Chulalongkorn University
Chula Digital Collections

Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD)

2023

รูปแบบที่เหมาะสมของระบบปรับอากาศภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ : กรณีศึกษา

แพรวพธู เพียรชูชัย
บัณฑิตวิทยาลัย

Follow this and additional works at: https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd

Part of the Electrical and Computer Engineering Commons

Recommended Citation

เพียรชูชัย, แพรวพธู, "รูปแบบที่เหมาะสมของระบบปรับอากาศภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ : กรณีศึกษา" (2023). *Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD)*. 9925.
https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/9925

This Thesis is brought to you for free and open access by Chula Digital Collections. It has been accepted for inclusion in Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD) by an authorized administrator of Chula Digital Collections. For more information, please contact ChulaDC@car.chula.ac.th.

รูปแบบที่เหมาะสมของระบบปรับอากาศภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ : กรณีศึกษา

น.ส.แพรวพธู เพียรชูชัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา) สหสาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัด
การพลังงาน
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2566

Appropriated Air Conditioning System in Server Room: A Case Study

Miss Phraewpatu Phianchuchai

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Energy Technology and Management
Inter-Department of Energy Technology and Management
GRADUATE SCHOOL
Chulalongkorn University
Academic Year 2023

หัวข้อวิทยานิพนธ์	รูปแบบที่เหมาะสมของระบบปรับอากาศภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ : กรณีศึกษา
โดย	น.ส.แพรวพธู เพียรชูชัย
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ พุทธิวิสุทธิศักดิ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

.... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธนา ฉัพพรรณรัตน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.พิชญ รัชฎาวงศ์)

.... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ พุทธิวิสุทธิศักดิ์)

.... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ คูชลธารา)

.... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ แก้วประดับ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แพรวพรู เพียรชูชัย : รูปแบบที่เหมาะสมของระบบปรับอากาศภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ : กรณีศึกษา. (Appropriated Air Conditioning System in Server Room: A Case Study) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. ดร. สมพงษ์ พุทธิวิสุทธิศักดิ์

ในปัจจุบันบริษัทหลายแห่ง หรือ ดาต้าเซนเตอร์นั้นมักจะมีห้องที่เรียกว่าห้องเซิร์ฟเวอร์เพื่อเก็บรักษาเซิร์ฟเวอร์ของโครงการ หรือบริษัทนั้น ดังนั้นในบริษัทหลายแห่งจะมีการออกแบบห้องนี้ให้มีมาตรฐาน และมีความปลอดภัยมากที่สุด ซึ่งในงานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการศึกษารูปแบบที่เหมาะสมของระบบปรับอากาศภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ ในระดับ TIER4 และ ISO 27001 ซึ่งเป็นมาตรฐานของห้องเซิร์ฟเวอร์ในปัจจุบัน ซึ่งห้องเซิร์ฟเวอร์แห่งนี้มีขนาด 320 เมตร และบรรจุ Rack Server จำนวน 63 ตู้ โดยมีการออกแบบ วิเคราะห์ เปรียบเทียบระหว่างระบบปรับอากาศแบบ Split Type ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อระหว่างคอยล์ร้อนหนึ่งชุด กับคอยล์เย็นเพียงแค่หนึ่งชุด และ ระบบปรับอากาศประเภท Variable Refrigerant Flow (VRF) ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อระหว่างคอยล์ร้อนหนึ่งชุด กับคอยล์เย็นมากกว่าหนึ่งชุด โดยออกแบบระบบปรับอากาศให้รองรับกับภาระความร้อนที่เกิดขึ้นภายในห้อง รวมถึงการออกแบบ วางแบบ และเลือกชนิดของเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมกับพื้นที่ติดตั้งกับการใช้งาน ภาระความร้อนที่เกิดขึ้นและนำมาเลือกเครื่องปรับอากาศจากการคำนวณผ่านโปรแกรม Heat Load Calculation คือ 751,288 Btu./Hr. และ รูปแบบที่เหมาะสมของระบบปรับอากาศและประเภทเครื่องปรับอากากาศที่เหมาะสมกับการใช้งานของห้องเซิร์ฟเวอร์แห่งนี้ คือการติดตั้งเครื่องปรับอากาศชนิด Duct Type หรือ ชนิดต่อท่อลมใต้ฝ้า และชนิดท่อส่งลมแบบกระจายลมจากด้านบน และใช้เครื่องปรับอากาศประเภท VRV/VRF โดยเปิดใช้งานทั้งหมดจำนวน 6 ชุดคอยล์ร้อน 12 ชุดคอยล์เย็น (Standby 2 ชุดคอยล์ร้อน 4 ชุดคอยล์เย็น) และเปิด-ปิดสลับการทำงานทุก 8 ชั่วโมง เมื่อพิจารณาค่าติดตั้ง และคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมถึงค่าไฟฟ้า พบว่าค่าเครื่องปรับอากาศและค่าติดตั้งของระบบ Split Type จะมีราคาที่ถูกกว่าค่าเครื่องปรับอากาศและค่าติดตั้งของระบบ VRV/VRF อยู่ที่ 2,096,403 บาท หรือ 28.01% และอัตราการใช้พลังงานต่อปี ระบบปรับอากาศ VRV/VRF จะใช้พลังงานน้อยกว่า ระบบปรับอากาศ Split Type อยู่ 259,719 หน่วย โดยคิดเป็นเงิน 1,091,817 บาท/ปี หรือ 24.79% ต่อปี ซึ่งในระยะยาว การติดตั้งระบบปรับอากาศ VRV/VRF จะมีค่าเครื่องและค่าติดตั้งเครื่องที่สูงกว่า แต่จะมีการประหยัดพลังงานไฟฟ้า และค่าไฟฟ้าได้มากกว่า และมีระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) อยู่ที่ 1.92 ปี และสำหรับการวัดผล ตรวจสอบการใช้งานจริงสำหรับห้องเซิร์ฟเวอร์แห่งนี้ โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน Data Center Tier IV และ ISO 27001 พบว่าผ่านเกณฑ์ และสามารถควบคุมอุณหภูมิห้องและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่ 22.13 องศาเซลเซียส และ 51.31%RH. ตามลำดับ และมีค่า EER. ของเครื่องปรับอากาศ จากการทดสอบการใช้งานจริงที่ 12.29 (COP. เท่ากับ 3.91)

สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา)	ลายมือชื่อนิสิต ....
ปีการศึกษา	2566	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก ....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6382022520 : MAJOR ENERGY TECHNOLOGY AND MANAGEMENT

KEYWORD:

Phraewpatu Phianchuchai : Appropriated Air Conditioning System in Server Room: A Case Study. Advisor: Assoc. Prof. SOMPONG PUTIVISUTISAK, Ph.D.

Nowadays, Many companies or data centers almost have a room called a Server room to maintain project servers or data based .This room will be designed to a standard. In this research, Researcher studied the appropriate design of the air conditioning system in the server room at the TIER4 level and ISO 27001 , which is the current server room standard. This server room has a size of 320 square meters and contains 63 rack servers. There is design, analysis, and comparison between Split Type air conditioning systems, which is a connection one by one between condensing unit and fan coil unit and a Variable Refrigerant Flow (VRF) air conditioning system which is a connection between one set of condensing unit with more than one set of fan coil units . By designing the air conditioning system to accommodate the heat load that occurs within the room including designing, laying out and selecting the type of air conditioner to suitable the installation area and usage. The heat load that occurs and is used to select an air conditioner from calculations through the Heat Load Calculation program is 751,288 Btu./Hr. and the appropriate style of air conditioning system and type of air conditioner that is suitable for using in this server room is the installation of a Duct Type air conditioner and air duct type that distributes air from above , using VRV/VRF type air conditioning system by turning on all 6 sets of condensing units , 12 sets of fan coil units (Standby 2 sets of condensing units , 4 sets of fan coil units) and switching on and off every 8 hours. After considering air conditioners included installation cost and energy consumption included electricity bill found that the cost of air conditioners and installation of the Split Type system will be cheaper than the cost of air conditioning and installation of the VRV/VRF system at 2,096,403 baht or 28.01% and the annual energy consumption rate for VRV/VRF air conditioning systems use less energy than Split Type air conditioning systems at 259,719 kWh, accounting for 1,091,817 baht per year or less than 24.79% per year, which in the long term for installing a VRV/VRF air conditioning system will have higher equipment and installation costs but there will be energy saving and more electricity costs and has a payback period of 1.92 years . For measurement check the actual usage of this server room that based on the Data Center Tier IV and ISO 27001 standards, it was found that the criteria were passed and can control the room temperature and average relative humidity at 22.13 degrees Celsius and 51.31%RH, respectively, has an air conditioner's EER. from actual use testing at 12.29 (COP. equal to 3.91)

Field of Study:	Energy Technology and Management	Student's Signature ....
Academic Year:	2023	Advisor's Signature ....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี จากความอนุเคราะห์ของ รศ.ดร.สมพงษ์ พุทธิวิสุทธิศักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักของข้าพเจ้า รวมถึงประธานกรรมการ และกรรมการในการสอบทุกท่าน ผู้ซึ่งให้คำปรึกษา แนะนำและชี้แนะแนวทางทุกด้านเกี่ยวกับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ฉบับนี้

ขอขอบคุณ คุณสุรศักดิ์ สร้อยงาม และ คุณณัฐกิจ นิมิตรดีเลิศ สำหรับการเอื้อเฟื้อข้อมูลทุกส่วนที่มีประโยชน์สำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ฉบับนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณครอบครัว เพื่อนร่วมงาน รวมทั้งเพื่อนพี่น้องร่วมหลักสูตรทุกท่านที่ให้กำลังใจและสนับสนุนการศึกษาครั้งนี้อย่างดีมาตลอด

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และผู้ที่สนใจศึกษาต่อไป หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี่ด้วย

แพรวพฐู เพียรชูชัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

.... ค

บทคัดย่อภาษาไทย ค

.... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ง

กิตติกรรมประกาศ จ

สารบัญ ฉ

สารบัญตาราง ฌ

สารบัญรูปภาพ ฏ

บทที่1 บทนำ 1

  1.1ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย 1

  1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2

  1.3 ขอบเขตการวิจัย 2

  1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

  2.1 โครงสร้างพื้นฐานของห้องเซิร์ฟเวอร์และ Data Center 3

  2.2 ระบบมาตรฐานด้านความปลอดภัยสารสนเทศ ISO 27001 5

  2.3 มาตรฐาน Data Center 7

  2.4 Rack Server 11

  2.5 ระบบการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ 12

  2.6 ประเภทของระบบปรับอากาศ 20

  2.7 ประเภทของเครื่องปรับอากาศ 22

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.8 ระบบควบคุมส่วนกลาง (Centralized Control) 23
2.9 การกระจายลมของระบบปรับอากาศ 24
2.10 ประสิทธิภาพการทำความเย็น (Energy Effective Ratio) 25
2.11 เครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์ที่ใช้ในการประเมินโครงการ 25
2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 26
บทที่3 ระเบียบวิธีวิจัย 30
3.1 กระบวนการวิจัย 30
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบและตรวจวัด 31
3.3 กระบวนการออกแบบ 32
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลของระบบปรับอากาศหลังจากการออกแบบและติดตั้ง 33
บทที่4 ผลการวิจัย 34
4.1 การคำนวณ Heat Load ผ่านโปรแกรม Heat Load Calculation 35
4.2 การเปรียบเทียบการเลือกระบบปรับอากาศและเครื่องปรับอากาศระหว่าง ระบบปรับอากาศ Split Type และ Variable Refrigerant Flow (VRF) 43
4.3 การคิดค่าไฟระบบปรับอากาศประเภท Split type 51
4.4 การออกแบบระบบปรับอากาศประเภท Variable Refrigerant Flow (VRF) 53
4.5 การคิดค่าไฟระบบปรับอากาศประเภท VRF 58
4.6 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายสำหรับเครื่องปรับอากาศประเภท Split Type และ เครื่องปรับอากาศประเภท VRF 61
4.7 งวดเวลาคืนทุน (Payback Period) 63
4.8 ผลการทดสอบเครื่องปรับอากาศหลังการติดตั้งและใช้งาน 63
4.9 อภิปรายผลการวิจัย 68
บทที่5 สรุปผลการทดลอง อุปสรรคของงาน และข้อเสนอแนะ 70
5.1 สรุปผลการวิจัย 70

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.2 อุปสรรคของงาน 72

5.3 ข้อเสนอแนะ 72

ภาคผนวก........ 74

บรรณานุกรม........ 90

ประวัติผู้เขียน 93

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ปัจจัยตรวจสอบด้านระบบปรับอากาศ (อ้างอิงตามมาตรฐาน Data Center Tier IV และ ISO 27001) 33

ตารางที่ 2 ตารางการแสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนัง 36

ตารางที่ 3 ตารางแสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของฝ้าเพดาน 37

ตารางที่ 4 ตารางแสดงค่า Heat Load ในแต่ละช่วงเวลาของวัน 41

ตารางที่ 5..... 42

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของเครื่องปรับอากาศแบบติดผนัง (Wall type) 44

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของเครื่องปรับอากาศแบบต่อท่อลม (Duct type)..... 44

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของเครื่องปรับอากาศแบบตู้ตั้ง (Package type)..... 45

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของเครื่องปรับอากาศประเภทฝังใต้ฝ้าสี่ทิศทาง (Cassette Type)..... 45

ตารางที่ 10การเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของเครื่องปรับอากาศประเภทฝังใต้ฝ้าสี่ทิศทาง (Cassette Type)..... 46

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 11 ตารางแสดงปริมาณลมในแต่ละหัวจ่ายลม..... 48

ตารางที่ 12 ตารางแสดงเวลาเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ..... 49

ตารางที่ 13 แสดงค่าเครื่องปรับอากาศประเภท Split Type และ Central Control 50

ตารางที่ 14 ตารางสรุปค่าใช้จ่ายของระบบปรับอากาศประเภท Split Type และ Central Control 51

ตารางที่ 15 อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าที่โหลดภาระต่างๆ 52

ตารางที่ 16 การคิดค่าไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศประเภท Split type รุ่น Duct Connection Type Inverter สำหรับการใช้งาน 12 เครื่อง (Stand by 4 เครื่อง)..... 53

ตารางที่ 17 แสดงปริมาณลมในแต่ละหัวจ่ายลม..... 55

ตารางที่ 18 ตารางแสดงเวลาเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ.. 56

ตารางที่ 19 ตารางแสดงค่าเครื่องปรับอากาศประเภท Variable Refrigerant Flow และ Central Control... 57

ตารางที่ 20 ตารางสรุปค่าใช้จ่ายของระบบปรับอากาศประเภท VRF และ Central Control......... 58

ตารางที่ 21 ตารางแสดงอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของคอยล์เย็นในภาระโหลดต่างๆ...................... 58

ตารางที่ 22 แสดงอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของคอยล์ร้อนในภาระโหลดต่างๆ............................... 59

ตารางที่ 23 การคิดค่าไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศประเภท VRF. รุ่น Duct Connection Type Inverter สำหรับการใช้งาน 12 เครื่อง (Stand by 4 เครื่อง)... 60

ตารางที่ 24 เปรียบเทียบค่าเครื่อง และค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศประเภท Split Type และเครื่องปรับอากาศประเภท VRF.. 61

ตารางที่ 25 เปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงาน และค่าไฟฟ้าต่อปีของเครื่องปรับอากาศประเภท Split Type และ เครื่องปรับอากาศประเภท VRF 61

ตารางที่ 27 ค่า Power Consumption , Cooling Capacity ,COP และ EER ของเครื่องปรับอากาศ... 66

ตารางที่ 28 ตารางแสดงผลการตรวจสอบปัจจัยด้านระบบปรับอากาศ... 67

ตารางที่ 29 ตารางแสดงค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศ 79

ตารางที่ 30 ตารางแสดงค่าติดตั้งระบบท่อน้ำยา 79

ตารางที่ 31 ตารางแสดงค่าติดตั้งระบบไฟฟ้า.. 80

ตารางที่ 32 ตารางแสดงค่าติดตั้งระบบท่อส่งลม 81

ตารางที่ 33 ตารางแสดงค่าใช้จ่ายอื่นๆ... 82

ตารางที่ 34 ตารางแสดงค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศ 83

ตารางที่ 35 ตารางแสดงค่าติดตั้งระบบท่อน้ำยา 83

ตารางที่ 36 ตารางแสดงค่าติดตั้งระบบไฟฟ้า.. 85

ตารางที่ 37 ตารางแสดงค่าติดตั้งระบบไฟฟ้า.. 86

ตารางที่ 38 ตารางแสดงค่าใช้จ่ายอื่นๆ... 87

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 39 ตารางแสดงประสิทธิภาพการกระจายลมของ Square Diffusers Grille..................... 88

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1 ระบบไฟฟ้าของ Data Center Tier IV [6] 9

รูปที่ 2 ระบบปรับอากาศData Center Tier IV [7] 10

รูปที่ 3 ตู้ Rack Server [9] 11

รูปที่ 4 วัฏจักรการทำความเย็นในระบบปรับอากาศ [10] 12

รูปที่ 5 ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน 21

รูปที่ 6 ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ 22

รูปที่ 7 ระบบควบคุมส่วนกลาง (Centralized Control) 23

รูปที่ 8 การออกแบบระบบปรับอากาศโดยใช้วิธีการกระจายลมเย็นจากด้านบน[15] 24

รูปที่ 9 การออกแบบระบบปรับอากาศโดยใช้วิธีการกระจายลมเย็นจากด้านล่าง[16] 25

รูปที่ 10 ตำแหน่งการวางตู้ Rack Server ภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ 35

รูปที่ 11 ขั้นตอนการกรอก Room Specification ผ่านโปรแกรม Heat Load Calculation 38

รูปที่ 12 ขั้นตอนการกรอก Overall Heat Transfer Coefficient ผ่านโปรแกรม Heat Load Calculation 39

รูปที่ 13 ขั้นตอนการกรอก Design Temperature and Humidity ผ่านโปรแกรม Heat Load Calculation 39

รูปที่ 14 ขั้นตอนการกรอก Schedule ผ่านโปรแกรม Heat Load Calculation 40

รูปที่ 15 ขั้นตอนการกรอกข้อมูลในหน้า Others ผ่านโปรแกรม Heat Load Calculation 40

รูปที่ 16 ค่า Heat Load ในแต่ละช่วงเวลาของวัน 41

รูปที่ 17 กราฟแสดงผลการวัดอุณหภูมิและความชื้นของบรรยากาศด้านนอก 63

รูปที่ 18 ตำแหน่งในการวางอุปกรณ์ Temperature and Humidity Recorder 64

รูปที่ 19 กราฟแสดงผลการวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ 65

รูปที่ 20 ตัวอย่างการใช้โปรแกรม Service Checker 67

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 21 รูปแบบการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ Split Type (คอยล์ร้อน บริเวณชั้น 6)........................ 75

รูปที่ 22 รูปแบบการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ Split Type (คอยล์เย็น บริเวณชั้น 3) 76

รูปที่ 23 รูปแบบการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ VRV/VRF (คอยล์ร้อน บริเวณชั้น 6) 77

รูปที่ 24 รูปแบบการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ VRV/VRF (คอยล์เย็น บริเวณชั้น 3) 78

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่1 บทนำ

1.1ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

ห้องเซิร์ฟเวอร์ (server room) จะต้องมีการควบคุมและรักษาสภาพที่เหมาะสมสำหรับระบบคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น Rack Server ที่ใช้สำหรับการจัดเก็บหรือการสื่อสารโทรคมนาคมในขณะสังคมสมัยใหม่ตระหนักถึงการทำงานบนความน่าเชื่อถือของระบบคอมพิวเตอร์ทั่วโลก ธุรกิจจำนวนมากต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญทางด้านอาคารและระบบปรับอากาศที่เกี่ยวข้อง เพื่อป้องกันไม่ให้ข้อมูลถูกบุกรุก หากระบบไม่พร้อมใช้งาน บริษัทอาจต้องหยุดการดำเนินการทั้งหมดจนกว่าจะสามารถแก้ไขปัญหาได้เสร็จสมบูรณ์ หรือในกรณีที่เลวร้ายที่สุดคือเกิดการเสียหายและสูญหายของข้อมูล

