภายในอาคาร [9]

เนื่องจากสภาวะการติดเชื้อในอากาศรวมถึงสุขภาพของผู้ใช้อาคารในปัจจุบันนั้น ทำให้คุณภาพอากาศในอาคารจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก และในขณะเดียวกันด้านความต้องการประหยัดพลังงานของอาคารจึงทำให้มีการใช้วัสดุที่สามารถป้องกันการรั่วไหลของอากาศระหว่างภายในและภายนอกอาคาร ตลอดจนถึงบางอาคารที่มีอากาศหมุนเวียนภายในแต่เพียงอย่างเดียวโดยไม่มีอากาศภายนอกมาเติม ทำให้คุณภาพของอากาศภายในอาคารลดลง ซึ่งเป็นบ่อเกิดของสภาวะการติดเชื้อในทางเดินหายใจมากขึ้น ซึ่งมีหน่วยงานในประเทศ เช่น สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย และสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้ร่วมกันจัดทำมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศในอาคาร และมาตรฐานคุณภาพอากาศในอาคารขึ้น ส่วนมาตรฐานอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น มาตรฐาน ASH RAE62.1-2007 ซึ่งเป็นมาตรฐานคุณภาพอากาศในอาคาร หรือหน่วยพิทักษ์สิ่งแวดล้อมในอเมริกา (U.S. Environmental Protection Ae) ที่ให้ความสนใจเรื่องต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศในอาคารเพิ่มมากยิ่งขึ้น เช่น

- อาการเจ็บป่วยจากคุณภาพอากาศในอาคาร (Sick Building Syndrome) มีผู้ใช้อาคารประมาณกว่า 30%ได้รับผลกระทบจนเกิดความเจ็บป่วย แต่ไม่สามารถวิเคราะห์ไข้จากการวินิจฉัยได้
- ความป่วยอันเนื่องมาจากอาคาร (Building Related illness) เป็นคำจัดกัดความทางการเจ็บป่วยที่วิเคราะห์ได้ว่า เป็นผลสืบเนื่องมาจากการใช้อาคาร
- ความไวต่อสารเคมีหลากชนิด (Multiple Chemical Sensitivity) หรือความเจ็บป่วยจากสภาพแวดล้อม (Environment lines) ผู้ใช้อาคารบางคนมีความไวต่อสารเคมีบางตัวหรือหลายชนิดสูง แม้ว่าจะได้รับในปริมาณที่ต่ำ แต่ต่อเนื่องเป็นระยะยาว

ดังนั้นคุณภาพของอากาศในอาคารจึงมีผลกระทบต่อความสามารถในการทำงาน ความสะดวกสบายของคนงานในการบำรุงรักษา รวมถึงสุขภาพและความปลอดภัยของผู้ใช้อาคาร ทั้งในแง่บวกหรือแง่ลบการจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคารจะทำให้เกิดความมั่นใจในคุณภาพของอากาศภายในอาคาร จำเป็นต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับตัวอาคารการออกแบบผังอาคาร ระบบเครื่องกลอุปกรณ์ต่างๆ การใช้พื้นที่อาคาร การกระจายของอากาศในอาคาร การเติมอากาศในอาคารการกรองอากาศของอาคาร และอัตราหมุนเวียนของอากาศในอาคาร ล้วนมีผลกระทบต่อคุณภาพอากาศในอาคาร แผนผังการจัดวางเครื่องจักร เฟอร์นิเจอร์ ล้วนมีผลกระทบต่อการไหลหรือขัดขวางกระแสการหมุนเวียนของอากาศในอาคารซึ่งมีผลต่อคุณภาพของอากาศในอาคาร นอกจากนั้นแล้วควรคำนึงถึงทิศทางของมลพิษที่จะเข้าสู่อาคารซึ่งอาจเข้าสู่หลายวิธี ทั้งที่สามารถสังเกตได้หรือไม่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน มลพิษสามารถเข้าสู่อาคารได้โดยตัวของอากาศหรือความดันต่างระหว่างภายในและภายนอก โดยไหลจากสถานที่ที่มีความดันสูงสู่ที่ที่มีความดันต่ำกว่า

โดยทั่วไปคนจะไวต่อมลพิษแต่ละชนิดแตกต่างกันดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะตั้งมาตรฐานระดับของมลพิษในอากาศให้ครบทุกประเภท และไม่มีเครื่องวัดมลพิษเฉพาะอย่างได้ครบทุกชนิด ตลอดทั้งมีมลพิษชนิดใหม่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลาอันเป็นผลพวงจากเทคโนโลยีใหม่ๆ อาการของโรคที่เกิดจากคุณภาพของอากาศแตกต่างกันไปจากคนสู่คนตามความรู้สึกของแต่ละคนที่ไวต่อมลพิษแต่ละประเภทต่างกัน เช่น อาการหนาวสั่น,เหงื่อออก, ระคายเคืองนัยน์ตา, ผื่นคัน, ภูมิแพ้, ไอ,คัดจมูก,

คลื่นไส้อาเจียน, บวมอักเสบ, จาม จนในที่สุดอาจเกิดอาการหมดสติ หากรับมลพิษเกินกว่าที่ร่างกายจะทนได้

ประเภทของมลพิษ

มลพิษในอากาศที่กระทบต่อคุณภาพอากาศในอาคารประกอบด้วย

- เกิดจากชีววัตถุ (Biological) เช่น แบคทีเรีย, เชื้อรา, ไวรัส, เกสรดอกไม้, ขนสัตว์, ของเสียจากคน เช่น น้ำมูกจากการจาม, เสมหะจากการไอ เป็นตัน ล้วนมีผลต่อคุณภาพอากาศ
- เกิดจากสารเคมี (Chemical) เช่น น้ำยาทำความสะอาด, สารทำละลาย, เชื้อเพลิง, กาว, การเผาไหม้, ไอระเหยจากเฟอร์นิเจอร์, สีหาผนังเป็นต้น เป็นส่วนหนึ่งของสารเคมีในอากาศ
- ฝุ่นละออง (Particle and Aerosol) มีทั้งที่เป็นรูปแบบของแข็งหรือละอองน้ำที่มีมวลเบาและแขวนลอยอยู่ในอากาศ มีทั้งขนาดหยาบ (10 ถึง 100ไมครอน) ขนาดกลาง (0:3 ถึง 10 ไมครอน) หรือละเอียด (ขนาดเล็กกว่า 0.3 ไมครอนลงมา) ซึ่งเกิดจากฝุ่นละอองจากการก่อสร้าง, การพิมพ์, การถ่ายเอกสาร, กระบวนการผลิต, การสูบบุหรี่, การเผาไหม้, การเกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่ทำให้ไอระเหยกลั่นตัวเป็นอนุภาคฝุ่นซึ่งสามารถจัดแบ่งประเภทได้ เช่น ฝุ่น, ควัน, หมอก, ไอระเหย เป็นต้น

การวัดเพื่อการประเมินคุณภาพอากาศ

มีตัวแปรหลายอย่างที่ต้องตรวจวัดและวิเคราะห์เพื่อประเมินคุณภาพของอากาศในอาคารเพื่อตัดสินว่าสมควรจะมีการแก้ไขปรับปรุงให้เหมาะสมอย่างไรที่สำคัญ คือ เมื่อมีการพบปัญหาจนนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขแล้ว ควรจะมีการตรวจวัดอย่างต่อเนื่องเพื่อป้องกันการเกิดปัญหาซ้ำซากและยังเป็นการเตือนปัญหาฉุกเฉิน ตั้งแต่ตอนที่ปัญหาจะลุกลามและยากต่อการจัดการ

หลักเกณฑ์ในการประเมินคุณภาพของอากาศในอาคารขั้นต้นมีอยู่ 2 เรื่อง คือ ตัวแปรที่มีผลต่อความสบายและสุขภาพ ซึ่งความแตกต่างอยู่ที่หนทางที่บุคคลได้รับผลกระทบ และมีตัวแปรบางอย่างมีผลทั้งต่อความสบายและสุขภาพ

ความสบายและผลการทำงาน

ความสบายเป็นแนวทางหนึ่งในการวัดความพอใจของผู้ใช้อาคาร ซึ่งสามารถส่งผลโดยตรงต่อสมาธิและผลการทำงาน จนกระทบต่อต้นทุนของธุรกิจ ความสบายเกิดจากสภาพทั้งทางด้านจิตใจและทางกายภาพที่แตกต่างกันตามแต่ละบุคคล ความสบายขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายอย่าง เช่น เสื้อที่สวมใส่, ระดับของกิจกรรมและสภาพแวดล้อมทางกายภาพซึ่งมีทั้งผู้คนรอบข้าง, เฟอร์นิเจอร์, และพื้นที่โดยรอบ การที่จะทำให้เกิดความสบายสูงสุดนั้น ไม่สามารถทำได้ในทางปฏิบัติ ตามหลักทั่วไปที่จะสามารถทำให้ดีที่สุด คือ สร้างความพอใจของผู้ใช้อาคารอยู่ที่ประมาณ 80% ตัวแปรที่พอจะวัดได้ถึงความสบาย เช่น อุณหภูมิ, ความชื้น, ความเร็วลม, การระบายอากาศ, การสั่นสะเทือนและเสียง เป็นต้น ส่วนตัวแปรอื่น ๆที่มีผลต่อความสบายแต่ยากในการวัดเชิงปริมาณ เช่น ความสกาวของแสง, กลิ่น, แผนผังทางกายภาพของพื้นที่, บริเวณพื้นที่รอบข้าง, เสื้อผ้าที่สวมใส่ หรือกิจกรรมที่ทำ เป็นต้น ไม่ว่าจะเป็นด้านอารมณ์หรือความกดดันทางด้านกายภาพ ทั้งที่บ้านและที่ทำงาน ล้วนมีผลต่อความรู้สึกสบายของผู้ใช้อาคาร

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

2.5 การพยากรณ์การใช้พลังงาน

การพยากรณ์ (Forecasting) คือ การคาดการณ์การใช้พลังงานในอนาคต โดยก่อนการพยากรณ์จะต้องทำการศึกษาข้อมูลในอดีตจนถึงปัจจุบัน [10]

2.5.1 เทคนิคพยากรณ์

การเลือกเทคนิคการพยากรณ์แต่ละวิธีมีปัจจัยสำคัญที่จะต้องพิจารณาก่อนการตัดสินใจเลือกเทคนิคการพยากรณ์ ประกอบด้วยปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1. เหตุผลในการพยากรณ์
2. ระยะเวลาที่ใช้ในการพยากรณ์แต่ละครั้งและความถี่ในการพยากรณ์
3. ลักษณะของข้อมูลที่มีและข้อมูลที่มีผู้พยากรณ์จะต้องทราบแหล่งที่มา
4. ความยากง่ายของการพยากรณ์
5. ความแม่นยำของการพยากรณ์
6. ข้อจำกัดของแต่ละวิธีในการพยากรณ์

2.5.2 รูปแบบของข้อมูล

การเลือกวิธีการพยากรณ์การใช้พลังงานจะคำนึงถึงรูปแบบของของมูลในอดีต ซึ่งของมูลอนุกรมเวลาแต่ละชุดมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นๆ ลงๆ ตามเวลา ซึ่งสาเหตุมาจากอิทธิพลขององค์ประกอบต่างๆ 4 ประการ คือ

1. องค์ประกอบของแนวโน้ม (Trend) แสดงถึงทิศทางของข้อมูลแต่ละชุด ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ซึ่งทิศทางข้อมูลนั้นอาจจะพุ่งไปในแนวที่สูงขึ้นหรือต่ำลง ค่าแนวโน้มส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับความเคลื่อนไหวของข้อมูลในระยะเวลาที่ยาวนาน เช่น การใช้พลังงาน เป็นต้น ลักษณะของแนวโน้มอาจจะเป็นเส้นตรงหรือเส้นโค้งก็ได้

2. องค์ประกอบของการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล (Seasonal) ข้อมูลอนุกรมเวลามีรูปแบบการเคลื่อนไหวที่ขึ้นหรือลงในเวลาเดียวกัน ซึ่งส่วนใหญ่จะไม่เกิน 1 ปี โดยที่หน่วยของระยะเวลาอาจจะเป็นรายเดือน รายสัปดาห์ รายวัน หรือรายชั่วโมงก็ได้ การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลได้แก่ การผลิต การขาย เป็นต้น

3. องค์ประกอบของการผันแปรตามวัฏจักร (Cyclical) การเคลื่อนไหวของข้อมูลที่ขึ้นๆ ลงๆ คล้ายกับลูกคลื่นโดยทั่วไปรูปแบบของการผันแปรตามวัฏจักรจะแตกต่างกับการผันแปรตามฤดูกาล จะไม่ทราบว่าช่วงเวลาของการเกิดวัฏจักร เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรส่วนใหญ่เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในด้านธุรกิจ และเศรษฐศาสตร์

4. องค์ประกอบความผันแปรเชิงสุ่ม ซึ่งอันเนื่องมาจากความผิดปกติ (Irregular) เป็นการเปลี่ยนแปลงข้อมูลอนุกรมเวลาที่เกิดจากปัจจัยที่ไม่อาจคาดคะเนได้ล่วงหน้า เช่น การเกิดภาวะผิดปกติทางดินฟ้าอากาศ เป็นต้น

ข้อมูลอนุกรมเวลา อาจได้รับอิทธิพลของปัจจัยที่เป็นส่วนประกอบของอนุกรมเวลาทั้ง 4 ปัจจัยหรือเพียงปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งเท่านั้น การวิเคราะห์จึงควรแยกวิเคราะห์ทีละปัจจัย

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

2.5.3 การพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้า

เป็นการนำข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าในอดีต ซึ่งจะศึกษาความเคลื่อนไหวขึ้นลงของปริมาณการใช้ไฟฟ้า หรือการเปลี่ยนแปลงข้อมูลของปริมาณการใช้ไฟฟ้าในระยะเวลา 1 ปี สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลของงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธีพยากรณ์ด้วยโมเดลการวิเคราะห์การถดถอยพหุนาม (Polynomial Regression Analysis Model) [11] ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเวลา กับตัวแปรพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ โดยตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์แบบเส้นโค้ง โดยรูปแบบความสัมพันธ์ดังสมการ

$$y = \beta_o + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \cdots + \beta_n X^n \quad (2.8)$$

เมื่อ y = ค่าของตัวแปรตาม

β = ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการถดถอย

X = ค่าของตัวแปรอิสระ

2.5.3 การหาค่าความคลาดเคลื่อนของเทคนิคการพยากรณ์

การพยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้า[12] สามารถเปรียบเทียบค่าที่พยากรณ์กับค่าจริงที่เกิดขึ้นโดยจะสามารถหาค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดได้จากสมการ

$$\mathrm{e_t} = \mathrm{Y_t} - \widehat{\mathrm{Y}}_\mathrm{t} \quad (2.9)$$

เมื่อ

$\mathrm{e_t}$ = ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ในช่วงเวลา t

$\mathrm{Y_t}$ = ค่าของข้อมูลจริงในช่วงเวลา t

$\widehat{\mathrm{Y}}_\mathrm{t}$ = ค่าที่พยากรณ์ในช่วงเวลา t

n = จำนวนข้อมูล

ในการหาค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์โดยปกติแล้วจะมีการพิจารณาเลือกตัวแบบที่คาดว่าจะให้ค่าพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนต่ำสุด ดังนั้นในการเลือกตัวแบบพยากรณ์ อาจเลือกคำนวณค่าวัดความคลาดเคลื่อนของแต่ละตัวแบบพยากรณ์ และนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกันโดยเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่ให้ค่าวัดความคลาดเคลื่อนต่ำสุด ซึ่งค่าวัดความคลาดเคลื่อนมีหลายแบบ ดังนี้

1) ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยการเบี่ยงเบนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Deviation, MAD)

เป็นค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ที่วัดจากขนาดของค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์โดยไม่คำนึงถึงทิศทางของความคลาดเคลื่อน โดยมีหน่วยเป็นอย่างเดียวกันกับหน่วยของข้อมูลอนุกรมเวลา

$$\mathrm{MAD} = \frac{1}{n}\sum_{\mathrm{t=1}}^{\mathrm{n}} \left|\mathrm{Y_t} - \widehat{\mathrm{Y}}_\mathrm{t}\right| \quad (2.10)$$

มหาวิทยาลัยราชภัฏ Rajabhat University

2) ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Mean Square Error ,MSE)

ค่าเฉลี่ยของกำลังสองของความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ค่าวัดความคลาดเคลื่อนวิธีนี้ให้น้ำหนักความสำคัญกับความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ที่มีค่าใหญ่มากกว่าค่าเล็ก เนื่องจากว่าเวลาคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์จะถูกนำมายกกำลังสอง ซึ่งค่า MSE มักนิยมนำมาใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อหาตัวแบบที่มีค่าความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ต่ำสุด สำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาชุดเดียวกัน โดยหน่วยของ MSE จะมีหน่วยเป็นกำลังสองของหน่วยของข้อมูลอนุกรมเวลา

$$\mathrm{MSE} = \sum_{t=1}^{n} \frac{(e_t)^2}{n} \qquad (2.11)$$

3) ร้อยละของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error, MAPE)

เป็นการคำนวณค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์นั้นเป็นกี่เท่าของค่าจริงหรือกี่เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับค่าจริง ซึ่งค่าเฉลี่ย MAPE เป็นค่าที่ไม่มีหน่วย แต่จะถูกนำเสนอในรูปของเปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะส่งผลให้ค่า MAPE เหมาะกับการเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ของข้อมูลอนุกรมเวลาต่างกัน เพราะค่า MAPE จะช่วยขจัดปัญหาในเรื่องของหน่วยของข้อมูลอนุกรมเวลาที่แตกต่างกันออกไป

$$\mathrm{MAPE} = \frac{100}{n} \sum_{t=1}^{n} \frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{Y_t} \qquad (2.12)$$

การเลือกค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ในการเลือกตัวแบบพยากรณ์ โดยจะเลือกจากเทคนิคการพยากรณ์ที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อน ออกมาต่ำที่สุด เมื่อได้ตัวแบบที่เหมาะสมแล้วจะทำการทดสอบประสิทธิภาพของตัวแบบ โดยการเปรียบเทียบระหว่างค่าจริง และค่าที่พยากรณ์ได้โดยใช้ค่าความคลาดเคลื่อน MAPE เป็นตัววัด เนื่องจากค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้นั้นเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะสังเกตเห็นค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นได้ง่ายกว่า ซึ่งจะมีความคลาดเคลื่อนมากหรือน้อยเพียงใด หากมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยแสดงว่าตัวแบบพยากรณ์นั้นมีประสิทธิภาพ

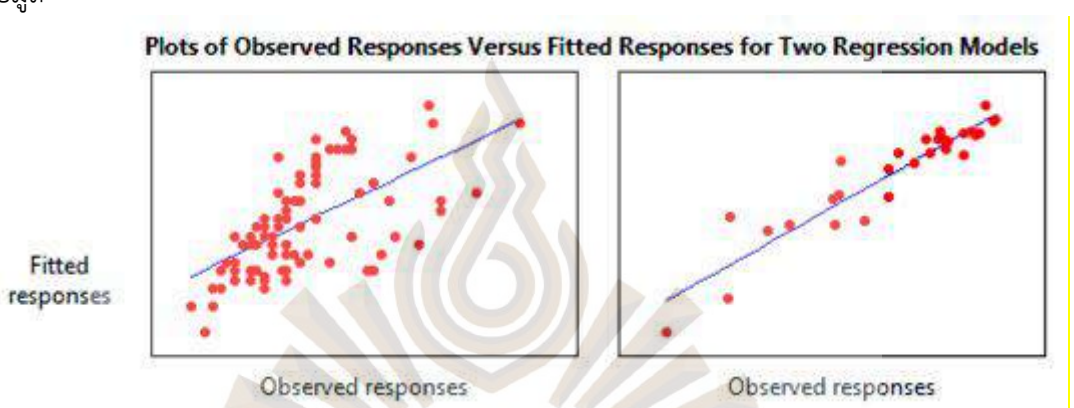
4) ค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ (Coefficient of determination ,R^2)

ค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจเป็นค่าที่ใช้วัดตัวแปรทางคณิตศาสตร์ที่ได้มามีความสมรูปกับข้อมูลมากน้อยเพียงใด หรืออีกความหมายว่าค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ (Coefficient of Determination) หรือค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจเชิงซ้อน (Coefficient of Multiple Determination) สำหรับการวิเคราะห์ค่าพยากรณ์โดยวิธีการถดถอยแบบพหุคูณ (Multiple Regression) (สุวดี นำพาเจริญ., 2556) สำหรับการพยากรณ์การใช้พลังงานนั้น ค่า R^2 จะเป็นค่าที่ใช้พิสูจน์ว่าแบบจำลองที่ได้นั้นเหมาะสมหรือไม่ ควรจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ถ้าค่า R^2 เข้าใกล้ 1 แสดงว่า ตัวแปรที่ได้มานั้นสามารถอธิบายความผันแปรของตัวแปรตอบสนองได้ ค่าที่กระจายรอบค่าเฉลี่ยได้เป็นอย่างดี ถือได้ว่าตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ได้มานั้นเหมาะสมกับข้อมูล

ค่า R^2 มีค่าต่ำ อาจไม่ได้หมายความว่าค่านั้นไม่ดีทุกครั้งไป และเช่นเดียวกันค่า R^2 ที่มีค่าสูงก็ไม่ได้มีความหมายในเชิงบวกเสมอไป ซึ่งนิยามของค่า R^2 คือ ค่าความผันแปรของตัวแปรตอบสนองที่สามารถอธิบายได้

$$R^2 = \frac{\text{ความผันแปรที่สามารถอธิบายได้}}{\text{ความผันแปรทั้งหมด}} \quad (2.13)$$

จากสมการค่า R^2 ควรจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 100% ซึ่งถ้าค่า R^2 = 0% แสดงว่าตัวแปรที่ได้มานั้นไม่สามารถอธิบายความผันแปรของตัวแปรตอบสนองได้ ส่วนค่า R^2 = 100% แสดงว่า ตัวแปรที่ได้มานั้นสามารถอธิบายความผันแปรของตัวแปรตอบสนองได้ ค่าที่กระจายรอบค่าเฉลี่ยได้เป็นอย่างดี โดยทั่วไปค่า R^2 ที่มีค่าสูงนั้น จะหมายความว่าตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ได้มานั้นเหมาะสมกับข้อมูล



รูปที่ 2.27 แผนภาพค่าข้อมูลที่ได้จากตัวแปลคณิตศาสตร์ ที่มีค่า R^2 แตกต่างกัน

จากรูปซ้ายจะมีตัวแปรคณิตศาสตร์ที่มีความแปรปรวนที่กระจายตัวอยู่รอบเส้นกราฟเป็นจำนวนมาก แต่จะมีตัวแปรคณิตศาสตร์ส่วนน้อยที่จะอยู่ใกล้กับเส้นกราฟ Linear และในส่วนของรูปขวามีตัวแปรคณิตศาสตร์อยู่จำนวนมากที่มีการกระจายตัวกันเรียงตัวกันเป็นแนวเส้นตรงอยู่ใกล้กับเส้นกราฟ Linear ซึ่งหากค่าความแปรปรวนนั้นยิ่งมากเท่าไหร่ อาจหมายความได้ว่าตัวแปรคณิตศาสตร์นั้นได้ใกล้เคียงกับค่าสังเกตมากเท่านั้น ในทางทฤษฎีถ้าตัวแปรคณิตศาสตร์ตัวใดที่สามารถอธิบายความแปรปรวนออกมาได้ 100 % หมายความว่าค่าที่คำนวณออกมาได้นั้นจะมีค่าเท่ากับค่าที่สังเกตได้ ดังนั้นแล้ว ค่าที่สังเกตได้จะอยู่บนเส้นกราฟ Linear ทุกจุด ส่วนข้อจำกัดของค่า R^2 ไม่สามารถบอกได้ว่าค่าที่คำนวณได้นั้นมีความเอนเอียงหรือไม่ ซึ่งจำเป็นจะต้องใช้การวิเคราะห์จากแผนภาพเพื่อเป็นตัวช่วยในการหาค่า R^2 ซึ่งไม่สามารถบอกได้ว่าตัวแบบคณิตศาสตร์นี้มีความเหมาะสมหรือไม่ ซึ่งในบางครั้งตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ดีอาจให้ค่า R^2 ต่ำ หรือในบางกรณีที่มีค่า R^2 สูง ตัวแบบคณิตศาสตร์ก็ไม่เหมาะสมกับข้อมูลนั้น ๆ

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุวเดช แก้วช่วย (2552) ได้ศึกษาการจัดการใช้พลังงานในอาคารหอสมุดสุรัตน์ โอสถานุเคราะห์ ที่มหาวิทยาลัยกรุงเทพวิทยาลัยเขตรังสิต ซึ่งเป็นอาคารสถานศึกษา โดยเป็นหอสมุดกลางของมหาวิทยาลัยเปิดใช้งานในปี พ.ศ. 2542 เป็นอาคารสูง 5 ชั้น มีพื้นที่ใช้สอยรวม 22,700 m^2 มีจำนวนผู้ใช้อาคารประมาณ 1,551 คน เวลาทำการของอาคาร วันจันทร์ - เสาร์ เวลา 07.30 – 17.00 น. การศึกษามุ่งเน้นที่ระบบปรับอากาศ และระบบไฟฟ้าแสงสว่าง เพื่อหาแนวทางในการลดการใช้

พลังงานลงไม่ต่ำกว่าร้อยละ 15 ต่อปี โดยใช้มาตรการต่างๆ ในการจัดการพลังงานพบว่าในระบบปรับอากาศสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 392,631 kWh/ปี คิดเป็นเงิน 1,505,345 บาทต่อปี ในระบบไฟฟ้าแสงสว่างสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 93,993 kWh/ปี คิดเป็นเงิน 281,979 บาทต่อปี รวมผลในระบบปรับอากาศและระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ประหยัดได้ทั้งสิ้น เป็นพลังงานไฟฟ้า 486,624 kWh/ปี คิดเป็นเงิน 1,787,324 บาทต่อปี

ธัญยธรณ์ อ้นมี (2560) ได้ศึกษาการพยากรณ์และการวางแผนสต็อกสินค้า เพื่อลดปัญหาการส่งมอบสินค้าล่าช้า กรณีศึกษาโรงงานผลิตเลนส์แว่นตา โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อลดการส่งมอบสินค้าล่าช้า เนื่องจากความผันผวนของความต้องการสินค้าทำให้บ้างช่วงเวลามีความต้องการสินค้าเกินกำลังในการผลิต ปัจจุบันได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้า จากการเก็บข้อมูลย้อยหลัง 2 ปี (2557-2559) พบว่าทางโรงงานเสียค่าปรับในการส่งมอบสินค้าล่าช้า ร้อยละ 0.08 ต่อปี ดังนั้นจึงหาแนวทางในการลดปัญหาในการเสียค่าชดเชยให้กับลูกค้า โดยเริ่มจากการใช้ทฤษฎี ABC Classification จัดการความต้องการสินค้า จากนั้นทำการพยากรณ์ (Forecasting) โดยวิธีการปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลด้วยแนวโน้ม เพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อน MAPE ของสองวิธี จึงได้ค่าความคลาดเคลื่อน 14.22 และ 13.89 หลังจากทดลองปรับตามทฤษฎี ABC Classification จึงทำให้ลดค่าปรับในการส่งมอบสินค้าล่าเหลือ ร้อยละ 0.05 ต่อปี

จารุวรรณ สิงห์ม่วง และ ธิดาพร ศุภภากร (2563) ได้วิจัยเรื่อง ตัวแบบพยากรณ์มูลค่าการส่งออกยางพาราของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลจากเว็บไซต์ของ Rubber Intelligence Unit ตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 จำนวน 72 ค่า โดยการเปรียบเทียบหาตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาสมที่สุดจากวิธีการพยากรณ์ 3 วิธี คือ วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่ซ้ำสองครั้ง วิธีการปรับเรียบสองครั้งแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ เมื่อนำไปเปรียบกับข้อมูลชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2562 ถึงธันวาคม พ.ศ. 2562 จำนวน 9 ค่า สำหรับการเปรียบเทียบความถูกต้องการพยากรณ์ โดยจะใช้เกณฑ์ค่าเบี่ยงเบนสัมบูรณ์ ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสอง และค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ต่ำที่สุด

ธันย์ชนก จันทร์หอม (2564) ได้ศึกษาการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา เพื่อกำหนดการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดของโรงงานผลิตงานซิลิโคนแห่งหนึ่ง โดยการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ฝ่ายการตลาดจำนวน 3 ท่าน เพื่อนำข้อมูลที่ใช้ในการผลิตมาจำแนกตามหลัก ABC Analysis ผลการวิเคราะห์พบว่าการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลาแบบการปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลกลุ่ม A มีปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด โดยมีค่า α = 0.1 เป็นการพยากรณ์ที่แม่นยำและเกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด โดย ค่า MAD = 55,745.43 และค่า MAPE = 17.83% และการใช้ปริมาณสินค้าที่ปลอดภัย แล้วยังสามารถลดต้นทุนในการผลิตลงได้

รัชนี โฆษิตานนท์ (2564) ได้วิจัยการพยากรณ์ความต้องการในการสั่งซื้อและจัดการวัตถุดิบคงคลังกรณีศึกษาบริษัทเครื่องฟอกอากาศ เพื่อเป็นแนวทางในการบริหารจัดการวัตถุดิบคงคลังอย่างมีประสิทธิภาพ โดยทำการเลือกวัตถุดิบ A199 เป็นตัวแทน เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ในเครื่องฟอกอากาศมียอดขายสูง โดยใช้การพยากรณ์ทั้งหมด 5 วิธี ได้แก่ 1) วิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อย่างง่าย 2) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลชั้นเดียว 3) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลสองชั้น 4) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบวินเทอร์เชิงบวก และ 5) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบวินเทอร์เชิงคูณ และวิธีการพยากรณ์หาค่าความคลาดเคลื่อนที่ต่ำที่สุด ผลการศึกษาพบว่าการพยากรณ์วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบวินเทอร์เชิงคูณ มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด โดยค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์

เท่ากับ 21 ค่าความเบี่ยงเบนสัมบูรณ์ เท่ากับ 4,500 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง เท่ากับ 37,912,638 และปริมาณการสั่งซื้อแบบหยัด 55,871 ชิ้น/ครั้ง รอบในการสั่งซื้อทุกๆ 43 วัน โดยที่ระดับการบริการที่ร้อยละ 80 วัตถุดิบคลังสำรอง 14,216 ชิ้น และจุดสั่งซื้อใหม่ 134,197 ชิ้น โดยมีต้นทุนในการจักซื้อวัตถุดิบ 53,753 บาท/ปี จากข้อมูลการจัดซื้อวัตถุดิบแบบเดิม 95,516 บาท/ปี ซึ่งสามารถลดต้นทุนได้ 41,763 บาท/ปี เฉลี่ยร้อยละ 43.72%

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 3
วิธีดำเนินการ

ในการดำเนินการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผัน(Variable refrigerant volume, VRV) และเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน(Split type) รุ่นเก่าที่เคยติดตั้งภายในห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต จึงได้มีการสำรวจ และติดตั้งตู้ชุดส่งสัญญาณการเชื่อมต่ออัตโนมัติกับระบบปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผัน โดยตู้ชุดส่งสัญญาณการเชื่อมต่ออัตโนมัติและเชื่อมต่อระบบจัดการพลังงาน (Energy management system, EMS) ในการติดตามวัดค่าตัวแปรพลังงานต่างๆของระบบปรับอากาศภายในห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลที่เชื่อมต่อกับมิเตอร์ไฟฟ้าอัจฉริยะ(Smart meter) จากนั้นรวบรวมข้อมูล บันทึกผลเพื่อประมวลผลข้อมูล แล้วแสดงข้อมูลในรูปแบบดิจิทัลแพลตฟอร์มผ่านคอมพิวเตอร์ส่วนกลาง

ตู้ชุดส่งสัญญาณการเชื่อมต่ออัตโนมัติและเชื่อมต่อระบบจัดการพลังงาน มีการวัดค่ากำลังไฟฟ้า(Power) กระแสไฟฟ้า(Current) แรงดันไฟฟ้า(Voltage) ความถี่ (frequency) หน่วยไฟฟ้า (Electrical unit) และค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า(Power factor) เพื่อนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผันและเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นเก่าที่เคยติดตั้ง รวมถึงพฤติกรรมการใช้งานเครื่องปรับอากาศของบุคลากร แล้วจึงทำการเปรียบเทียบหาค่าผลประหยัดพลังงานและพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศที่ได้ทำการสำรวจ และบันทึกข้อมูล

ซึ่งขั้นตอนการดำเนินงานตลอดโครงงานสามารถแจกแจงดังต่อไปนี้

1. ดำเนินการศึกษา รวบรวม ข้อมูลการทำงานระบบปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผันและระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นเก่าที่เคยติดตั้ง ของห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมวิศวกรรมเครื่องกล
2. สำรวจพฤติกรรมการใช้งานและปัจจัยด้านอื่นๆ ของระบบปรับอากาศในการปฏิบัติงานของบุคลากรของห้องต่างๆ รวมถึงคุณภาพอากาศภายในสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
3. ลงพื้นที่สำรวจ เครื่องจักร อุปกรณ์ต่างๆ และตรวจวัดขนาดพื้นที่ของแต่ละห้องที่มีการใช้เครื่องปรับอากาศภายในสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
    1) สำรวจและวัดขนาดความกว้าง ยาว สูงของห้อง และจำนวนห้องย่อยของสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล (5-230)
    2) สำรวจอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าที่ทำให้เกิดภาระความร้อนภายในสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล (5-230)
4. ติดตั้งตู้ชุดส่งสัญญาณการเชื่อมต่ออัตโนมัติกับระบบปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผันเพื่อเก็บข้อมูล และวิเคราะห์การใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศในแต่ละวัน เดือน ปี ของสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มีตัวแปรเก็บข้อมูล ดังนี้ ค่ากำลังไฟฟ้าม,กระแสไฟฟ้า,

แรงดันไฟฟ้า, ความถี่,หน่วยไฟฟ้า และค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าทำการวัดและบันทึกค่าโดยชุดส่งสัญญาณการเชื่อมต่ออัตโนมัติกับระบบปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผันที่นำมาติดตั้ง

5. ตรวจวัด เก็บข้อมูล พฤติกรรมการใช้งาน และปัจจัยด้านอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อการประหยัดพลังงาน
    1) อุณหภูมิอากาศ
    ทำการตรวจวัดโดยใช้เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิ ความชื้น ที่สามารถเก็บข้อมูลและเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่าน USB T(he multi-use USB temperature and moisture data logger) ซึ่งจะวัดตามจุดต่างๆในห้อง มุมห้อง กลางห้อง ทำการวัดสูงจากระดับพื้นห้อง 1 m จะทำการวัดค่าทั้งหมด 3 ครั้ง ระยะเวลาห่างกัน 5 min หรืออุณหภูมิมีค่าคงที่เพื่อให้อากาศภายในห้องกระจายตัวสม่ำเสมอ แล้วนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย
    2) ความชื้นอากาศ
    ทำการตรวจวัดโดยใช้เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิ ความชื้น ที่สามารถเก็บข้อมูลและเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่าน USB ซึ่งจะวัดตามจุดต่างๆในห้อง ทำการวัดสูงจากระดับพื้นห้อง 1 m จะทำการวัดค่าทั้งหมด 3 ครั้ง ระยะเวลาห่างกัน 5 min หรือความชื้นอากาศภายในห้องมีค่าคงที่ แล้วมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย
    3) การกระจายลมเย็น
    ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องวัดความเร็วลม(Anemometer) โดยทำการวัดที่หัวจ่ายลมทุกช่องกระจายลม จะทำการวัดค่าทั้งหมด 3 ครั้ง แล้วนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย
    4) การระบายอากาศ
    ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องวัดความเร็วลม โดยทำการวัดความเร็วลมที่พัดลมดูดอากาศระบายลมออก จะทำการวัดค่าทั้งหมด 3 ครั้ง แล้วนำค่าความเร็วลมที่ได้ไปคำนวณเพื่อหาค่าปริมาณลมต่อคน หน่วย m^3/min หรือ CMM แบ่งตามพื้นที่และพฤติกรรมการใช้งาน
    5) ปริมาณฝุ่น
    ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องวัดฝุ่น ยี่ห้อ Xiaomi SmartMi PM2.5 Air Quality Monitor โดยวัดสูงจากระดับพื้นห้อง 1 m ซึ่งทำการสุ่มวัดภายในห้องทั้งหมด 3 ครั้ง ระยะเวลาห่างกัน 5 min แล้วนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย
6. จัดเก็บข้อมูลการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศมาใช้ในรูปแบบของเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผัน เดือนตั้งแต่ ตุลาคม 2564 - มิถุนายน 2565 โดยการบันทึกผลการทดลองรายวัน รายเดือน รายปี
7. นำผลการบันทึกข้อมูลมาวิเคราะห์ผลประหยัด ระหว่างเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผันและเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นเก่าที่เคยติดตั้ง
8. ประมวลการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ และผลประหยัดพลังงาน
9. สรุปผลการวิเคราะห์ และข้อเสนอแนะ

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บข้อมูล โดยเริ่มจากศึกษาการใช้พลังงาน โดยการสำรวจข้อมูลของสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลจำนวน 1 สำนักงาน โดยภายในสำนักงานถูกแบ่งเป็นห้องต่างๆ พบว่า มีห้องพักอาจารย์ 13 ห้อง ห้องประชุม 1 ห้อง ห้องถ่ายเอกสาร 1 ห้อง และเจ้าหน้าที่บริการ 1 พื้นที่ ซึ่งเป็นพื้นที่ให้บริการแก่นักศึกษา พื้นที่ทั้งหมดนี้ใช้เก็บข้อมูล จากระยะเวลาการใช้งานของแต่ละห้อง และพื้นที่ทั้งแบบปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ

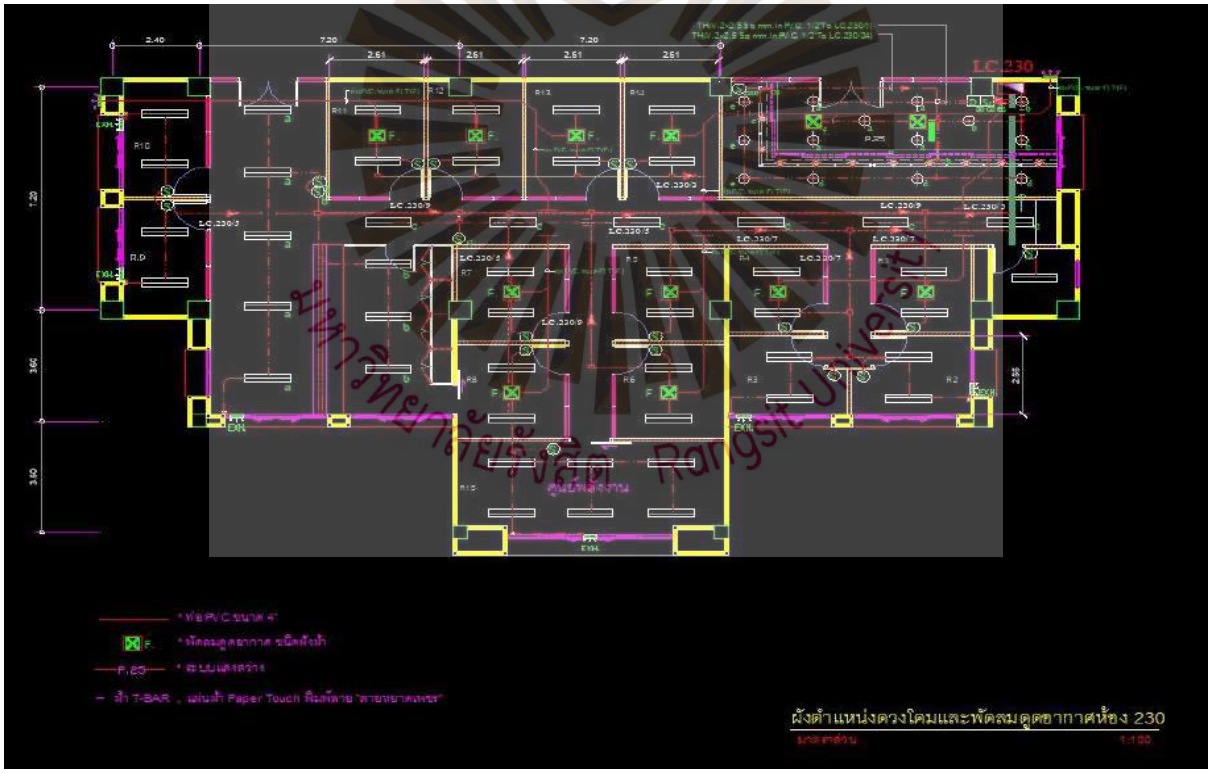
3.1.1 ข้อมูลทั่วไป

ชื่อสำนักงาน	:	สำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
ชื่อหน่วยงาน	:	วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ที่อยู่	:	ตำบลหลักหก อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี
ประเภทหน่วยงาน	:	สถาบันการศึกษา
อายุอาคาร	:	34 ปี
เวลาทำงานเฉลี่ยของสำนักงาน	:	8 hr/day 250 day/year
พื้นที่ของห้อง		
พื้นที่ทั้งหมด	:	250.25 m^2
พื้นที่ปรับอากาศ	:	193.28 m^2
พื้นที่ไม่ปรับอากาศ	:	57.21 m^2
จำนวนอาจารย์และเจ้าหน้าที่	:	14 คน
จำนวนผู้ที่มาใช้บริการ	:	10 คน/วัน

3.1.2. ผลการสำรวจและเก็บข้อมูลตามแผนผังและขนาดพื้นที่ ซึ่งรายละเอียดของห้องต่างๆภายในสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต ดังรูปแผนผัง และรายละเอียดต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

รูปที่ 3.1 แผนผังของห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล



รูปที่ 3.2 แผนผังตำแหน่งโคมไฟฟ้าและพัดลมดูดอากาศของห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

ตารางที่ 3.1 แสดงผลการสำรวจขนาดพื้นที่และรายละเอียดอุปกรณ์ภายในห้อง 230-1 ภายในสำนักงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

ข้อมูลการสำรวจพื้นที่ห้อง			
หมายเลยห้อง	**ระยะ (m)**		**ปริมาตร (m^3)**
230-1 (ห้องพักอาจารย์)	**กว้าง**	2.40	25.056
	ยาว	3.60	
	สูง	2.90	
รายละเอียดอุปกรณ์ภายในห้อง			
รายการ	**จำนวน**	**ขนาด**	**หมายเหตุ**
ประตู	1 บาน	2.0 x 0.70 m	เป็นกระจกใส
หน้าต่าง (ด้านใน)	2 บาน	2.80 x 1.30 m	เป็นกระจกขุ่น
หน้าต่าง (ด้านนอก)	2 บาน	2.50 x 0.80 m	เป็นกระจกใส
ช่องกระจกรับแสง	2 บาน	2.50 x 0.40 m	เป็นกระจกใส
เครื่องพิมพ์	-	-	-
พัดลมดูดอากาศ	1 ตัว	300 x 300 x 115 mm	Sanyo รุ่น V-20TZ ใบพัดขนาด 8 นิ้ว
หลอดไฟฟ้าแสงสว่าง	2 โคม และ 4 หลอด	-	Philips Lighting หลอด Fluorescent รุ่น TL-D 18W/54-765 Day Light สีขาว

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 3.2 แสดงผลการสำรวจขนาดพื้นที่และรายละเอียดอุปกรณ์ภายในห้อง 230-2 ภายในสำนักงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

ข้อมูลการสำรวจพื้นที่ห้อง			
หมายเลยห้อง	**ระยะ (m)**		**ปริมาตร (m^3)**
230-2 (ห้องถ่ายเอกสาร)	**กว้าง**	2.40	25.056
	ยาว	3.60	
	สูง	2.90	
รายละเอียดอุปกรณ์ภายในห้อง			
รายการ	**จำนวน**	**ขนาด**	**หมายเหตุ**
ประตู	1 บาน	2.0 x 0.70 m	เป็นกระจกใส
หน้าต่าง (ด้านใน)	2 บาน	2.80 x 1.30 m	เป็นกระจกขุ่น
หน้าต่าง (ด้านนอก)	2 บาน	2.50 x 0.80 m	เป็นกระจกใส
ช่องกระจกรับแสง	2 บาน	2.50 x 0.40 m	เป็นกระจกใส
เครื่องพิมพ์	1 เครื่อง	-	Canon F193003
พัดลมดูดอากาศ	1 ตัว	300 x 300 x 115 mm	Sanyo รุ่น V-20TZ ใบพัดขนาด 8 นิ้ว
หลอดไฟฟ้าแสงสว่าง	2 โคม และ 4 หลอด	-	Philips Lighting หลอด Fluorescent รุ่น TL-D 18W/54-765 Day Light สีขาว

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 3.3 แสดงผลการสำรวจขนาดพื้นที่และรายละเอียดอุปกรณ์ภายในห้อง 230-3 ภายในสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

ข้อมูลการสำรวจพื้นที่ห้อง			
หมายเลยห้อง	**ระยะ (m)**		**ปริมาตร (m^3)**
230-3 (พื้นที่บริการเจ้าหน้าที่)	**กว้าง**	6.80	108.46
	ยาว	5.50	
	สูง	2.90	
ประตูทางเข้าถึงห้องโถงกลาง	กว้าง	4.00	41.76
	ยาว	3.60	
	สูง	2.90	
ทางเดิน	**กว้าง**	1.70	100.57
	ยาว	20.40	
	สูง	2.90	
รายละเอียดอุปกรณ์ภายในห้อง			
รายการ	**จำนวน**	**ขนาด**	**หมายเหตุ**
ประตู	2 บาน	2.20 x 2.70 m	เป็นกระจกใส
หน้าต่าง (ด้านนอก)	4 บาน	2.30 x 1.00 m	เป็นกระจกใส
ช่องกระจกรับแสง	4 บาน	2.30 x 0.50 m	เป็นกระจกใส
เครื่องพิมพ์	-	-	-
พัดลมดูดอากาศ	1 ตัว	300 x 300 x 115 mm	Sanyo รุ่น V-20TZ ใบพัดขนาด 8 นิ้ว
หลอดไฟฟ้าแสงสว่าง	14 โคม และ 28 หลอด	-	Philips Lighting หลอด Fluorescent รุ่น TL-D 18W/54-765 Day Light สีขาว

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 3.4 แสดงผลการสำรวจขนาดพื้นที่และรายละเอียดอุปกรณ์ภายในห้อง 230-4 ภายในสำนักงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

ข้อมูลการสำรวจพื้นที่ห้อง			
หมายเลยห้อง	**ระยะ (m)**		**ปริมาตร (m^3)**
230-4 (ห้องพักอาจารย์)	**กว้าง**	2.61	27.25
	ยาว	3.60	
	สูง	2.90	
รายละเอียดอุปกรณ์ภายในห้อง			
รายการ	**จำนวน**	**ขนาด**	**หมายเหตุ**
ประตู	1 บาน	2.0 x 0.70 m	เป็นกระจกใส
หน้าต่าง (ด้านใน)	2 บาน	2.80 x 1.30 m	เป็นกระจกใส
หน้าต่าง (ด้านนอก)	-	-	-
ช่องกระจกรับแสง	-	-	-
เครื่องพิมพ์	-	-	-
พัดลมดูดอากาศ	1 ตัว	214 x 214 x108 mm	พัดลมดูดอากาศเพดาน 4 นิ้ว PANASONIC FV-17CUT3
หลอดไฟฟ้าแสงสว่าง	2 โคม และ 4 หลอด	-	Philips Lighting หลอด Fluorescent รุ่น TL-D 18W/54-765 Day Light สีขาว

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 3.5 แสดงผลการสำรวจขนาดพื้นที่และรายละเอียดอุปกรณ์ภายในห้อง 230-5 ภายในสำนักงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

ข้อมูลการสำรวจพื้นที่ห้อง			
หมายเลยห้อง	**ระยะ (m)**		**ปริมาตร (m^3)**
230-5 (ห้องพักอาจารย์)	**กว้าง**	2.61	27.25
	ยาว	3.60	
	สูง	2.90	
รายละเอียดอุปกรณ์ภายในห้อง			
รายการ	**จำนวน**	**ขนาด**	**หมายเหตุ**
ประตู	1 บาน	2.0 x 0.70 m	เป็นกระจกใส
หน้าต่าง (ด้านใน)	2 บาน	2.80 x 1.30 m	เป็นกระจกใส
หน้าต่าง (ด้านนอก)	-	-	-
ช่องกระจกรับแสง	-	-	-
เครื่องพิมพ์	-	-	-
พัดลมดูดอากาศ	1 ตัว	214 x 214 x108 mm	พัดลมดูดอากาศเพดาน 4 นิ้ว PANASONIC FV-17CUT3
หลอดไฟฟ้าแสงสว่าง	2 โคม และ 4 หลอด	-	Philips Lighting หลอด Fluorescent รุ่น TL-D 18W/54-765 Day Light สีขาว

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 3.6 แสดงผลการสำรวจขนาดพื้นที่และรายละเอียดอุปกรณ์ภายในห้อง 230-6 ภายในสำนักงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

ข้อมูลการสำรวจพื้นที่ห้อง			
หมายเลยห้อง	**ระยะ (m)**		**ปริมาตร (m^3)**
230-6 (ห้องพักอาจารย์)	**กว้าง**	2.61	27.25
	ยาว	3.60	
	สูง	2.90	
รายละเอียดอุปกรณ์ภายในห้อง			
รายการ	**จำนวน**	**ขนาด**	**หมายเหตุ**
ประตู	1 บาน	2.0 x 0.70 m	เป็นกระจกใส
หน้าต่าง (ด้านใน)	2 บาน	2.80 x 1.30 m	เป็นกระจกใส
หน้าต่าง (ด้านนอก)	-	-	-
ช่องกระจกรับแสง	-	-	-
เครื่องพิมพ์	-	-	-
พัดลมดูดอากาศ	1 ตัว	214 x 214 x 108 m	พัดลมดูดอากาศเพดาน 4 นิ้ว PANASONIC FV-17CUT3
หลอดไฟฟ้าแสงสว่าง	2 โคม และ 4 หลอด	-	Philips Lighting หลอด Fluorescent รุ่น TL-D 18W/54-765 Day Light สีขาว

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 3.7 แสดงผลการสำรวจขนาดพื้นที่และรายละเอียดอุปกรณ์ภายในห้อง 230-7 ภายในสำนักงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

ข้อมูลการสำรวจพื้นที่ห้อง			
หมายเลยห้อง	**ระยะ (m)**		**ปริมาตร (m^3)**
230-7 (ห้องพักอาจารย์)	**กว้าง**	2.61	27.25
	ยาว	3.60	
	สูง	2.90	
รายละเอียดอุปกรณ์ภายในห้อง			
รายการ	**จำนวน**	**ขนาด**	**หมายเหตุ**
ประตู	1 บาน	2.0 x 0.70 m	เป็นกระจกใส
หน้าต่าง (ด้านใน)	2 บาน	2.80 x 1.30 m	เป็นกระจกใส
หน้าต่าง (ด้านนอก)	-	-	-
ช่องกระจกรับแสง	-	-	-
เครื่องพิมพ์	-	-	-
พัดลมดูดอากาศ	1 ตัว	214 x 214 x 108 mm	พัดลมดูดอากาศเพดาน 4 นิ้ว PANASONIC FV-17CUT3
หลอดไฟฟ้าแสงสว่าง	2 โคม และ 4 หลอด	-	Philips Lighting หลอด Fluorescent รุ่น TL-D 18W/54-765 Day Light สีขาว

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 3.8 แสดงผลการสำรวจขนาดพื้นที่และรายละเอียดอุปกรณ์ภายในห้อง 230-8 ภายในสำนักงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