ในการออกแบบห้อง Data Center ที่สมบูรณ์ การออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิ นับว่าเป็นส่วนสำคัญอย่างมาก นอกเหนือไปจากระบบไฟฟ้าและระบบเครือข่าย เนื่องจากในห้อง Data Center นั้น ถือว่าเป็นศูนย์รวมของข้อมูลข่าวสารบน Internet ที่มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลกับภายนอกอยู่ตลอดเวลา และมีปริมาณ Traffic รวมมหาศาล เนื่องจากเป็นแหล่งที่ตั้งของเครื่อง Server เป็นจำนวนมาก เครื่อง Server เหล่านี้ โดยปกติจะถูกเปิดไว้ตลอดเวลา เพื่อทำงานตลอด 24 ชั่วโมง จึงทำให้เครื่อง Server ทำงานหนัก และเกิดปริมาณความร้อนออกจากระบบเป็นจำนวนมาก ดังนั้นหากระบบควบคุมอุณหภูมิ ไม่มีประสิทธิภาพพอที่จะระบายความร้อนออกจากระบบ และใส่ลมเย็นเข้าสู่ระบบได้อย่างเพียงพอแล้ว จะทำให้เกิดความร้อนสะสมขึ้นที่ตัวเครื่อง Server ซึ่งจะมีผลทำให้อายุการใช้งานสั้นลงกว่าที่ควรจะเป็น และทำให้เกิดการล่มของระบบได้

ในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาการออกแบบระบบปรับอากาศของห้องเซิร์ฟเวอร์ซึ่งมีขนาดพื้นที่ 320 ตารางเมตร และบรรจุตู้ Rack Server จำนวน 63 ตู้ โดยออกแบบให้อยู่ในมาตรฐาน ISO 27001 และออกแบบระบบปรับอากาศภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ให้อยู่ในมาตรฐาน Data Center Tier 4 ซึ่งในงานวิจัยนี้จะทำการเปรียบเทียบระบบปรับอากาศทั้งระบบ Split Type และ VRV/VRF ว่าระบบใดมีความเหมาะสมกับการใช้งานของห้องเซิร์ฟเวอร์ และศึกษาหาประเภทเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมกับห้อง Server และมีการประหยัดพลังงานและค่าไฟมากกที่สุด รวมถึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ เช่นจุดคุ้มทุน และระยะเวลาคืนทุน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาการใช้พลังงาน และหารูปแบบที่เหมาะสมประเภทของระบบปรับอากาศให้สอดคล้องกับภาระความร้อนที่เกิดขึ้นและการใช้งานภายในห้องเซิร์ฟเวอร์

1.2.2 เพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมของเครื่องปรับอากาศให้สอดคล้องกับพื้นที่ติดตั้งและการใช้งาน

1.2.3 เพื่อวิเคราะห์ต้นทุน ค่าติดตั้ง ค่าดูแลรักษา และค่าไฟของเครื่องปรับอากาศทั้งสองประเภทเพื่อหาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ว่าควรเลือกติดตั้งเครื่องปรับอากาศประเภทใด

1.2.4 เพื่อตรวจสอบหลังการติดตั้งเครื่องปรับอากาศจริงว่าเป็นไปตามทฤษฎีที่คำนวณหรือไม่ และหาค่า EER. ของระบบปรับอากาศของห้องเซิร์ฟเวอร์

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 หารูปแบบที่เหมาะสมของระบบปรับอากาศ บนพื้นฐานข้อมูลด้านโครงสร้างของอาคารและพื้นที่ภายในห้องและการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ และภาระความร้อน (Heat Load) ในพื้นที่ปรับอากาศของห้องเซิร์ฟเวอร์ใน Data Center แห่งหนึ่ง ซึ่งมีขนาดพื้นที่ 300 ตารางเมตร และประกอบด้วยตู้ Rack Server จำนวน 63 ตู้

1.3.2 ออกแบบระบบปรับอากาศให้สอดคล้องกับการใช้งานและภาระการทำความร้อน ซึ่งอยู่ในมาตรฐาน ISO 27001 หรือ มาตรฐานสากลสำหรับระบบการจัดการความปลอดภัยของข้อมูล (Information Security Management Systems: ISMS) และออกแบบระบบปรับอากาศภายในห้องเซิฟเวอร์ให้อยู่ในมาตรฐาน Data Center Tier 4

1.3.3 เปรียบเทียบการเลือกใช้งานเครื่องปรับอากาศแบบ Split Type และเครื่องปรับอากาศ แบบ VRV / VRF และหาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ว่าควรเลือกติดตั้งเครื่องปรับอากาศประเภทใด

1.3.4 เลือกชนิดของเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมโดยเปรียบเทียบระหว่างเครื่องปรับอากาศชนิด Wall Mount, Cassette Type, Duct Type, AHU, ตู้ตั้งพื้น ให้เหมาะสมกับพื้นที่ติดตั้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถทราบถึงความต้องการพื้นฐานภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ได้

1.4.2 สามารถเลือกเครื่องปรับอากาศ และประเภทของเครื่องปรับอากาศให้สอดคล้องกับการใช้งานภายในห้องได้

1.4.3 สามารถลดปัญหาและความเสี่ยงที่อาจเกิดในระบบคอมพิวเตอร์สื่อสารและระบบสารสนเทศได้

1.4.4 สามารถนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้งานภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ที่มีลักษณะการใช้งานใกล้เคียงกันได้ในอนาคต

บทที่2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเรื่อง รูปแบบที่เหมาะสมของระบบปรับอากาศภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ : กรณีศึกษา Appropriated Air Conditioning System in Server Room: A Case Study มีวัตถุประสงค์ในการวิจัยได้แก่ 1. เพื่อศึกษาการใช้พลังงาน และหารูปแบบที่เหมาะสมประเภทของระบบปรับอากาศให้สอดคล้องกับภาระความร้อนที่เกิดขึ้นและการใช้งานภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ 2. เพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมของเครื่องปรับอากาศให้สอดคล้องกับพื้นที่ติดตั้งและการใช้งาน 3. เพื่อวิเคราะห์ต้นทุน ค่าติดตั้ง ค่าดูแลรักษา และค่าไฟของเครื่องปรับอากาศทั้งสองประเภท เพื่อหาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ว่าควรเลือกติดตั้งเครื่องปรับอากาศประเภทใด 4. เพื่อตรวจสอบหลังการติดตั้งเครื่องปรับอากาศจริงว่าเป็นไปตามทฤษฎีที่คำนวณหรือไม่ และหาค่า EER. ของระบบปรับอากาศของห้องเซิร์ฟเวอร์ เพื่อให้การวิจัยบรรลุวัตถุประสงค์ของการศึกษาที่ตั้งไว้ ผู้วิจัยได้ทำการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1 โครงสร้างพื้นฐานของห้องเซิร์ฟเวอร์และ Data Center

2.2 ระบบมาตรฐานด้านความปลอดภัยสารสนเทศ ISO 27001

2.3 มาตรฐาน Data Center

2.4 Rack Server

2.5 แนวคิดเกี่ยวกับเครื่องปรับอากาศ

2.7 ระบบควบคุมส่วนกลาง (Centralized Control)

2.8 การกระจายลมของระบบปรับอากาศ

2.9 ประสิทธิภาพการทำความเย็น (Energy Effective Ratio)

2.10 เครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์ที่ใช้ในการประเมินโครงการ

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1 โครงสร้างพื้นฐานของห้องเซิร์ฟเวอร์และ Data Center

ทุกสำนักงานในยุคปัจจุบันจะต้องมีระบบคอมพิวเตอร์และระบบโทรคมนาคมภายในอาคาร ยิ่งถ้าเป็นอาคารใหญ่มีสำนักงานย่อยอยู่ในแต่ละชั้นของตึก การมีห้องเซิร์ฟเวอร์ยิ่งเป็นสิ่งจำเป็น เพราะห้องนี้จะใช้เป็นศูนย์กลางของการรวบรวมระบบคอมพิวเตอร์ Server และสายสัญญาณต่าง ๆ ของทุก ๆ สำนักงานมารวมไว้ในที่เดียว แม้จะมีการรวมสายและระบบต่าง ๆ ไว้ก็จริง แต่สิ่งหนึ่งที่ต้องรู้ก็คือ ห้องเซิร์ฟเวอร์เป็นคนละส่วนกับห้องควบคุมระบบไฟฟ้า มีคนจำนวนไม่น้อย ที่เข้าใจว่าทั้งสองห้องคือห้องเดียวกัน แต่ตามหลักในความเป็นจริงแล้ว ทั้งสองห้องต่างแยกกันทำหน้าที่ไม่ใช่ส่วน

เดียวกัน ในส่วนของห้อง Server นั้น จะเป็นการรวมศูนย์คอมพิวเตอร์ Server ตู้ Rack ระบบสาย Fiber Opticอุปกรณ์ประเภท Media Converterและอุปกรณ์กระจายสัญญาณ Network ต่าง ๆ เช่น Switch, Hub เอาไว้ด้วยกัน แม้อุปกรณ์ทั้งหมดนี้มีความเกี่ยวข้องและจะต้องใช้ไฟฟ้า แต่ตามหลักแล้วจะไม่มีเรื่องของระบบควบคุมไฟฟ้าของอาคารเข้ามาเกี่ยวข้อง จะมีก็เพียงแต่ระบบสำรองไฟสำหรับคอมพิวเตอร์ Server เท่านั้น ดังนั้น ถ้าในการออกแบบห้องเซิร์ฟเวอร์ ก็จะต้องแยกระบบของทั้งสองห้องนี้ออกจากกันให้ชัดเจน เพื่อความสะดวกและความปลอดภัย และจำเป็นจะต้องตำนวณพื้นที่ให้เหมาะสมเพื่อสำหรับการขยาย server ในอนาคต หรือ เหมาะสมกับการเปลี่ยนผ่านสู่เทคโนโลยีใหม่

ราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.2542 [1] ได้ให้ความหมายคำว่า “เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายเซิร์ฟเวอร์ (Server) หรือเครื่องแม่ข่าย”คือ เครื่องหรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งทำงานให้บริการในระบบเครือข่ายแก่ลูกข่าย (ซึ่งให้บริการผู้ใช้อีกทีหนึ่ง) เครื่องคอมพิวเตอร์ ที่ทำหน้าที่เป็นเซิร์ฟเวอร์นี้ควรจะมีประสิทธิภาพสูง มีความเสถียร สามารถให้บริการแก่ผู้ใช้ได้เป็นจำนวนมาก ภายในเซิร์ฟเวอร์ให้บริการได้ด้วยโปรแกรมบริการซึ่งทำงานอยู่บนระบบปฏิบัติการอีกชั้นหนึ่งในระบบเครือข่าย

สำหรับศูนย์คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กในประเทศไทยโดยทั่วไปจะใช้วิธีการสร้างห้องสำหรับเซิร์ฟเวอร์โดยเฉพาะ และติดตั้งระบบปรับอากาศ จากประสบการณ์ของผู้วิจัยพบว่าส่วนหนึ่งจะติดปัญหาพื้นที่การก่อสร้างห้อง หรือต้องใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างห้องนาน และหากก่อสร้างได้แล้วห้องก็อาจมีขนาดใหญ่เกินไป ทำให้สิ้นเปลืองค่าไฟฟ้าในการปรับอากาศโดยใช่เหตุ อีกทั้งบางพื้นที่ก็ไม่สามารถก่อสร้างห้องศูนย์คอมพิวเตอร์ได้ อาทิ บริเวณเสา หรืออาจต้องไปใช้พื้นที่ร่วมกับบริเวณอื่นอันจะพบปัญหาความร้อน ฝุ่นละอองและเสียงในพื้นที่ติดตั้งศูนย์คอมพิวเตอร์ [2]

ระบบโครงสร้างพื้นฐานในห้องเซิร์ฟเวอร์

1.ระบบระบายอากาศภายในห้อง Data Server เช่น ระบบแอร์ ระบบระบายความร้อน

2.ระบบพื้นยกและการเดินสายไฟจากฝ้า ให้ดูเป็นระเบียบ ไม่ให้เกิดสัญญาณรบกวน

3.ระบบไฟฟ้าและการสำรองไฟ เพื่อให้ Hardware ทำงานได้อย่างดี ป้องกันการเสียหายของข้อมูล

4.ระบบควบคุมการเข้าออก ระบบกล้อง CCTV เพื่อตรวจสอบ และสร้างความปลอดภัย

5.ระบบกันไฟ และระบบดับเพลิง ป้องกันไฟและน้ำที่อาจลุกลามเข้ามาในห้อง

Data Center

Data Center คือ ห้องที่ถูกออกแบบมา เพื่อให้เป็น Server ทั้งหลาย ไม่ว่าจะเป็น Web Hosting เล็กๆ ไปจนถึง Super computer ที่สายการบินต้องใช้ ซึ่งมันถูกออกแบบมาเพื่อตอบสนองให้ Server นั้นทำงานได้เสถียรที่สุด ห้อง Data Center ต้องมีระบบรักษาความเย็นที่คงที่ ซึ่งค่าปกติ

นั้นอยู่ที่ประมาณ 25 องศา และมีความชื้นที่เหมาะสม การสร้างห้อง Data Center ควรใช้ทีมที่มีความชำนาญและเชี่ยวชาญเฉพาะทางเท่านั้น [3]

1. การจัดวางห้องดาต้าเซ็นเตอร์ควรจะต้องคำนึงถึงขนาดห้อง ตำแหน่งที่ตั้งอุปกรณ์และคำนึงถึงพื้นที่โดยรอบ เพื่อให้สามารถรองรับการทำงานด้านระบบสนับสนุนอื่นได้

2. พื้นยกระดับ (Raised Floor) ที่นำมาติดตั้งควรรองรับน้ำหนักบรรทุกแบบแผ่สม่ำเสมอ (Uniformly Distributed Load) คุณสมบัติในการรองรับน้ำหนักของพื้นยก ต้องเลือกเหมาะสมกับการใช้งาน ควรเช็คความสามารถในการรับน้ำหนักของโครงสร้าง (Floor load) ควรคำนวณทางลาด ความสูงอย่างละเอียด และควรมีคุณสมบัติในการป้องกันไฟฟ้าสถิตได้ดี

3. ความสูงของฝ้าเพดานและระยะห่างระหว่างตู้กับหัวจ่ายระบบดับเพลิงไม่ต่ำกว่ามาตรฐาน

4. ด้านความปลอดภัย ห้องที่ตั้งระบบสนับสนุนอื่นห้องดาต้าเซ็นเตอร์ เช่น ระบบปรับอากาศ, ระบบสำรองไฟ ควรจะมีประตูทางเข้าแยกจากทางเข้าหลักของห้องดาต้าเซ็นเตอร์

5. ด้านผนังภายนอกของตัวห้องจะต้องสามารถกันเพลิงไหม้ได้ไม่ต่ำกว่า 1 ชั่วโมง และใน Rated 4 จะต้องสามารถกันเพลิงไหม้ได้ไม่ต่ำกว่า 4 ชั่วโมง แผ่นกระจกที่นำมาติดตั้งจะต้องไม่แผ่ความร้อนจากเปลวเพลิงจนก่อให้เกิดความเสียหายจากกับอุปกรณ์ภายในห้อง

2.2 ระบบมาตรฐานด้านความปลอดภัยสารสนเทศ ISO 27001

ระบบมาตรฐานด้านความปลอดภัยสารสนเทศ ISO 27001 หรือ ISO/IEC 27001:2013 (Information Security Management System: ISMS) เป็นมาตรฐานการจัดการความมั่นคงปลอดภัยสารสนเทศ ซึ่งใช้หลักการพื้นฐานของความมั่นคงปลอดภัยสารสนเทศ (Information Security) การสร้างห้องเซิฟเวอร์ให้ได้มาตรฐาน ISO27001 หรือ ISMS นั้น ต้องมีดังนี้ [4]

2.2.1 ภายนอกของห้องเซิฟเวอร์

1. ห้อง Server ห้ามมีป้ายบอกว่าเป็นห้อง “Server Room” เพื่อให้ทรัพย์สินและข้อมูลสารสนเทศเกิดความมั่นคงปลอดภัย ทั้งการถูกขโมยทรัพย์สิน หรือเป็นเป้าหมายในการเข้ามาทำลายจากเหตุจราจลต่าง ๆ

2. ประตูห้องจะต้องถูกล็อคไว้ตลอดเวลา การใช้ Key Card, Key Pad จะต้องมีเครื่องสำรองไฟ ในกรณีไฟดับห้องจะยังคงล็อคอยู่เสมอ การล๊อคด้วยกุญแจ จะต้องกำหนดเจ้าหน้าที่ในการเก็บรักษา

3. ห้อง Server ควรทำอย่างมิดชิด เมื่อมองจากด้านนอกเข้าไปข้างในจะต้องไม่ให้รู้ว่าเป็นห้อง Server หรือหากห้องติดกระจกใส ต้องทำการติดฟิล์มทึบทับไว้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. ประตูทางเข้า จะต้องมีกล้องวงจรปิดบันทึกภาพบริเวณประตูเข้าออกห้อง

2.2.2 ภายในห้องเซิฟเวอร์

1. ขนาดของห้อง ควรมีขนาดความกว้างและความสูง พอเหมาะสำหรับวางอุปกรณ์ต่างๆ และมีโต๊ะเก้าอี้สำหรับนั่งทำงานเป็นครั้งคราวได้ ห้องไม่ควรกว้างหรือแคบจนเกินไป

2. พื้นห้อง จะต้องยกสูงจากพื้นปกติ อย่างน้อย 15 ซม. ผู้ตรวจประเมินจะเปิดดูพื้นว่ามีสิ่งของใดๆ มาเก็บไว้ใต้พื้นหรือไม่ ถ้ามีสายสัญญาณต่างๆ ให้จัดเก็บให้เป็นระเบียบเรียบร้อย

3. ห้อง server ควรแยกออกจากห้องอื่นที่มีเพดานติดกัน หากห้องอยู่ติดกัน จะต้องติดเหล็กกั้น ป้องกันผู้ไม่หวังดีเล็ดลอดเข้าทางเพดาน

4. สายไฟ สายสัญญาณต่างๆ จะต้องจัดเก็บให้เป้นระเบียบเรียบร้อย เก็บไว้ในราง หรือ มัดรวมกันและมี label ระบุไว้ว่าเป็นสายอะไร ถ้ามีการเดินสายไฟต่างๆ บนพื้น หรือผนังจะต้องมี Cover ครอบไว้

2.2.3 เครื่องปรับอากาศภายในห้องเซิฟเวอร์

1. โดยปกติห้อง Server จะต้องมีการควบคุมอุณหภูมิภายในห้องอยู่ที่ 20 – 25 องศาเซลเซียส และ ค่าความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 40-55%

2. การปรับอากาศ ให้ทำการปล่อยความเย็นมาทางด้านล่างไปยังตู้ Rack เพื่อไล่ความร้อนขึ้นสู่ด้านบน

3. เครื่องปรับอากาศ ควรแยกจากระบบปรับอากาศอื่นๆ เพื่อควบคุมอุณหภูมิของห้อง Server โดยเฉพาะ

4. จะต้องปรับมุมหรือหันตู้ Rack ให้ตรงช่องแอร์ที่ความเย็นส่งถึง ห้ามวางตู้ Rack ไว้ใต้แอร์ (กันน้ำแอร์หยดใส่)

5. ถ้าไม่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศตามมาตรฐาน ควรติดตั้งแอร์ 2 ตัว ตั้งเวลาเปิด-ปิด สลับเวลาทำงาน กรณีแอร์ตัวใดตัวหนึ่งเสีย ก็ยังมีอีกตัวเปิดสำรองได้

6. การควบคุมอุณหภูมิภายในห้อง ให้ติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ ที่สามารถวัดความชื้นสัมพัทธ์ได้ และแสดงค่าอุณหภูมิ min-max ได้ และจัดควรมีการจดบันทึกอุณหภูมิประจำวันไว้อ้างอิงหมั่นตรวจสอบแบตเตอรี่ว่าหมดหรือยัง และเครื่องเทอร์โมมิเตอร์ต้องผ่านการรับรอง (Calibration) ก่อนนำมาใช้งาน

7. ควรมีแผนทำความสะอาดแอร์เดือนละครั้ง หรือ 3 เดือนครั้งแล้วแต่ อาจจะใช้บริการ MA กับบริษัทผู้รับเหมาก็ได้ และควรมีการบันทึกเก็บไว้เป็นหลักฐานทุกครั้งที่ทำความสะอาด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2.4 อุปกรณ์อื่นๆ ที่อยู่ภายในห้องเซิฟเวอร์

1. Wiring สายไฟ สายสัญญาณ หรือสายแลน จะต้องมีการจัดเก็บให้เป็นระเบียบเรียบร้อย ใส่ในราง หรือ มี cover ครอบไว้

2. Manual ทำไดอะแกรมของสายสัญญาณหรือสายแลน มีระบุหมายเลขกำกับ เพื่อให้รู้ว่าสายแต่ละเส้นต่อไปที่ไหน ทำเป็นเอกสารเก็บไว้เพื่อตรวจ หากมีการแก้ไขในอนาคต

3. Asset อุปกรณ์ทุกชิ้นในห้อง จะต้องมีการลงทะเบียนบัญชีทรัพย์สินทางด้านสารสนเทศ และติดป้ายไว้ในแต่ละอุปกรณ์ รวมถึงต้องมีการกำหนด Data Classification (ลำดับชั้นความลับของข้อมูล) ให้กับ server ทุกตัว

4. Fire protect ถังดับเพลิงอัตโนมัติ เดิมที่ติดตั้งบนฝ้าเพดาน ต้องตรวจสอบดูว่าเป็นชนิดสารเคมีที่ไม่มีผลเสียหายแก่อุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์ หรือใช้สารดับเพลิง class A, B, C แต่ถ้าไม่ได้ติดตั้งระบบออโต้ ก็ให้มีถังมาวางไว้หน้าห้อง หรือบริเวณที่ใกล้เคียงและสะดวกใช้งาน

5. Power Supply กรณีไม่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (เครื่องปั่นไฟ) ให้ใช้เครื่องสำรองไฟ (UPS) ที่มีกำลังสำรองไฟฟ้าตามความเหมาะสม เช่น สำรองไฟได้ 2 ชม. เป็นต้น และควรแยกออกจากตู้ Rack ที่มี Server หรือแยกไว้คนละตู้นั่นเอง

5.1 ทำตารางบันทึกการบำรุงรักษา UPS และ ระยะเวลาในการเปลี่ยนแบตเตอรี่

5.2 ควรประเมินความเสี่ยง กรณีไฟฟ้าดับ เกินกี่ชั่วโมงที่มีผลต่อระบบคอมพิวเตอร์ เกินกี่ ชั่วโมงที่ผลกระทบต่อการให้บริการและผลกระทบต่อองค์กร

6. อุปกรณ์อื่น เช่น เอกสาร, เทป backup, แผ่น CD/DVD ฯลฯ ควรมีตู้จัดเก็บอย่างมิดชิดและล็อคกุญแจไว้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3 มาตรฐาน Data Center

มาตรฐานของ Data Center จะเรียกว่า Tier ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 4 ระดับ [3]

1. Tier I หรือ Tier 1 (Basic Capacity) มี Uptime 99.671% หรือภายใน 1 ปี สามารถ “ล่ม” หรือ “ไม่สามารถใช้งานได้” ไม่เกิน 28.8 ชั่วโมงData Center ระดับนี้ไม่มีพื้นยก (Raised floors) ที่ใช้ระบายอากาศ, ไม่มีระบบไฟฟ้าสำรอง (Redundant power supplies) และไม่มี UPS

2. Tier II หรือ Tier 2 (Redundant Capacity) มี Uptime 99.741% ภายใน 1 ปี สามารถ “ล่ม” หรือ “ไม่สามารถใช้งานได้” ไม่เกิน 22 ชั่วโมงเป็นระบบที่มีอุปกรณ์สำรองไฟฟ้า

บางส่วน มีระบบระบายอากาศและระบบทำความเย็น (Partial redundant) แต่ไม่ได้เป็นแบบ Fully redundant

3. Tier III หรือ Tier 3 (Concurrently maintenance DC) ระดับนี้จะเป็นการรวมระดับ 1 และ 2 ไว้ด้วยกัน แต่เมื่อไหร่ที่มีการซ่อมแซมอุปกรณ์ หรือ Maintenance จะไม่กระทบกับการทำงานของ Data Center มี Uptime 99.982% สามารถ “ล่ม” หรือ “ไม่สามารถใช้งานได้” ไม่เกิน 1.6 ชั่วโมง อุปกรณ์ที่อยู่ใน Data Center จะได้รับไฟฟ้า 2 ชุด หากชุดใดเสียจะมีอีกชุดทำงานแทนทันที ส่วนระบบทำความเย็นจะมี 1 ชุด หากระบบทำความเย็นพัง อาจส่งผลกระทบกับ Data Center

4. Tier IV หรือ Tier 4 (Fault Tolerance) เป็นระดับสูงสุด มีอุปกรณ์ทุกอย่างแยกเป็น 2 ชุด ไม่ว่าจะเป็นระบบไฟฟ้า และระบบทำความเย็น ซึ่งหากมีคัวใดตัวหนึ่งเสียก็ไม่มีผลกระทบใดๆ กับ Data Center Uptime 99.995% สามารถ “ล่ม” หรือ “ไม่สามารถใช้งานได้” ไม่เกิน 24 นาที

2.3.1 มาตรฐาน Data Center Tier IV หรือ Tier 4 (Fault Tolerance)

เนื่องจาก มาตรฐาน Data Center Tier IV หรือ Tier 4 (Fault Tolerance) เป็นมาตรฐานความปลอดภัยของ Data Center ระดับสูงสุด ดังนั้นในงานวิจัยฉบับนีจึงเลือกใช้ มาตรฐาน Data Center Tier IV ในการออกแบบระบบปรับอากาศภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งรายละเอียดเกณฑ์การแบ่งมาตรฐาน และ โครงสร้างของ Data Center Tier IV มีดังนี้

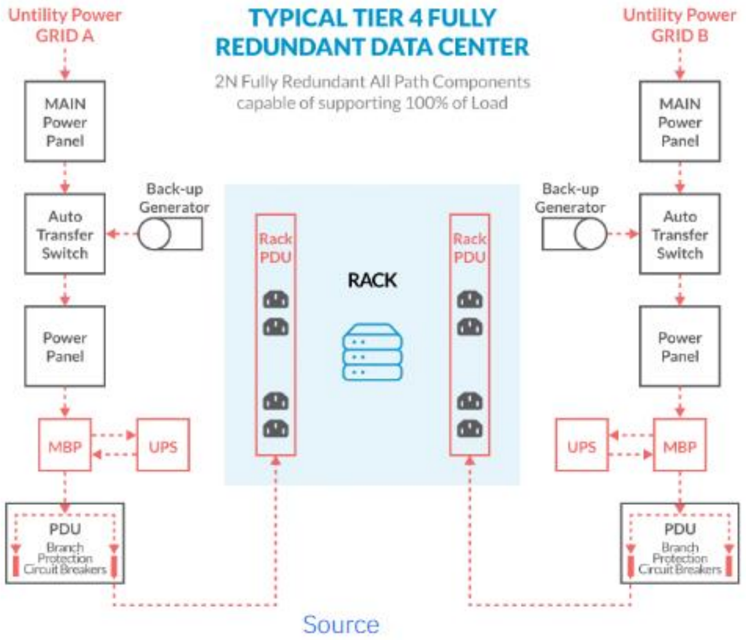
2.3.1.1 เกณฑ์การแบ่งมาตรฐาน Data Center Tier IV

1. Zero single point of failure คือ หากมีจุดใดในระบบเกิดล่ม หรือ มีตวามเสียหายจะไม่กระทบการทำงานภายในระบบหรือระบบอื่นๆ
2. 99.995% uptime per annum คือ ระบบสามารถปิดตัว หรือ ล่ม ได้สูงสุด 24 นาที
3. มีระบบสำรองสำหรับรองรับ และสลับการใช้งาน หรือ 2N+1 infrastructure คือ Fully Redundant โดย 2N หมายถึง จำนวนของชุดอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องการใช้ในการทำงานของระบบ Data Center 2 ส่วน และ +1 คือชุดสำรองอีก 1 ชุด
4. 96-hour power outage protection คือ ส่วนของ Infrastructure จะต้องทำงานต่อไปได้ 96 ชั่วโมง โดยที่ไม่ได้ใช้ไฟฟ้าจากแหล่งด้านนอก หากเกิดปัญหากรณีที่แหล่งไฟฟ้าหลักไม่สามารถจ่ายไฟมาให้ได้

2.3.1.2 โครงสร้างของ Data Center Tier IV

1.ระบบไฟฟ้า

ระบบไฟฟ้าสำหรับ Data Center Tier IV ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ดังนี้ [5] ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ระบบไฟฟ้าของ Data Center Tier IV [6]

1. Utility Power GRID คือ ระบบการจ่ายไฟฟ้าที่ดึงไฟฟ้ามาจาก Generator โดยวิ่งไปตาม GRID ที่วางไว้

2. Main Power Panel คือ ตู้ศูนย์กลางและเครื่องมือควบคุมในการกระจายไฟฟ้าไปยังโครงข่ายย่อย ๆ

Chulalongkorn University

3. Auto Transfer Switch คือ Switch ที่เลือกใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ ซึ่งถ้าไฟดับ หรือ ไฟตก Switch จะสับไปใช้งานแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองแทนแหล่งจ่ายไฟฟ้าหลัก และถ้าแหล่งจ่ายหลักกลับมาจ่ายไฟฟ้าได้ตามปกติ ก็จะสับกลับมาเป็นแบบเดิม

4. Back-up Generator คือ เครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรอง ที่ต่อเข้ากับ Auto Transfer Switch ผลิตไฟฟ้ามาจากการเติมเชื้อเพลิงด้วยน้ำมัน แก๊สธรรมชาติ หรือ โพรเพน เป็นส่วนใหญ่

5. Power Panel คือ ตู้จ่ายไฟที่กระจายตามส่วนต่าง ๆ รับไฟฟ้ามาจาก Main Power Panel เป็นหลัก

6. Maintenance Bypass Panel (MBP) คือ อุปกรณ์ที่ทำให้สามารถซ่อมบำรุงหรือเปลี่ยน Battery ของ Uninterruptible Power Supply (UPS) ได้ โดยการ Bypass ไม่ให้ไฟฟ้าวิ่งเข้าไปที่ Uninterruptible Power Supply (UPS)

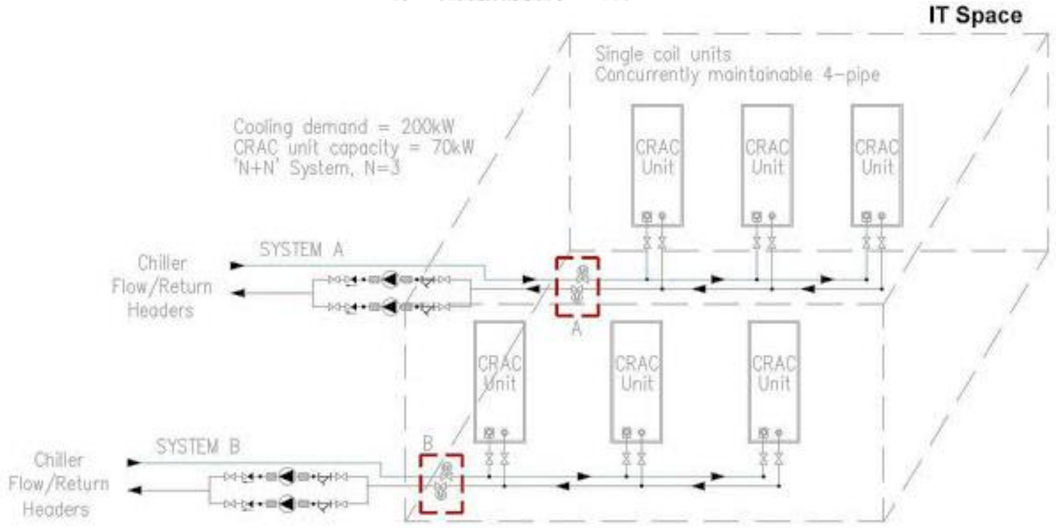
7. Uninterruptible Power Supply (UPS) คือ เครื่องสำรองพลังงานไฟฟ้าและปรับแรงดันไฟฟ้า เช่น DC แปลงเป็น AC หรือ AC แปลงเป็น DC

8. Power Distribution Unit (PDU) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เสมือน Breaker ชนิดหนึ่ง โดยเมื่อเกิดไฟฟ้าลัดวงจร หรือ Load ไฟฟ้าที่สูงเกิด ก็จะทำการตัดกระแสไฟฟ้า

9. Rack Power Distribution Unit คือ Breaker ที่อยู่ตาม Rack ทำงานกรณีที่กินกระแสมากเกินไป หรือ ไฟฟ้าลัดวงจร

2. ระบบปรับอากาศ

ในงานวิจัยฉบับนี้จะศึกษาเรื่องระบบปรับอากาศภายในห้อง Data Center Tier IV เป็นหลัก โดยจะประกอบไปด้วยชุดอุปกรณ์ทำความเย็นอย่างน้อย 2 ชุดแยกกัน เพื่อเป็นชุดสำรองในกรณีที่อีกชุดเสียหายและมีการสลับการทำงานกัน เพื่อป้องกันการทำงานของระบบปรับอากาศที่หนักเกินไป [5] ดังรูปที่ 2

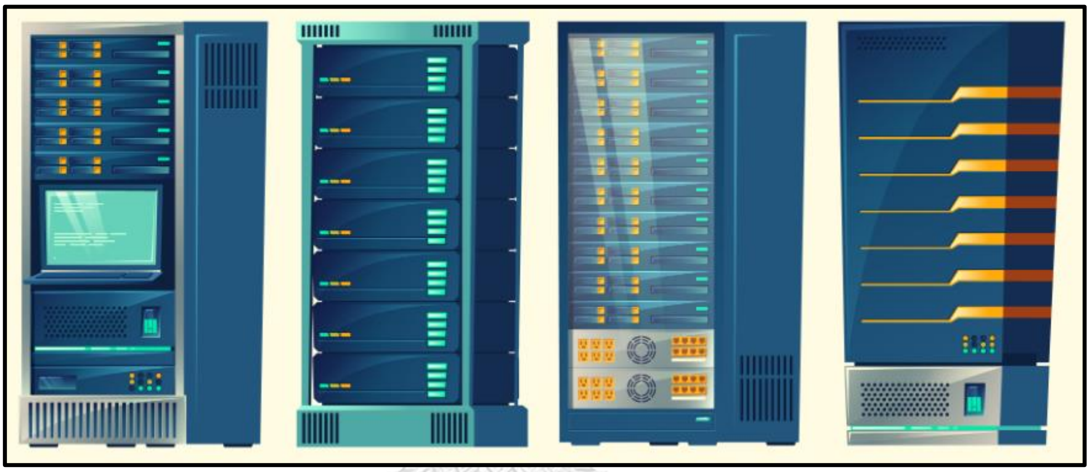


รูปที่ 2 ระบบปรับอากาศData Center Tier IV [7]

จากรูปที่ 2 จะเป็นระบบทำความเย็นด้วยด้วยเครื่องปรับอากาศซึ่งแยกออกเป็น 2 เส้น A และ B โดยทั้ง 2 เส้นจะทำงานสลับกันและพร้อมใช้งานเมื่อเกิดกรณีฉุกเฉิน โดยมีการทำงานที่แยกจากกันตามเงื่อนไขของ Data Center Tier IV หากเส้น A มีปัญหา จะสลับไปใช้เส้น B โดยอัตโนมัติด้วย

2.4 Rack Server

Rack server คือ เป็นตู้แร็คที่ใช้สำหรับจัดเก็บอุปกรณ์สื่อสาร หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ นิยมใช้ทำเป็น Server ของคอมพิวเตอร์ในองค์กร หรือหน่วยงานต่างๆ เนื่องจากตู้แร็คถูกออกแบบมาเพื่อให้ใช้งานได้ในพื้นที่ที่จำกัด สามารถจัดเก็บอุปกรณ์ได้อย่างเป็นระเบียบ ทำให้ง่ายต่อการใช้งานและบำรุงรักษาในภายหลัง นอกจากนี้ตู้แร็คยังถูกออกแบบมาเพื่อระบายอากาศภายในตู้ได้ดีกว่าตู้ทั่วไป จึงเหมาะแก่การนำมาทำเป็น Server อย่างยิ่ง [8] ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ตู้ Rack Server [9]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หลักการพิจารณาเลือก rack server [8]

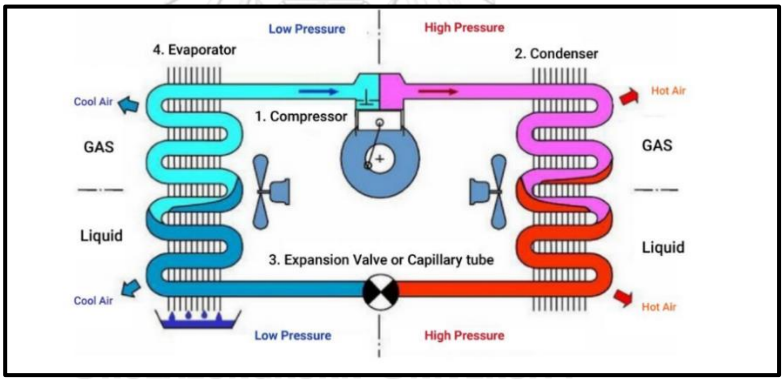
1. เป็นตู้ที่ออกแบบมาให้มีระบบระบายความร้อนที่ดี แม้ว่าในห้อง Server จะเป็นห้องที่มีการตั้งค่าแอร์เอาไว้อย่างดีแล้วก็ตาม แต่ถ้าตู้ rack ช่วยให้เครื่องระบายความร้อนได้ง่ายขึ้นกว่าเดิมอีกก็จะยิ่งดีขึ้นไปอีก

2. ตู้ต้องป้องกันฝุ่นและความชื้นได้ ฝุ่นกับความชื้นส่งผลต่อการทำงานของ Server ฉะนั้น ต้องดูเรื่องนี้ให้ดีด้วย

3. ออกแบบมาให้สามารถจัดวางได้อย่างเป็นระเบียบ การจัดวาง Server นั้นปัญหาอย่างหนึ่งที่เจอคือ เรื่องของสายไฟต่าง ๆ การจะเลือกตู้ rack ต้องพิจารณาส่วนนี้ด้วยว่ามีการออกแบบมารองรับการจัดวางสายและการสอดสายไฟอย่างเป็นระบบระเบียบหรือไม่ มีช่องพอสำหรับที่จะสอดสายหรือไม่ ซึ่งจะทำให้ติดตั้งเครื่องง่ายและดูแลรักษาได้ง่าย

2.5 ระบบการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศ คือ กระบวนการรักษาสภาวะอากาศโดยการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ความสะอาด การกระจายลมและเสียง ให้เกิดความรู้สึกสบายต่อผู้อยู่อาศัยและเพื่อให้เกิดสภาวะอากาศตามความต้องการการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศโดยทั่วไปต้องอาศัยสารทำความเย็นที่ไหลอยู่ในระบบท่อปิดโดยมีเครื่องอัดไอสารทำความเย็นหรือคอมเพรสเซอร์ ทำหน้าที่เพิ่มความดันให้แก่สารทำความเย็น ซึ่งเป็นไอให้มีความดันและอุณหภูมิสูงขึ้น (สูงกว่าอากาศภายนอก) แล้วระบายทิ้งที่แผงท่อระบายความ ร้อน (คอล์ยร้อนหรือคอนเดนเซอร์) ซึ่งติดตั้งอยู่ภายนอกห้อง โดยมีพัดลมทำหน้าที่เป่าระบายความร้อน ที่แผงระบายความร้อนนี้ สารทำความเย็นภายหลังผ่านคอล์ยร้อนจะมีสถานะเป็นของเหลวที่ความดันสูง จะไหลผ่านเข้าชุดลดความดัน ก่อนจะไหลเข้าไปยังแผงท่อทำความเย็น (คอล์ยเย็นหรือแฟนคอล์ย) ซึ่ง ติดตั้งอยู่ภายในห้อง สารทำความเย็นจะดูดความร้อนจากอากาศบริเวณโดยรอบของแผงท่อทำความ เย็นทำให้อากาศที่ไหลผ่านมีอุณหภูมิต่ำลงและถูกส่งผ่านลมเย็นโดยพัดลมที่ติดตั้งอยู่ที่แผงทำความเย็นไปสู่บริเวณห้อง ให้คุณหภูมิตามต้องการ สารทำความเย็นภายหลังผ่านทางแผงคอล์ย ทำความเย็นแล้วจะมีสถานะเป็นไอความดันต่ำก่อนจะไหลเข้าสู่เครื่องอัดไอสารทำความเย็น ทำให้เกิดการทำงานวัฏจักรไปเรื่อย ๆ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 วัฏจักรการทำความเย็นในระบบปรับอากาศ [10]