ข้อมูลการสำรวจพื้นที่ห้อง			
หมายเลยห้อง	**ระยะ (m)**		**ปริมาตร (m^3)**
230-8 (ห้องพักอาจารย์)	**กว้าง**	2.61	27.25
	ยาว	3.60	
	สูง	2.90	
รายละเอียดอุปกรณ์ภายในห้อง			
รายการ	**จำนวน**	**ขนาด**	**หมายเหตุ**
ประตู	1 บาน	2.0 x 0.70 m	เป็นกระจกใส
หน้าต่าง (ด้านใน)	2 บาน	2.80 x 1.30	เป็นกระจกใส
หน้าต่าง (ด้านนอก)	-	-	-
ช่องกระจกรับแสง	-	-	-
เครื่องพิมพ์	-	-	-
พัดลมดูดอากาศ	1 ตัว	214 x 214 x 115 mm	พัดลมดูดอากาศเพดาน 4 นิ้ว PANASONIC FV-17CUT3
หลอดไฟฟ้าแสงสว่าง	2 โคม และ 4 หลอด	-	Philips Lighting หลอด Fluorescent รุ่น TL-D 18W/54-765 Day Light สีขาว

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 3.9 แสดงผลการสำรวจขนาดพื้นที่และรายละเอียดอุปกรณ์ภายในห้อง 230-9 ภายในสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

ข้อมูลการสำรวจพื้นที่ห้อง			
หมายเลยห้อง	**ระยะ (m)**		**ปริมาตร (m^3)**
230-9 (ห้องพักอาจารย์)	**กว้าง**	2.61	27.25
	ยาว	3.60	
	สูง	2.90	
รายละเอียดอุปกรณ์ภายในห้อง			
รายการ	**จำนวน**	**ขนาด**	**หมายเหตุ**
ประตู	1 บาน	2.0 x 0.70 m	เป็นกระจกใส
หน้าต่าง (ด้านใน)	2 บาน	2.80 x 1.30 m	เป็นกระจกใส
หน้าต่าง (ด้านนอก)	-	-	-
ช่องกระจกรับแสง	-	-	-
เครื่องพิมพ์	-	-	-
พัดลมดูดอากาศ	1 ตัว	214 x 214 x108 mm	พัดลมดูดอากาศเพดาน 4 นิ้ว PANASONIC FV-17CUT3
หลอดไฟฟ้าแสงสว่าง	2 โคม และ 4 หลอด	-	Philips Lighting หลอด Fluorescent รุ่น TL-D 18W/54-765 Day Light สีขาว

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 3.10 แสดงผลการสำรวจขนาดพื้นที่และรายละเอียดอุปกรณ์ภายในห้อง 230-10 ภายในสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

ข้อมูลการสำรวจพื้นที่ห้อง			
หมายเลยห้อง	**ระยะ (m)**		**ปริมาตร (m^3)**
230-10 (ห้องพักอาจารย์)	**กว้าง**	2.61	27.25
	ยาว	3.60	
	สูง	2.90	
รายละเอียดอุปกรณ์ภายในห้อง			
รายการ	**จำนวน**	**ขนาด**	**หมายเหตุ**
ประตู	1 บาน	2.0 x 0.70 m	เป็นกระจกใส
หน้าต่าง (ด้านใน)	2 บาน	2.80 x 1.30 m	เป็นกระจกใส
หน้าต่าง (ด้านนอก)	-	-	-
ช่องกระจกรับแสง	-	-	-
เครื่องพิมพ์	-	-	-
พัดลมดูดอากาศ	1 ตัว	214 x 214 x 108 mm	พัดลมดูดอากาศเพดาน 4 นิ้ว PANASONIC FV-17CUT3
หลอดไฟฟ้าแสงสว่าง	2 โคม และ 4 หลอด	-	Philips Lighting หลอด Fluorescent รุ่น TL-D 18W/54-765 Day Light สีขาว

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 3.11 แสดงผลการสำรวจขนาดพื้นที่และรายละเอียดอุปกรณ์ภายในห้อง 230-11 ภายในสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

ข้อมูลการสำรวจพื้นที่ห้อง			
หมายเลยห้อง	**ระยะ (m)**		**ปริมาตร (m^3)**
230-11 (ห้องพักอาจารย์)	**กว้าง**	2.61	27.25
	ยาว	3.60	
	สูง	2.90	
รายละเอียดอุปกรณ์ภายในห้อง			
รายการ	**จำนวน**	**ขนาด**	**หมายเหตุ**
ประตู	1 บาน	2.0 x 0.70 m	เป็นกระจกใส
หน้าต่าง (ด้านใน)	2 บาน	2.80 x 1.30 m	เป็นกระจกใส
หน้าต่าง (ด้านนอก)	-	-	-
ช่องกระจกรับแสง	-	-	-
เครื่องพิมพ์	-	-	-
พัดลมดูดอากาศ	1 ตัว	214 x 214 x 108 mm	พัดลมดูดอากาศเพดาน 4 นิ้ว PANASONIC FV-17CUT3
หลอดไฟฟ้าแสงสว่าง	2 โคม และ 4 หลอด	-	Philips Lighting หลอด Fluorescent รุ่น TL-D 18W/54-765 Day Light สีขาว

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 3.12 แสดงผลการสำรวจขนาดพื้นที่และรายละเอียดอุปกรณ์ภายในห้อง 230-12 ภายในสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

ข้อมูลการสำรวจพื้นที่ห้อง			
หมายเลยห้อง	**ระยะ (m)**		**ปริมาตร (m^3)**
230-12 (ห้องประชุม)	**กว้าง**	7.20	75.16
	ยาว	3.60	
	สูง	2.90	
รายละเอียดอุปกรณ์ภายในห้อง			
รายการ	**จำนวน**	**ขนาด**	**หมายเหตุ**
ประตู	1 บาน	1.25 x 3.0 m	เป็นประตูไม้แบบเลื่อน
หน้าต่าง (ด้านใน)	-	-	-
หน้าต่าง (ด้านนอก)	2 บาน	$\frac{1}{2}$ x 4.50 x 2.80 m	เป็นกระจกใส
ช่องกระจกรับแสง	-	-	-
โทรทัศน์	1 เครื่อง	จอ 20 นิ้ว	SAMSUNG 20” LED
พัดลมดูดอากาศ	1 ตัว	300 x 300 x 115 mm	Sanyo รุ่น V-20TZ ใบพัดขนาด 8 นิ้ว
หลอดไฟฟ้าแสงสว่าง	2 โคม และ 4 หลอด	-	Philips Lighting หลอด Fluorescent รุ่น TL-D 18W/54-765 Day Light สีขาว

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 3.13 แสดงผลการสำรวจขนาดพื้นที่และรายละเอียดอุปกรณ์ภายในห้อง 230-13 ภายในสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

ข้อมูลการสำรวจพื้นที่ห้อง			
หมายเลยห้อง	**ระยะ (m)**		**ปริมาตร (m^3)**
230-13 (ห้องพักอาจารย์)	**กว้าง**	2.61	27.25
	ยาว	3.60	
	สูง	2.90	
รายละเอียดอุปกรณ์ภายในห้อง			
รายการ	**จำนวน**	**ขนาด**	**หมายเหตุ**
ประตู	1 บาน	2.0 x 0.70 m	เป็นกระจกใส
หน้าต่าง (ด้านใน)	2 บาน	2.80 x 1.30 m	เป็นกระจกใส
หน้าต่าง (ด้านนอก)	-	-	-
ช่องกระจกรับแสง	-	-	-
เครื่องพิมพ์	-	-	-
พัดลมดูดอากาศ	1 ตัว	214 x 214 x 108 mm	พัดลมดูดอากาศเพดาน 4 นิ้ว PANASONIC FV-17CUT3
หลอดไฟฟ้าแสงสว่าง	2 โคม และ 4 หลอด	-	Philips Lighting หลอด Fluorescent รุ่น TL-D 18W/54-765 Day Light สีขาว

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 3.14 แสดงผลการสำรวจขนาดพื้นที่และรายละเอียดอุปกรณ์ภายในห้อง 230-14 ภายในสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

ข้อมูลการสำรวจพื้นที่ห้อง			
หมายเลยห้อง	**ระยะ (m)**		**ปริมาตร (m^3)**
230-14 (ห้องพักอาจารย์)	**กว้าง**	2.61	27.25
	ยาว	3.60	
	สูง	2.90	
รายละเอียดอุปกรณ์ภายในห้อง			
รายการ	**จำนวน**	**ขนาด**	**หมายเหตุ**
ประตู	1 บาน	2.0 x 0.70 m	เป็นกระจกใส
หน้าต่าง (ด้านใน)	2 บาน	2.80 x 1.30 m	เป็นกระจกใส
หน้าต่าง (ด้านนอก)	2 บาน	2.80 x 1.30 m	เป็นกระจกใส
ช่องกระจกรับแสง	2	1.40 x 0.40 m	เป็นกระจกใส
เครื่องพิมพ์	-	-	-
พัดลมดูดอากาศ	1 ตัว	300 x 300 x 115 mm	Sanyo รุ่น V-20TZ ใบพัดขนาด 8 นิ้ว
หลอดไฟฟ้าแสงสว่าง	2 โคม และ 4 หลอด	-	Philips Lighting หลอด Fluorescent รุ่น TL-D 18W/54-765 Day Light สีขาว

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 3.15 แสดงผลการสำรวจขนาดพื้นที่และรายละเอียดอุปกรณ์ภายในห้อง 230-15 ภายในสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

ข้อมูลการสำรวจพื้นที่ห้อง			
หมายเลยห้อง	**ระยะ (m)**		**ปริมาตร (m^3)**
230-15 (ห้องพักอาจารย์)	**กว้าง**	2.61	27.25
	ยาว	3.60	
	สูง	2.90	
รายละเอียดอุปกรณ์ภายในห้อง			
รายการ	**จำนวน**	**ขนาด**	**หมายเหตุ**
ประตู	1 บาน	2.0 x 0.70 m	เป็นกระจกใส
หน้าต่าง (ด้านใน)	2 บาน	2.80 x 1.30 m	เป็นกระจกใส
หน้าต่าง (ด้านนอก)	-	-	-
ช่องกระจกรับแสง	-	-	-
เครื่องพิมพ์	-	-	-
พัดลมดูดอากาศ	1 ตัว	214 x 214 x 108 mm	พัดลมดูดอากาศเพดาน 4 นิ้ว PANASONIC FV-17CUT3
หลอดไฟฟ้าแสงสว่าง	2 โคม และ 4 หลอด	-	Philips Lighting หลอด Fluorescent รุ่น TL-D 18W/54-765 Day Light สีขาว

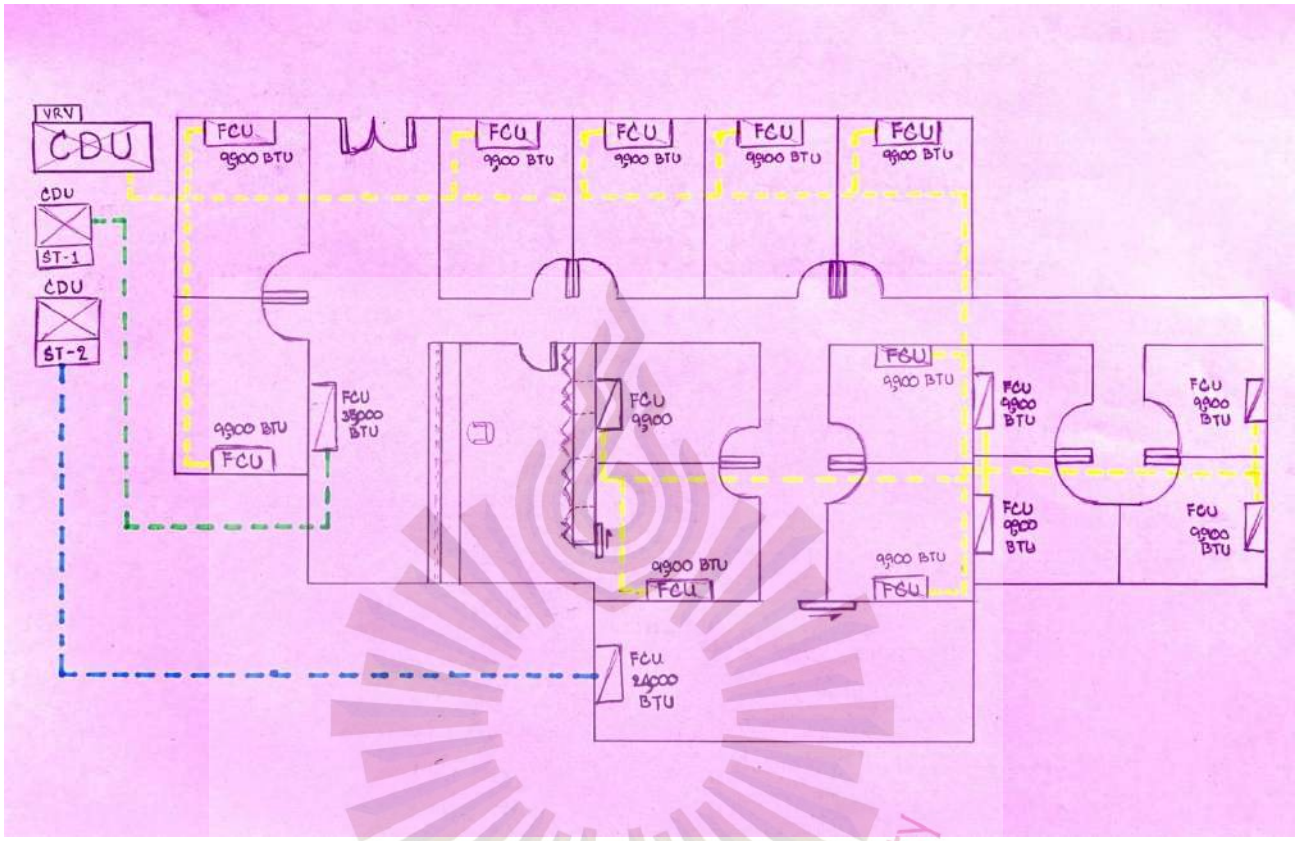
มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 3.16 แสดงผลการสำรวจขนาดพื้นที่และรายละเอียดอุปกรณ์ภายในห้อง 230-16 ภายในสำนักงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

ข้อมูลการสำรวจพื้นที่ห้อง			
หมายเลยห้อง	**ระยะ (m)**		**ปริมาตร (m^3)**
230-16 (ห้องพักอาจารย์)	**กว้าง**	2.61	27.25
	ยาว	3.60	
	สูง	2.90	
รายละเอียดอุปกรณ์ภายในห้อง			
รายการ	**จำนวน**	**ขนาด**	**หมายเหตุ**
ประตู	1 บาน	2.0 x 0.70 m	เป็นกระจกใส
หน้าต่าง (ด้านใน)	2 บาน	2.80 x 1.30 m	เป็นกระจกใส
หน้าต่าง (ด้านนอก)	2 บาน	2.80 x 1.30 m	เป็นกระจกใส
ช่องกระจกรับแสง	2 บาน	1.40 x 0.40 m	เป็นกระจกใส
เครื่องพิมพ์	-	-	-
พัดลมดูดอากาศ	1 ตัว	300 x 300 x 115 mm	Sanyo รุ่น V-20TZ ใบพัดขนาด 8 นิ้ว
หลอดไฟฟ้าแสงสว่าง	2 โคม และ 4 หลอด	-	Philips Lighting หลอด Fluorescent รุ่น TL-D 18W/54-765 Day Light สีขาว

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

3.1.3 ผลการเก็บข้อมูลและคุณสมบัติเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนภายในสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต ในปัจจุบัน



รูปที่ 3.3 แผนผังติดตั้งของเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผันและเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนในปัจจุบันของห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 3.17 ผลสำรวจข้อมูลและคุณสมบัติเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผันของห้องพักอาจารย์ ห้องถ่ายเอกสาร ภายในสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

<table>
<tr><td colspan="5">บริษัท ไดกิ้น อินดัสทรีส์ (ประเทศไทย) จำกัด</td></tr>
<tr><td rowspan="2">รุ่น</td><td rowspan="2">RXQ16PAY1S9
(เครื่องภายนอกอาคาร)</td><td colspan="2">หมายเลขเครื่อง</td><td>E001276</td></tr>
<tr><td colspan="2">เดือน/ปี ที่ผลิต</td><td>01/2014</td></tr>
<tr><td rowspan="2">แหล่งจ่ายไฟ</td><td rowspan="2">380 - 415 V
3N - 50 Hz</td><td colspan="2">รูปแบบการทำงาน</td><td>ทำความเย็น</td></tr>
<tr><td colspan="2">พิกัดกำลังไฟ</td><td>14.2 kW</td></tr>
<tr><td>RLA</td><td>31.5 A</td><td rowspan="3">อุณหภูมิทดสอบ
($^{o}C_{DB}$/ $^{o}C_{WB}$)</td><td>ภายนอก</td><td rowspan="2">35 / 24</td></tr>
<tr><td rowspan="2">PS
(ความดันสูงสุดขณะทำงาน)
ด้านความดันสูง</td><td>40 bar</td><td rowspan="2">ภายใน</td></tr>
<tr><td>4.0 MPa</td><td>27 / 19</td></tr>
<tr><td rowspan="2">PS
(ความดันสูงสุดขณะทำงาน)
ด้านความดันต่ำ</td><td>33 bar</td><td colspan="2" rowspan="2">AP
ด้านความดันสูง</td><td>40 bar</td></tr>
<tr><td>3.3 MPa</td><td>4.0 MPa</td></tr>
<tr><td>สารทำความเย็น</td><td>R410A / 11.5 kg</td><td colspan="2" rowspan="2">AP
ด้านความดันต่ำ</td><td>33 bar</td></tr>
<tr><td>น้ำหนักสุทธิ</td><td>329 kg</td><td>3.3 MPa</td></tr>
<tr><td>ฟิวส์ (AMP.)</td><td>35 A</td><td colspan="2">ระดับการป้องกัน</td><td>IP14</td></tr>
</table>

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 3.18 ผลสำรวจข้อมูลและคุณสมบัติเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน บริเวณโถงกลางพื้นที่บริการของเจ้าหน้าที่ห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

บริษัท ไดกิ้น อินดัสทรีส์ (ประเทศไทย) จำกัด					
ส่วนประกอบนอกตัวอาคาร			R36PUV2S		
แหล่งจ่ายไฟ (เฟส/แรงดันไฟฟ้า/ความถี่)			1/ 220 V / 50 Hz		
น้ำหนักสุทธิ			92 kg		
สารทำความเย็น			R22 / 2400 g		
ชุดคอมเพรสเซอร์			JT125GA-V1		
ชุดมอเตอร์พัดลม			YFK-65-6/YFK-90-6		
หมายเลขเครื่อง			E008412		
เดือน / ปี ที่ผลิต			01/2014		
ส่วนประกอบในตัวอาคาร	ชนิด <หมายเหตุ>	ความสามารถในการทำความเย็นสุทธิ (W)	พิกัดกำลังไฟฟ้า (W)	ประสิทธิภาพการทำความเย็น	พิกัดกระแสไฟฟ้า (A)
FDMG36PUV2S	*2	10600	3720	2.85	18
FHC36PUV2S	*1	10600	3690	2.87	18
FH36PUV2S	*1	10600	3710	2.86	18
FDBT36PUV2S	*2	10600	3710	2.86	19
<หมายเหตุ> แสดงชนิดของส่วนประกอบในอาคารและส่วนประกอบนอกอาคาร *1 : ชนิดส่งลมเย็นโดยตรง *2 : ชนิดส่งลมเย็นผ่านท่อกระจายลม					

ตารางที่ 3.19 ผลสำรวจข้อมูลและคุณสมบัติเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ห้องประชุมของสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

บริษัท ไดกิ้น อินดัสทรีส์ (ประเทศไทย) จำกัด					
ส่วนประกอบนอกตัวอาคาร			R24NUV2S		
แหล่งจ่ายไฟ (เฟส/แรงดันไฟฟ้า/ความถี่)			1/ 220 V / 50 Hz		
น้ำหนักสุทธิ			55 kg		
สารทำความเย็น			R22 / 1900 g		
ชุดคอมเพรสเซอร์			PH39VTET		
ชุดมอเตอร์พัดลม			7756HVS-A16		
หมายเลขเครื่อง			E040962		
เดือน / ปี ที่ผลิต			01/2014		
ส่วนประกอบในตัวอาคาร	ชนิด <หมายเหตุ>	ความสามารถในการทำความเย็นสุทธิ (W)	พิกัดกำลังไฟฟ้า (W)	ประสิทธิภาพการทำความเย็น	พิกัดกระแสไฟฟ้า (A)
FDMG36PUV2S	*2	6700	2370	2.83	12.2
FHC36PUV2S	*1	6700	2350	2.85	11.7
FH36PUV2S	*1	6700	2380	2.82	11.7
<หมายเหตุ> แสดงชนิดของส่วนประกอบในอาคารและส่วนประกอบนอกอาคาร *1 : ชนิดส่งลมเย็นโดยตรง *2 : ชนิดส่งลมเย็นผ่านท่อกระจายลม					

3.1.4 รายละเอียดและข้อมูลของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นเก่าที่เคยติดตั้งของห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

รูปที่ 3.4 เครื่องปรับอากาศ CENTRAL AIR รุ่น SF-FA-SERIES

ตารางที่ 3.20 ผลสำรวจข้อมูลและคุณสมบัติเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นเก่าที่เคยติดตั้งของห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

เครื่องปรับอากาศ		ยี่ห้อ CENTRAL AIR รุ่น : SF-FA-SERIES รหัส : SF09-FA/SC09CB	
MODEL		INDOOR UNIT	SF09-FA
		OUTDOOR UNIT	SC09-CB
Cooling Capacity	220 Volt/1PH/50Hz	BTU/hr	9,212
		Watts	2,700
	Running Current	Amps	4.30
	Power Consumption	Watts	937
	EER	BTU/Watts	9.83

	Air Flow	CFM	400
INDOOR UNIT	Motor Speed (H/M/L)	rpm	1200/1100/900
	Motor size	Watts	56
	Evaporator Coil	Fin/inch...Row	13...2
	Dimension (W x H x D)	cm	103 x 61 x 23
	Weight	kg	33
OUTDOOR UNIT	Compressor	Type	Rotary
	Motor size	Watts	45
	Dimension (W x H x D)	cm	85 x 59.5 x 29
	Weight	kg	37
	Suction Line	Inch	½
	Liquid Line	Inch	¼

จากผลสำรวจข้อมูลและคุณสมบัติเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นเก่าที่เคยติดตั้งของห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต นั้นจะสามารถคำนวณหาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ(Energy Efficiency Ratio : EER) และค่าประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศ(Coefficient of Performance : COP) ได้ดังนี้

- อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ (Energy Efficiency Ratio : EER)

$$\text{EER} = \frac{\text{Btu/hr}}{\text{P}} = \frac{(9{,}212\frac{\text{Btu}}{\text{hr}})}{(937\ \text{W})} = 9.83$$

เมื่อ Btu /hr = ปริมาณความเย็นที่เครื่องปรับอากาศสามารถทำได้ (Btu /hr)

P = กำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ในการทำความเย็น (W)

- ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ (Coefficient of Performance : COP) คือ อัตราส่วนระหว่างขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของระบบปรับอากาศกับพิกัดกำลังไฟฟ้า

$$\text{COP} = \frac{\text{EER}}{3.142} = \frac{9.83}{3.142} = 3.128$$

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

3.2 อุปกรณ์การเก็บข้อมูล

1. เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Power meter) และเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบมัลติฟังก์ชั่น (Multifunction Energy Meter) รุ่น METSEPM 2230 หรือ PM2230 เป็นหน้าจอแสดงผลในการวัดค่าทางไฟฟ้า วัดความต้องการในการใช้พลังงานไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า

รูปที่ 3.5 เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า รุ่น METSEPM 2230 หรือ PM2230

2. หม้อแปลงกระแสไฟฟ้าแบบแยกแกน (Split Core Current Transformers) รุ่น XH-SCT-T24 50A/1A เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายไฟของเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผัน

รูปที่ 3.6 หม้อแปลงกระแสไฟฟ้าแบบแยกแกน

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

3. เครื่องวัดค่าพลังงานไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่ากำลังไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และค่าปริมาณทางไฟฟ้า เพื่อที่จะนำไปคำนวณหาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศและค่าประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่ใช้งาน

รูปที่ 3.7 มิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้า ยี่ห้อ Energy Meter รุ่น CA-8220

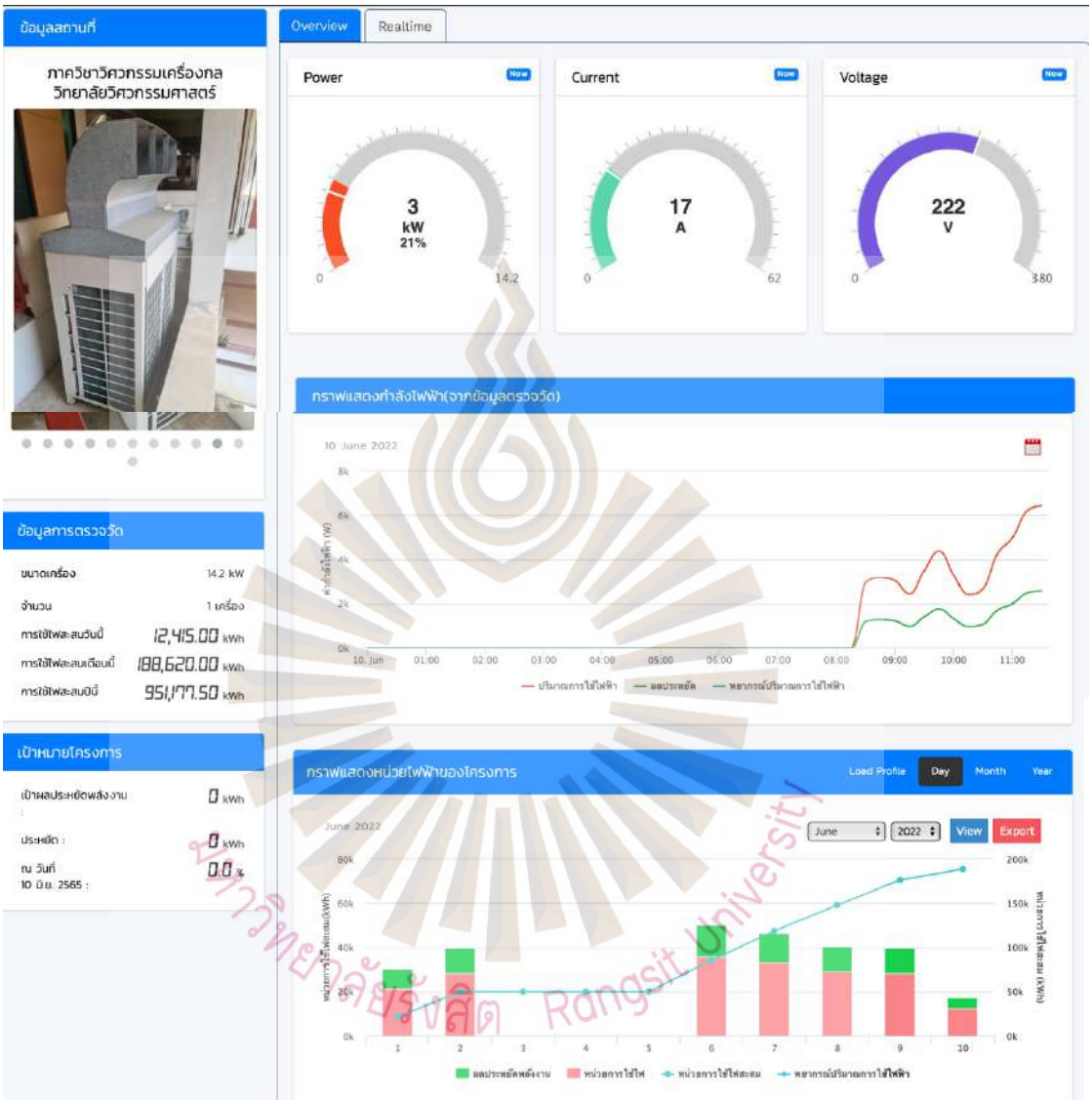
4. เครื่องวัดระยะเลเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดระยะความกว้าง ความยาว ความสูง เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาตรและพื้นที่ห้องต่างๆ