ประเทศไทยที่ตั้งอยู่ในเขตซึ่งมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ภายในอาคารจำเป็นต้องมีการปรับอากาศ เพื่อให้บุคลากรสามารถทำงาน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นที่ทราบกันดีว่าระบบปรับอากาศโดยการทำความเย็นมีการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่สูง ระบบปรับอากาศ ประกอบด้วยอุปกรณ์จำนวนมาก ซึ่งสามารถปรับปรุงเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น จะช่วยให้ประหยัดพลังงานและลดค่าใช้จ่ายลงและการใช้งานระบบปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถลดการใช้พลังงานลงได้

2.5.1 ระบบปรับอากาศ

โดยทั่วไปอากาศในบรรยากาศมีไอน้ำอยู่ด้วย เรียกว่า อากาศในสภาพบรรยากาศ (Atmospheric Air) ส่วนอากาศที่ไม่มีไอน้ำรวมอยู่ด้วยเลยเรียกว่า อากาศแห้ง (Dry Air) อากาศที่ความดันบรรยากาศปกติจะสมมติให้เป็นก๊าซอุดมคติ [11]

ระบบการปรับอากาศสำหรับศูนย์ข้อมูลคอมพิวเตอร์นั้นอุณหภูมิของอากาศจะเปลี่ยนแปลงไปไม่มากนัก ดังนั้นค่าความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่ของอากาศแห้ง (Cp) จึงคงที่ประมาณ 1.005 กิโลจูลต่อกิโลกรัมเคลวิน (kJ/kg K) และผลต่างของเอนทาลปีหาได้จากค่าความร้อนจำเพาะคูณกับผลต่างอุณหภูมิดังสมการ

$$\Delta h_{dryair} = C_p \Delta T \qquad (2.1)$$

ความดันบรรยากาศของอากาศปกติ P เป็นความดันของอากาศแห้ง P_p รวมกับความดันย่อยของไอน้ำ P_v หรือ

$$\mathrm{P} = \mathrm{P_p} + \mathrm{P_v} \qquad (2.2)$$

เนื่องจากปริมาณไอน้ำในอากาศมีปริมาณน้อย จึงทำให้ความดันไอน้ำต่ำ จึงสมมติว่า ไอน้ำในอากาศที่สภาพปกตินั้นเป็นก๊าซในอุดมคติเช่นกัน และเนื่องจากค่าเอนทาลปีของก๊าซอุดมคติจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเท่านั้น จึงทำให้ค่าเอนทาลปีของไอน้ำในอากาศขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศขณะนั้นเพียงอย่างเดียว และเท่ากับค่าเอนทาลปีของไอน้ำในสภาพไออิ่มตัวที่อุณหภูมิเดียวกัน [2]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

$$\mathrm{H_v(t)} = \mathrm{h_g(t)} \quad \text{เมื่อความดันต่ำ} \qquad (2.3)$$

2.5.2 ความชื้นสัมบูรณ์และความชื้นสัมพัทธ์

ปริมาณไอน้ำในอากาศทำให้อากาศมีความชื้นเพิ่มขึ้น การกำหนดค่าความชื้นของอากาศสามารถกำหนดได้สองแบบคือ การกำหนดค่าความชื้นสัมบูรณ์ (Absolute หรือ Specific Humidity) และค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) โดยค่าความชื้นสัมบูรณ์ ω เป็นอัตราส่วนของมวลของไอ น้ำในอากาศต่อมวลอากาศแห้งในขณะนั้น

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} \qquad (2.4)$$

ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของความดันได้เป็น

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} = \frac{P_v V/R_v T}{P_a V/R_v T} = \frac{P_v/R_v}{P_a/R_a} \quad (2.5)$$

หรือ

$$\omega = \frac{0.622P_v}{P_a} = \frac{0.622P_v}{P_a - P_v} \quad (2.6)$$

เมื่อปริมาณไอน้ำเพิ่มขึ้นค่าความชื้นสัมบูรณ์ของอากาศจะเพิ่มขึ้น ไม่ว่าอุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่อุณหภูมิคงที่อยู่ค่าหนึ่ง อากาศจะมีความสามารถรองรับไอน้ำที่ระเหยอยู่ในปริมาณหนึ่งเท่านั้น นั่นคือจะรับไอน้ำได้จนกระทั่งความดันของไอน้ำเท่ากับความดันของไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมินั้น และเมื่ออากาศรับไอน้ำจนกระทั่งไม่สามารถรับไอน้ำได้อีกต่อไป เรียกอากาศขณะนั้นว่า อากาศอิ่มตัว (Saturated Air) และอุณหภูมิที่ทำให้อากาศนั้นอิ่มตัวที่ความดันนั้น คืออุณหภูมิอิ่มตัวของไอน้ำ เรียกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew Point Temperature)

ค่าความชื้นบูรณ์ของอากาศบ่งบอกถึงปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศขณะนั้น ส่วนค่าความชื้นของอากาศที่นิยมวัดค่าสำหรับระบบปรับอากาศคือค่าความชื้นสัมพัทธ์ $\emptyset$ ซึ่งเป็นมวลไอน้ำในอากาศขณะนั้นต่อมวลไอน้ำสูงสุดที่อากาศสามารถรองรับได้ที่อุณภูมิเดียวกัน นั่นคือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$\emptyset = \frac{m_v}{m_g} = \frac{P_v V/R_v T}{P_g V/R_v T} = \frac{P_v}{P_g} \quad (2.7)$$

สามารถนิยามค่าความชื้นสัมพัทธ์ ให้เท่ากับอัตราส่วนของความดันไอขณะนั้นต่อความดันไออิ่มตัวที่อุณหภูมิเดียวกันได้ จากสมการที่ (2.6) และ (2.7) สามารถหาความสัมพันธ์ของค่าความชื้นสัมบูรณ์และความชื้นสัมพัทธ์ได้เป็น

$$\omega = \frac{0.622\emptyset P_g}{P - \emptyset P_g} \quad (2.8)$$

ค่าเอนทาลปีของอากาศปกติหาได้จากผลรวมของเอนทาลปีของอากาศแห้งกับเอนทาลปีของอากาศปกติหรือ

$$H = H_g + H_v = m_a h_a + m_v h_v \tag{2.9}$$

หรือ

$$h = H_g + \frac{m_v}{m_g} h_v \tag{2.10}$$

เมื่อ h คือ พลังงานต่อหน่วยมวลของอากาศแห้ง (kJ/kg-dry air) ซึ่งจากสมการที่ (2.10) สามารถเขียนได้เป็น

$$h = h_g + \omega h_v \tag{2.11}$$

2.5.3 ความร้อน

2.5.3.1 พลังงานความร้อน

พลังงานความร้อนเป็นผลมาจากความแตกต่างของระดับอุณหภูมิ ซึ่งสำหรับระบบตู้แร็คคอมพิวเตอร์จำเป็นต้องระบายพลังงานความร้อนที่ได้จากการทำงานของอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ออกไปสู่บรรยากาศภายนอก และโดยในทางกายภาพแล้ว พลังงานความร้อนในร่างกายของมนุษย์มีอิทธิพลอย่างมากต่อการรับรู้ความสบายของมนุษย์เอง

2.5.3.2 การถ่ายเทความร้อน

การถ่ายเทความร้อน คือการถ่ายทอดพลังงานความร้อนจากระบบที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังระบบที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ซึ่งขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ใช้ในการส่งผ่านความร้อน ปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าสู่ผนังแผ่นหนึ่งทะลุผ่านผิวด้านนอกของผนัง จะต้องเท่ากับพลังงานที่ถูกปลดปล่อยออกจากผิวด้านในหลังจากเวลาหนึ่งเวลาใดผ่านไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การถ่ายเทความร้อนสามารถเกิดขึ้นได้จริงในหลายกลไกซึ่งส่งเสริมระหว่างกัน จำแนกเป็น 3 ชนิดคือ การนำความร้อน (Conduction) การพาความร้อน (Convection) และการแผ่รังสี (Radiation) [12]

1) การนำความร้อน (Heat conduction) เป็นการส่งผ่านความร้อนจากอนุภาคหนึ่งไปยังอีกอนุภาคหนึ่ง ภายใต้ผลจากความแตกต่างของระดับอุณหภูมิ เกิดขึ้นได้ในทุกทิศทางของที่ว่าง และเกิดขึ้นเฉพาะระหว่างอนุภาคที่อยู่ติดกันโดยตรงเท่านั้น เกิดขึ้นได้ในวัตถุที่เป็นของแข็ง หรือในของเหลวที่อยู่นิ่งหรือก๊าซ

2) การพาความร้อน (Convection) เกิดจากการเคลื่อนที่ของตัวกลาง มีทิศทางการเคลื่อนที่ของความร้อนไปในทิศทางที่ทำให้เกิดการลดอุณหภูมิลง เช่นเดียวกับการนำความร้อน การไหลของความร้อนแบบการพาความร้อนนี้ อาจเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนสถานะของสสารด้วย เช่น การระเหย การควบแน่น เป็นต้น ส่วนกรณีการพาความร้อนโดยไม่มีการเปลี่ยนสถานะสามารถจำแนกออกได้ 2 แบบ คือ

2.1) การพาโดยอิสระ (free convection)

2.2) การพาโดยการบังคับ (forced Convection)

การพาความร้อนโดยอิสระเกิดขึ้นเมื่อมีการถ่ายเทความร้อนขึ้นด้วยตัวเอง เช่น ในกรณีของอากาศที่ไหลผ่านวัตถุที่มีความร้อนจะลอยตัวสูงขึ้นและเกิดการเคลื่อนที่ในที่สุด

การถ่ายเทความร้อนโดยการพาแบบบังคับ คือ ปรากฏการณ์ที่มีตัวช่วยในการหมุนเวียนอากาศ ซึ่งสามารถทำให้เกิดขึ้นได้โดยการใช้พัดลมสำหรับอากาศ หรือใช้ปั๊มสำหรับของเหลว เป็นต้น

กระบวนการถ่ายเทความร้อนที่ไม่เกี่ยวข้องกับวัสดุคือ การแผ่รังสีความร้อน ในกรณีนี้ความร้อนสามารถถูกส่งผ่านไปได้โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลางใด ๆ เช่นในที่ว่างเปล่า การแผ่รังสีความร้อนทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนพลังงานจากระบบที่ร้อนกว่าสู่ระบบที่เย็นกว่าเช่นเดียวกัน

รังสีความร้อนเปรียบได้กับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่ออกไป เป็นเส้นตรงและเป็นทรงกลม และเมื่อรังสีความร้อนตกกระทบพื้นที่ระหว่างวัตถุสองชิ้นก็อาจก่อให้เกิดการดูดกลืน การสะท้อนกลับหรือการส่งผ่านต่อไปยังวัตถุอื่น ๆ ได้

2.5.3.3 การถ่ายเทพลังงานความร้อนผ่านผนังหลายชั้น [13]

1) การแผ่รังสีความร้อน การพาความร้อน และการสะท้อนกลับของความร้อนที่พื้นผิวภายนอกของผนัง เมื่อผนังด้านหนึ่งของบ้านถูกรังสีจากดวงอาทิตย์ ผนังจะไม่รับเอาความร้อนทั้งหมดที่มาตกกระทบ แต่จะสะท้อนกลับออกไปส่วนหนึ่ง ปริมาณความร้อนส่วนที่ถูกสะท้อนกลับออกไปขึ้นอยู่กับสัมประสิทธิ์การดูดกลืนของพื้นผิวภายนอกของผนังนั้น

ภายใต้อิทธิพลของรังสีจากดวงอาทิตย์ พื้นผิวภายนอกของผนังจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงระดับอุณหภูมิค่าหนึ่ง กรณีที่อุณหภูมิดังกล่าวสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศโดยรอบ กระบวนการแผ่รังสีและการพา จะเกิดขึ้น ผนังจะคายความร้อนที่ดูดกลืนไว้แล้วออกมาส่วนหนึ่ง โดยความร้อนส่วนที่คงอยู่เท่านั้นที่จะผ่านเข้าสู่ตัวกลางที่อยู่ถัดเข้าไปภายในได้

2) การถ่ายเทความร้อนผ่านชั้นต่าง ๆ ของผนัง ความร้อนจะถูกส่งผ่านจากด้านนอกผ่านเข้าสู่ด้านในของผนัง โดยการนำความร้อนผ่านคอนกรีตและฉนวนชั้นต่าง ๆ หากผนังถูกก่อขึ้นจนมีความจุความร้อนมากขึ้นเท่าใด ระยะเวลาที่ความร้อนผ่านเข้ามาจากภายนอกจะยาวนานออกไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เท่านั้น และยิ่งชั้นของฉนวนความร้อนสกัดกั้นความร้อนได้ดีมากเท่าไร ปริมาณความร้อนที่ถูกปล่อยให้ผ่านเข้ามาต่อหน่วยเวลาก็จะต่ำลงเท่านั้น

2.5.3.4 คุณสมบัติของวัสดุที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน

ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ นอกจากจะได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมภายนอกแล้ว ยังขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุด้วย โดยคุณสมบัติที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน ได้แก่

1) ค่าสัมประสิทธิ์ในการถ่ายเทความร้อน (Thermal Conductivity - k) หมายถึง ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนของวัสดุใด ๆ หรือปริมาณความร้อนภายใต้สภาวะคงตัวที่ถ่ายเทผ่าน 1 หน่วยพื้นที่ของวัสดุที่มีความหนา 1 หน่วยใน 1 หน่วยเวลา โดยมีความแตกต่างของอุณหภูมิที่ผิววัสดุทั้ง 2 ด้าน 1 หน่วย มีหน่วยในระบบ SI เป็น (W/(m.K))

2) ค่าสัมประสิทธิ์การต้านทานความร้อน (Thermal Resistance/ R - Value) แสดงประสิทธิภาพในการเป็นฉนวนกันความร้อนของวัสดุ และเป็นส่วนกลับของสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนรวม มีหน่วยในระบบ SI เป็น (m^2. K/W)

$$R = 1/\,U \qquad (2.12)$$

โดยที่ R คือ ค่าการต้านทานความร้อน

3) ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (Overall Heat Transfer Coefficient/U – Value) หมายถึง ปริมาณความร้อนรวมที่ไหลเข้าสู่หรือไหลออกจากตัวตู้แร็คเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิดังนี้

$$U = 1/\sum R \qquad (2.13)$$

โดย ΣR คือ ผลรวม R-Value ของเปลือกตู้แร็ค

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4) ค่าความจุความร้อน (Heat Capacity) หมายถึง คุณสมบัติในการจุความร้อนของวัสดุ หรือปริมาณความร้อนที่ทำให้วัสดุ 1 หน่วยมวล มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 หน่วย มีหน่วยเป็น kJ/kg.K หรือ kJ/kg.^{o}C วัสดุที่มีค่าความจุความร้อนสูงจะมีความสามารถในการเก็บความร้อนได้มาก ทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนจากด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่งช้าลง ทำให้อุณหภูมิผิวของวัสดุที่มีค่าความจุความร้อนแตกต่างกันมีค่าต่างกัน

2.5.4 คุณสมบัติในการแผ่รังสีของพื้นผิววัสดุ (Surface Radiation)

รังสีความร้อนเป็นรังสีคลื่นยาวและมีพลังงานต่ำ เมื่อรังสีตกกระทบวัสดุใด ๆ จะมีการสะท้อนส่งผ่าน และดูดซึมไว้ในวัสดุนั้น วัสดุแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติในการสะท้อนรังสี ส่งผ่านรังสี และดูดซึมรังสีที่ตกกระทบผิววัสดุแตกต่างกัน [14]

2.5.5 คุณสมบัติของผิววัสดุซึ่งตอบสนองต่อการแผ่รังสีความร้อน มีประเด็นสำคัญต่อไปนี้ [14]

1) ความสามารถในการดูดกลืนรังสี (Absorptivity,α) จะขึ้นอยู่กับความเข้มของสีวัสดุกล่าวคือ วัสดุสีเข้มจะต้องดูดกลืนความร้อนสูง

2) ความสามารถในการสะท้อนรังสี (Reflectivity, ρ) วัสดุผิวเรียบและมันจะมีความสามารถในการสะท้อนความร้อนและแสงได้ดีกว่าวัสดุที่มีผิวหยาบและวัสดุธรรมชาติ

3) ความสามารถในการเปล่งรังสี (Emissivity, ε) คือความสามารถในการกระจายความร้อนของวัตถุ โดยการแผ่รังสีความร้อนหรือ Surface Emission ซึ่งขึ้นอยู่กับผิวของวัสดุ

4) ความสามารถในการดูดกลืนรังสี (Absorptivity, α) ความสามารถในการสะท้อนรังสี (Reflectivity, ρ) และค่าการส่งผ่านรังสี (Transmissivity, τ) แสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้ คือ

$\alpha + \rho + \tau = 1$

2.5.6 อิทธิพลมวลสารและการหน่วงเหนี่ยวความร้อน

วัสดุที่มีมวลสารต่างกันจะมีความสามารถในการกักเก็บความร้อนที่ต่างกัน วัสดุที่มีมวลสารมากและมีค่าความจุความร้อนสูง (Thermal Capacity) จะมีความสามารถในการกักเก็บความร้อนสูง ก่อให้เกิดการหน่วงเหนี่ยวความร้อน (Thermal Time Lag) ทำให้การคายความร้อนออกจากวัสดุในอัตราที่ช้ากว่า วัสดุที่มีมวลสารน้อย ในช่วงเวลากลางวัน วัสดุที่มีมวลสารมาก อาทิ ผนังตู้แร็คซึ่งเป็นโลหะค่อนข้างหนาและหนัก จะมีอุณหภูมิของวัสดุต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ทำให้ค่าความต่างของอุณหภูมิอากาศระหว่างภายในและภายนอกตู้แร็คมีค่าต่ำลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5.7 พลังงานความร้อน

ความร้อน (Heat) เป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งที่มีการถ่ายเทพลังงานจากระบบ, ขอบเขต หรือวัตถุหนึ่งไปอีกระบบ, ขอบเขต หรืออีกวัตถุหนึ่งโดยอาศัยความแตกต่างกันของอุณหภูมิ ความร้อนสามารถถ่ายเทพลังงานได้ 3 รูปแบบได้แก่ การนำความร้อน (Conduction), การพาความร้อน (Convection) และการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) นอกจากนี้ความร้อนที่วัตถุได้รับหรือดึง

ออกไปนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ความร้อนสัมผัส (Sensible heat) และ ความร้อนแฝง (Latent heat)

1.ความร้อนสัมผัส (Sensible heat)

สสารหรือวัตถุใด ๆ เมื่อได้รับความร้อนจนร้อนขึ้น หรือคลายความร้อนจนเย็นลงปริมาณความร้อนที่รับเข้าหรือคลายออก จะมีสัดส่วนโดยตรงกับมวลของสสารและอุณหภูมิของสสารที่เปลี่ยนไป เรียกว่า ความร้อนสัมผัส (Sensible heat)

2.ความร้อนแฝง (Latent heat)

ความร้อนแฝง (Latent heat) คือ ปริมาณความร้อนที่เข้าหรือออกจากสสารใด ๆ แล้วทำให้สสารดังกล่าวเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวหรือของเหลวเป็นไอ โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ เช่น ที่บรรยากาศปกติน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 0°C สามารถเปลี่ยนไปเป็น น้ำ อุณหภูมิ 0°C หรือ น้ำ เปลี่ยนไปเป็นไอน้ำ ที่ 100°C ซึ่งโดยทั่วไปเราเรียก ความร้อนเหล่านั้นว่า ความร้อน(แฝง)ในการหลอมละลาย และ ความร้อน(แฝง)ในการระเหย ตามลำดับ

2.5.7 การคำนวณอัตราการระบายความร้อนที่เครื่องปรับอากาศ

อัตราการระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศ คำนวณได้ดังแสดงในสมการ (2.14)

$$\dot{Q}_c = \dot{m}_a(h_{ra} - h_{sa}) \qquad (2.14)$$

โดยที่ $\dot{Q}_c$ = คืออัตราการระบายความร้อนที่เครื่องปรับอากาศ

$\dot{m}_c$ = อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ

$(h_{ra} - h_{sa})$ = ค่าการเปลี่ยนแปลงเอนทาลปีของอากาศเครื่องปรับอากาศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ คำนวณจากผลคูณของความหนาแน่นของอากาศกับอัตราการไหลเชิงปริมาตร

$$\dot{m}_a = \rho\dot{V}_a \qquad (2.15)$$

โดยอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ คำนวณจากผลคูณของความหนาแน่นของอากาศกับอัตราการไหลเชิงปริมาตร และอัตราการไหลเชิงปริมาตรหาได้จากพื้นที่หน้าตัดของการไหลกับความเร็วการไหลของอากาศ

$$\dot{V}_a = (A_c)(V_{air}) \qquad (2.16)$$

2.5.8 นิยามประสิทธิภาพหรือสัมประสิทธิ์สมรรถนะ

ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ COP (Coefficient of Performance) เป็นค่าอัตราส่วนระหว่างความสามารถในการทำความเย็น (หน่วยเป็น kW ของความร้อน) และกำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศในการทำความเย็น (หน่วยเป็น kW ของไฟฟ้า) [2] โดยค่า COP ตามสมการ

$$COP = \frac{\dot{Q}_C}{KW_{(A/C)}} \tag{2.17}$$

$\dot{Q}_c$ = ความสามารถในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ (kW.)

$KW_{(A/C)}$ = พิกัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (kW.)

2.5.9 ดัชนีการวัดผล Power Usage Effectiveness (PUE)

Power Usage Effectiveness (PUE) หรือประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ใช้เป็นมาตรฐานการชี้วัดความคุ้มค่าของการใช้พลังงานไฟฟ้าในดาต้าเซ็นเตอร์ คำนวณจากการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดในดาต้าเซ็นเตอร์ หารด้วยพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้โดยอุปกรณ์ไอทีโดยค่าต่ำเป็นค่าที่ดี

$$PUE = \frac{T(Total\ Facility\ Power)}{E\ (Total\ IT\ Load\ Power)} \tag{2.18}$$

T = พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดในดาต้าเซ็นเตอร์

E = พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้โดยอุปกรณ์ไอที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.6 ประเภทของระบบปรับอากาศ

การแบ่งประเภทของเครื่องปรับอากาศ ได้แก่ การแบ่งตามใช้งาน การระบายความร้อนของคอนเด็นซิ่ง ตามชนิดของคอมเพรสเซอร์และตามขนาด ซึ่งเป็นที่นิยมมากที่สุด [11]

2.6.1 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Spilt Type)

อุปกรณ์หลักของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (split type) นั้นมีอยู่ 4 องค์ประกอบ คือ

1. คอมเพรสเซอร์ (Compressor) เป็นหัวใจหลักของการทำงานในระบบอัดไอ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเพิ่มความดันของสารทำความเย็น ทำให้สารทำความเย็นสามารถไหลเวียนได้ครบวงจรของระบบอัด

2. คอยล์ร้อน (Condensing) คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะจากไอเป็นของเหลว โดยการใช้พัดลมดูดอากาศมาระบายความร้อนให้กับสารทำความเย็นในแผงคอยล์ร้อน

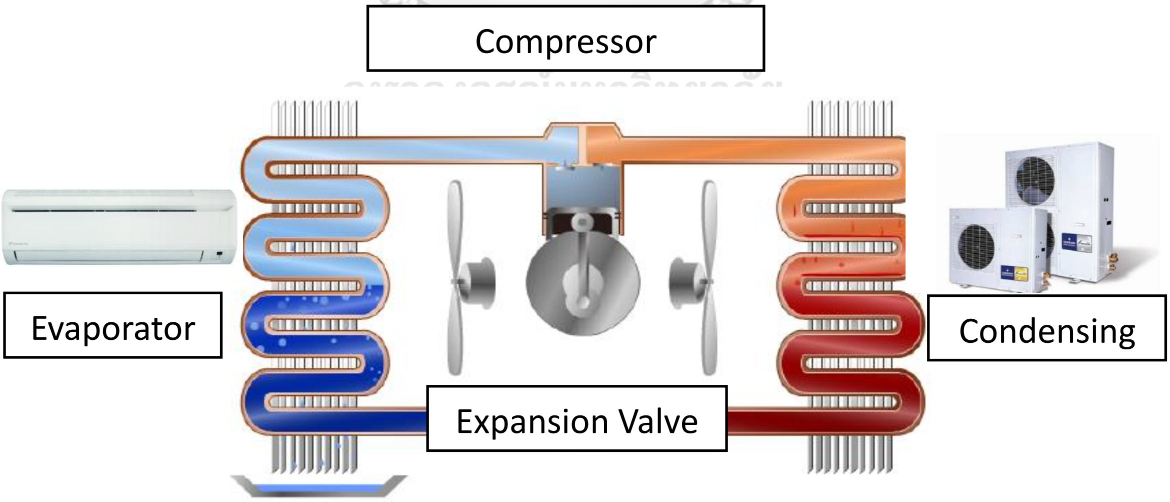
3.วาล์วลดความดัน (Expansion Valve) เป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่ลดความดันของสารทำความเย็นหลังจากผ่านคอยล์ร้อน ซึ่งทำให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะจากของเหลวความดันสูงเป็นของเหลวผสมไอ (Mixture หรือ 2-Phases) ที่มีความดันต่ำ

4. คอยล์เย็น (Evaporator) คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะจากของเหลวผสมไอ ให้กลายเป็นไออย่างสมบูรณ์ (ไออิ่มตัว) โดยการใช้พัดลมดูดอากาศจากภายในห้องปรับอากาศผ่านแผงคอยล์เย็น ซึ่งทำให้สารทำความเย็นรับความร้อนจากอากาศและเดือดกลายเป็นไอโดยอุปกรณ์ที่กล่าวมานั้นจะถูกแบ่งออก เป็น 2 ส่วนหลักๆ ก็คือ

1.คอยล์เย็น (Fan Coil Unit) จะเป็นส่วนที่อยู่ภายในห้องซึ่งภายในประกอบด้วยอีวาพอเรเตอร์ (Evaporator Coil) และอุปกรณ์ลดความดัน

2.คอยล์ร้อน (Condensing Unit) จะตั้งอยู่ภายนอกประกอบด้วยคอนเด็นเซอร์คอยล์ (Condensor Coil) และ คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ทั้งสองส่วนนี้จะต่อถึงกันโดยระบบท่อน้ำยา

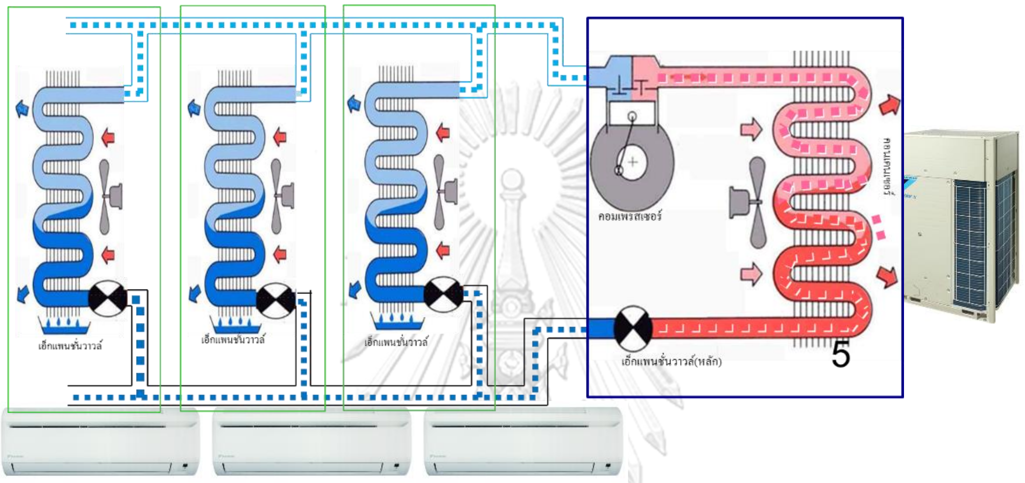
ดังนั้น เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน จะมี แฟนคอยล์ยูนิต 1 ชุด ต่อกับ คอนเด็นซิ่งยูนิต 1 ชุด ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

2.6.2 เครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (VRV/VRF)

ระบบ VRV (Variable Refrigerant Volume) หรือ ระบบ VRF (Variable Refrigerant Flow) เป็นระบบปรับอากาศที่มีลักษณะการทำงานซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงปริมาณสารทำความเย็นตามภาระโหลดของการทำความเย็นและจำนวนเครื่องปรับอากาศภายในที่ทำการติดตั้ง เป็นระบบเครื่องปรับอากาศในเชิงพาณิชย์ที่เหมาะในลักษณะการติดตั้งที่จำกัดด้วยพื้นทีติดตั้งคอยล์ร้อน (Outdoor unit) เนื่องจากคอยล์ร้อน 1 ตัว สามารถติดตั้งคอยล์เย็น (Indoor Unit) ได้หลายตัวและหลายชั้น ซึ่งคอยล์เย็นจะแยกการทำงานโดยอิสระ จึงสามารถควบคุมอุณหภูมิได้แม่นยำ ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์

2.7 ประเภทของเครื่องปรับอากาศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. แบบติดผนัง (Wall type)

เป็นเครื่องปรับอากาศที่มีรูปแบบเล็กกะทัดรัด เหมาะสำหรับห้องที่มีพื้นที่น้อย เช่น ห้องนอน ห้องรับแขกขนาดเล็ก

2. แบบฝังเพดาน (Built-in type)

เป็นเครื่องปรับอากาศที่เน้นความสวยงามโดยการซ่อน หรือฝังอยู่ใต้ฝ้าหรือเพดานห้อง เหมาะกับห้องที่ต้องการเน้นความสวยงาม โดยที่ต้องการให้เห็นเครื่องปรับอากาศน้อยที่สุด

3. แบบตู้ตั้ง (Package type)

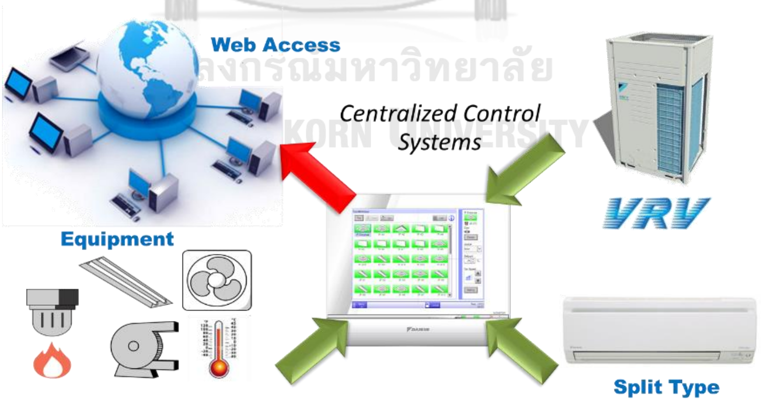
เป็นเครื่องปรับอากาศ ที่มีลักษณะคล้ายตู้ มีขนาดสูง และมีกำลังลมที่แรง

4. Air Handing Unit (AHU)

เครื่องส่งลมหรือเครื่องควบคุมอากาศ ส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็น กล่องโลหะ ภายในจะมีส่วนประกอบหลักคือ โบเวอร์หรือพัดลม คอยล์ ฟิลเตอร์ โดย AHU จะใช้กับระบบทำความเย็นขนาดใหญ่

2.8 ระบบควบคุมส่วนกลาง (Centralized Control)

การออกแบบระบบปรับอากาศให้เป็นระบบสั่งงานจากส่วนกลาง (Centralized Control) เพื่อให้เครื่องปรับอากาศทำงานสอดคล้องกันมาตรฐาน Data Center Tier IV หรือมาตรฐานด้านความปลอดภัยสารสนเทศ ISO 27001 เช่น สามารถตั้งเวลาเปิด-ปิดสลับการทำงาน หรือ ให้สอดคล้องกับเงื่อนไขการใช้งาน , หากอุณหภูมิการใช้งานอยู่ที่ 24 องศาเซลเซียส แต่เครื่องปรับอากาศที่ทำการเปิดอยู่สามารถทำอุณหภูมิได้เพียง 26 องศForeาเซลเซียส ระบบสั่งงานจากส่วนกลางจะใช้คำสั่ง Interlocking เพื่อให้เครื่องปรับอากาศอากาศอีกชุดที่ปิดอยู่เปิดใช้งานเพื่อให้สามารถทำอุณหภูมิห้องได้ตามเงื่อนไขการใช้งานจริง หรือ สามารถ Auto Re-Start ให้เครื่องปรับอากาศสามารถกลับมาทำงานได้เพียงในเวลา 10 นาที หากระบบไฟฟ้าเกิดการล่มขึ้นมาเป็นต้น ซึ่งระบบสั่งงานจากส่วนกลาง (Centralized Control) นี้ สามารถใช้ได้กับระบบปรับอากาศชนิด VRF/VRV และระบบปรับอากาศชนิด Split Type และยังสามารถส่งข้อมูล Error Code หรือปัญหาต่างๆ ไปยัง Web Access เพื่อให้ผู้ดูแลสามารถทราบถึงปัญหาของเครื่องปรับอากาศได้เช่นกัน ดังรูปที่ 7



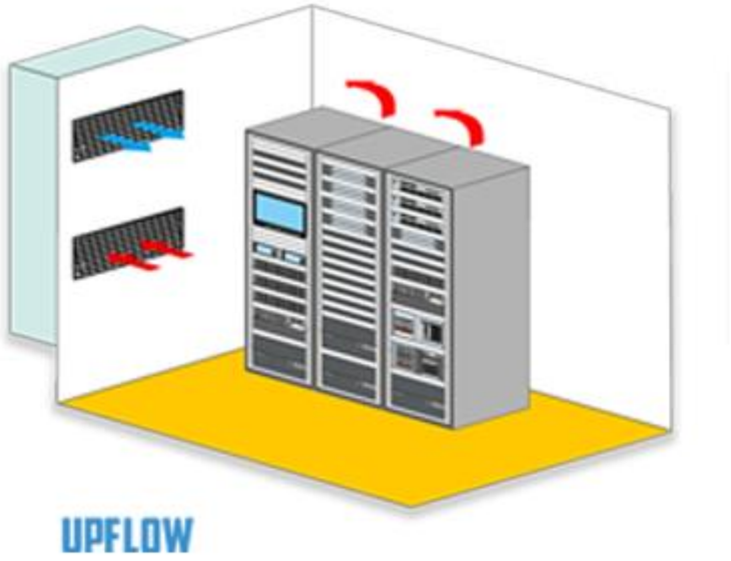
รูปที่ 7 ระบบควบคุมส่วนกลาง (Centralized Control)

2.9 การกระจายลมของระบบปรับอากาศ

การกระจายลมของระบบปรับอากาศ แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1. การกระจายลมเย็นจากด้านบน (Up Flow System) 2. การกระจายลมเย็นจากด้านล่าง (Down Flow System) [13]

2.9.1 การกระจายลมเย็นจากด้านบน (Up Flow System)

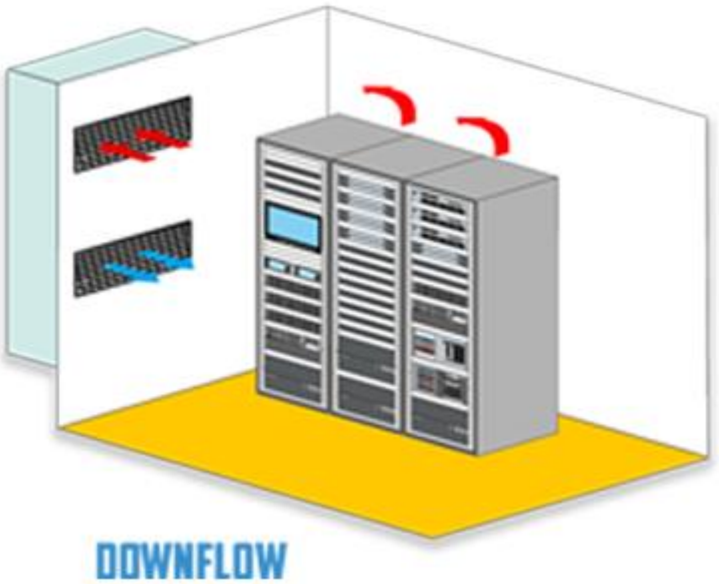
การออกแบบระบบปรับอากาศโดยใช้วิธีการกระจายลมเย็นจากด้านบนเป็นรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับห้องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก หรือห้องคอมพิวเตอร์ที่ไม่มีการติดตั้งพื้นยกระดับการไหลของอากาศ ลมเย็นจะไหลผ่านอุปกรณ์ภายในห้องและไหลกลับมาที่ตอนหน้าของเครื่องปรับอากาศ หรือ ท้ายเครื่องปรับอากาศ โดยสามารถออกแบบให้ลมเย็นเป่าได้อย่างอิสระ หรือไหลผ่านท่อส่งลม ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องปรับอากาศ และพื้นที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจะมีข้อจำกัดด้านความสูงของห้อง และ จำนวนอุปกรณ์เซิร์ฟเวอร์ที่ไม่มากนักดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 การออกแบบระบบปรับอากาศโดยใช้วิธีการกระจายลมเย็นจากด้านบน[15]

2.9.2 การกระจายลมเย็นจากด้านล่าง (Down Flow System)

การออกแบบระบบปรับอากาศโดยใช้วิธีการกระจายลมเย็นจากด้านล่างเป็นรูปแบบที่เหมาะสมกับห้องคอมพิวเตอร์ทั่วไป โดยลมเย็นจะถูกเป่าออกจากด้านล่าง ไหลผ่านอุปกรณ์ภายในห้อง และไหลกลับเข้าด้านบนของเครื่อง ส่วนช่องจ่ายลมเย็น หรือท่อลมจะเป่าผ่านพื้นยกด้านล่าง โดยลมเย็นจะไหลผ่านพื้นยกที่มีรูพรุน (Perforate Panel) หรือ ท่อส่งลม ซึ่งการจ่ายลมลักษณะนี้เหมาะกับห้องที่มีพื้นยกเท่านั้น [13] ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 การออกแบบระบบปรับอากาศโดยใช้วิธีการกระจายลมเย็นจากด้านล่าง[16]

2.10 ประสิทธิภาพการทำความเย็น (Energy Effective Ratio)

ประสิทธิภาพการทำความเย็น (Energy Efficiency Ratio : EER) หรืออัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ คือค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ เครื่องปรับอากาศที่มีค่า EER สูง หมายความว่าเครื่องปรับอากาศเครื่องนั้นมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานที่ดี

$$\mathrm{EER} = \frac{\mathrm{Output}}{\mathrm{Input}} = \frac{\mathrm{BTU/hr}}{\mathrm{Watt}} \tag{2.19}$$

เมื่อ

EER คือประสิทธิภาพการทำความเย็นมีหน่วยเป็น (Btu/hr.)/W

Output คืออัตราส่วนของความเย็นที่เครื่องปรับอากาศสามารถทำได้จริง

Input คือกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศนั้นต้องใช้ในการทำความเย็นนั้น

2.11 เครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์ที่ใช้ในการประเมินโครงการ

2.11.1 งวดเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) คือ ระยะเวลา (เป็นจำนวนปี /เดือน หรือวัน) ที่กระแส เงินสด รับจากโครงการ สามารถชดเชย กระแสเงินสดจ่าย ลงทุนสุทธิตอนเริ่มโครงการ พอดี

เนื่องจาก โครงการที่ขอ รับการสนับสนุน จะมีลักษณะการลงทุน เพียงครั้งเดียว ในปีแรก และให้ผลตอบแทน ที่เท่ากันทุกปี การหาค่า PB สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

ก. Static method

$$PB = \frac{Total\ Invertment}{Anual\ Energy\ Cost\ Saving} \tag{2.20}$$

ข. Dynamic method

งวดเวลาคืนทุน = จำนวนปีที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าศูนย์ (2.21)