รูปที่ 3.8 เครื่องวัดระยะเลเซอร์ ยี่ห้อ BOSCH รุ่น GLM 50 Professional

5. ชุดส่งสัญญาณการเชื่อมต่ออัตโนมัติ และเชื่อมต่อระบบจัดการพลังงาน(Energy Management System : EMS) เป็นการติดตามค่าตัวแปรพลังงานต่างๆของระบบปรับอากาศภายในห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล เมื่อมีการใช้งานเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผัน

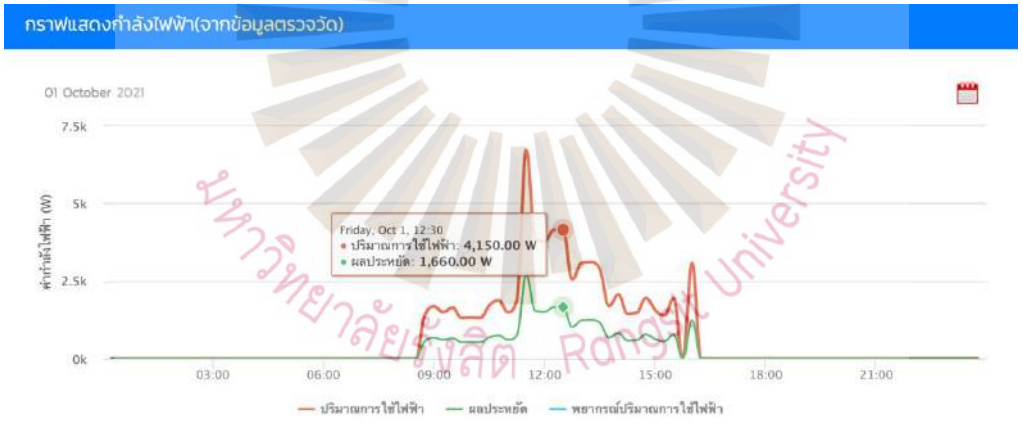
มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ระบบจะทำการตรวจวัดและบันทึกผลการใช้พลังงานของค่ากำลังไฟฟ้า(Power) กระแสไฟฟ้า(Current) แรงดันไฟฟ้า(Voltage) ความถี่ (frequency) หน่วยไฟฟ้า (Electrical unit) และค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power factor) โดยแสดงผลไปยังดิจิทัลแพลตฟอร์ม ซึ่งสามารถดูค่าการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศได้เป็นแบบรายวัน รายเดือน รายปี หรือแบบ Real Time

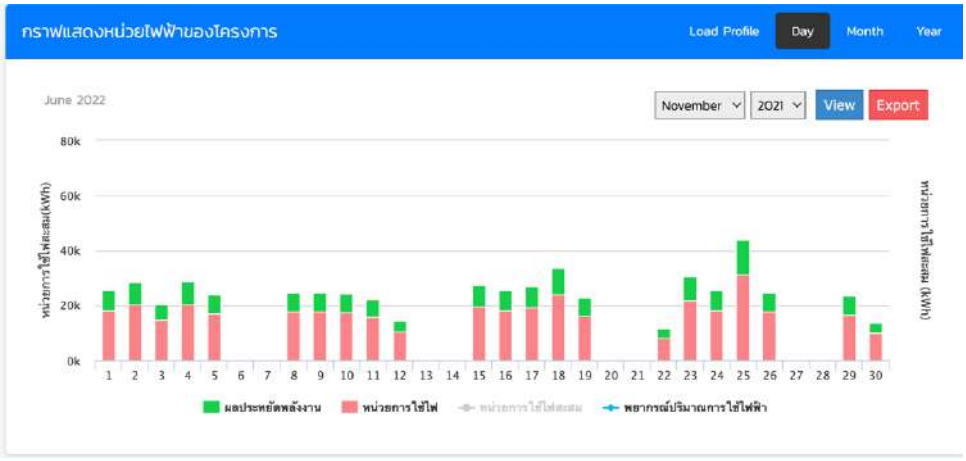


รูปที่ 3.9 ข้อมูลการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผันผ่านดิจิทัลแพลตฟอร์ม

รูปที่ 3.10 แสดงข้อมูลค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ความถี่และหน่วยไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผันผ่านดิจิตอลแพลตฟอร์มแบบ Real Time

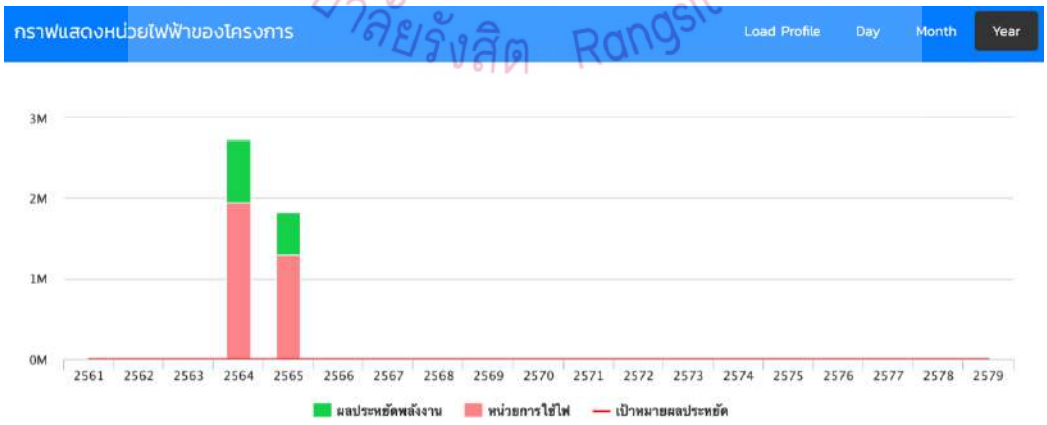


รูปที่ 3.11 แสดงข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผัน ภายใน 1 วัน



รูปที่ 3.12 แสดงข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผัน แบบรายวัน

รูปที่ 3.13 แสดงข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผัน แบบรายเดือน



รูปที่ 3.14 แสดงข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผัน แบบรายปี

6. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดเพื่อตรวจสอบคุณภาพอากาศ

ทิศทางการขับเคลื่อนคุณภาพอากาศในอาคารของประเทศไทยนั้น ปัจจุบันมลพิษทางอากาศทั้งในอาคารและในบรรยากาศเกิดจากการเติบโตของเมือง กิจกรรมการพัฒนาทางเศรษฐกิจ หรือการเผาในที่โล่ง ทำให้มลพิษทางอากาศเพิ่มขึ้น และส่งผลต่อคุณภาพทางอากาศในอาคาร ประชาชนส่วนใหญ่จะใช้ชีวิตอยู่ภายในอาคารปิดมากกว่า 20 ชั่วโมงต่อวัน หากมีการจัดการอากาศในอาคารที่ไม่ดี อาจเกิดการสะสมสารมลพิษและก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพได้ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ได้ขับเคลื่อนการดำเนินงานและส่งเสริมให้เกิดการจัดการคุณภาพอากาศในอาคารที่ดีและคุ้มครองสุขภาพประชาชน 2 มาตรการ คือ

1. มาตรการด้านนโยบายและมาตรฐาน โดยพัฒนาค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคาร เพื่อเป็นหลักเกณฑ์ทางวิชาการในการเฝ้าระวัง กำกับดูแลคุณภาพอากาศภายในอาคาร และเป็นแนวทางให้เจ้าของอาคารใช้ประเมินเพื่อปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารที่เหมาะสม

2. ผลักดันมาตรการในการจัดการคุณภาพอากาศในอาคาร เพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพ เช่น การจัดทำห้องปลอดฝุ่น ซึ่งปัจจุบัน กรมอนามัยได้ร่วมกับภาคีเครือข่ายขับเคลื่อนให้เกิดห้องปลอดฝุ่นในสถานบริการสาธารณสุขและศูนย์เด็กเล็กในพื้นที่ที่มีฝุ่นสูง เพื่อให้ประชาชนโดยเฉพาะกลุ่มเสี่ยง ได้อยู่ในอาคารที่มีอากาศสะอาด รวมทั้งให้คำแนะนำแก่ประชาชน แจ้งเตือนให้ทราบถึงความเสี่ยง ป้องกันและจัดการความเสี่ยงได้อย่างอย่างเหมาะสม

ดังนั้นจึงได้มีประกาศกรมอนามัย เรื่อง ค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ พ.ศ. 2565 ในส่วนคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ ภาวะสบายเชิงความร้อน (Thermal comfort) และสารปนเปื้อนในอากาศ (air contaminants) ไว้ดังนี้

ตารางที่ 3.21 แสดงค่ามาตรฐานตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร

รายการตรวจวัด	ความหมายและผลกระทบต่อสุขภาพ	ค่าที่ยอมรับได้	วิธีการตรวจวัด (Method)
อุณหภูมิ (Temperature)	เพื่อบ่งบอกถึงความพึงพอใจและความสบายของผู้ใช้พื้นที่	24.0 -26.0 ℃	Hot- wire, Thermistor , Thermometer sling method, Thermometer หรือวิธีอื่นที่เทียบเท่า
ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)	เพื่อบ่งบอกถึงความพึงพอใจและความสบายของผู้ใช้พื้นที่ รวมทั้งเพื่อควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อรา	50 - 65 %	The film capacitor, hygrometer, Thermometer sling method, wet and dry bulb หรือวิธีอื่นที่เทียบเท่า
การคลื่อนที่ของอากาศ (Air Movement)	เพื่อบ่งบอกว่าในบริเวณดังกล่าวมีการเคลื่อนไหวของอากาศหรือไม่ เพราะว่าบริเวณที่ไม่มีการเคลื่อนไหวของอากาศแสดงว่ามลพิษหรือสารเคมีก็จะสะสมอยู่ในบริเวณดังกล่าว	น้อยกว่า 0.30 m/s	Hot- wire anemometer หรือวิธีอื่นที่เทียบเท่า

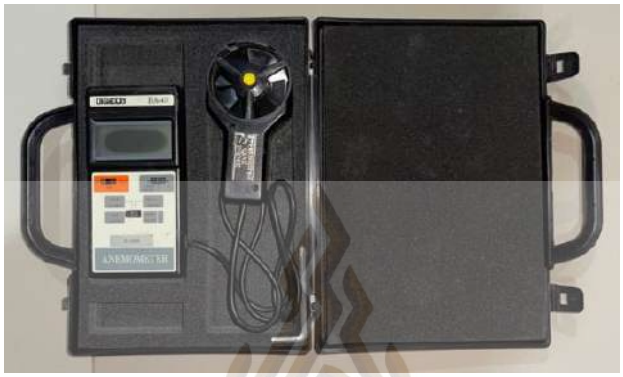
รายการตรวจวัด	ความหมายและผลกระทบต่อสุขภาพ	ค่าที่ยอมรับได้	วิธีการตรวจวัด (Method)
อนุภาคที่มีขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (Particulate Matter with diameter less than 2.5 micrometers, $PM_{2.5}$)	หมายถึงอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 µm ซึ่งเป็นขนาดของอนุภาคที่สามารถเข้าไปสู่ระบบทางเดินหายใจได้ (Respirable Dust) และจุลชีพที่พบว่าแขวนลอยอยู่ในอากาศนั้นส่วนใหญ่ก็มีขนาดอยู่ในช่วงนี้ด้วย การสูดเอาอนุภาคดังกล่าวเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ มีผลทำให้มีโอกาสเป็นโรคปอด เช่น การเกิดพังผืดในปอด (Fibrosis) หลอดลมอักเสบ (Bronchitis) การบีบแคบของหลอดลม (Asthma)	ไม่เกิน 25 µg/m^3 (ค่าเฉลี่ย 24 hr)	Real-time piezoelectric, Optical scattering หรือวิธีอื่นที่เทียบเท่า

ในการตรวจวัดอุณหภูมิอากาศเป็นตัวแปรพื้นฐานของคุณภาพอากาศในอาคารที่มีผลกระทบโดยตรงต่อความรู้สึกสบายและมีผลต่อสมาธิในการทำงานและผลการทำงาน ตามมาตรฐาน ASHRAE 55 ช่วงของอุณหภูมิที่ถือว่า “สบาย” คือ ระหว่าง 22°C ถึง 26.19°C (73F ถึง 79F) ในฤดูร้อน และ 20.0 °C ถึง 23.6 °C (68F ถึง 74.5F) ในฤดูหนาว หากระดับความชื้นในอากาศต่ำจะทำให้คนรู้สึกว่าผิวแห้ง ในทางตรงกันข้ามหากความชื้นอากาศสูงเกินไปจะทำให้รู้สึกเหนียวตัว ตามมาตรฐาน ASHRAE 55 ระดับความชื้นอากาศที่เหมาะสมสำหรับห้องสำนักงานควรจะรักษาไว้ให้อยู่ระหว่าง 30% ถึง 65% จะทำให้มีความสบายสูง วิธีการตรวจวัดโดยใช้เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิ ความชื้น ที่สามารถเก็บข้อมูลและเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่าน USB (multi-use USB temp RH data logger-temp U03) ซึ่งจะวัดตามจุดต่างๆในห้อง มุมห้อง กลางห้อง ทำการวัดสูงจากระดับพื้นห้อง 1 m จะทำการวัดค่าทั้งหมด 3 ครั้ง ระยะเวลาห่างกัน 5 min หรืออุณหภูมิและความชื้นอากาศภายในห้องมีค่าคงที่มีเพื่อให้อากาศภายในห้องกระจายตัวสม่ำเสมอ แล้วนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย

รูปที่ 3.15 เครื่องวัดอุณหภูมิอากาศและความชื้นอากาศ

7. เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer)

การตรวจวัดการกระจายลมเย็นเพื่อให้ทราบถึงความปลอดโปร่งและการไหลเวียนของอากาศภายในห้อง ซึ่งมีการถ่ายเทของอากาศในปริมาณที่เหมาะสม เพราะการไหลเวียนของอากาศมีผลต่อสภาพร่างกายที่ทำให้เกิดความรู้สึกแตกต่างกันไป หากการไหลเวียนของอากาศมากหรือน้อยเกินไปอาจจะทำให้รู้สึกอึดอัดและไม่สบายตัว วิธีการตรวจวัดด้วยเครื่องวัดความเร็วลม โดยทำการวัดที่หัวจ่ายลมทุกช่องกระจายลม จะทำการวัดค่าทั้งหมด 3 ครั้ง แล้วนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย



รูปที่ 3.16 เครื่องวัดความเร็วลมตรวจวัดการกระจายลมเย็น

8. เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer)

การตรวจวัดการระบายอากาศเพื่อตรวจดูการไหลเวียนของอากาศที่เข้ามาเพื่อเจือจางอากาศเสียภายในห้อง และในขณะเดียวกันก็ดูดอากาศเสียภายในห้องสู่ภายนอก มาตรฐาน ASHRAE 62 การระบายอากาศโดยกำหนดเป็นค่าของอัตราส่วนอากาศภายนอกที่จะต้องดึงเข้าสู่ห้อง และคำนวณเป็นปริมาณลมต่ำสุดต่อคนต่อเวลา ขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นที่และกิจกรรมที่ทำ ในการตรวจวัดด้วยเครื่องวัดความเร็วลม โดยทำการวัดความเร็วลมที่พัดลมดูดอากาศระบายลมออก จะทำการวัดค่าทั้งหมด 3 ครั้ง แล้วนำค่าความเร็วลมที่ได้ไปคำนวณเพื่อหาค่าปริมาณลมต่อคน หน่วย m^3/min หรือ CMM แบ่งตามพื้นที่และพฤติกรรมการใช้งานจากสมการ ดังนี้

$$CMM(m^3/min) = \text{Air velocity (m/sec)} \times \text{Area } (m^2) \times 60$$

เมื่อ

Air velocity = ความเร็วลมที่พัดลมดูดอากาศระบายออก
Area = พื้นที่หน้าตัดของพัดลมดูดอากาศ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

รูปที่ 3.17 เครื่องวัดความเร็วลมตรวจวัดการระบายอากาศ

9. เครื่องวัดปริมาณฝุ่นในอากาศ (PM 2.5 counter and Particle counter)

การตรวจวัดปริมาณฝุ่นเป็นการหายใจเอาฝุ่นเข้าไปสู่ร่างกายจะไปกระตุ้นกลไกลการขับของอวัยวะภายในร่างกาย และถ้าหากสูดเอาฝุ่นเข้าไปเกินกำหนด อาจทำให้ระบบทางเดินหายใจติดขัดผิดปกติหรือหายใจลำบาก ขนาดของฝุ่นที่แขวนลอยในอากาศมักจะมีขนาด 10 μ หรือเล็กกว่า ซึ่งมักมีแหล่งมาจากฝุ่นละออง หมอกควัน ควันบุหรี่ แม้กระทั่งฝุ่นจากการเผาไหม้ ตามมาตรฐาน ASHRAE 62 ได้จำกัดเวลานานสุดที่คนจะได้รับฝุ่นขนาด PM2.5 ไม่เกิน 24 hr สำหรับความเข้มข้นของ PM10 ที่ 0.50 mg/m^3 วิธีการตรวจวัดด้วยเครื่องวัดปริมาณฝุ่นในอากาศ ยี่ห้อ Xiaomi SmartMi PM2.5 Air Quality Monitor โดยวัดสูงจากระดับพื้นห้อง 1 m ซึ่งทำการสุ่มวัดภายในห้องทั้งหมด 3 ครั้ง ระยะเวลาห่างกัน 5 min แล้วนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย

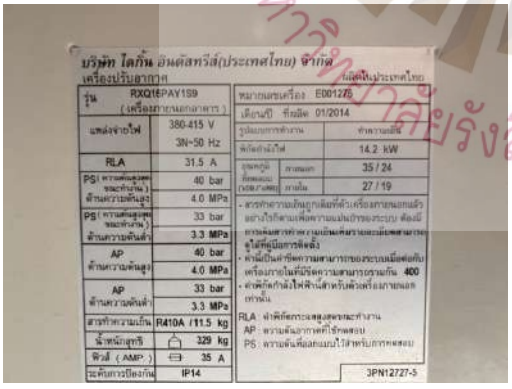
มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

รูปที่ 3.18 เครื่องวัดปริมาณฝุ่นในอากาศ

ตารางที่ 3.22 แสดงค่ามาตรฐานตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร ตามมาตรฐาน ASHRAE

ตัวแปร	ข้อจำกัด(Limit) / ช่วง(Range)	มาตรฐานอ้างอิง	เครื่องมือ
อุณหภูมิอากาศ	24°C ถึง 26°C สำหรับฤดูร้อน 22°C ถึง 26.19°C (73 F ถึง 79 F) สำหรับฤดูหนาว 20.0 °C ถึง 23.6 °C (68 F ถึง 74.5 F)	ASHRAE 55	Air Thermometer
ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ	น้อยกว่า 65 % RH อาคารใหม่ น้อยกว่า 70 % RH อาคารเก่า	ASHRAE 55	Thermo-Hygrometer
การเคลื่อนที่ของอากาศ	0.1 – 0.3 m/s	WHO ISO7730	Anemometer
อัตราการไหล	สำนักงาน : 20 cfm/คน ห้องประชุม : 20 cfm/คน	ASHRAE62	Anemometer
ฝุ่นอนุภาคที่มีขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน	0.035-0.05 mg/m^3	ASHRAE62.1	Condensation Particle Counter

3.3 การสำรวจ ตรวจวัดขนาดของสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

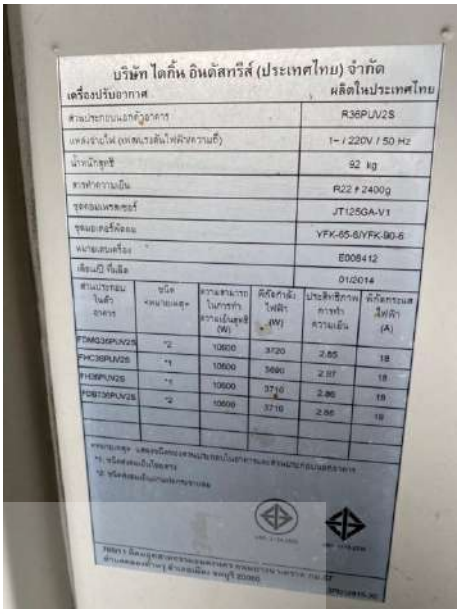


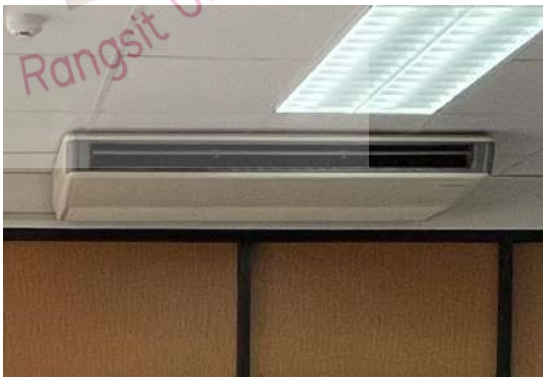
รูปที่ 3.19 การติดตั้งและคุณสมบัติของเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผัน สำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

รูปที่ 3.20 คอยล์เย็น (Fan coil Unit) ของเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผันของห้องพักอาจารย์ภายในห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

รูปที่ 3.21 พัดลมดูดอากาศของห้องพักอาจารย์ภายในห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University





รูปที่ 3.22 การติดตั้งและคุณสมบัติของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนบริเวณพื้นที่บริการนักศึกษาของเจ้าหน้าที่สำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

รูปที่ 3.23 การติดตั้งและคุณสมบัติของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนของห้องประชุมภายในห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

3.4 ผลการติดตั้งชุดส่งสัญญาณการเชื่อมต่ออัตโนมัติ พร้อมอุปกรณ์เครื่องมือวัดกับระบบปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผัน

ดำเนินการติดตั้งระบบชุดส่งสัญญาณการเชื่อมต่ออัตโนมัติ และเชื่อมต่อระบบจัดการพลังงาน ในการติดตามค่าตัวแปรพลังงานต่างๆของระบบปรับอากาศภายในสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิตที่มีการเชื่อมต่อกับเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า จากนั้นจะรวบรวมข้อมูลและบันทึกผลที่ตรวจวัดในส่วนต่างๆ เพื่อประมวลผล และส่งข้อมูลที่จำเป็นผ่านระบบส่งและเชื่อมต่อสัญญาณ เพื่อแสดงผลด้วยดิจิทัลแพลตฟอร์มจากคอมพิวเตอร์ส่วนกลาง โดยมีการแสดงลักษณะการใช้พลังงานระบบปรับอากาศภายในสำนักงานแปรผันตามพฤติกรรมการใช้งาน ซึ่งมีการตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า ความถี่หน่วยไฟฟ้า และค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าโดยแสดงผลไปยังดิจิทัลแพลตฟอร์ม เพื่อนำค่าการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผัน และระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน มาวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผันและเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นเก่าที่เคยติดตั้ง รวมถึงพฤติกรรมการใช้งานเครื่องปรับอากาศ

ของอาจารย์และเจ้าหน้าที่ แล้วจึงทำวิเคราะห์หาค่าผลประหยัดพลังงานและสามารถนำไปพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศในอนาคตได้

รูปที่ 3.24 ตู้ระบบชุดส่งสัญญาณการเชื่อมต่ออัตโนมัติและเชื่อมต่อระบบจัดการพลังงานติดตั้งเข้ากับเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผัน

รูปที่ 3.25 การตรวจสอบ และต่อสายไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผันเข้ากับตู้ระบบชุดส่งสัญญาณการเชื่อมต่ออัตโนมัติและเชื่อมต่อระบบจัดการพลังงาน

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

รูปที่ 3.26 การติดตั้งหม้อแปลงกระแสไฟฟ้า(Split Core Current Transformers) เข้ากับตู้ควบคุมสวิตช์ไฟฟ้าอัตโนมัติของเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผัน

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

รูปที่ 3.27 การตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และค่าปริมาณทางไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผัน

รูปที่ 3.28 การตรวจสอบการทำงานของตู้ระบบชุดส่งสัญญาณการเชื่อมต่ออัตโนมัติและเชื่อมต่อระบบจัดการพลังงาน

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

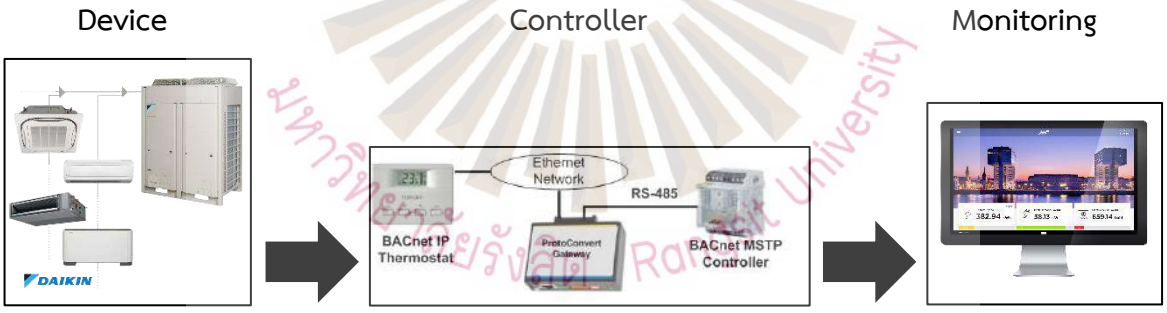
บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

หลังจากได้ทำการสำรวจพื้นที่ และตรวจวัดการใช้พลังงานของระบบเครื่องปรับอากาศของห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต ซึ่งที่ผ่านมาเคยมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนมาก่อน แต่ในปัจจุบันได้มีการปรับเปลี่ยนระบบเครื่องปรับอากาศมาใช้ในรูปแบบของเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผัน โดยได้ทำการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบเครื่องปรับอากาศทั้ง 2 รูปแบบ เพื่อนำมาเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงาน โดยนำข้อมูลการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศระยะเวลาตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2564 จนถึงเดือนมิถุนายน 2566 มาใช้ในการเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ

4.1 ผลการออกแบบและจัดทำแพลตฟอร์มระบบบริหารจัดการพลังงานของระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผัน

4.1.1 ออกแบบ วิเคราะห์ระบบ (System analysis) ในการประมวลผล

ระบบบริหารจัดการพลังงานของระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผันด้วยเทคโนโลยีนวัตกรรมดิจิทัลแพลตฟอร์ม แบบทันทีและต่อเนื่อง เพื่อการออกแบบระบบ Web Application ที่สอดคล้องกับโครงการ แบ่งเป็นหัวข้อหลัก 3 ส่วนคือ Device layer, Management layer, Information layer ซึ่งจะกล่าวถึงสถาปัตยกรรมของระบบ การเก็บเกี่ยวข้อมูล การบริหารจัดการ และหลักการที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลพลังงาน โดยออกแบบระบบบริหารและติดตามข้อมูลพลังงานอยู่บนมาตรฐานโครงสร้างระบบแบบ IEEE1888



ระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผัน(VRF)

ระบบส่งและเชื่อมต่อสัญญาณ

ระบบบริหารจัดการพลังงานแบบดิจิทัลแพลตฟอร์ม

รูปที่ 4.1 สถาปัตยกรรมของระบบบริหารจัดการพลังงานและข้อมูลพลังงาน

จากภาพสถาปัตยกรรมของระบบบริหารจัดการข้อมูลพลังงานการเก็บเกี่ยวข้อมูลจะเริ่มจากการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผันซึ่งระบบที่ช่วยในการจัดการ และติดตามค่าตัวแปรพลังงานต่างๆของระบบปรับอากาศภายในสำนักงานที่มีเชื่อมต่อกับสมาร์ทมิเตอร์ จากนั้นจะรวบรวมข้อมูลและบันทึกผลที่ตรวจวัดในส่วนต่างๆ เพื่อประมวลผล และส่งข้อมูลที่จำเป็นผ่านระบบส่งและเชื่อมต่อสัญญาณ

เพื่อแสดงผลด้วยดิจิทัลแพลตฟอร์มจากคอมพิวเตอร์ส่วนกลาง โดยมีการแสดงลักษณะการใช้พลังงานระบบปรับอากาศภายในสำนักงานแปรผันตามพฤติกรรมการใช้งาน ซึ่งมีการตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้า(Power) กระแสไฟฟ้า(Current) แรงดันไฟฟ้า(Voltage) ความถี่ (frequency) หน่วยไฟฟ้า (Electrical unit) และค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า(Power factor) โดยแสดงผลไปยังดิจิทัลแพลตฟอร์ม

จากรูป 4.1 จะมี Gateway เพื่อเป็นตัวรวบรวมข้อมูลและคัดกรองจัดรูปแบบของข้อมูลก่อนจะส่งให้ Server มหาวิทยาลัยรังสิต มีรายละเอียด ดังนี้ OS เป็น Windows Server 2012R2 Cloud Server: 4 vCore , Memory 8GB , DISK 250 GB Public IP : 110.164.130.149 Private IP : 10.255.21.53 User : administrator Password: @RSU#Admin2021 รวมถึงสามารถเป็น Data backup ในตัวในกรณีที่ข้อมูลเกินการขาดตอนหรือศูนย์หายสามารถที่จะเรียมข้อมูลอีกครั้งได้ผ่านชุดคำสั่งซึ่ง Gateway ยังสามารถรองรับการเชื่อมต่อกับระบบหรืออุปกรณ์ตรวจวัดที่มีความหลากหลายผ่าน Standard protocol แล้วส่งข้อมูลกลับไปยัง เซิร์ฟเวอร์ได้

4.1.2 ออกแบบแพลตฟอร์มรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application)

1) ข้อกำหนดในการออกแบบ

1) สามารถเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลของมหาวิทยาลัยรังสิตเพื่อส่งข้อมูลการใช้พลังงานไปยังมหาวิทยาลัยรังสิต ได้

2) สามารถแสดงผลข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานปัจจุบันและย้อนหลังได้

3) สามารถเรียกดูข้อมูลย้อนหลังได้ ราย 15 min รายวัน รายเดือน รายปี

4) สามารถแสดงผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานได้

5) การประมวลผลข้อมูล โดยสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการที่จัดเก็บในฐานข้อมูล และข้อมูลประกอบอื่นๆ เช่น อัตราค่าไฟฟ้า ค่าปริมาณการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศเก่า ฯลฯ มาประมวลผลและคำนวณผลการประหยัดพลังงาน โดยสามารถแสดงผลเป็นแบบ Real Time รายวัน รายเดือน และรายปี และสามารถจัดทำฐานปริมาณการใช้พลังงานจากข้อมูลการใช้ไฟฟ้าย้อนหลังได้

6) สามารถนำข้อมูลออก (export) ได้ในรูปแบบไฟล์ excel นามสกุล .xlsx

7) สามารถตรวจติดตามข้อมูลจากช่องทาง Web Browser ได้

8) มีระบบ Security (User Name/Password) ในการ Log in เพื่อป้องกันการเข้าระบบโดยผู้ไม่ได้รับอนุญาต

9) สามารถปรับตั้ง Authority สำหรับแต่ละ User Name ได้เพื่อจำกัดสิทธิของแต่ละ User

10) ระบบ Internet of Thing ที่เชื่อมต่อระบบเข้ากับเครือข่าย Internet มหาวิทยาลัย ทั้งระบบมีสายและไร้สาย ครอบคลุมอุปกรณ์ต่อพ่วงเครือข่ายที่ทำให้ระบบทำงานได้อย่างสมบูรณ์

11) สามารถเชื่อมต่อกับชุดตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้า(Power Meter) และอุปกรณ์ Sensor และอุปกรณ์ IoT

12) มีการบันทึกและจัดเก็บข้อมูลที่ได้รับจากชุดตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้า(Power Meter)

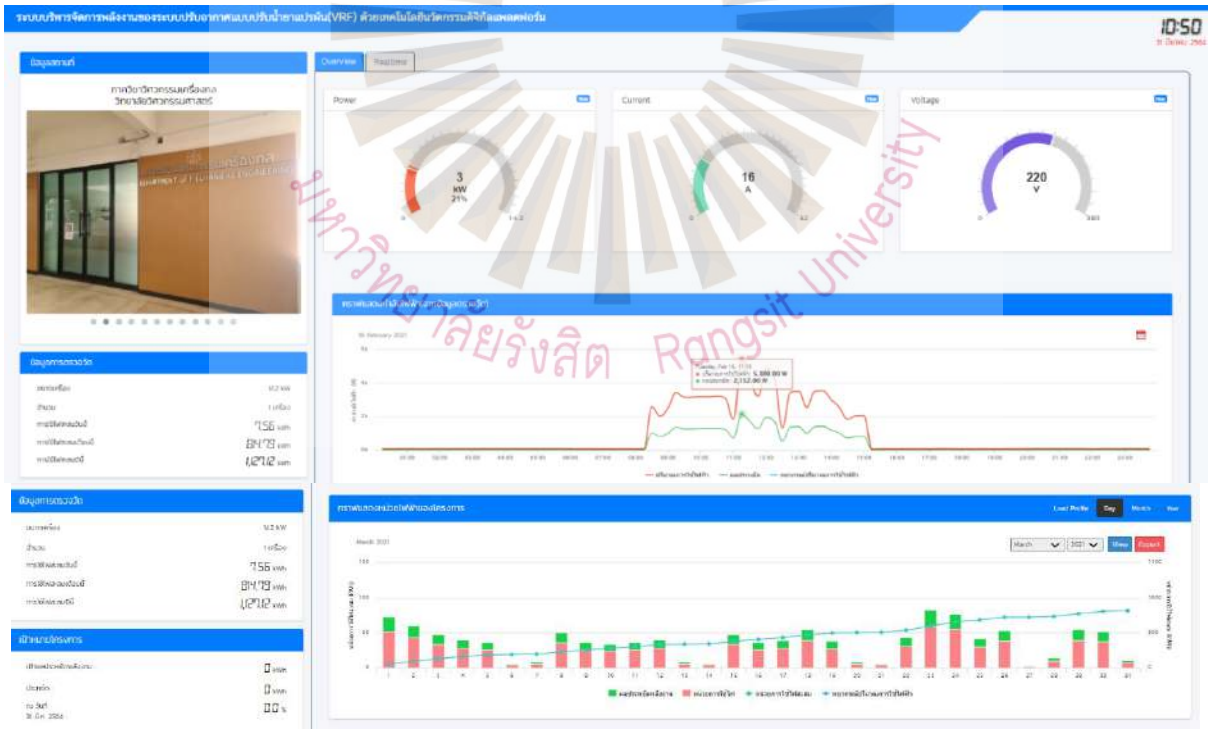
13) สามารถดูประวัติข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานได้ และบันทึกประวัติการทำงานที่เกิดขึ้นในอดีตย้อนหลังได้

14) สามารถทำงานโดยใช้เครือข่ายการเชื่อมต่อ Internet ของมหาวิทยาลัย

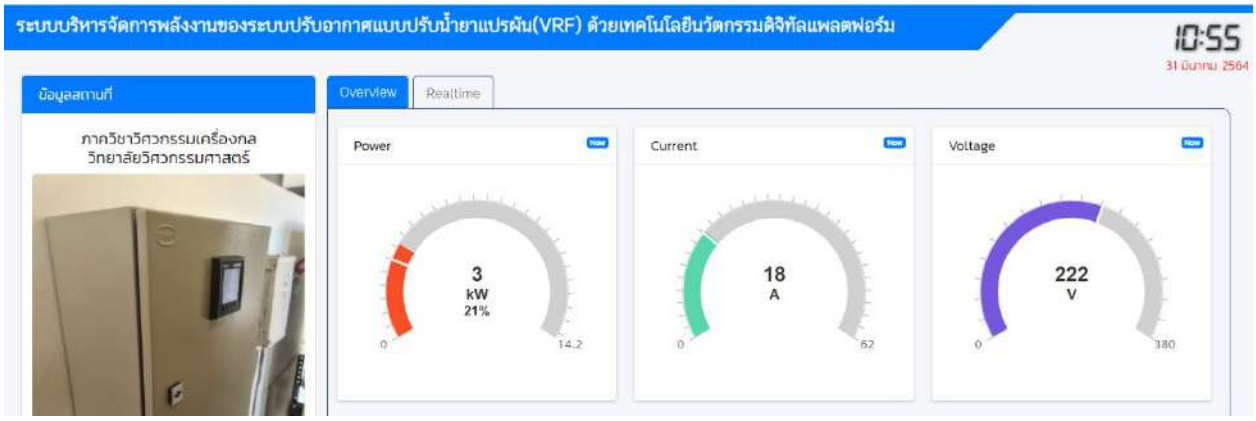
- อุปกรณ์ตรวจวัดพลังงาน ดิจิตอลมิเตอร์แบบ 3 เฟส 4 สาย
- สามารถตรวจวัดไฟฟ้าที่แรงดันไฟฟ้า 220/380 VAC
- สามารถตรวจวัดไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าไม่ต่ำกว่า 100 Amp
- สามารถตรวจวัดไฟฟ้าที่ความถี่ 50-60 Hz
- ความแม่นยำในการตรวจวัด Class 0.5
- โปรโตคอลการสื่อสาร Modbus
- หน้าจอแสดงผลแบบ LCD หรือดีกว่า
- เครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า มีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐาน IEC–62053-22 Class 0.5S

4.1.3 รูปแบบแพลตฟอร์มของเว็บแอปพลิเคชัน

ระบบสามารถดูแพลตฟอร์มผ่าน IP address information จาก http://110.164.130.149/monitoring/ (เนื่องจากสำนักงานเทคโนโลยีและสารสนเทศ (Information Technology) มหาวิทยาลัยมีการแจ้งปรับ IP address ทางผู้วิจัยต้องปรับปรุงแก้ไขมาเป็นเว็บไซต์ http://49.231.198.235/monitoring/) ซึ่งมีรูปแบบต่างๆ ดังต่อไปนี้

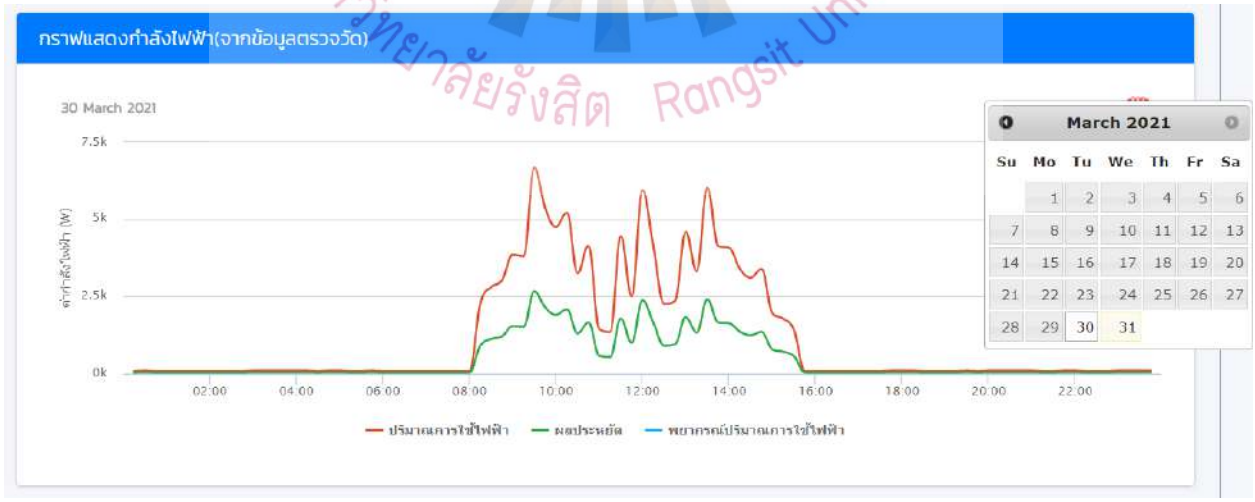


รูปที่ 4.2 แสดงหน้าแรกแพลตฟอร์มของเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application)



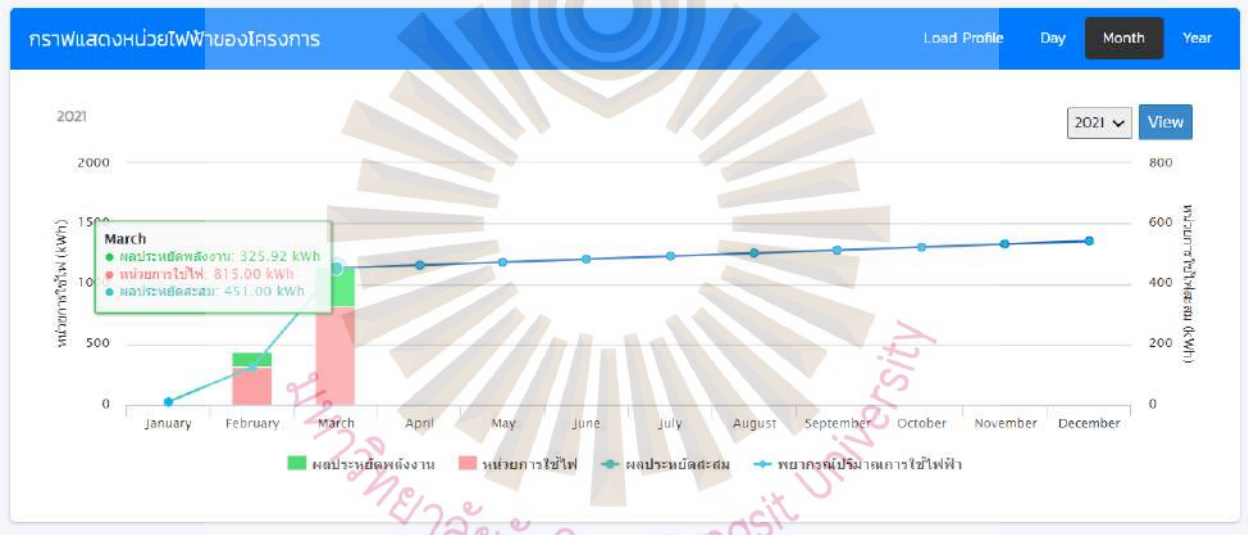
รูปที่ 4.3 แสดงผลกราฟค่ากำลังไฟฟ้า(kW) กระแสไฟฟ้า(A) แรงดันไฟฟ้า(V) กับเวลา (time) แสดงผลเป็นแบบ Real Time

รูปที่ 4.4 แสดงผลค่า แสดงผลเป็นแบบ Real Time



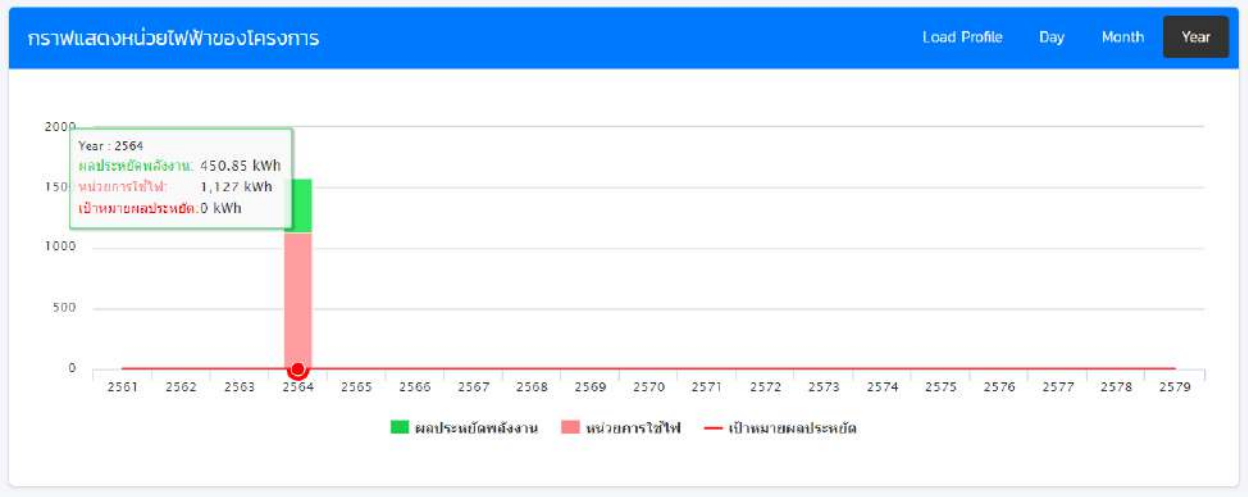
รูปที่ 4.5 แสดงผลกราฟค่ากำลังไฟฟ้า(Power) กับเวลา (time) ต่อวัน และสามารถดูประวัติข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานย้อนหลังได้

รูปที่ 4.6 แสดงผลกราฟค่าหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้า หน่วยใช้พลังงงานไฟฟ้าสะสม ผลประหยัดพลังงาน พยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า กับเวลา (time) รายวัน สามารถดูรายเดือน รายปี และดูย้อนหลังได้ รวมถึงสามารถนำข้อมูลออก (export) ได้ในรูปแบบไฟล์ excel

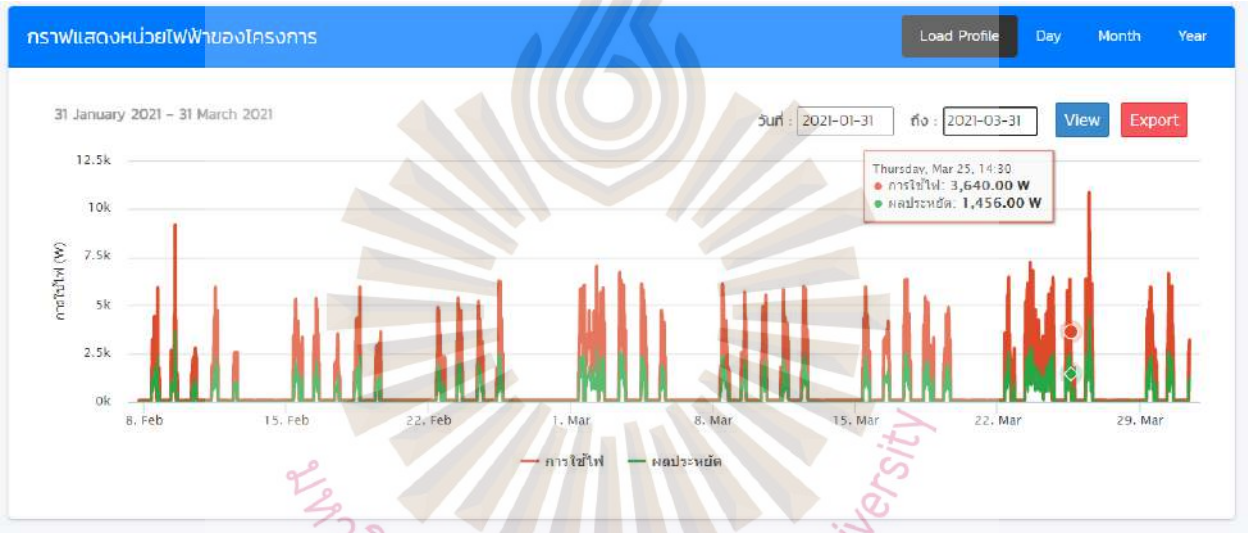


รูปที่ 4.7 แสดงผลกราฟค่าหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้า หน่วยใช้พลังงงานไฟฟ้าสะสม ผลประหยัดพลังงาน พยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า กับเวลา (time) ต่อเดือน

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University



รูปที่ 4.8 แสดงผลกราฟค่าหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้า หน่วยใช้พลังงงานไฟฟ้าสะสม ผลประหยัดพลังงาน พยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า กับเวลา (time) ต่อปี



รูปที่ 4.9 แสดงผลกราฟค่าหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้า ผลประหยัดพลังงาน สามารถเลือกช่วงวัน เดือน ปี ย้อนหลังได้

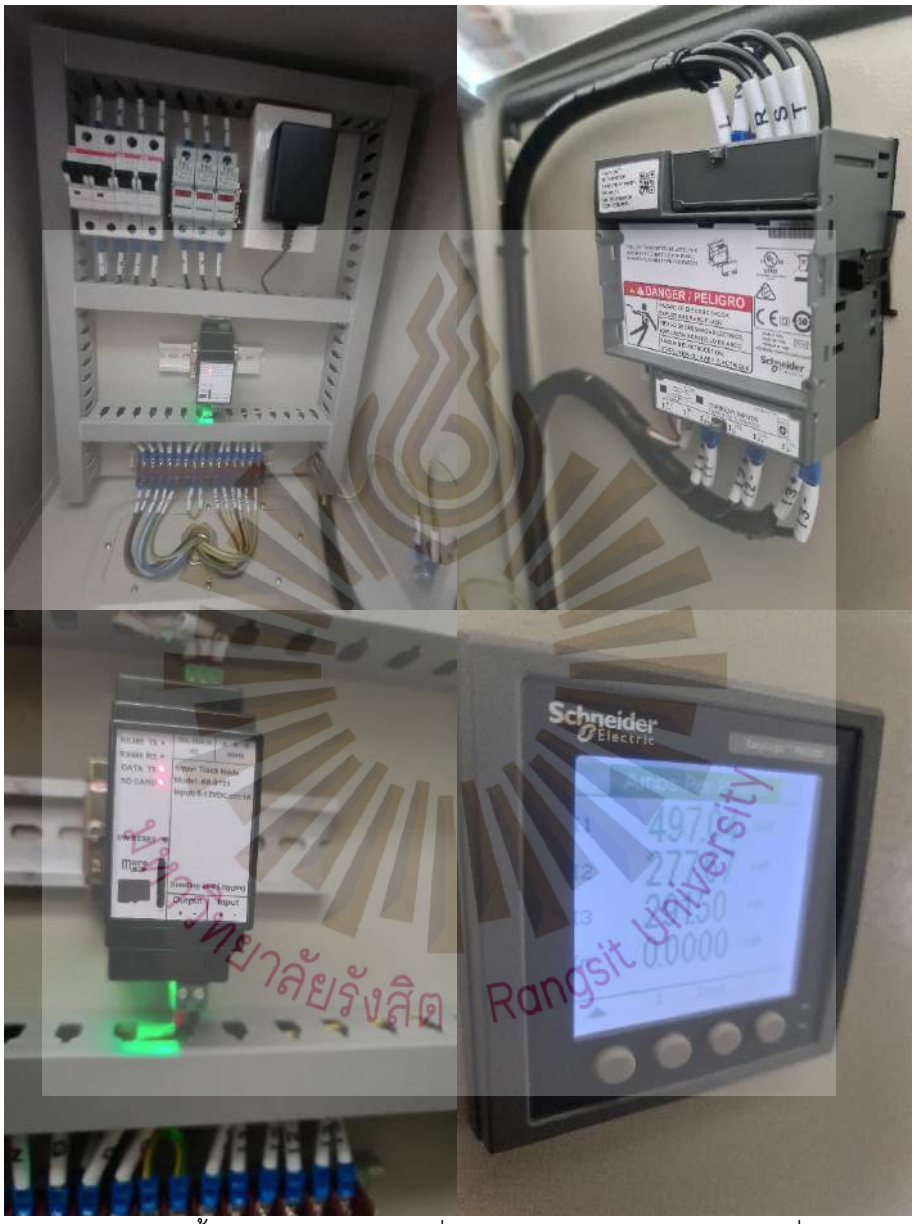
ตารางที่ 4.1 แสดงตัวอย่างความสามารถนำข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานที่ได้จากการที่จัดเก็บในฐานข้อมูล ในวันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2564