ค่า PB ที่ได้จากทั้ง 2 วิธี จะมีความแตกต่างกัน โดยค่าจาก Static method จะให้งวดเวลาคืนทุน เร็วกว่า Dynamic method เนื่องจาก Dynamic method จะใช้การคำนวณค่า แบบสะสม จากมูลค่าปัจจุบัน ของ ต้นทุน พลังงานที่ประหยัดได้ ซึ่งคิดอัตราลดค่า (discount rate) ในการเลือก โครงการ ค่า PB จะแสดงให้เห็นว่า ต้องใช้เวลานาน เพียงใดในการได้ทุนคืน ถ้าสามารถได้ทุนคืนเร็ว โครงการ ก็จะน่าสนใจ วิธีดังกล่าว จะมีข้อเสีย ในการเลือกโครงการ คือ วิธีนี้จะไม่ให้ความสนใจ ถึงเงินเข้าสุทธิในส่วนที่ได้หลังจากช่วงเวลา คืนทุนแล้ว ซึ่งอาจจะมีผลตอบแทนภายหลังมากกว่าโครงการที่มี PB เร็วก็ได้

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บุญเลิศ เตียไพรัชกุล [12] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับสภาวะที่เหมาะสมของห้องคอมพิวเตอร์ กรณีศึกษา : ศูนย์คอมพิวเตอร์ธนาคารรัฐแห่งหนึ่ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาะวะที่เหมาะสม และ ปรับปรุงห้องคอมพิวเตอร์ ด้านการจัดพื้นที่และการติดตั้งอุปกรณ์ให้มีความถูกต้องและเป็นไปตามมาตรฐาน Tia -942 ซึ่งเป็นมาตรฐานการเก็บข้อมูลคอมพิวเตอร์ โดยศึกษาห้องคอมพิวเตอร์ที่มีสภาวะแตกต่างกันทั้งหมด 4 ห้อง โดยเลือกศึกษาทั้งหมด 4 ด้านดังนี้ ด้านโครงสร้างอาคาร ด้านระบบไฟฟ้า ด้านระบบปรับอากาศ และด้านอื่นๆ โดยผลการศึกษาพบว่า ห้อง A B C ไม่เข้าข่ายมาตรฐาน Tia -942 ในด้านพื้นยก ที่มีความสูงไม่เพียงพอ ทำให้การจ่ายลมเย็นของเครื่องปรับอากาศที่จ่ายจากใต้พื้นให้กับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ การจัดวางตู้คอมพิวเตอร์ไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ส่งผลให้ไม่สามารถจัดแบ่งช่องลมร้อนและช่องลมเย็นได้อย่างชัดเจน ทำให้การส่งลมเย็นไม่เป็นไปตามประสิทธิภาพ และในส่วนของห้อง C ระบบปรับอากาศไม่มีเครื่องปรับอากาศสำรองในลักษณะ N+1 และในส่วนของห้องปรับอากาศ D เป็นไปตามมาตรฐาน Tia -942

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สมชาย พานิชเจริญ [2] ทำการศึกษาเรื่อง การพัฒนาระบบระบายความร้อนของศูนย์ข้อมูลขนาดเล็ก โดยมุ่งเน้นพัฒนาระบบระบายความร้อนของศูนย์ข้อมูลสำหรับคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (CCRDC) โดยคาดหวังประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่สูงขึ้น อากาศเย็นที่จ่ายมาจากเครื่องปรับอากาศจะต้องเย็นและแห้งเพียงพอก่อนจะไหลเวียนผ่านแร็คคอมพิวเตอร์ ระบบ CCRDCที่เคลื่อนย้ายได้และเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ จะเหมาะสมกับสภาพอากาศร้อนชื้นอย่างประเทศไทย โดยได้พัฒนาต้นแบบ CCRDC และคัดเลือกเครื่องปรับอากาศที่มีจำหน่ายในท้องตลาดที่มีขนาดกำลังทำความเย็นที่เหมาะสมกับศูนย์คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก จากนั้นได้หาวิธีการบูรณาการศูนย์คอมพิวเตอร์กับเครื่องปรับอากาศเข้าด้วยกัน ความร้อนที่ได้รับจากแร็คคอมพิวเตอร์และยูพีเอสถูกจำลองโดยฮีทเตอร์ไฟฟ้าขนาดกำลังไฟฟ้า 810 วัตต์ นอกจากนี้ ระบบมีการติดตั้งอุปกรณ์วัด อาทิเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศที่ติดตั้งที่ด้านอากาศจ่ายและไหลกลับเครื่องปรับอากาศ และสำหรับวัดสภาพอากาศบรรยากาศ โพรบวัดความเร็วลม เครื่องวัดกำลังไฟฟ้าของฮีทเตอร์ คาดการณ์ว่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการทำความเย็นศูนย์คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กกะทัดรัดนี้จะน้อยกว่าที่ใช้สำหรับระบบแบบทั่วไปที่มีความสามารถในการเก็บข้อมูลเท่าเทียมกัน

กฤษฎา แก้วผุดผ่อง [5]ได้ทำการพัฒนาระบบตรวจวัดอุณหภูมิห้องเซิร์ฟเวอร์ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง โดยได้ทำการพัฒนาระบบตรวจวัดอุณหภูมิห้องเซิร์ฟเวอร์ของหอสมุดและคลังความรู้มหาวิทยาลัยมหิดลเป็นระบบที่ออกแบบสำหรับการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ อีกทั้งเป็นการเฝ้าระวัง และแจ้งเตือนข้อมูลการแสดงผลอุณหภูมิภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ที่มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้เนื่องจากที่ผ่านมาการตรวจสอบอุณหภูมิภายในห้องเซิร์ฟเวอร์จะทำได้ต่อเมื่อมีผู้ปฏิบัติงานอยู่ในบริเวณห้องเซิร์ฟเวอร์เท่านั้น หากผู้ปฏิบัติงานอยู่นอกสถานที่ เมื่ออุณหภูมิภายในห้องเซิร์ฟเวอร์มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทำให้ไม่ทราบข้อมูลในทันที หรือเกิดความไม่สะดวกในการตรวจสอบ ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการแก้ไขปัญหา การทำงานของระบบที่ได้พัฒนาขึ้นจะใช้เซนเซอร์ (Sensor) แบบ DHT11 ทำการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นที่ได้ส่งผ่านระบบเครือข่ายแบบไร้สายไปยังโปรแกรม Blynk บนโทรศัพท์มือถือ เพื่อแสดงผลอุณหภูมิและความชื้นที่วัดค่าได้แบบ Real time มีการจัดเก็บบันทึกค่าของอุณหภูมิที่วัดได้ในแต่ละช่วงเวลา โดยสามารถนำข้อมูลออกมาวิเคราะห์ได้ในภายหลังและหากพบว่าอุณหภูมิภายในห้องเซิร์ฟเวอร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ก็จะมีการแจ้งเตือนในทันทีไปยัง Line Notify ที่กำหนดไว้ดังนั้นการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง (Internet of Things) และเซนเซอร์ (Sensor) ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น มาประยุกต์ใช้ในการตรวจวัดและบันทึกข้อมูล จึงช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ปฏิบัติงานในการตรวจสอบได้สะดวกยิ่งขึ้น สามารถแก้ไขปัญหาได้ทันท่วงที ทำให้เกิดความปลอดภัย และลดความเสี่ยงในการเกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในห้องเซิร์ฟเวอร์

ยุทธนา ศรีผา [17] ทำการศึกษาเรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นเพลทแบบเชื่อมติดระบายความร้อนด้วยน้ำ โดยเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นเชื่อมติดระบายความร้อนด้วยน้ำเงื่อนไขภาระความร้อน 60 เปอร์เซ็นต์ และ 65 เปอร์เซ็นต์ของพิกัดภาระความร้อนของเครื่อง ปรับอุณหภูมิทดสอบคงที่ 25 องศาเซลเซียสและควบคุมอุณหภูมิภายนอกห้องทดสอบที่ 30 องศาเซลเซียส โดยปรับอัตราการไหลของน้ำผ่านชุดแลกเปลี่ยนความร้อนที่ 10 ลิตรต่อนาที 15 ลิตรต่อนาทีและ 20 ลิตรต่อนาทีตามลำดับ แล้วนำผลการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ (kW) ค่าความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) และค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ (Energy efficiency ratio, EER) ผลการทดลองพบว่าเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นเชื่อมติดระบายความร้อนด้วยน้ำมีค่าประสิทธิภาพสูงสุด ที่ภาระความร้อน 65 เปอร์เซ็นต์และอัตราการไหลของน้ำที่ 20 ลิตรต่อนาทีโดยค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (Energy efficiency ratio, EER)เฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศมีค่าเพิ่มขึ้น 43.57 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศที่ภาระความร้อนเท่ากัน

ศิริวรรณ ภิรมย์ฤทธิ์ และสุคนธ์ทิพย์ ทินาภรณ์ [18] ทำการศึกษาเรื่อง การออกแบบศูนย์ข้อมูลตามรูปแบบการใช้งานและขนาดขององค์กร โดยพบว่า ระบบปรับอากาศภายในสำหรับศูนย์ข้อมูล โดยเฉพาะส่วนห้องคอมพิวเตอร์ มักจะออกแบบให้ใช้ระบบปรับอากาศแบบควบคุมความชื้น (precision air condition system) ความร้อนที่เกิดจากการทำงานของอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์ส่งกำลังไฟฟ้า เป็นภาระความร้อนที่เรียกว่า ความร้อนสัมผัส (sensible heat) ซึ่งใช้เป็นส่วนสำคัญในการพิจารณาขนาดทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ที่ต้องควบคุมอุณหภูมิภายในศูนย์ข้อมูลให้คงที่ต่อเนื่องตลอดเวลาที่อุณหภูมิ 22 + 2% องศาเซลเซียส (Snevely, 2002) ปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่งคือ การหมุนเวียน และการกระจายลมภายในศูนย์ข้อมูล เพื่อเป็นการนำพาความร้อนจากแหล่งกำเนิดความร้อนต่างๆ ไปทำความเย็น และรักษาสภาวะอากาศภายในห้องให้อยู่ในระดับที่ต้องการ ซึ่งการออกแบบทาได้โดยหลายส่วนพร้อมกัน เช่น ภาพการออกแบบพื้นยกระดับที่ความสูงเพียงพอที่จะสามารถส่งผ่านลมเย็นจากเครื่องปรับอากาศไปยังแหล่งภาระความร้อนได้ทั่วถึงโดยพิจารณาถึงพื้นที่ว่างใต้พื้นยกเหนือการติดตั้งรางเดินสายไฟฟ้า หรือทางเดินสายคอมพิวเตอร์ พื้นยกควรสูงไม่น้อยกว่า 50 เซนติเมตร

Cisco [14] ได้กล่าวในคู่มือการวางแผนไซต์ Unified Computing System: พลังงานของศูนย์ข้อมูลและระบายความร้อน โดยพบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับอุปกรณ์ในศูนย์ข้อมูล (Data Center) คือ อุณหภูมิที่อุปกรณ์สามารถทำงานประสิทธิภาพดีที่สุดและสามารถประหยัดพลังงานสูงสุด ได้แก่ 18-27 องศาเซลเวียส และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 40% – 60% ระบบการ

หมุนเวียนของอากาศ (Air Flow) ของระบบปรับอากาศในศูนย์ข้อมูลที่เป็นแบบสามัญ หรือ Conventional method นั้นมีความสูญเสียมากหากต้องการอุณหภูมิต่ำ เนื่องจากต้องทำความเย็นกับพื้นที่ห้อง และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่อยู่ในห้อง โดยการทำความเย็นรูปแบบนี้จะก่อให้เกิดการผสมระหว่างลมร้อนกับลมเย็น ทำให้เกิดความสูญเสียในเรื่องการทำความเย็น ระบบปรับอากาศแบบแทรกในแถวแร็ค มีการกำหนดพื้นที่ลมร้อนลมเย็น (Hot aisle/ Cold aisle) เพื่อลดการผสมของลมร้อนกับลมเย็น (Air Mixing) โดยสามารถแก้ปัญหาลมร้อนไหลเข้าตู้แร็ค และยังสามารถลดขนาดเครื่องปรับอากาศให้เล็กลงได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่3 ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาเรื่อง รูปแบบที่เหมาะสมของระบบปรับอากาศภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ : กรณีศึกษา Appropriated Air Conditioning System in Server Room: A Case Study มีวัตถุประสงค์ในการวิจัยได้แก่ 1. เพื่อศึกษาการใช้พลังงาน และหารูปแบบที่เหมาะสมประเภทของระบบปรับอากาศให้สอดคล้องกับภาระความร้อนที่เกิดขึ้นและการใช้งานภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ 2. เพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมของเครื่องปรับอากาศให้สอดคล้องกับพื้นที่ติดตั้งและการใช้งาน 3. เพื่อวิเคราะห์ต้นทุน ค่าติดตั้ง ค่าดูแลรักษา และค่าไฟของเครื่องปรับอากาศทั้งสองประเภท เพื่อหาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ว่าควรเลือกติดตั้งเครื่องปรับอากาศประเภทใด 4. เพื่อตรวจสอบหลังการติดตั้งเครื่องปรับอากาศจริงว่าเป็นไปตามทฤษฎีที่คำนวณหรือไม่ และหาค่า EER. ของระบบปรับอากาศของห้องเซิร์ฟเวอร์ เพื่อให้การวิจัยบรรลุวัตถุประสงค์ของการศึกษาที่ตั้งไว้ ผู้วิจัยได้กำหนดระเบียบวิธีการวิจัยให้รายละเอียดยิ่งขึ้น ตั้งแต่การวางแผนการวิจัย การออกแบบการทดลอง วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ดังต่อไปนี้

3.1 กระบวนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการใช้พลังงาน และหารูปแบบที่เหมาะสมประเภทของระบบปรับอากาศให้สอดคล้องกับภาระความร้อนที่เกิดขึ้นและการใช้งานภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ โดยการศึกษารูปแบบที่เหมาะสมของเครื่องปรับอากาศให้สอดคล้องกับพื้นที่ติดตั้งและการใช้งาน และวิเคราะห์ต้นทุน ค่าติดตั้ง ค่าดูแลรักษา และค่าไฟของเครื่องปรับอากาศทั้งสองประเภท เพื่อหาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ว่าควรเลือกติดตั้งเครื่องปรับอากาศประเภทใด รวมไปถึงการตรวจสอบหลังการติดตั้งเครื่องปรับอากาศจริงว่าเป็นไปตามทฤษฎีที่คำนวณหรือไม่ และหาค่า EER. ของระบบปรับอากาศของห้องเซิร์ฟเวอร์ มีกระบวนการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

3.1.1 การเก็บรวมรวบข้อมูล โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลทั่วไป และแหล่งที่มาของความร้อนภายในห้อง อันประกอบด้วย

1) โครงสร้างพื้นฐานภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ และพื้นที่สำหรับปรับอากาศ โดยศึกษาวัสดุที่นำมาใช้เป็นโครงสร้างภายในห้อง Server

2) ข้อมูลโหลดภาระความร้อนของห้อง เช่น การนำความร้อนผ่านโครงสร้างด้านนอกอาคาร การนำความร้อนผ่านโครงสร้างด้านในอาคาร การแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ผ่านกระจกปริมาณความร้อนที่เกิดจากความส่องสว่าง ปริมาณความร้อนจากคน ปริมาณความร้อนจาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เครื่องมือและอุปกรณ์ การแทรกซึมของอากาศจากภายนอกห้องเข้าสู่ภายในห้อง และปริมาณความร้อนที่เกิดจากการหมุนเวียนของอากาศ เป็นต้น

3.1.2 ศึกษาระยะเวลาการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศภายในแต่ละวัน

3.1.3 ศึกษาการทำงานของ Rack Server ในแต่ละวัน

3.1.4 ศึกษาอุณหภูมิและความชื้นที่ห้องเซิร์ฟเวอร์ต้องการ (อุณหภูมิห้อง 20-22 °C และ 45-50 %RH)

3.1.5 การคำนวณ Cooling Load ให้สอดคล้องกับโครงสร้างสร้างพื้นฐานของห้อง ข้อมูลโหลดภาระความร้อนจากสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ทั้งภายในและภายนอกห้อง ตามหัวข้อ 3.1

3.1.6 การออกแบบระบบปรับอากาศให้สอดคล้องกับ Cooling Load ที่คำนวณได้ โดยเลือกขนาดของเครื่องปรับอากาศ จำนวนเครื่องปรับอากาศให้สอดคล้องกับพื้นที่ติดตั้ง และเป็นไปตามมาตรฐาน ความปลอดภัยสารสนเทศ ISO 27001 และ มาตรฐาน Data Center ระดับ Tier 4

3.1.7 การเปรียบเทียบระบบปรับอากาศระหว่างระบบปรับอากาศแบบ Split Type และระบบปรับอากาศแบบ VRV (Variable Refrigerant Volume) หรือ ระบบ VRF (Variable Refrigerant Flow) ว่าระบบปรับอากาศแบบใดเหมาะสมกับการใช้งานของห้องเซิร์ฟเวอร์ และสามารถประหยัดพลังงานได้มากที่สุด และเลือกประเภทของเครื่องปรับอากาศให้สอดคล้องกับการติดตั้ง

3.1.8 การวิเคราะห์ข้อมูล โดยจะคำนวณค่าการติดตั้ง ค่าเครื่องปรับอากาศ ค่าอัตราการใช้พลลังานรวมถึงค่าไฟฟ้า ของระบบปรับอากาศทั้งสองแบบ เพื่อนำไปคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ เช่น จุดคุ้มทุน ระยะเวลาคืนทุน เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจว่าควรเลือกใช้ระบบปรับอากาศแบบใดมากที่สุด

3.1.9 หลังจากการติดตั้งระบบปรับอากาศเสร็จสมบูรณ์จึงวัดค่าอุณหภูมิห้อง และความชื้นสัมพัทธ์ว่าและอัตราการใช้พลังงานว่าเป็นไปตามการออกแบบ และอยู่ในมาตรฐานความปลอดภัยสารสนเทศ ISO 27001 มาตรฐาน Data Center ระดับ Tier 4

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบและตรวจวัด

3.2.1 โปรแกรมคำนวณภาระการทำความเย็น (Heat Load Calculation)

โปรแกรมคำนวณภาระการทำความเย็น (Heat Load Calculation) เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับการคำนวณภาระการทำความเย็น โดยจำเป็นต้องใช้ข้อมูลพื้นฐานดังนี้ในการคำนวณ

1) ตำแหน่งและการวางตัวอาคารจากแบบสถาปัตยกรรม

2) โครงสร้างอาคารจากแบบสถาปัตยกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3) สภาวะการออกแบบภายนอก

4) สภาวะการออกแบบภายใน

5) รูปแบบการใช้งานของอาคาร หรือ ห้อง (จำเป็นจะต้องรู้ลักษณะการใช้งานของห้องนั้นๆ และจำนวนคนใช้งาน)

6) ไฟส่องสว่าง

7) รายการเครื่องมือและอุปกรณ์

8) การระบายอากาศและการรั่วซึมของอากาศ

3.2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดระบบปรับอากาศหลังการติดตั้ง

1) เครื่องตรวจวัดกำลังไฟฟ้า (Power Meter Logger) เป็นเครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ โดยค่าที่ตรวจวัดได้จะมีทั้งแรงดัน (Volt) กระแสไฟฟ้า (Amp) Power Factor และกำลังไฟฟ้า (kW) เหมาะสำหรับการตรวจวัดปัจจัยทางไฟฟ้าต่าง ๆ ของมอเตอร์ หม้อแปลงกำลังไฟฟ้า และเครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้า โดยไม่จำเป็นต้องปิดเครื่องเพื่อทำการตรวจวัด

2) เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดอัตราการไหลและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

3) เครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้น (Temperature and humidity recorder) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับ บันทึกข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นไว้ในเครื่องเดียวกัน ขนาดพกพา มีเซนเซอร์ที่ติดตั้งไว้ภายในตัวเครื่อง สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลโดยอัตโนมัติโดยใช้แบตเตอรี่ มีหน่วยความจำ ภายในตัวเครื่องเพื่อบันทึกอุณหภูมิ และความชื้น โดยสามารถดาวน์โหลด และดูการรายงานผลการตรวจสอบบันทึก สภาพอุณหภูมิและความชื้นผ่านการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ โดยใช้ซอฟแวร์ในการจัดการ เพื่อนำรายงานการบันทึกอุณหภูมิ ความชื้น มาวิเคราะห์หรือประเมินผลต่อได้