Date	Time	Power Used(kW)	V1	V2	V3	I1	I2	I3	P1(W)	P2(W)	P3(W)	PF	Hz
8/2/2021	0:00	0.09	228.75	229.45	228.79	0.49	0.27	0.28	90	0	0	0.36	50.01
8/2/2021	0:15	0.09	228.89	228.69	230.27	0.49	0.27	0.28	90	0	0	0.37	49.74
8/2/2021	0:30	0.09	230.1	228.72	230.17	0.5	0.27	0.29	90	0	0	0.36	50.01
8/2/2021	0:45	0.09	230.1	228.73	230.33	0.49	0.28	0.28	90	0	0	0.36	49.72
8/2/2021	1:00	0.09	231	229.56	229.81	0.5	0.28	0.28	90	0	0	0.36	50.01
8/2/2021	1:15	0.09	229.57	230.42	229.85	0.5	0.27	0.28	90	0	0	0.36	49.7
8/2/2021	1:30	0.09	230.21	228.71	230.02	0.49	0.27	0.28	90	0	0	0.36	49.75
8/2/2021	1:45	0.09	230.32	228.96	230.38	0.5	0.28	0.28	90	0	0	0.36	49.72
8/2/2021	2:00	0.09	229.64	230.19	230.4	0.5	0.27	0.29	90	0	0	0.36	49.74

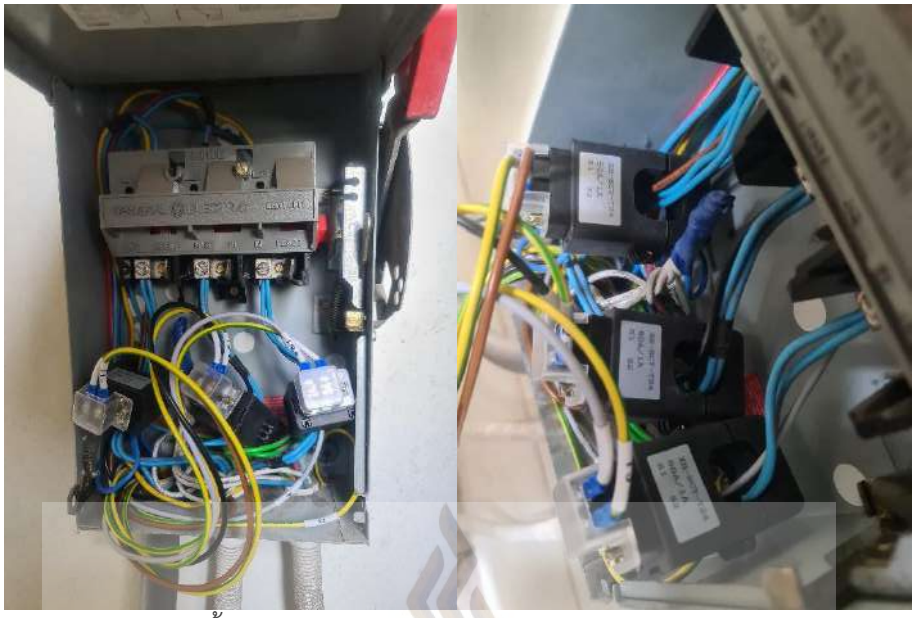
มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

4.1.4 การออกแบบและติดตั้งชุดอุปกรณ์บริหารจัดการพลังงานของระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผัน ในการส่งสัญญาณการเชื่อมต่ออัตโนมัติ พร้อมอุปกรณ์เครื่องมือวัดชนิดต่างๆ และทำการประกอบการติดตั้ง

ส่วนแรกเป็นออกแบบ จัดสร้าง ชุดส่งสัญญาณการเชื่อมต่ออัตโนมัติ จำนวน 1 ระบบ พร้อมอุปกรณ์เครื่องมือวัดชนิดต่างๆ จากนั้นทำการประกอบติดตั้งลงในตู้ควบคุม ดังต่อไปนี้

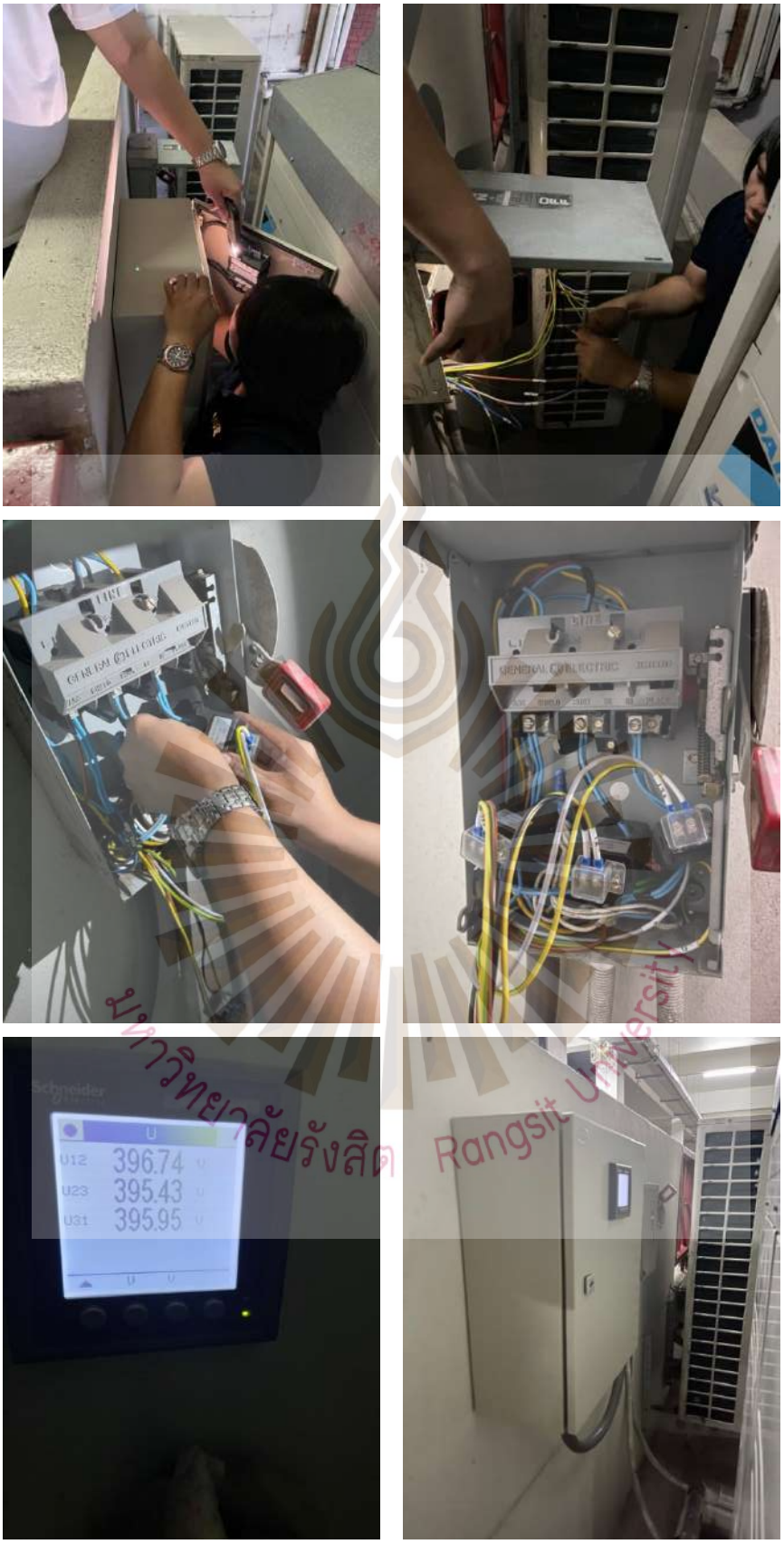


รูปที่ 4.10 การออกแบบและติดตั้งชุดส่งสัญญาณการเชื่อมต่ออัตโนมัติต่อกับอุปกรณ์เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า



รูปที่ 4.11 การออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดพลังงาน ดิจิตอลมิเตอร์แบบ 3 เฟสต่อกับเครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า

ส่วนที่สองดำเนินการติดตั้งระบบชุดส่งสัญญาณการเชื่อมต่ออัตโนมัติ และทำการเชื่อมต่อระบบจัดการพลังงาน (Energy Management System : EMS) และอุปกรณ์ตรวจวัดพลังงาน ดิจิตอลมิเตอร์กับระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผัน ในการติดตามค่าตัวแปรพลังงานต่างๆของระบบปรับอากาศภายในสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมวิศวกรรมเครื่องกล ที่มีเชื่อมต่อกับสมาร์ทมิเตอร์ จากนั้นจะรวบรวมข้อมูลและบันทึกผลที่ตรวจวัดในส่วนต่างๆ เพื่อประมวลผล และส่งข้อมูลที่จำเป็นผ่านระบบส่งและเชื่อมต่อสัญญาณเพื่อแสดงผลด้วยดิจิทัลแพลตฟอร์มจากคอมพิวเตอร์ส่วนกลาง โดยมีการแสดงลักษณะการใช้พลังงานระบบปรับอากาศภายในสำนักงานแปรผันตามพฤติกรรมการใช้งาน ซึ่งมีการตรวจวัดค่าแรงดันไฟฟ้า,กระแสไฟฟ้า, ค่ากำลังไฟฟ้า, ความถี่,หน่วยไฟฟ้าและค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า โดยแสดงผลไปยังดิจิทัลแพลตฟอร์ม เพื่อนำค่าการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผันและระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน มาเปรียบเทียบ และวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงาน และผลประหยัดพลังงาน แสดงไว้ดังรูป



รูปที่ 4.12 การติดตั้งชุดส่งสัญญาณการเชื่อมต่ออัตโนมัติ พร้อมอุปกรณ์เครื่องมือวัด กับเครื่องปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผัน

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

หลังจากทำการติดตั้งชุดส่งสัญญาณการเชื่อมต่ออัตโนมัติ หากมีการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผัน ชุดส่งสัญญาณการเชื่อมต่ออัตโนมัติ จะทำการวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าบันทึกข้อมูลเก็บไว้ โดยมีหลักการทำงาน คือ เมื่อเครื่องปรับอากาศมีการทำงาน Sensor Split Core Current Transformers จะทำการวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเข้าเครื่องปรับอากาศ และชุดส่งสัญญาณการเชื่อมต่ออัตโนมัติจะวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าแล้วส่งเข้าเครื่องบันทึกเพื่อทำการบันทึกค่าและประมวลผล ทำให้เราสามารถดูข้อมูลการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบย้อนหลังหรือแบบ Real Time ด้วยทางระบบเทคโนโลยีและสารสนเทศ (Information Technology) ในเว็บไซต์ http://49.231.198.235/monitoring/

รูปที่ 4.13 ข้อมูลการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผันผ่านแพลตฟอร์มรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application)

รูปที่ 4.13 ข้อมูลการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผันผ่านแพลตฟอร์มรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) แบบ Real Time

4.2 ผลการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผัน ห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

จากการที่ได้ทำการติดตั้งระบบชุดส่งสัญญาณการเชื่อมต่ออัตโนมัติ และการเชื่อมต่อระบบจัดการพลังงานในการติดตามค่าตัวแปรพลังงานต่างๆของระบบปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผันภายในสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต และผลการบันทึกค่าการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผันในช่วงระยะเวลาตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2564 จนถึงเดือนมิถุนายน 2566 มาใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงเพื่อนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับค่าการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่เคยติดตั้งไว้ก่อน เนื่องจากภายในช่วงระยะเวลาดังกล่าวมีการใช้งานเครื่องปรับอากาศเกือบทุกวัน ซึ่งทำให้ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบมีความเสถียร และมีความคลาดเคลื่อนน้อย

ห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปนผันเพียง 14 ห้องจากทั้งหมด 16 ห้อง อีก 2 ห้องที่เหลือเป็นเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ดังนั้นต้องนำค่าการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปนผันไปรวมกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชุดที่ 1 (ห้องโถงกลาง) และชุดที่ 2 (ห้องประชุม) ก่อนนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับค่าการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นเก่าที่เคยติดตั้ง

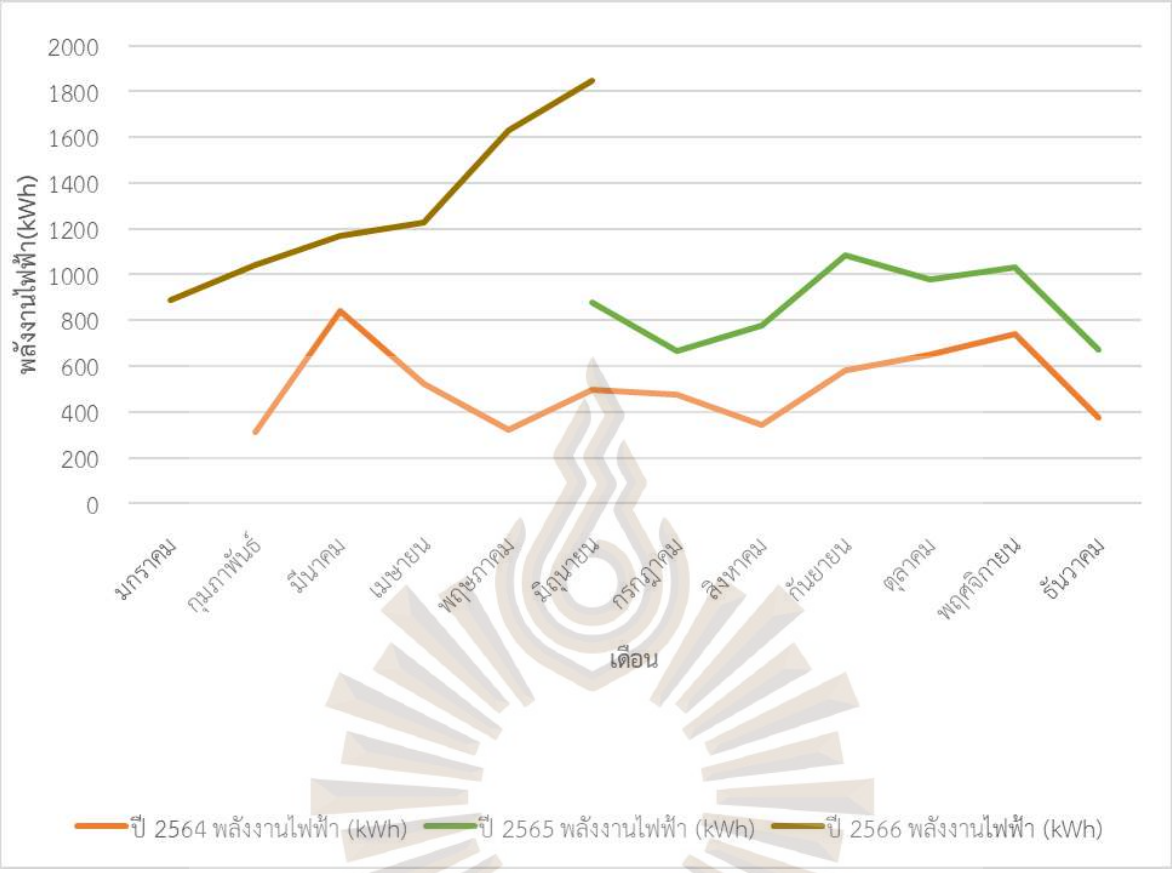
ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผันห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

เดือน \ ปี	ปี 2564		ปี 2565		ปี 2566	
	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	จำนวนเงิน (บาท)	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	จำนวนเงิน (บาท)	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	จำนวนเงิน (บาท)
มกราคม	N/A (*)	N/A (*)	526.16	2,104.64	885.77	3,543.08
กุมภาพันธ์	312.33	1,249.32	N/A (**)	N/A (**)	1,044.40	4,177.60
มีนาคม	838.87	3,355.48	N/A (**)	N/A (**)	1,168.40	4,673.60
เมษายน	520.76	2,083.04	N/A (**)	N/A (**)	1,227.72	4,910.88
พฤษภาคม	323.44	1,293.76	N/A (**)	N/A (**)	1,628.63	6,514.52
มิถุนายน	497.82	1,991.28	878.86	3,515.44	1,846.21	7,384.84
กรกฎาคม	474.90	1,899.60	665.43	2,661.72		
สิงหาคม	341.35	1,365.40	778.20	3,112.80		
กันยายน	579.15	2,316.60	1,084.29	4,337.16		
ตุลาคม	651.95	2,607.80	978.85	3,915.40		
พฤศจิกายน	738.04	2,952.16	1,031.26	4,125.04		
ธันวาคม	377.40	1,509.60	669.18	2,676.72		
รวม	**5,656.01**	**22,624.04**	**6,612.23**	**26,448.92**	**7,801.13**	**31,204.52**

หมายเหตุ : ราคาค่าไฟฟ้า 4.0 บาท/หน่วย

(*) ข้อมูลการใช้พลังงานในช่วงเดือนมกราคม 2564 มีข้อมูลไม่เพียงพอในการเก็บข้อมูล ซึ่งทำให้ไม่สามารถนำข้อมูลการใช้พลังงานภายในช่วงระยะเวลาดังกล่าวมาวิเคราะห์ได้

(**) ข้อมูลการใช้พลังงานในช่วงระยะเวลาตั้งแต่วันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2565 จนถึงวันที่ 22 พฤษภาคม 2565 ข้อมูลสูญหายเนื่องจากทางมหาวิทยาลัยรังสิตได้มีการเปลี่ยนแปลง Saver ส่วนกลางในการเก็บข้อมูล ซึ่งทำให้ไม่สามารถเก็บบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานภายในช่วงระยะเวลาดังกล่าวได้



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าของสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

ทางห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มีพื้นที่ปรับอากาศ ประกอบด้วย ห้องพักอาจารย์ 13 ห้อง ห้องประชุม 1 ห้อง ห้องถ่ายเอกสาร 1 ห้อง และบริเวณเจ้าหน้าที่บริการ 1 พื้นที่ และมีพื้นที่ไม่ปรับอากาศ ประกอบด้วย ห้องน้ำ 1 ห้อง และโถงทางเดิน โดยรายละเอียดของพื้นที่ใช้สอยทั้งหมด มีดังนี้

ตารางที่ 4.3 รายการพื้นที่ใช้สอยของห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

ลำดับ	ห้อง	หมายเลขห้อง	ชั้นที่	ขนาดพื้นที่ใช้สอย (m.)			พื้นที่	ลักษณะพื้นที่		ค่าเฉลี่ยการใช้พลังงาน	การใช้พลังงาน
				กว้าง	ยาว	สูง	(m^2)	ปรับอากาศ	ไม่ปรับอากาศ	(kWh/ปี)	(kWh/ปี-m^2)
1	ห้องพักอาจารย์	230-1	2	2.40	3.60	2.90	8.64	✓	-		
2	ห้องถ่ายเอกสาร	230-2	2	2.40	3.60	2.90	8.64	✓	-		
3	บริเวณพื้นที่บริการเจ้าหน้าที่	230-3	2	6.80	5.50	2.90	37.4	✓	-		
4	ห้องพักอาจารย์	230-4	2	2.61	3.60	2.90	9.39	✓	-		
5	ห้องพักอาจารย์	230-5	2	2.61	3.60	2.90	9.39	✓	-		
6	ห้องพักอาจารย์	230-6	2	2.61	3.60	2.90	9.39	✓	-		
7	ห้องพักอาจารย์	230-7	2	2.61	3.60	2.90	9.39	✓	-		

ลำดับ	ห้อง	หมายเลขห้อง	ชั้นที่	ขนาดพื้นที่ใช้สอย (m.)			พื้นที่	ลักษณะพื้นที่		ค่าเฉลี่ยการใช้พลังงาน	การใช้พลังงาน
				กว้าง	ยาว	สูง	(m^2)	ปรับอากาศ	ไม่ปรับอากาศ	(kWh/ปี)	(kWh/ปี-m^2)
8	ห้องพักอาจารย์	230-8	2	2.61	3.60	2.90	9.39	✓	-		
9	ห้องพักอาจารย์	230-9	2	2.61	3.60	2.90	9.39	✓	-		
10	ห้องพักอาจารย์	230-10	2	2.61	3.60	2.90	9.39	✓	-		
11	ห้องพักอาจารย์	230-11	2	2.61	3.60	2.90	9.39	✓	-		
12	ห้องประชุม	230-12	2	7.20	3.60	2.90	25.92	✓	-		
13	ห้องพักอาจารย์	230-13	2	2.61	3.60	2.90	9.39	✓	-		
14	ห้องพักอาจารย์	230-14	2	2.61	3.60	2.90	9.39	✓	-		
15	ห้องพักอาจารย์	230-15	2	2.61	3.60	2.90	9.39	✓	-		
16	ห้องพักอาจารย์	230-16	2	2.61	3.60	2.90	9.39	✓	-		
17	ห้องน้ำ		2	2.40	2.40	2.90	5.76	-	✓		
18	โถงทางเดิน		2	2.40				-	✓		
	รวมทั้งสิ้น	-	-	-	-	-	250.25			**13,008.34**	**67.30**

จากการตรวจสอบเก็บข้อมูลทางห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มีการใช้เครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผันของห้องพักอาจารย์ ห้องถ่ายเอกสาร ภายในสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต จำนวนทั้งหมด 1 ชุด และเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน จำนวน 2 ชุด ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2565 จนถึงเดือนมิถุนายน 2566 จำนวน 12 เดือน ซึ่งเป็นช่วงเวลาของอาจารย์และเจ้าหน้าที่เข้าปฏิบัติหน้าที่ทำงานตามปกติหลังจากสถานะการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัส COVID-19 ในประเทศไทย และมหาวิทยาลัยรังสิตประกาศหยุดการทำงาน ไม่สามารถเก็บข้อมูลการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศของสำนักงานได้ ทำให้ไม่มีข้อมูลเพียงพอเพื่อสามารถจัดทำฐานปริมาณการใช้พลังงาน โดยมีรายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าดังนี้

ตารางที่ 4.4 รายการเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผันและเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

ลำดับ	ห้อง	บริเวณใช้งาน	ชั้นที่	ขนาดทำความเย็น	จำนวน	อายุการใช้งาน	กำลังไฟฟ้า	การเปิดใช้งาน				พลังงานไฟฟ้าที่ใช้		พื้นที่ (m^2)	BTU/hr-m^2
				(BTU/hr)	(ชุด)		(kW)	hr/day	UF	LF	วัน/เดือน	kWh/เดือน	kWh/ปี		
1	ห้องพักอาจารย์ และ ห้องถ่ายเอกสาร	ห้องพักอาจารย์ และ ห้องถ่ายเอกสาร	2	154,000	1 CDU / 13 FCU จำนวน 1 ชุด	9	14.2	6.0	1	0.8	22.0	1,084.02	13,008.34	129.96	100.09
2	บริเวณพื้นที่บริการของเจ้าหน้าที่	สำนักงาน	2	10,600	1 CDU / 1 FCU จำนวน 1 ชุด	9	3.72	8.0	1	0.8	22.0	523.78	6,285.31	37.4	168.06
3	ห้องประชุม	ห้องประชุม	2	22,800 (6,700 W)	1 CDU / 1 FCU จำนวน 1 ชุด	9	2.37	3.0	0.6	0.8	15.0	51.19	614.30	25.92	23.70
รวมทั้งสิ้น				**187,400**	**3**					-		**1,658.99**	**19,907.96**	**193.28**	

รายละเอียดการใช้โคมไฟฟ้าแสงสว่างและพลังงานไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ดังนี้

ตารางที่ 4.5 รายการโคมไฟฟ้าแสงสว่าง

ลำดับ	อาคาร	บริเวณใช้งาน/ห้อง	ชั้นที่	จำนวนหลอด/โคม	กำลังไฟฟ้า W/หลอด	จำนวนโคม	การเปิดใช้งาน			พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	
							hr/day	UF	วัน/เดือน	kWh/เดือน	kWh/ปี
1	ห้องพักอาจารย์	230-1	2	2	18	2	6.0	1.0	22	9.50	114.04
2	ห้องถ่ายเอกสาร	230-2	2	2	18	2	6.0	1.0	22	76.03	912.38
3	บริเวณพื้นที่บริการเจ้าหน้าที่	230-3	2	2	18	12	8.0	1.0	22	9.50	114.04
4	ห้องพักอาจารย์	230-4	2	2	18	2	6.0	1.0	22	9.50	114.04
5	ห้องพักอาจารย์	230-5	2	2	18	2	6.0	1.0	22	9.50	114.04
6	ห้องพักอาจารย์	230-6	2	2	18	2	6.0	1.0	22	9.50	114.04
7	ห้องพักอาจารย์	230-7	2	2	18	2	6.0	1.0	22	9.50	114.04
8	ห้องพักอาจารย์	230-8	2	2	18	2	6.0	1.0	22	9.50	114.04
9	ห้องพักอาจารย์	230-9	2	2	18	2	6.0	1.0	22	9.50	114.04
10	ห้องพักอาจารย์	230-10	2	2	18	2	6.0	1.0	22	9.50	114.04
11	ห้องพักอาจารย์	230-11	2	2	18	2	6.0	1.0	22	9.50	114.04
12	ห้องประชุม	230-12	2	2	18	2	6.0	1.0	22	9.50	114.04
13	ห้องพักอาจารย์	230-13	2	2	18	2	6.0	1.0	22	9.50	114.04
14	ห้องพักอาจารย์	230-14	2	2	18	2	6.0	1.0	22	9.50	114.04
15	ห้องพักอาจารย์	230-15	2	2	18	2	6.0	1.0	22	9.50	114.04
16	ห้องพักอาจารย์	230-16	2	2	18	2	6.0	1.0	22	9.50	114.04
17	ห้องน้ำ		2	2	18	1	6.0	1.0	22	4.75	57.02
18	โถงทางเดิน		2	2	18	2	6.0	1.0	22	9.50	114.04
รวมทั้งสิ้น		-	-	-	-	-	-	-	-	**232.85**	**2,794.18**

ระบบไฟฟ้าอื่นๆในห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ประกอบด้วย อุปกรณ์ไฟฟ้าภายในสำนักงาน เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ เครื่องถ่ายเอกสาร พัดลมดูดอากาศเพดาน เตาไมโครเวฟ ตู้เย็น กระติกน้ำร้อน เป็นต้น

ตารางที่ 4.6 รายการอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ

ลำดับ	อาคาร	บริเวณใช้งาน/ห้อง	ชั้นที่	ประเภทอุปกรณ์	กำลังไฟฟ้า (Watt/ชุด)	จำนวน (ชุด)	การเปิดใช้งาน			พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	
							hr/day	UF	วัน/เดือน	kWh/เดือน	kWh/ปี
1	ห้องพักอาจารย์	230-1	2	พัดลมดูดอากาศเพดาน	35	1	6.0	1.00	22	4.62	55.44
2	ห้องถ่ายเอกสาร	230-2	2	พัดลมดูดอากาศเพดาน	35	1	6.0	1.00	22	4.62	55.44
3	ห้องถ่ายเอกสาร	230-2	2	เครื่องถ่ายเอกสาร	1,340	1	6.0	1.00	22	176.88	2,122,56
4	บริเวณพื้นที่บริการเจ้าหน้าที่	230-3	2	พัดลมดูดอากาศเพดาน	35	1	6.0	1.00	22	4.62	55.44
5	ห้องพักอาจารย์	230-4	2	พัดลมดูดอากาศเพดาน	11	1	6.0	1.00	22	1.45	17.42
6	ห้องพักอาจารย์	230-5	2	พัดลมดูดอากาศเพดาน	11	1	6.0	1.00	22	1.45	17.42
7	ห้องพักอาจารย์	230-6	2	พัดลมดูดอากาศเพดาน	11	1	6.0	1.00	22	1.45	17.42
8	ห้องพักอาจารย์	230-7	2	พัดลมดูดอากาศเพดาน	11	1	6.0	1.00	22	1.45	17.42
9	ห้องพักอาจารย์	230-8	2	พัดลมดูดอากาศเพดาน	11	1	6.0	1.00	22	1.45	17.42

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ลำดับ	อาคาร	บริเวณใช้งาน/ห้อง	ชั้นที่	ประเภท	กำลังไฟฟ้า	จำนวน	การเปิดใช้งาน			พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	
				อุปกรณ์	(Watt/ชุด)	(ชุด)	hr/day	UF	วัน/เดือน	kWh/เดือน	kWh/ปี
10	ห้องพักอาจารย์	230-9	2	พัดลมดูดอากาศเพดาน	11	1	6.0	1.00	22	1.45	17.42
11	ห้องพักอาจารย์	230-10	2	พัดลมดูดอากาศเพดาน	11	1	6.0	1.00	22	1.45	17.42
12	ห้องพักอาจารย์	230-11	2	พัดลมดูดอากาศเพดาน	11	1	6.0	1.00	22	1.45	17.42
13	ห้องประชุม	230-12	2	พัดลมดูดอากาศเพดาน	35	1	6.0	1.00	22	4.62	55.44
14	ห้องพักอาจารย์	230-13	2	พัดลมดูดอากาศเพดาน	11	1	6.0	1.00	22	1.45	17.42
15	ห้องพักอาจารย์	230-14	2	พัดลมดูดอากาศเพดาน	35	1	6.0	1.00	22	4.62	55.44
16	ห้องพักอาจารย์	230-15	2	พัดลมดูดอากาศเพดาน	11	1	6.0	1.00	22	1.45	17.42
17	ห้องพักอาจารย์	230-16	2	พัดลมดูดอากาศเพดาน	35	1	6.0	1.00	22	4.62	55.44
18	ห้องน้ำ		2	-	-	-	-	-	-	-	-
19	โถงทางเดิน		2	ตู้เย็น	90	1	24	1.00	30	64.80	777.60
20	โถงทางเดิน		2	เตาไมโครเวฟ	1,200	1	1	1.00	3	3.60	43.20
21	โถงทางเดิน		2	กระติกน้ำร้อน	720	1	1	1.00	22	15.84	190.08
รวมทั้งสิ้น		-	-	-	-	-	-		-	**303.36**	**3,640.32**

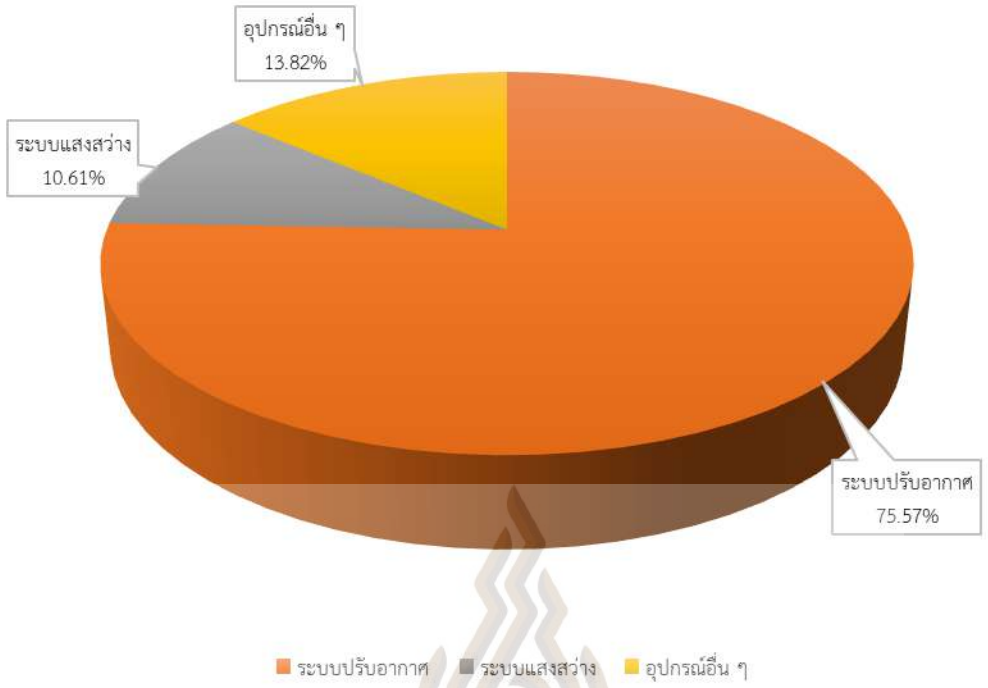
ตารางที่ 4.7 ภาพรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าในปัจจุบัน

พื้นที่ / บริเวณ	พื้นที่ใช้สอย (m^2)	การใช้พลังงาน รวม (kWh/ปี)			รวม (kWh/ปี)	สัดส่วน (%)
		ระบบปรับอากาศ	ระบบแสงสว่าง	อุปกรณ์อื่น ๆ		
ห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล	193.28	19,907.96	2,794.18	3,640.32	26,342.46	100.00

ตารางที่ 4.8 สัดส่วนการใช้พลังงานในปัจจุบัน

รายการอุปกรณ์	ค่าพลังงานที่ใช้ (kW/ปี)	สัดส่วนการใช้(%)	พื้นที่ใช้สอย (m^2)	อัตราส่วนการใช้พลังงานต่อพื้นที่ใช้สอย	หมายเหตุ
ระบบปรับอากาศ	19,907.96	75.57	193.28	103.0 kWh/ปี-m^2	
ระบบแสงสว่าง	2,794.18	10.61	-	14.46 kWh/ปี-m^2	
อุปกรณ์อื่น ๆ	3,640.32	13.82	-	18.83 kWh/ปี-m^2	
รวมทั้งสิ้น	**26,342.46**	**100.00**	**193.28**	**132.29 kWh/ปี-m^2**	

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University



รูปที่ 4.15 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในปัจจุบัน

4.3 ผลการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นเก่าที่เคยติดตั้งภายในห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลมหาวิทยาลัยรังสิต

จากการคำนวณค่าการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกรุ่นเก่าที่เคยติดตั้งภายในห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลมหาวิทยาลัยรังสิต โดยใช้จำนวนชั่วโมงการใช้งานของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งในปัจจุบันมาใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง เพื่อคำนวณหาค่าการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นเก่าที่เคยติดตั้งดังตารางที่ 4.9 ส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบไฟฟ้าอื่นๆในห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล เป็นไปตามตารางที่ 4.5 และตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.9 รายการเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นเก่าที่เคยติดตั้ง

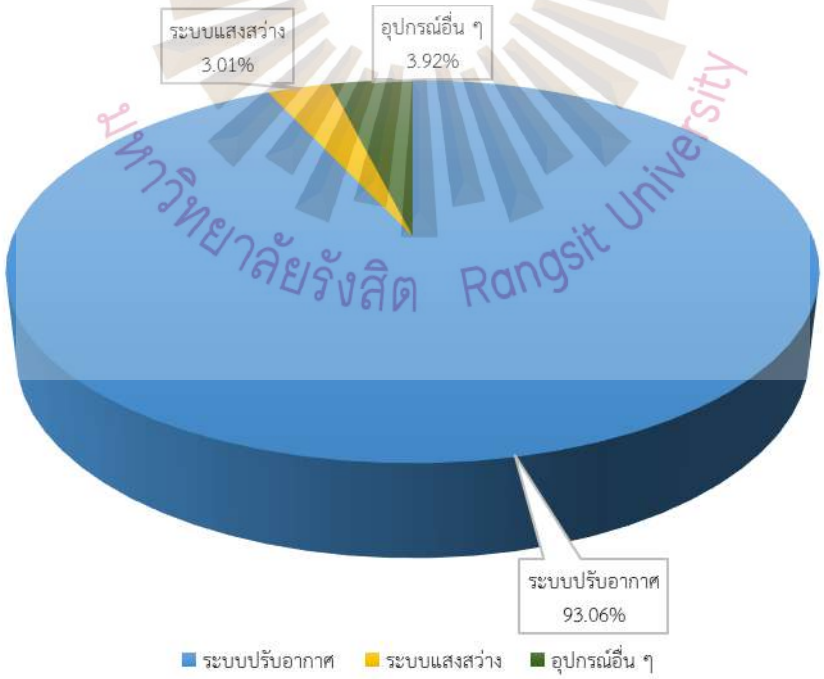
ลำดับ	ห้อง	บริเวณใช้งาน	ชั้นที่	ขนาดทำความเย็น (BTU/hr)	จำนวน (ชุด)	อายุการใช้งาน	กำลังไฟฟ้า (kW)	การเปิดใช้งาน				พลังงานไฟฟ้าที่ใช้		พื้นที่ (m^2)	BTU/hr-m^2
								hr/day	UF	LF	วัน/เดือน	kWh/เดือน	kWh/ปี		
1	ห้องพักอาจารย์และ ห้องถ่ายเอกสาร	ห้องพักอาจารย์ และห้องถ่ายเอกสาร	2	9,212	1 CDU / 1 FCU จำนวน 13 ชุด	20	9.37	4.0	0.6	0.8	22.0	5,145,25	61,743.05	129.96	475.09
2	บริเวณพื้นที่บริการของเจ้าหน้าที่	สำนักงาน	2	9,212	1 CDU / 1 FCU จำนวน 2 ชุด	20	9.37	7.0	0.8	0.8	22.0	1,847.01	22,164.17	37.4	592.62
3	ห้องประชุม	ห้องประชุม	2	9,212	1 CDU / 1 FCU จำนวน 1 ชุด	20	9.37	3.0	0.6	0.8	15.0	202.39	2,428.70	25.92	93.70
รวมทั้งสิ้น				**147,392**	**16**					-		**7,194.66**	**86,335.93**	**193.28**	

ตารางที่ 4.10 ภาพรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าในอดีต

พื้นที่ / บริเวณ	พื้นที่ใช้สอย (m^2)	การใช้พลังงาน รวม (kWh/ปี)			รวม (kWh/ปี)	สัดส่วน (%)
		ระบบปรับอากาศ	ระบบแสงสว่าง	อุปกรณ์อื่น ๆ		
ห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล	193.28	86,335.93	2,794.18	3,640.32	92,770.43	100.00

ตารางที่ 4.11 สัดส่วนการใช้พลังงานในอดีต

รายการอุปกรณ์	ค่าพลังงานที่ใช้ (kW/ปี)	สัดส่วนการใช้(%)	พื้นที่ใช้สอย (m^2)	อัตราส่วนการใช้พลังงานต่อพื้นที่ใช้สอย	หมายเหตุ
ระบบปรับอากาศ	92,770.43	93.06	193.28	446.69 kWh/ปี-m^2	
ระบบแสงสว่าง	2,794.18	3.01	-	14.46 kWh/ปี-m^2	
อุปกรณ์อื่น ๆ	3,640.32	3.92	-	18.83 kWh/ปี-m^2	
รวมทั้งสิ้น	**92,770.43**	**100.00**	**193.28**	**479.98 kWh/ปี-m^2**	



รูปที่ 4.16 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในอดีต

4.4 ประเมินผลประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศ

ในอดีตมีการใช้งานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นเก่าที่มีอายุการใช้งานมา 20 ปี ซึ่งเครื่องปรับอากาศดังกล่าวมีประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ(EER) เท่ากับ 9.83 BTU/hr/W และค่าประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศ(COP) เท่ากับ 3.128 ถือได้ว่าประสิทธิภาพทั้งสองต่ำกว่าเครื่องปรับอากาศในปัจจุบันมาก ส่งผลให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต ได้มีการดำเนินการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นเก่ามาเป็นเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผัน เป็นระยะเวลา 9 ปี จึงดำเนินการวิเคราะห์ประเมินผลประหยัดพลังงานโดยจัดทำแพลตฟอร์มระบบบริหารจัดการพลังงานของระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผัน เพื่อเก็บข้อมูลแบบ real time เพื่อประเมินสถานะการณ์การใช้พลังงานของสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล นำไปเป็นตัวอย่างให้กับสำนักงานและอาคารอื่นๆ ต่อไป

จากผลการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผันและเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนในปัจจุบัน และเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นเก่าที่เคยติดตั้งห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต นั้นสามารถนำมาประเมินผลประหยัดพลังงาน เมื่อมีมาตรการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผัน ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.12 แสดงข้อมูลค่าการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผันและเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนในปัจจุบัน และเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นเก่าที่เคยติดตั้งห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลมหาวิทยาลัยรังสิต

ระยะเวลา	พลังงานรวมที่ใช้ของเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผันและเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนในปัจจุบัน (kWh/ปี)	พลังงานรวมที่ใช้ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นเก่าที่เคยติดตั้ง (kWh/ปี)	ผลประหยัดพลังงาน (kWh/ปี)	เปอร์เซ็นต์
กรกฎาคม 2565 - มิถุนายน 2566 (12 เดือน)	19,907.96	86,335.93	66,427.97	76.94%

จากการคำนวณเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานไฟฟ้า จะได้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานไฟฟ้า} = \frac{(\text{พลังงานไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศรุ่นเก่าที่เคยติดตั้ง} - \text{พลังงานไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศรุ่นใหม่})}{\text{พลังงานไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศรุ่นเก่าที่เคยติดตั้ง}} \times 100$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานไฟฟ้า} = \frac{(86{,}335.93\ \text{kWh/ปี}) - (19{,}907.96\ \text{kWh/ปี})}{(86{,}335.93\ \text{kWh/ปี})} \times 100$$

ดังนั้น เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานไฟฟ้า เท่ากับ 76.94%

จะเห็นได้ว่าสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มีการเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผัน จะประหยัดพลังงานไฟฟ้ามากกว่าเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นเก่าที่เคยติดตั้ง เป็นจำนวน 66,427.97 kWh/ปี และเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานไฟฟ้า

เท่ากับ 76.94% ถือได้ว่าเป็นเงื่อนไขสำคัญในการลงทุนในการปรับเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผัน

จากผลการวิเคราะห์ผลประหยัดพลังงานไฟฟ้านำไปสู่การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนและความคุ้มค่าของการเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผันซึ่งเป็นเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงแทนเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นเก่าที่เคยติดตั้งที่มีประสิทธิภาพต่ำ และมีอายุการใช้งานเกิน 20 ปี มีผลทำให้สิ้นเปลืองพลังงานสูง เมื่อทำการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง ที่มีค่าประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศ(COP) เท่ากับ 3.49 และค่าประสิทธิภาพด้านพลังงานของเครื่องปรับอากาศ(EER) เท่ากับ 11.93 BTU/hr/W ซึ่งข้อกำหนดของเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง ที่มีฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 ต้องมีค่าประสิทธิภาพด้านพลังงานไม่ต่ำกว่า 11.6 BTU/hr/W ในการทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น จึงเกิดการใช้พลังงานภายในสำนำกงานลดลง เมื่อทำการปรับปรุงเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศจะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ เมื่อดำเนินการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผันแทนเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นเก่าที่เคยติดตั้งทีมีประสิทธิภาพต่ำ และมีอายุการใช้งานเกิน 20 ปี จะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ดังนี้

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นเก่าที่เคยติดตั้ง

ขนาดรวมของเครื่องปรับอากาศ = 147,392 BTU/hr

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ตลอดปี = 86,335.93 kWh/ปี

เครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผัน และเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นใหม่

ขนาดรวมของเครื่องปรับอากาศ = 187,400 BTU/hr

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ตลอดปี = 19,907.96 kWh/ปี

ผลการประหยัดได้พลังงานได้ = 66,427.97 kWh/ปี

จำนวนเงินที่ประหยัดได้ = 66,427.97 × 4.0 บาท/kWh

= 265,711.88 บาท/ปี

การลงทุนเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผัน และเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นใหม่

เครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผัน ขนาดทำความเย็น 154,000 BTU/hr

= 154,000 BTU/hr × 3.50 บาท/BTU/hr = 539,000 บาท

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นใหม่ ขนาดทำความเย็น 22,800 BTU/hr

= 22,800 BTU/hr × 1.50 บาท/BTU/hr = 34,200 บาท

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นใหม่ ขนาดทำความเย็น 10,600 BTU/hr

= 10,600 BTU/hr × 1.50 บาท/BTU/hr = 15,900 บาท

รวมลงทุนทั้งหมด = 539,000 + 34,200 + 15,900 = 598,100 บาท

ระยะเวลาคืนทุน = 598,100 บาท / 265,711.88 บาท = 2.22 ปี หรือ 2 ปี 3 เดือน

อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (B/C)

หาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (B/C) ต้องมีค่ามากกว่า 1 ถึงน่าจะลงทุน
เงินลงทุน = 598,100 บาท ระยะเวลา 10 ปี ลดการสูญเสียได้ปีละ
ต้นทุนต่อปี = 598,100 (A/P,7%,10) = 598,100 (0.14238) = 85,157.47
คิดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา 1,000 บาท/ปี และค่าล้างเครื่องปรับอากาศ 3 ครั้งต่อปี 800 บาท/ครั้ง = 2,400 บาท/ปี รวมเป็น 3,400 บาท/ปี
ดังนั้นอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (B/C) =

$$\text{อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน } (B/C) = \frac{(\text{ได้ประโยชน์} - \text{เสียประโยชน์} - \text{ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน})}{\text{ค่าใช้จ่ายของต้นทุนต่อปีทั้งหมด}}$$

$$\text{อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน } \left(\frac{B}{C}\right) = \frac{(265{,}711.88 - 3{,}400)}{85{,}157.47} = 3.08$$

สรุปได้ว่า อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (B/C)เท่ากับ 3.08 มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่า เป็นที่น่าลงทุนอย่างยิ่ง

4.5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพอากาศภายในห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

เนื่องจากในปัจจุบันมีมลพิษทางอากาศสูง เสี่ยงทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพ ร่างกายและจิตใจ จึงมีการเล็งเห็นถึงความสำคัญต่อการใช้ชีวิตของอาจารย์และเจ้าหน้าที่ รวมถึงนักศึกษาที่มาใช้บริการภายในห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จึงได้ทำตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลว่ามีตัวแปรปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อค่าคุณภาพอากาศภายในห้องสำนักงาน และประเมินค่าของคุณภาพอากาศที่ได้ทำการเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคาร ประกอบด้วย อุณหภูมิอากาศ ,ความชื้นอากาศ , การกระจายลม , การระบายอากาศ และปริมาณฝุ่น โดยเปิดเครื่องปรับอากาศให้ทำงานที่อุณหภูมิอากาศ 25°C และระดับความเร็วลมไว้ที่ระดับปานกลาง

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.13 ข้อมูลผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

ห้อง	วัน/เดือน/ปี	เวลา	ครั้งที่	รายการที่ตรวจวัด						
				อุณหภูมิอากาศ(°C)		ความชื้นอากาศ(%RH)		ความเร็วของลม (m/s)	อัตราการระบายอากาศ (CFM)	ปริมาณฝุ่น (mg/m^3)
				ภายในห้อง	บรรยากาศ	ภายในห้อง	บรรยากาศ			
230-1	24/11/64	10:45	1	25.8	29.5	49.1	74.2	3.2	228.83	0.03
	24/11/64	10:50	2	25.5	30.1	47.7	75.7	2.9	190.69	0.04
	24/11/64	10:55	3	25.2	29.8	48.4	74.1	0.5	57.210	0.07
	ค่าเฉลี่ย			25.5	29.8	48.4	74.67	2.2	158.20	0.046
230-2	24/11/64	11:00	1	24.7	29.5	51.9	74.2	2.3	228.83	0.04
	24/11/64	11:05	2	24.8	30.1	51.3	75.7	3.1	190.69	0.04
	24/11/64	11:10	3	25.0	29.8	52.5	74.1	2.4	57.20	0.05
	ค่าเฉลี่ย			24.83	29.8	51.9	74.67	2.6	158.20	0.043
230-3	24/11/64	11:15	1	22.5	29.5	50.7	74.2	2.5	228.83	0.04
	24/11/64	11:20	2	22.4	30.1	52.0	75.7	2.9	190.69	0.06
	24/11/64	11:25	3	22.4	29.8	51.8	74.1	2.3	57.20	0.04
	ค่าเฉลี่ย			22.43	29.8	51.5	74.67	2.56	158.20	0.046

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.13(ต่อ) ข้อมูลผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

ห้อง	วัน/เดือน/ปี	เวลา	ครั้งที่	รายการที่ตรวจวัด						
				อุณหภูมิอากาศ(°C)		ความชื้นอากาศ(%RH)		ความเร็วของลม (m/s)	อัตราการระบายอากาศ (CFM)	ปริมาณฝุ่น (mg/m^3)
				ภายในห้อง	บรรยากาศ	ภายในห้อง	บรรยากาศ			
230-4	24/11/64	11:30	1	23.1	29.5	55.3	74.2	1.9	32.13	0.03
	24/11/64	11:35	2	22.3	30.1	54.6	75.7	2.2	40.25	0.04
	24/11/64	11:40	3	22.3	29.8	52.4	74.1	2.0	56.15	0.04
	ค่าเฉลี่ย			22.56	29.8	54.1	74.67	2.03	42.73	0.036
230-5	24/11/64	11:45	1	24.5	29.7	53.4	74.3	2.3	34.18	0.03
	24/11/64	11:50	2	24.6	30..0	52.8	75.1	2.3	45.32	0.04
	24/11/64	11:55	3	24.9	29.8	52.7	74.4	2.2	52.32	0.03
	ค่าเฉลี่ย			24.67	29.75	52.97	74.60	2.27	43.94	0.03
230-6	24/11/64	12:00	1	24.5	29.5	54.1	74.2	1.4	32.13	0.03
	24/11/64	12:05	2	24.4	30.1	52.4	75.7	2.2	40.25	0.03
	24/11/64	12:10	3	24.6	29.8	54.5	74.1	0.6	56.15	0.04
	ค่าเฉลี่ย			24.5	29.8	53.67	74.67	1.4	42.73	0.033

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.13(ต่อ) ข้อมูลผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

ห้อง	วัน/เดือน/ปี	เวลา	ครั้งที่	รายการที่ตรวจวัด						
				อุณหภูมิอากาศ(°C)		ความชื้นอากาศ(%RH)		ความเร็วของลม (m/s)	อัตราการระบายอากาศ (CFM)	ปริมาณฝุ่น (mg/m^3)
				ภายในห้อง	บรรยากาศ	ภายในห้อง	บรรยากาศ			
230-7	24/11/64	12:15	1	24.1	29.5	67.3	74.2	1.4	32.13	0.03
	24/11/64	12:20	2	24.6	30.1	65.9	75.7	1.9	40.25	0.03
	24/11/64	12:25	3	25.0	29.8	64.9	74.1	1.6	56.15	0.03
	ค่าเฉลี่ย			24.57	29.80	66.03	74.67	1.63	42.84	0.03
230-8	24/11/64	12:30	1	25.0	29.4	55.7	74.1	1.5	34.44	0.03
	24/11/64	12:35	2	24.7	30.0	54.2	75.1	1.8	45.64	0.04
	24/11/64	12:40	3	24.8	29.9	56.3	74.8	1.6	53.05	0.03
	ค่าเฉลี่ย			24.83	29.77	55.40	74.67	1.63	44.38	0.03
230-9	24/11/64	13:15	1	25.6	29.5	51.7	74.2	1.7	32.13	0.03
	24/11/64	13:20	2	25.7	30.1	51.8	75.7	1.9	40.25	0.04
	24/11/64	13:25	3	25.7	29.8	50.7	74.1	1.6	56.15	0.04
	ค่าเฉลี่ย			25.67	29.80	51.40	74.67	1.73	42.84	0.04

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.13(ต่อ) ข้อมูลผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