4) ตลับเมตร ใช้วัดขนาดความกว้างและความยาว หรือความสูงของอุปกรณ์

3.3 กระบวนการออกแบบ

ในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาการออกแบบระบบปรับอากาศของห้องเซิร์ฟเวอร์ซึ่งมีขนาดพื้นที่ 300 ตารางเมตร และบรรจุตู้ Rack Server จำนวน 63 ตู้ โดยออกแบบให้อยู่ในมาตรฐาน ISO 27001 และออกแบบระบบปรับอากาศภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ให้อยู่ในมาตรฐาน Data Center Tier IV ซึ่งในงานวิจัยนี้จะทำการเปรียบเทียบระบบปรับอากาศทั้งระบบ Split Type และ VRV/VRF ว่าระบบใดมีความเหมาะสมกับการใช้งานของห้องเซิร์ฟเวอร์ โดยการออกแบบระบบปรับอากาศให้สอดคล้องกับการใช้งานและภาระการทำความร้อน ซึ่งอยู่ในมาตรฐาน ISO 27001 หรือมาตรฐานสากลสำหรับระบบการจัดการความปลอดภัยของข้อมูล (Information Security Management Systems: ISMS) และออกแบบระบบปรับอากาศภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ให้อยู่ใน

มาตรฐาน Data Center Tier 4 และศึกษาหาประเภทเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมกับห้อง Server และมีการประหยัดพลังงานและค่าไฟมากกที่สุด รวมถึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ เช่น จุดคุ้มทุน และระยะเวลาคืนทุน เพื่อหาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ว่าควรเลือกติดตั้งเครื่องปรับอากาศประเภทใด

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลของระบบปรับอากาศหลังจากการออกแบบและติดตั้ง

ในการศึกษารูปแบบที่เหมาะสมของระบบปรับอากาศภายในห้องเซิร์ฟเวอร์นั้น ยังไม่มีเอกสารหรือตำราเล่มใดกล่าวมาก่อน แต่มีเพียงมาตรฐานการออกแบบ ระบบมาตรฐานด้านความปลอดภัยสารสนเทศ ISO 27001 และมาตรฐานการออกแบบ Data Center ซึ่งกล่าวถึงในหัวข้อที่ 2.2 และ 2.3 ตามลำดับ โดยหลังจากทำการคำนวณ ออกแบบ และเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับห้องเซิร์ฟเวอร์แล้ว จะต้องมีการพิจารณาและวัดผลว่าระบบปรับอากาศเป็นไปตามมาตรฐาน Data Center Tier IV และ ระบบมาตรฐานด้านความปลอดภัยสารสนเทศ ISO 27001 หรือไม่ ซึ่งปัจจัยที่จะทำการตรวจเช็คจะเป็นไปตามตารางที่ 1 และ ทำการหาค่า EER. หลังจากมีการใช้งานระบบปรับอากาศเรียบร้อย

ตารางที่ 1 *ปัจจัยตรวจสอบด้านระบบปรับอากาศ (อ้างอิงตามมาตรฐาน Data Center Tier IV และ ISO 27001)*

ปัจจัยตรวจสอบด้านระบบปรับอากาศ	มาตรฐาน Data Center Tier IV และ ISO 27001
1.ระบบปรับอากาศสามารถควบคุมอุณหภูมิห้องได้ที่ 20-25 องศาเซลเซียส	ผ่าน /ไม่ผ่าน
2.ระบบปรับอากาศสามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องไว้ที่ 40-55%	ผ่าน /ไม่ผ่าน
3.เครื่องปรับอากาศภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ ต้องแยกจากระบบปรับอากาศส่วนอื่น	ผ่าน /ไม่ผ่าน
4.ระบบปรับอากาศสามารถทำงานได้ 24 ชั่วโมง โดยมีการเปิด-ปิด สลับการทำงานกัน	ผ่าน /ไม่ผ่าน
5.มีระบบปรับอากาศสำรองภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ โดยติดตั้งแบบ Fully Redundant (2N+1)	ผ่าน /ไม่ผ่าน
6.มีระบบไฟฟ้าสำรองสำหรับระบบปรับอากาศโดยเฉพาะ	ผ่าน /ไม่ผ่าน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่4 ผลการวิจัย

การศึกษาเรื่อง รูปแบบที่เหมาะสมของระบบปรับอากาศภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ : กรณีศึกษา Appropriated Air Conditioning System in Server Room: A Case Study มีวัตถุประสงค์ในการวิจัยได้แก่ 1. เพื่อศึกษาการใช้พลังงาน และหารูปแบบที่เหมาะสมประเภทของระบบปรับอากาศให้สอดคล้องกับภาระความร้อนที่เกิดขึ้นและการใช้งานภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ 2. เพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมของเครื่องปรับอากาศให้สอดคล้องกับพื้นที่ติดตั้งและการใช้งาน 3. เพื่อวิเคราะห์ต้นทุน ค่าติดตั้ง ค่าดูแลรักษา และค่าไฟของเครื่องปรับอากาศทั้งสองประเภท เพื่อหาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ว่าควรเลือกติดตั้งเครื่องปรับอากาศประเภทใด 4. เพื่อตรวจสอบหลังการติดตั้งเครื่องปรับอากาศจริงว่าเป็นไปตามทฤษฎีที่คำนวณหรือไม่ และหาค่า EER. ของระบบปรับอากาศของห้องเซิร์ฟเวอร์ และจากการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนในบทที่ 3 คือการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ เช่นข้อมูลพื้นฐานของห้อง Server และเงื่อนไขการใช้งานของห้อง Server แล้วนำไปคำนวณ Heat Load ผ่านโปรแกรม Heat Load Calculation เพื่อคำนวณ Heat Load ที่เกิดขึ้นภายในห้องนี้ โดยใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการเลือกขนาดของเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมกับการใช้งาน และวิเคราะห์ความคุ้มค่า โดยมีผลการคำนวณและวิเคราะห์ดังนี้

4.1 การคำนวณ Heat Load ผ่านโปรแกรม Heat Load Calculation

4.2 การเปรียบเทียบการเลือกระบบปรับอากาศและเครื่องปรับอากาศระหว่างระบบปรับอากาศ Sprit Type และ Variable Refrigerant Flow (VRF)

4.3 การคิดค่าไฟระบบปรับอากาศประเภท Split type

4.4 การออกแบบระบบปรับอากาศประเภท Variable Refrigerant Flow (VRF)

4.5 การคิดค่าไฟระบบปรับอากาศประเภท VRF

4.6 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายสำหรับเครื่องปรับอากาศประเภท Split Type และเครื่องปรับอากาศประเภท VRF

4.7 งวดเวลาคืนทุน (Payback Period)

4.8 ผลการทดสอบเครื่องปรับอากาศหลังการติดตั้งและใช้งาน

4.9 อภิปรายผลการวิจัย

4.1 การคำนวณ Heat Load ผ่านโปรแกรม Heat Load Calculation

4.1.1 โครงสร้างพื้นฐานของห้อง Server เพื่อใช้ในการคำนวณ Heat Load

1) ขนาดของห้อง Server: 320 ตารางเมตร ขนาด 16 × 20 × 3 เมตร (กว้าง×ยาว×สูง)

2) ผนังห้องภายในเป็น EPS Panel ซึ่งวัสดุเสริมภายนอกด้วยปูนฉาบกับอิฐมอญ

3) ฝ้าเพดาน ประกอบด้วย คอนกรีต เสริมเหล็ก และ ฝ้า EPS

4) ไฟฟ้าสำหรับส่องสว่าง 20 W/m^2

5) อุณหภูมิห้อง 24°C ความชื้นสัมพัทธ์ 50%

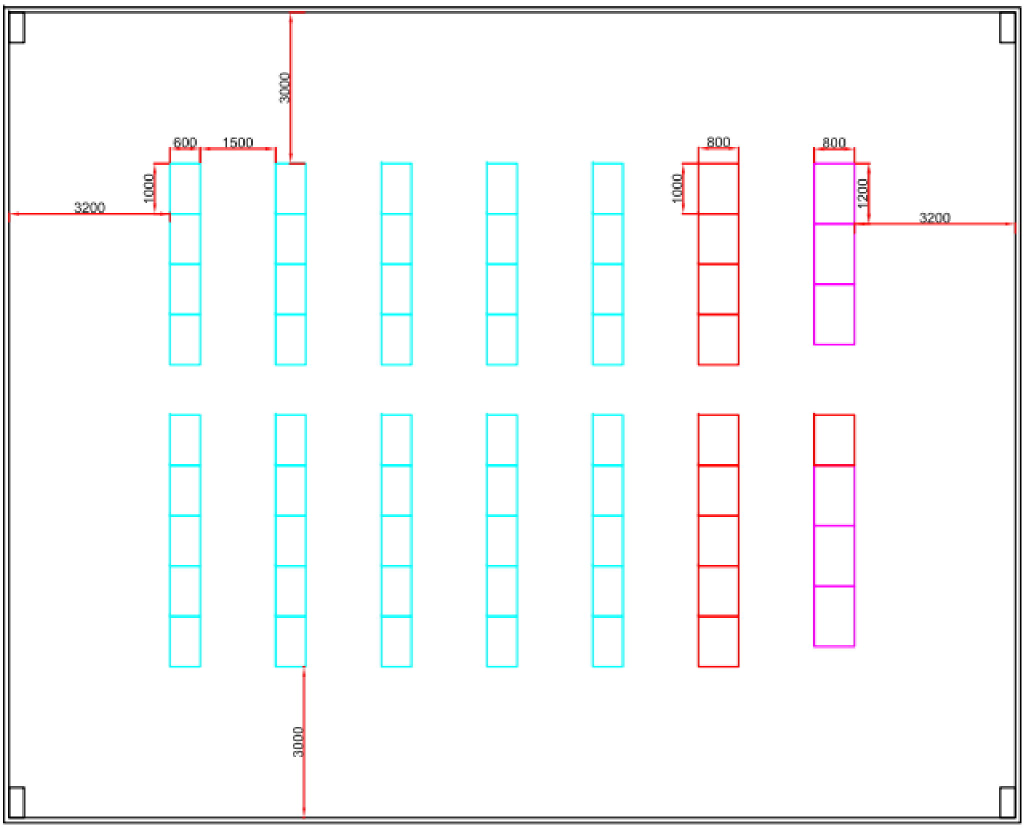
6) จำนวน Rack Server ซึ่งมี Sensible Heat อยู่ที่ 214,000 W. หรือเท่ากับ 214 kW. ได้แก่

6.1) Rack 42U ขนาด 60 × 100 จำนวน 45 ตู้

6.2) Rack 42U ขนาด 80 × 100 จำนวน 10 ตู้

6.3) Rack 42U ขนาด 80 × 120 จำนวน 8 ตู้

ซึ่งมีตำแหน่งการวาง Rack Server ดังแสดงดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 ตำแหน่งการวางตู้ Rack Server ภายในห้องเซิร์ฟเวอร์

จากรูปที่ 10 แสดงตำแหน่งการวางตู้ Rack Server ภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ จะเห็นว่าตู้ Rack Server มีการวางตำแหน่งโดยมีระยะห่างจากผนังด้านข้าง 3200 มิลลิเมตร หรือ 3.2 เมตร และ มีการวางตำแหน่งโดยมีระยะห่างจากผนังด้านข้าง 3000 มิลลิเมตร หรือ 3 เมตร และมีการระยะห่างระหว่างตู้ Rack Server แต่ละแถว 1500 มิลลิเมตร หรือ 1.5 เมตร ซึ่งตู้ Rack เหล่านี้มีการระบายลมร้อนออกทางด้านบนของตู้ ซึ่งมีการใช้พื้นที่สำหรับติดตั้งตู้ Rack รวม 42.68 ตารางเมตร โดยห้องเซิร์ฟเวอร์กรณีศึกษาแห่งนี้ มีอัตราส่วน พื้นที่ว่างภายในห้อง : พื้นที่วางตู้ Rack เท่ากับ 277.32 : 42.68 หรือ เท่ากับ 6.5 : 1

4.1.2 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

ก่อนที่จะคำนวณค่า Heat Load ผ่านโปรแกรม Heat Load Calculation จำเป็นมีต้องคำนวณเพื่อทราบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุก่อน ดังตารางที่ 4.1 ถึงตารางที่ 4.2

4.1.2.1 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนัง

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนัง หรือ ค่าปริมาณความร้อนที่ไหลผ่านเข้ามาในส่วนหนึ่งของอาคารผ่านทางผนัง โดยที่อุณหภูมิอากาศของทั้งสองด้านแตกต่างกัน ซึ่งผนังของอาคารแห่งนี้ประกอบไปด้วย ปูนฉาบ อิฐมอญไม่ฉาบ ช่องว่างอากาศ ซึ่งสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนัง ได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 *ตารางการแสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนัง*

ผนังก่ออิฐครึ่งแผ่น มีช่องว่างอากาศกั้นด้วย EPS	K W/m.K	**ความหนา (X)** (m.)	R=X/K Sq.m K/W	R Sq.m K/W
Ro				0.044
ปูนฉาบ (ซีเมนต์ผสมทราย)	0.720	0.015	0.021	0.021
อิฐมอญไม่ฉาบ	0.473	0.07	0.148	0.148
ปูนฉาบ (ซีเมนต์ผสมทราย)	0.720	0.015	0.021	0.021
ช่องว่างอากาศ				0.458
EPS	0.068	0.1	1.471	1.471
Ri				0.120
RT				1.973
U=1/R (W/Sq.m K)				0.507

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อ

R_o คือ ค่าความต้านความร้อนของผนังด้านนอกอาคาร

R_i คือ ค่าความต้านทานความร้อนของผนังด้านในอาคาร

R_T คือ ค่าความต้านทานรวมของผนัง

U_T คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนัง

จากตารางที่ 4.1 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนัง พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (Heat transfer coefficient ; U value) เท่ากับ 0.507 W/Sq.mK

4.1.2.2 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของฝ้าเพดาน

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของฝ้าเพดาน หรือ ค่าปริมาณความร้อนที่ไหลผ่านเข้ามาในส่วนหนึ่งของอาคารผ่านทางฝ้าเพดาน โดยที่อุณหภูมิอากาศของทั้งสองด้านแตกต่างกัน ซึ่งผฝ้าเพดานของอาคารแห่งนี้ประกอบไปด้วย คอนกรีตเสริมเหล็ก ช่องว่างอากาศ ซึ่งสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของฝ้าเพดาน ได้ดังตารางที่4.2

ตารางที่ 3 *ตารางแสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของฝ้าเพดาน*

พื้นคอนกรีตมีฝ้า	K	**ความหนา (X)**	R=X/K	R
	W/m.K	(m.)	Sq.m K/W	Sq.m K/W
Ro				0.162
คอนกรีตเสริมเหล็ก	1.442	0.1	0.069	0.069
ช่องว่างอากาศ				0.458
EPS	0.0339	0.1	2.950	2.950
Ri				0.162
RT				3.801
UT=1/RT (W/Sq.m K)				**0.263**

เมื่อ

R_o คือ ค่าความต้านความร้อนของฝ้าเพดานด้านนอกอาคาร

R_i คือ ค่าความต้านทานความร้อนของฝ้าเพดานด้านในอาคาร

R_T คือ ค่าความต้านทานรวมของฝ้าเพดาน

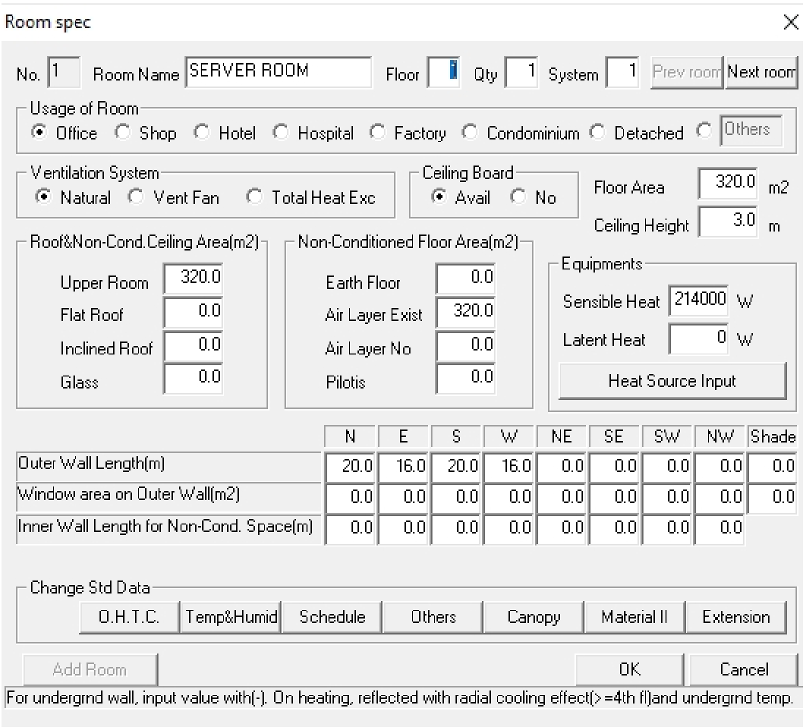
U_T คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของฝ้าเพดาน

จากตารางที่ 4.2 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของฝ้าเพดาน พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (Heat transfer coefficient ; U value) เท่ากับ 0.263 W/Sq.m K.

4.1.3 การคำนวณ Heat Load ผ่านโปรแกรม Heat Load Calculation

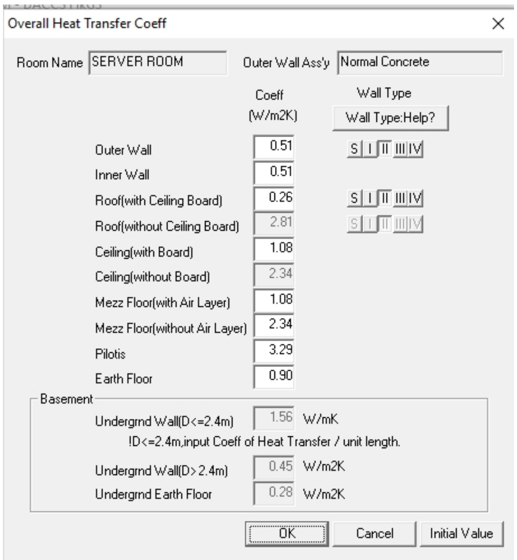
เมื่อมีข้อมูลพื้นฐานของโครงสร้างห้อง Server และ ทราบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนแล้ว จึงนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์หาค่า Heat Load เพื่อคำนวณหาขนาดของเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสม ซึ่งมีขั้นตอนการวิเคราะห์ Heat Load ผ่าน โปรแกรม Heat Load Calculation ดังนี้

1) กรอกข้อมูลพื้นฐานของโครงสร้างห้อง Server เช่น ขนาดห้อง ความสูง โหลดความร้อนของตู้ Rack เป็นต้น ดังรูปที่ 4.1



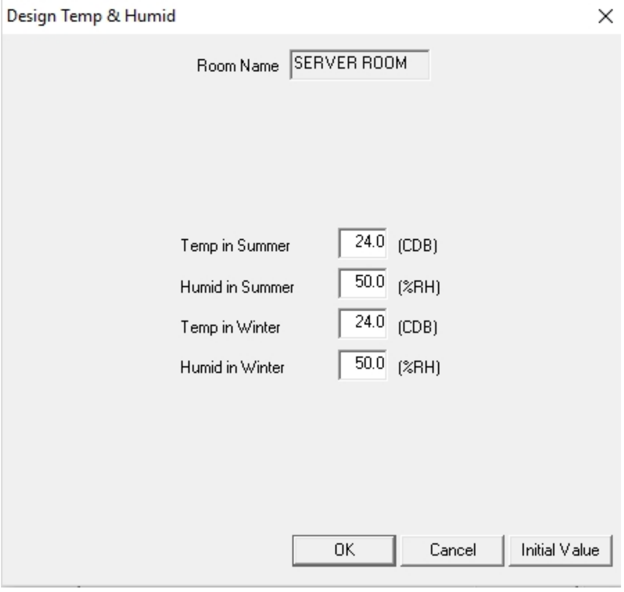
รูปที่ 11 ขั้นตอนการกรอก Room Specification ผ่านโปรแกรม Heat Load Calculation

2) กรอกค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากผนัง เพดาน และพื้น จากที่คำนวณข้างต้น เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ Heat Load ต่อไป ดังภาพที่ 4.2



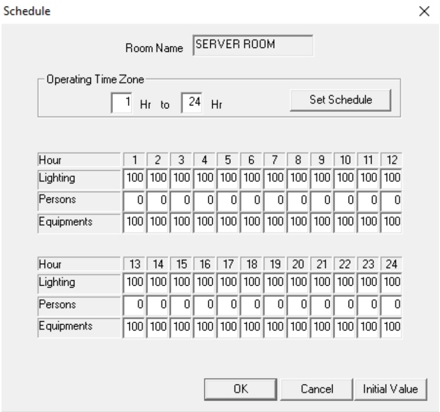
รูปที่ 12 ขั้นตอนการกรอก Overall Heat Transfer Coefficient ผ่านโปรแกรม Heat Load Calculation