ห้อง	วัน/เดือน/ปี	เวลา	ครั้งที่	รายการที่ตรวจวัด						
				อุณหภูมิอากาศ(°C)		ความชื้นอากาศ(%RH)		ความเร็วของลม (m/s)	อัตราการระบายอากาศ (CFM)	ปริมาณฝุ่น (mg/m^3)
				ภายในห้อง	บรรยากาศ	ภายในห้อง	บรรยากาศ			
230-10	24/11/64	13:30	1	24.7	30.0	55.1	74.6	2.5	52.19	0.03
	24/11/64	13:35	2	24.3	29.8	56.7	75.1	2.1	47.87	0.03
	24/11/64	13:40	3	25.2	29.6	54.7	74.5	2.3	55.11	0.04
	ค่าเฉลี่ย			24.73	29.80	55.50	74.73	2.30	51.72	0.03
230-11	24/11/64	14:10	1	25.4	29.5	49.8	74.2	2.6	62.50	0.03
	24/11/64	14:15	2	24.7	30.1	49.2	75.7	3.5	40.25	0.03
	24/11/64	14:20	3	24.6	29.8	53.8	74.1	2.9	56.15	0.03
	ค่าเฉลี่ย			24.9	29.8	50.93	74.67	3.0	52.97	0.03
230-12	24/11/64	14:25	1	26.0	29.5	54.1	74.2	3.3	72.39	0.04
	24/11/64	14:30	2	25.9	30.1	53.5	75.7	3.6	96.40	0.04
	24/11/64	14:35	3	25.7	29.8	53.7	74.1	3.0	80.51	0.03
	ค่าเฉลี่ย			25.86	29.8	53.76	74.67	3.3	82.98	0.036

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.13(ต่อ) ข้อมูลผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

ห้อง	วัน/เดือน/ปี	เวลา	ครั้งที่	รายการที่ตรวจวัด						
				อุณหภูมิอากาศ(°C)		ความชื้นอากาศ(%RH)		ความเร็วของลม (m/s)	อัตราการระบายอากาศ (CFM)	ปริมาณฝุ่น (mg/m^3)
				ภายในห้อง	บรรยากาศ	ภายในห้อง	บรรยากาศ			
230-13	24/11/64	14:40	1	24.9	30.1	55.7	75.1	2.4	54.15	0.04
	24/11/64	14:45	2	25.3	29.8	57.7	74.2	2.0	48.35	0.03
	24/11/64	14:50	3	25.0	29.8	54.3	74.8	2.5	54.76	0.04
	ค่าเฉลี่ย			25.07	29.90	55.90	74.70	2.30	52.42	0.04
230-14	24/11/64	15:10	1	25.0	29.6	56.8	74.2	2.6	52.53	0.03
	24/11/64	15:15	2	24.6	30.0	53.2	74.5	2.7	50.95	0.04
	24/11/64	15:20	3	24.9	29.9	54.7	75.1	2.8	46.54	0.03
	ค่าเฉลี่ย			24.83	29.83	54.90	74.60	2.70	50.01	0.03
230-15	24/11/64	15:25	1	25.2	29.5	55.5	74.2	2.0	50.51	0.04
	24/11/64	15:30	2	25.1	30.1	51.2	75.7	2.5	40.25	0.04
	24/11/64	15:35	3	25.0	29.8	49.2	74.1	2.4	56.15	0.04
	ค่าเฉลี่ย			25.10	29.80	51.97	74.67	2.30	48.97	0.04

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.13(ต่อ) ข้อมูลผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

ห้อง	วัน/เดือน/ปี	เวลา	ครั้งที่	รายการที่ตรวจวัด						
				อุณหภูมิอากาศ(°C)		ความชื้นอากาศ(%RH)		ความเร็วของลม (m/s)	อัตราการระบายอากาศ (CFM)	ปริมาณฝุ่น (mg/m^3)
				ภายในห้อง	บรรยากาศ	ภายในห้อง	บรรยากาศ			
230-16	24/11/64	16:00	1	24.8	29.5	55.8	74.2	2.0	114.41	0.04
	24/11/64	16:05	2	24.7	30.1	55.0	75.7	2.1	76.27	0.04
	24/11/64	16:10	3	25.1	29.8	51.9	74.1	1.4	133.48	0.05
	ค่าเฉลี่ย			24.87	29.80	54.23	74.67	1.83	108.05	0.04

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

จากการประเมินค่าคุณภาพอากาศภายในห้องสำนักงานจากตารางที่ 4.11 ข้อมูลบันทึกผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต เทียบกับมาตรฐานตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร เป็นตามประกาศกรมอนามัย เรื่อง ค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ พ.ศ. 2565 ในส่วนคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ วิเคราะห์ได้ดังนี้ อุณหภูมิอากาศและความชื้นอากาศ พบว่า ส่วนใหญ่แต่ละห้องที่วัดได้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 22-26 °C ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ มีบางเวลาที่ต่ำกว่าเล็กน้อย ซึ่งถือได้ว่าช่วงของอุณหภูมิอากาศที่ทำให้รู้สึกสบาย และคุณภาพอากาศภายในอาคารยังปกติ และความชื้นเฉลี่ยที่วัดได้อยู่ระหว่าง 48-65% RH ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานซึ่งกำหนดระดับความชื้นอากาศที่เหมาะสมสำหรับห้องสำนักงานควรจะรักษาไว้ให้อยู่ระหว่าง 50% ถึง 65% ส่วนการเคลื่อนที่ของอากาศที่กระจายไปทั่วห้องสำนักงาน สามารถตรวจวัดได้อยู่ระหว่าง 1.4 – 3.0 m/s ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ และปริมาณฝุ่นที่มีอนุภาคมีขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนสามารถวัดได้มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.038 mg/m^3(38 $\mu g/m^3$) ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดเล็กน้อย แต่โดยรวมแล้วยังไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพอากาศในห้องสำนักงาน ซึ่งค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคาร ซึ่งตามมาตรฐานได้จำกัดเวลานานสุดที่คนจะได้รับฝุ่นขนาด PM 2.5 ไม่เกิน 24 hr สำหรับความเข้มข้นของ PM 2.5 ไม่เกิน 30 $\mu g/m^3$

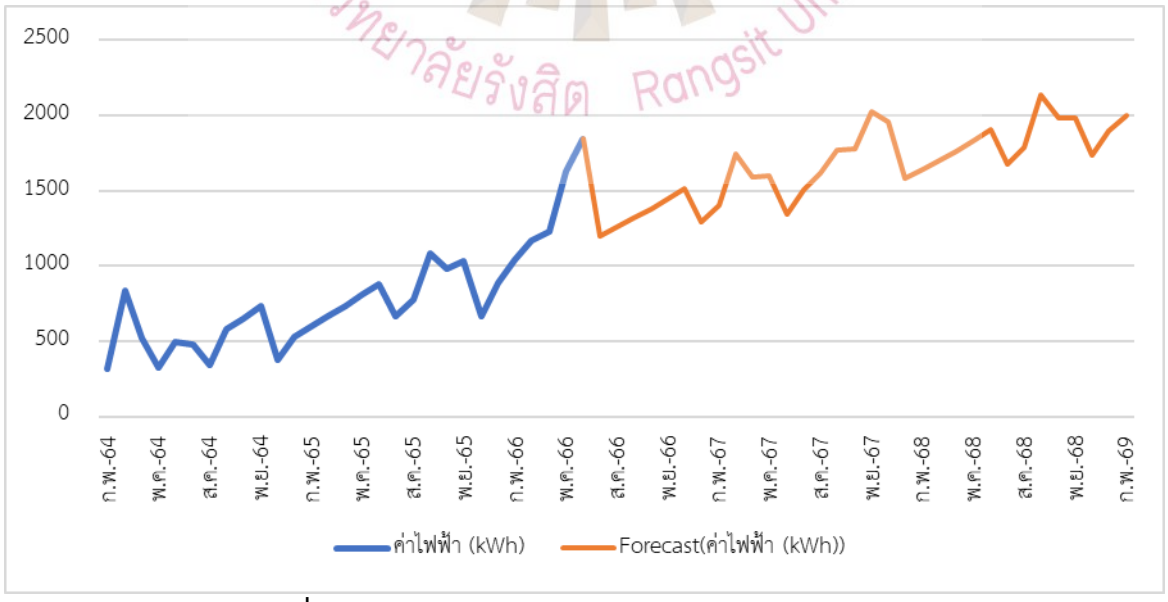
มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

4.6 ผลการวิเคราะห์คาดการณ์ค่าการใช้พลังงาน

จากข้อมูลการใช้พลังงานรายเดือนย้อนหลัง 2 ปี 6 เดือน ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 ถึง เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2566 มาทำการวิเคราะห์คาดการณ์ค่าการใช้พลังงาน (Forecasting) ล่วงหน้า 3 ปี และนำมาสร้างเป็นสมการพยากรณ์การใช้พลังงาน ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุนามในการคำนวณหาค่าการใช้พลังงานล่วงหน้า

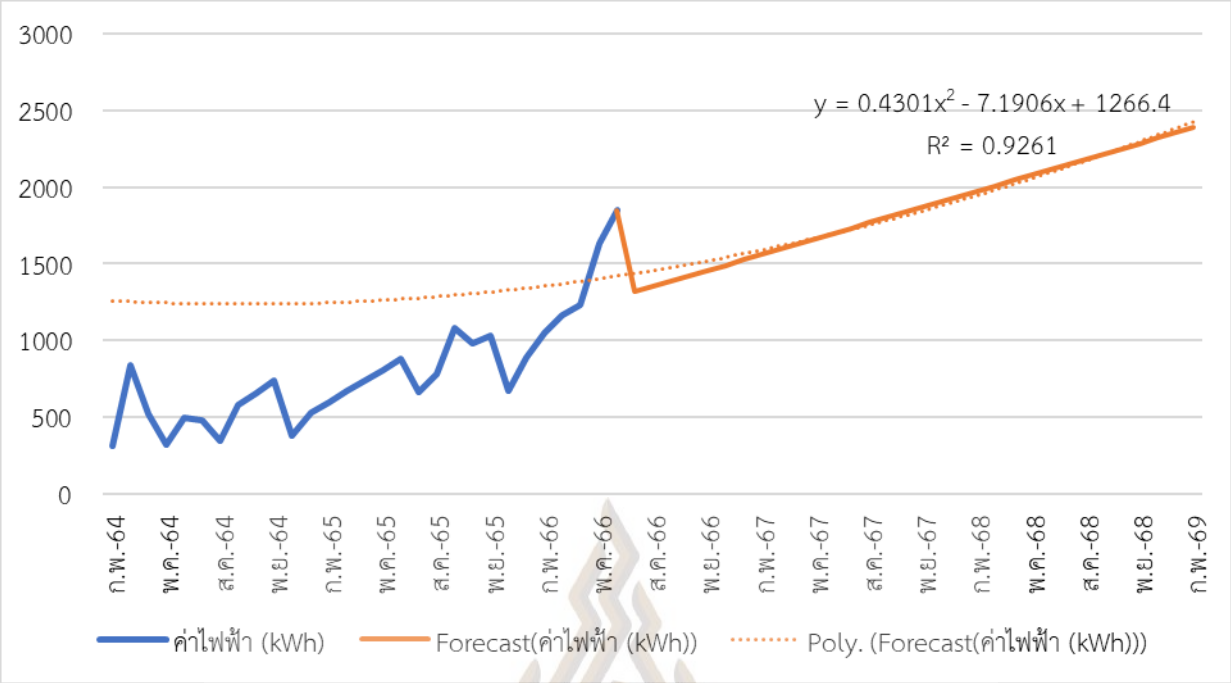
ตารางที่ 4.14 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปี

เดือน \ ปี	ปี 2564		ปี 2565		ปี 2566	
	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	จำนวนเงิน (บาท)	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	จำนวนเงิน (บาท)	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	จำนวนเงิน (บาท)
มกราคม	N/A (*)	N/A (*)	526.16	2,104.64	885.77	3,543.08
กุมภาพันธ์	312.33	1,249.32	N/A (**)	N/A (**)	1,044.40	4,177.60
มีนาคม	838.87	3,355.48	N/A (**)	N/A (**)	1,168.40	4,673.60
เมษายน	520.76	2,083.04	N/A (**)	N/A (**)	1,227.72	4,910.88
พฤษภาคม	323.44	1,293.76	N/A (**)	N/A (**)	1,628.63	6,514.52
มิถุนายน	497.82	1,991.28	878.86	3,515.44	1,846.21	7,384.84
กรกฎาคม	474.90	1,899.60	665.43	2,661.72		
สิงหาคม	341.35	1,365.40	778.20	3,112.80		
กันยายน	579.15	2,316.60	1,084.29	4,337.16		
ตุลาคม	651.95	2,607.80	978.85	3,915.40		
พฤศจิกายน	738.04	2,952.16	1,031.26	4,125.04		
ธันวาคม	377.40	1,509.60	669.18	2,676.72		
รวม	5,656.01	22,624.04	6,612.23	26,448.92	7,801.13	**31,204.52**



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงการพยากรณ์การใช้พลังงานล่วงหน้า

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงการพยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าแบบโพลิโนเมียล ระดับ 2

ตารางที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์การพยากรณ์ล่วงหน้า

เดือน	ค่าที่ไฟฟ้า (kWh)			ค่าการพยากรณ์ล่วงหน้า (kWh)			
	พ.ศ. 2564	พ.ศ. 2565	พ.ศ. 2566	พ.ศ. 2566	พ.ศ. 2567	พ.ศ. 2568	พ.ศ. 2569
มกราคม	N/A (*)	526.16	885.77		1,524.92	1,939.26	2,353.60
กุมภาพันธ์	312.33	N/A (**)	1,044.40		1,559.45	1,973.79	2,388.13
มีนาคม	838.87	N/A (**)	1,168.40		1,593.97	2,008.32	
เมษายน	520.76	N/A (**)	1,227.72		1,628.50	2,042.84	
พฤษภาคม	323.44	N/A (**)	1,628.63		1,663.03	2,077.37	
มิถุนายน	497.82	878.86	1,846.21		1,697.56	2,111.90	
กรกฎาคม	474.90	665.43		1,317.75	1,732.09	2,146.43	
สิงหาคม	341.35	778.20		1,352.28	1,766.62	2,180.96	
กันยายน	579.15	1,084.29		1,386.80	1,801.14	2,215.49	
ตุลาคม	651.95	978.85		1,421.33	1,835.67	2,250.01	
พฤศจิกายน	738.04	1,031.26		1,455.86	1,870.20	2,284.54	
ธันวาคม	377.40	669.18		1,490.39	1,904.73	2,319.07	
รวม 12 เดือน	**5,656.01**	**6,086.07**	**6,915.36**	**8,424.41**	**19,052.97**	**23,610.71**	**2,388.13**

ตารางที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์การพยากรณ์การใช้พลังงานล่วงหน้า ด้วยสมการโพลิโนเมียล ระดับ 2

เดือน	ค่าที่ไฟฟ้า (kWh)			การพยากรณ์จากสมการโพลิโนเมียล (kWh)			
	พ.ศ. 2564	พ.ศ. 2565	พ.ศ. 2566	พ.ศ. 2566	พ.ศ. 2567	พ.ศ. 2568	พ.ศ. 2569
มกราคม	N/A (*)	526.16	885.77		1,564.95	1,912.20	2,383.32
กุมภาพันธ์	312.33	N/A (**)	1,044.40		1,589.15	1,946.73	2,428.18
มีนาคม	838.87	N/A (**)	1,168.40		1,614.22	1,982.12	
เมษายน	520.76	N/A (**)	1,227.72		1,640.15	2,018.37	
พฤษภาคม	323.44	N/A (**)	1,628.63		1,666.94	2,055.48	
มิถุนายน	497.82	878.86	1,846.21		1,694.58	2,093.45	
กรกฎาคม	474.90	665.43		1,665.35	1,723.09	2,132.28	
สิงหาคม	341.35	778.20		1,456.82	1,752.46	2,171.97	
กันยายน	579.15	1,084.29		1,476.72	1,782.69	2,212.52	
ตุลาคม	651.95	978.85		1,497.49	1,813.78	2,253.93	
พฤศจิกายน	738.04	1,031.26		1,519.12	1,845.72	2,296.20	
ธันวาคม	377.40	669.18		1,541.60	1,878.53	2,339.33	
รวม 12 เดือน	5,656.01	6,086.07	6,915.36	9,157.10	19,001.31	23,502.38	2,428.18

จากรูปที่ 4.18 เป็นการวิเคราะห์วิธีพยากรณ์ด้วยโมเดลการวิเคราะห์การถดถอยแบบสมการโพลิโนเมียล จะได้สมการพยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้า ดังนี้

$$y = 0.4301x^2 - 7.1906x + 1266.4$$

จะเห็นได้ว่าค่าการพยากรณ์การใช้พลังงานมีความใกล้เคียงกับเส้นกราฟของโพลิโนเมียลระดับ 2 จึงสามารถนำมาใช้ในการพยากรณ์ได้ดีพอใช้ ที่ $R^2 = 0.9261$ คิดเป็น 92.61 % % ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่า R^2 มีค่าเข้าใกล้ 100% โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าไฟฟ้าที่พยากรณ์ไว้กับสมการพยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้า เท่ากับ 2.84 % และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์เท่ากับ 1.31 % ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่นที่ตั้งไว้ไม่เกินร้อยละ 5 แสดงว่าตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ได้มานั้นสามารถอธิบายความผันแปรของค่าตัวแปรที่ตอบสนองต่างๆที่กระจายรอบค่าเฉลี่ยได้เป็นอย่างดี และการพยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในอนาคตสามารถเชื่อมั่นได้

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำดิจิทัลแพลตฟอร์มของระบบจัดการพลังงานที่มีเชื่อมต่อกับชุดส่งสัญญาณการเชื่อมต่ออัตโนมัติ ด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดพลังงานดิจิตอลมิเตอร์กับระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผัน เพื่อศึกษาวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผันในปัจจุบันและนำข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าเปรียบเทียบกับข้อมูลการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นเก่าที่เคยติดตั้งไว้ พร้อมทั้งดำเนินการพยากรณ์การใช้พลังงานล่วงหน้า (Forecasting) 3 ปี ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุนาม รวมถึงการวิเคราะห์คุณภาพอากาศของห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต

5.1 สรุปผลการวิจัย

การออกแบบและจัดทำแพลตฟอร์มระบบบริหารจัดการพลังงานของระบบปรับอากาศ แบบปรับน้ำยาแปรผันนั้นมีความสามารถประมวลผลและติดตามข้อมูลพลังงานมาทำการวิเคราะห์ด้านต่างๆได้ตามวัตถุประสงค์การใช้พลังงานระบบปรับอากาศ ประกอบด้วย ค่ากำลังไฟฟ้า(Power) กระแสไฟฟ้า(Current) แรงดันไฟฟ้า(Voltage) ความถี่ (frequency) หน่วยไฟฟ้า (Electrical unit) และค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power factor) โดยแสดงผลไปยังดิจิทัลแพลตฟอร์ม และสามารถจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลเพื่อส่งข้อมูลการใช้พลังงานไปยังมหาวิทยาลัยรังสิตได้ทั้งแสดงผลหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าปัจจุบันและย้อนหลัง เป็นแบบ Real Time รายวัน รายเดือน และรายปี และสามารถแสดงผลปริมาณการใช้พลังงานสะสมและผลประหยัดพลังงาน พร้อมทั้งสามารถนำข้อมูลออกไปใช้ประมวลผลด้านอื่นๆได้

ส่วนการประเมินผลประหยัดพลังงานระหว่างเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผันและเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนในปัจจุบัน และเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นเก่าที่เคยติดตั้งห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรังสิต สรุปได้ว่าเครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผัน จะประหยัดพลังงานไฟฟ้ามากกว่าเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นเก่าที่เคยติดตั้ง เป็นจำนวน 66,427.97 kWh/ปี และเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานไฟฟ้า เท่ากับ 76.94% มีระยะเวลาคืนทุน 2 ปี 3 เดือน และความคุ้มค่าของการเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผันมีอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (B/C) เท่ากับ 3.08 มีค่ามากกว่า 1 สรุปได้ว่าน่าลงทุนได้ดี

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพอากาศเพื่อตรวจสอบอากาศสำหรับการใช้ชีวิตในพื้นที่ภายในห้องสำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ของอาจารย์ เจ้าหน้าที่ รวมถึงนักศึกษาที่มาใช้บริการ สรุปการประเมินค่าของคุณภาพอากาศ ประกอบด้วย อุณหภูมิอากาศ ,ความชื้นอากาศ , การกระจายลม , การระบายอากาศ และปริมาณฝุ่น อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคาร ของมาตรฐาน ASHRAE 55 และมาตรฐาน ASHRAE62.1

จากการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานรายเดือนย้อนหลัง 2 ปี 6 เดือนตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 ถึง เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2566 สามารถวิเคราะห์คาดการณ์ค่าการใช้พลังงาน (Forecasting) ล่วงหน้า 3 ปี

จนถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2569 ได้ และได้สมการพยากรณ์การใช้พลังงาน $y = 0.4301x^2 - 7.1906x + 1266.4$ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 2.84 % และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์เท่ากับ 1.31 % แสดงว่าการพยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในอนาคตสามารถเชื่อมั่นได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ถ้าต้องการความแม่นยำสูงในการพยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้า จำเป็นต้องใช้ข้อมูลการใช้พลังงานเป็นระยะเวลานานและจำนวนมาก แต่งานวิจัยนี้มีการจัดเก็บข้อมูลการใช้พลังงานในฐานข้อมูลเป็นระยะเวลาหนึ่งพอสมควร อีกทั้งในช่วงจัดเก็บข้อมูลเจอปัญหา อุปสรรค สถานะการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัส COVID-19 ในประเทศไทย และมหาวิทยาลัยประกาศหยุดการทำงาน ไม่สามารถเก็บข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศของสำนักงานได้ในช่วงดังกล่าว เนื่องจากอาจารย์และเจ้าหน้าที่ไม่สามารถเข้าปฏิบัติงานตามปกติของมหาวิทยาลัยได้ ทำให้ไม่สามารถนำมาประมวลเรื่องพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของระบบปรับอากาศได้

2) การนำแพลตฟอร์มระบบบริหารจัดการพลังงานของระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผันนั้นมาประมวลผลและติดตามข้อมูลพลังงาน สามารถเพิ่มศักยภาพในอนาคตได้ เช่น การใช้ระบบเทคโนโลยีที่ถูกออกแบบให้มีระบบทำงานเหมือนกับการทำงานของสมองมนุษย์(AI) วิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานในอดีตมาควบคุมสั่งการณ์ระบบปรับอากาศแบบอัตโนมัติ รวมถึงประมวลพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าเพื่อบริหารจัดการปริมาณการใช้ไฟฟ้าของอาคารและมหาวิทยาลัย

3) การลงทุนและความคุ้มค่าของการเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศแบบควบคุมปริมาณการจ่ายสารทำความเย็นแปรผันนั้นเหมาะสมกับสำนักงานที่มีบุคลากรอยู่ทำงานแบบช่วงเวลา เนื่องจากระบบปรับอากาศจะทำงานแปรผันกับภาระความร้อนของห้องนั้นๆ จึงทำให้เกิดผลประหยัดใช้พลังงานไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

เอกสารอ้างอิง

[1] ฟูจิตสึ เจเนอรัล ในประเทศไทย. (2563). ระบบปรับอากาศ VRF.
เข้าถึงได้จาก https://www.fujitsu-general.com/th/th/products/vrf/feature/index.html
[สืบค้นวันที่ 18 มิถุนายน 2563]

[2] PPS ADVANCED ENGINEERING. (2563). ข้อจำกัดและข้อระวังในระบบ VRV หรือ VRF.
เข้าถึงได้จาก http://www.pps-ae.com/article/9/ข้อจำกัดและข้อระวังในระบบ-vrv-หรือ-vrf
[สืบค้นวันที่ 15 มิถุนายน 2563]

[3] วินัย แก้วมณี. (2563). การคำนวณภาระทำความเย็นของระบบปรับอากาศแบบปรับน้ำยาแปรผัน. บทความวิชาการ ชุดที่ 13 : สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย,78-88.

[4] ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. (2563).ระบบบริหารจัดการพลังงาน (Energy Management System: EMS).
เข้าถึงได้จาก http://ns1.ibizave.com/article.php?cat=knowledge&id=344
[สืบค้นวันที่ 26 มิถุนายน 2563]

[5] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2552). คู่มือฝึกอบรม การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน
เข้าถึงได้จาก http://energyauditorthai.com/wp-content/uploads/2017/01/06-บทที่-5.-เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน.pdf
[สืบค้นวันที่ 2 กรกฎาคม 2563]

[6] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2555). การตรวจวิเคราะห์การอนุรักษ์พลังงานระบบปรับอากาศ. คู่มือการตรวจวิเคราะห์การอนุรักษ์พลังงาน สำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม. (pp. 5-2 - 5-6). กรุงเทพฯ.

[7] กองส่งเสริมประสิทธิภาพอุปกรณ์ไฟฟ้า (ฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5) การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (2562). เครื่องปรับอากาศเบอร 5.
เข้าถึงได้จาก https://labelno5.egat.co.th/home/เกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงา/
[สืบค้นวันที่ 2 กรกฎาคม 2563]

[8] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2550). พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535. กรุงเทพฯ.

[9] กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2565). ประกาศกรมอนามัย เรื่อง ค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศในอาคารสาธารณะ พ.ศ. 2565. กรุงเทพฯ.

[10] สันติภาพ กั้วพรหม. (2562). การศึกษาเพื่อประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยหมู่บ้านจอมบึง จังหวัดราชบุรี.(26-34). (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสยาม)
เข้าถึงได้จาก https://bit.ly/3UHDKv6
[สืบค้นวันที่ 25 เมษายน 2565]

[11] ธรรศกรณ์ เศวตสุทธิพันธ์ และพีรยุทธ์ ชาญเศรษฐิกุล. (2564). การเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์ของอนุกรมเวลารูปแบบตามฤดูกาลที่มีเลขศูนย์จำนวนมาก.(57-67). Thai Journal of Operations Research: TJOR Vol 9 No 2 (July - December 2021).

[1 พิเชษฐ วงษ์เคี่ยม และ ดุลย์พิเชษฐ์ ฤกษ์ปรีดาพงศ์.(2558). การศึกษาการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าของ กฟภ. โดยใช้วิธีการแยกส่วนประกอบร่วมกับการวิเคราะห์การถดถอยเชิงซ้อน.(31-40) วิศวกรรมสาร มก. ฉบับที่ 91 ปีที่ 28 (มกราคม - มีนาคม 2558).

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University