3) กรอกข้อมูลอุณหภูมิห้อง และความชื้นสัมพัทธ์ของห้อง ดังภาพที่ 4.3



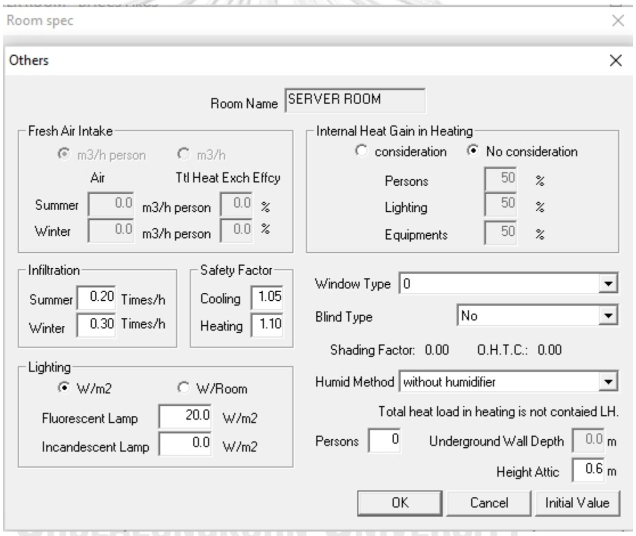
รูปที่ 13 ขั้นตอนการกรอก Design Temperature and Humidity ผ่านโปรแกรม Heat Load Calculation

4) กรอกข้อมูลเวลาใช้งานของห้อง Server ซึ่งจากรูปที่แสดงด้านล่างจะเห็นว่าภายในห้องนี้ความมีโหลดร้อนจากไฟฟ้าส่องสว่าง มีการเปิดไฟตลอดการใช้งาน 24 ชั่วโมง, โหลดความร้อนจากคนไม่นำมาคำนวณ เนื่องจากห้อง Server มักจะไม่มีคนเข้ามาใช้งาน และ โหลดความร้อนจาก Rack จะเกิดขึ้นอยู่ตลอด 24 ชั่วโมงเช่นกัน ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 14 ขั้นตอนการกรอก Schedule ผ่านโปรแกรม Heat Load Calculation

5) กรอกข้อมูลอื่น ๆ เพื่อใช้สำหรับการคำนวณ Heat Load เช่น ประเภทของหน้าต่าง , โหลดจากความร้อนส่องสว่าง , โหลดความร้อนจากอุปกรณ์ เป็นต้น ดังภาพที่ 4.5



รูปที่ 15 ขั้นตอนการกรอกข้อมูลในหน้า Others ผ่านโปรแกรม Heat Load Calculation

6) เมื่อกรอกข้อมูลทั้งหมดครบตามขั้นตอนด้านบน จะได้ Heat Load ที่เกิดขึ้นในทุกชั่วโมงของวัน และนำข้อมูลดังต่อไปนี้ ไปออกแบบ และเลือกเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมกับโหลดที่เกิดขึ้น ดังตารางที่ 4 และตารางที่ 5 และรูปที่ 15

ตารางที่ 4 ตารางแสดงค่า Heat Load ในแต่ละช่วงเวลาของวัน

Table of room heat load

Room name	Floor	System	Rooms	Usage	Fl area(m2)	Height(m)	No of person	F/A volume(m3/h)
SERVER ROOM	1	1	1	Office	320.0	3.0	0	Summer 0.0/Winter 0.0

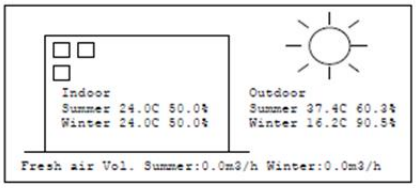
[Cooling load] Condition of indoor design temprature & humidity: 24.0(CDB) 50.0(%RH) [W]

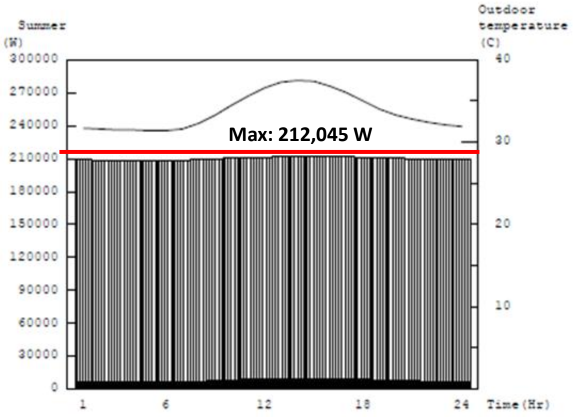
Time	F/A cond.		Outer Wall	Roof & Ceiling	Inner Wall	Floor	Window	Infiltration		Human body		Light -ing	Equipments		Indoor heat		Fresh air	Total Heat Load
	CDB	%RH						SH	LH	SH	LH		SH	LH	SH	LH		
1	31.7	88.8	1076	1064	0	1064	0	488	2764	0	0	7424	195000	0	206116	2764	0	208880
2	31.6	89.3	1024	1051	0	1051	0	482	2764	0	0	7424	195000	0	206032	2764	0	208796
3	31.5	89.8	990	1037	0	1037	0	475	2764	0	0	7424	195000	0	205963	2764	0	208727
4	31.5	89.8	964	1037	0	1037	0	475	2764	0	0	7424	195000	0	205937	2764	0	208701
5	31.4	90.3	952	1023	0	1023	0	469	2764	0	0	7424	195000	0	205891	2764	0	208655
6	31.4	90.3	940	1023	0	1023	0	469	2764	0	0	7424	195000	0	205879	2764	0	208643
7	31.6	89.3	982	1051	0	1051	0	482	2764	0	0	7424	195000	0	205990	2764	0	208754
8	32.3	85.9	1208	1147	0	1147	0	526	2767	0	0	7424	195000	0	206452	2767	0	209219
9	33.3	80.9	1485	1286	0	1286	0	589	2751	0	0	7424	195000	0	207070	2751	0	209821
10	34.5	74.8	1763	1452	0	1452	0	665	2700	0	0	7424	195000	0	207756	2700	0	210456
11	35.6	69.1	2019	1604	0	1604	0	735	2621	0	0	7424	195000	0	208386	2621	0	211007
12	36.6	64.2	2216	1742	0	1742	0	798	2541	0	0	7424	195000	0	208922	2541	0	211463
13	37.3	60.6	2354	1839	0	1839	0	843	2460	0	0	7424	195000	0	209299	2460	0	211759
14	37.5	59.7	2487	1866	0	1866	0	855	2444	0	0	7424	195000	0	209498	2444	0	211942
*15	37.4	60.3	2605	1852	0	1852	0	849	2463	0	0	7424	195000	0	209582	2463	0	212045
16	36.8	63.3	2657	1769	0	1769	0	811	2529	0	0	7424	195000	0	209430	2529	0	211959
17	36.0	67.4	2630	1659	0	1659	0	760	2609	0	0	7424	195000	0	209132	2609	0	211741
18	35.0	72.2	2502	1521	0	1521	0	697	2668	0	0	7424	195000	0	208665	2668	0	211333
19	34.0	77.2	2252	1382	0	1382	0	634	2717	0	0	7424	195000	0	208074	2717	0	210791
20	33.3	80.9	1901	1286	0	1286	0	589	2751	0	0	7424	195000	0	207486	2751	0	210237
21	32.8	83.2	1615	1217	0	1217	0	558	2751	0	0	7424	195000	0	207031	2751	0	209782
22	32.4	85.4	1411	1161	0	1161	0	532	2767	0	0	7424	195000	0	206689	2767	0	209456
23	32.1	86.8	1259	1120	0	1120	0	513	2764	0	0	7424	195000	0	206436	2764	0	209200
24	31.9	87.8	1157	1092	0	1092	0	501	2764	0	0	7424	195000	0	206266	2764	0	209030

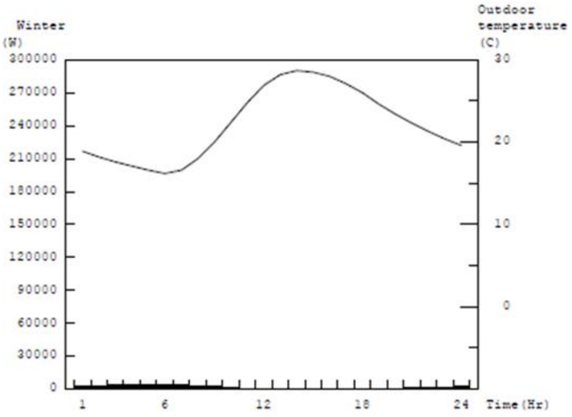
F/A : Fresh air
SH : Sensible heat
LH : Latent heat

Heat load graph

Room name	Floor	System	Rooms	Usage	Fl area(m2)	Height(m)	No of person
SERVER ROOM	1	1	1	Office	320.0	3.0	0







[Detail]

(W)	Time	Outer wall	Roof & Ceiling	Inner wall	Floor	Window	Infiltration		Human body		Light -ing	Equipments		Fresh air	Total heat load	Selected heat load
							SH	LH	SH	LH		SH	LH			
Summer	15	2605	1852	0	1852	0	849	2463	0	0	7424	195000	0	0	212045	222647
Winter	6	1094	1078	0	1078	0	815	0	0	0	0	0	0	0	4065	4472

Note) Total indoor heat load & selected heat load are not contained latent heat.
SH : Sensible heat
LH : Latent heat

รูปที่ 16 ค่า Heat Load ในแต่ละช่วงเวลาของวัน

ตารางที่ 5

Heat load sum up table

Room name	Fl	Sys -tem	Qty. of rooms	Cooling				Heating				Floor area	Heat load per area	
				Indoor SH	Total	Selected	Time	Total	Selected	Humid.	Time		Cooling	Heating
				[W]			[Hr]	[W]		[kg/h]	[Hr]	[m2]	[W/m2]	
SERVER ROOM	1	1	1	209582	212045	222647	15	4065	4472	-0.46	6	320.0	695.8	14.0
Peak load of building			1	209582	212045	222647	15	4065	4472	-0.46	6	320.0	695.8	14.0

SH : Sensible heat

เมื่อกรอกข้อมูลทั้งหมดครบตามขั้นตอนด้านบน จะได้ Heat Load ที่เกิดขึ้นในทุกชั่วโมงของวัน และนำข้อมูลดังต่อไปนี้ ไปออกแบบ และเลือกเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมกับโหลดที่เกิดขึ้น โดยจากข้อมูลในตารางที่ 4 แสดงค่า Heat Load ในแต่ละช่วงเวลาของวัน รูปที่ 15 ค่า Heat Load ในแต่ละช่วงเวลาของวัน และตารางที่ 5 สรุปค่า Heat Load จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่า Heat Load Indoor SH. สูงสุดที่เกิดภายในห้อง Server คือ 209,582 W (โดยคิดเฉพาะ Sensible Heat เพราะ โหลดความร้อนที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ภายในห้อง Server มักเกิดจากโหลดความของอุปกรณ์ภายในห้อง ซึ่งจากการคำนวณค่า Heat Load ของอุปกรณ์ภายในห้องมีค่า 195,000 W และคิดค่า Safety Factor 5% เนื่องจากเป็นค่าที่ต้องการเผื่อไว้สำหรับในวันที่อากาศภายนอกมีอุณหภูมิที่สูงมาก หรือ อาจมีการรั่วไหลของอากาศภายนอกเข้ามาภายในห้องเป็นต้น ซึ่งจะได้ค่า Heat Load เป็น 220,061 W หรือเท่ากับ 751,288 Btu./Hr.)

ดังนั้นค่า Heat Load นี้จะเป็นค่าที่ใช้ในการออกแบบเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสม คือ 751,288 Btu. /Hr.

4.2 การเปรียบเทียบการเลือกระบบปรับอากาศและเครื่องปรับอากาศระหว่าง ระบบปรับอากาศ Split Type และ Variable Refrigerant Flow (VRF)

จากค่า Heat Load ที่คำนวณได้ 751,288 Btu./Hr. จะทำการเปรียบเทียบระบบปรับอากาศ 2 ประเภท คือ ระบบปรับอากาศ Sprit type และ Variable Refrigerant Flow (VRF) ดังนี้

4.2.1 การเลือกชนิดของเครื่องปรับอากาศ

จากข้อมูลอ้างอิงในบทที่ 2 จะแสดงให้เห็นว่าเครื่องปรับอากาศมีหลายประเภท เช่น เครื่องปรับอากาศแบบติดผนัง (Wall type) , เครื่องปรับอากาศแบบต่อท่อลม (Duct type) , เครื่องปรับอากาศแบบตู้ตั้ง (Package type) , Air Handing Unit (AHU) ,เครื่องปรับอากาศประเภทฝังใต้ฝ้าสี่ทิศทาง (Cassette Type) เป็นต้น ซึ่งข้อดี และข้อเสียของเครื่องปรับอากาศแต่ละประเภทเป็นดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1) เครื่องปรับอากาศแบบติดผนัง (Wall type)

เป็นเครื่องปรับอากาศที่มีรูปแบบเล็กกะทัดรัด เหมาะสำหรับห้องที่มีพื้นที่น้อย เช่น ห้องนอน ห้องรับแขกขนาดเล็ก ซึ่งมีข้อดี-ข้อเสีย แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของเครื่องปรับอากาศแบบติดผนัง (Wall type)

ข้อดี	**ข้อเสีย**
1. มีเสียงที่เงียบกว่าแอร์รูปแบบอื่นๆ เพราะคอยล์เย็นมีขนาดเล็กจึงนิยมใช้กับห้องนอน ห้องรับแขก ห้องนั่งเล่น เป็นต้น 2. ประหยัดไฟกว่าแอร์ชนิดอื่นๆ เพราะคอยล์เย็นตัวเล็กไม่ต้องใช้กำลังไฟฟ้ามากนัก 3. มีรูปแบบให้เลือกมากมาย บางยี่ห้อก็มีแบบสีสันสวยงามด้วย 4. สามารถติดตั้งได้ง่าย ถอดล้างและดูแลรักษาง่ายไม่ยุ่งยาก 5. มีราคาถูก เพราะเครื่องตัวเล็กใช้วัสดุน้อยกว่าแอร์แบบอื่นๆ อีกทั้งคนนิยมใช้เยอะจึงมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่า	1. เนื่องจากตัวคอยล์เย็นมีขนาดเล็ก พัดลมมีขนาดเล็กจึงทำให้กระจายลมเย็นได้ไม่ไกลมากนัก 2. คอยล์เย็นมีขนาดเล็ก จึงทำให้อุดตันสกปรกง่าย ไม่เหมาะสำหรับนำไปใช้ในร้านอาหาร ร้านทำผม หรือที่ๆมีฝุ่นหรือควันมาก

2) เครื่องปรับอากาศแบบต่อท่อลม (Duct type)

เครื่องปรับอากาศที่เน้นความสวยงามโดยการซ่อน หรือฝังอยู่ใต้ฝ้าหรือเพดานห้อง เหมาะกับห้องที่ต้องการเน้นความสวยงาม โดยที่ต้องการให้เห็นเครื่องปรับอากาศน้อยที่สุด ซึ่งมีข้อดี-ข้อเสีย แสดงดังตารางที่ 4.6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของเครื่องปรับอากาศแบบต่อท่อลม (Duct type)

ข้อดี	**ข้อเสีย**
1. ส่งลมเย็นผ่านท่อลมได้ไกล ทำให้เลือกติดตั้งช่องลมออกได้อย่างเหมาะสมตามลักษณะของห้อง 2. ใช้งานได้หลากหลายไม่ว่าจะเป็นสำนักงานหรือบ้านพักอาศัย 3. เครื่องปรับอากาศมีหลายขนาดตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่	1. ค่าติดตั้งค่อนข้างสูงเนื่องจากต้องมีการติดตั้งระบบท่อส่งลม 2. การซ่อมบำรุงค่อนข้างยาก เนื่องจากมีระบบท่อส่งลม จำเป็นที่จะต้องทำความสะอาดในส่วนของท่อส่งลมด้วย

3) เครื่องปรับอากาศแบบตู้ตั้ง (Package type)

เครื่องปรับอากาศ ที่มีลักษณะคล้ายตู้ มีขนาดสูง และมีกำลังลมที่แรง ซึ่งมีข้อดี-ข้อเสีย แสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของเครื่องปรับอากาศแบบตู้ตั้ง (Package type)

ข้อดี	**ข้อเสีย**
1. ติดตั้งง่าย โดยสามารถตั้งกับพื้นได้เลย ไม่ต้องทำการยึด 2. สามารถติดตั้งได้ทั้งแบบเปลือย และต่อท่อส่งลมเพื่อส่งลมให้เหมาะสมกับลักษณะของห้อง 3. เหมาะกับพื้นที่ทำความเย็นประเภทหอประชุม โรงอาหาร เป็นต้น 4. บำรุงรักษาง่าย	1. สูญเสียพื้นที่ใช้สอยภายในห้อง เนื่องจากติดตั้งเครื่องปรับอากาศบริเวณพื้นห้อง 2. ไม่เหมาะกับใช้ภานในครัวเรือน หรือพื้นที่ที่ต้องการความเงียบ เนื่องจากเครื่องปรับอากาศประเภทนี้มีเสียงดัง

4) เครื่องปรับอากาศประเภทฝังใต้ฝ้าสี่ทิศทาง (Cassette Type)

เครื่องปรับอากาศชนิดฝังใต้ฝ้าชนิดหนึ่ง ติดตั้งง่าย ไม่จำเป็นต้องเดินท่อลม ซึ่งมีข้อดี-ข้อเสีย แสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของเครื่องปรับอากาศประเภทฝังใต้ฝ้าสี่ทิศทาง (Cassette Type)

ข้อดี	**ข้อเสีย**
1. เครื่องปรับอากาศมีความสวยงาม มีการฝังซ่อนใต้ฝ้าทำให้ตัวเครื่องดูกลมกลืนกับห้องมากกว่าแอร์ชนิดอื่นๆ สามารถเข้าได้กับการตกแต่งภายในของบ้าน ร้านค้า คาเฟ่ หรือ สำนักงาน เป็นต้น 2. ประหยัดพื้นที่การติดตั้ง ไม่เสียพื้นที่ใช้สอยภายในห้องเนื่องจากฝังไว้ใต้ฝ้า 3. สามารถกระจายลมได้ทั่วถึง (4 ทิศทาง) 4. ไม่มีเสียงดังรบกวน	1. เครื่องปรับอากาศมีขนาดทำความเย็นที่เล็ก 2. ไม่เหมาะกับการติดตั้งในที่สูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5) เครื่องปรับอากาศประเภท Air Handing Unit (AHU)

เครื่องส่งลมหรือเครื่องควบคุมอากาศ ส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็น กล่องโลหะ ภายในจะมีส่วนประกอบหลักคือ โบเวอร์หรือพัดลม คอยล์ ฟิลเตอร์ โดย AHU จะใช้กับระบบทำความเย็นขนาดใหญ่ ซึ่งมีข้อดี-ข้อเสีย แสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 10การเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของเครื่องปรับอากาศประเภทฝังใต้ฝ้าสี่ทิศทาง (Cassette Type)

ข้อดี	**ข้อเสีย**
1. ส่งลมเย็นผ่านท่อลมได้ไกล ทำให้เลือกติดตั้งช่องลมออกได้อย่างเหมาะสมตามลักษณะของห้อง 2. มีค่า External Static Pressure ที่สูงกว่าเครื่องปรับอากาศประเภทอื่นๆ จึงเหมาะแก่การติดตั้งในพื้นที่ขนาดใหญ่ เช่น หอประชุม หรือ พื้นที่ขนาดใหญ่เป็นต้น 3. สามารถควบคุมความสะอาด ความสะอาด ความชื้น อุณหภูมิได้ดีกว่าเครื่องส่งลมขนาดใหญ่ เหมาะกับห้องที่ต้องการควบคุมความชื้น อุณหภูมิเป็นพิเศษ เช่นห้องคลีนรูมภายในโรงพยาบาล โกดังเก็บยาเป็นต้น	1. ค่าเครื่องปรับอากาศค่อนข้างสูง เนื่องจากมีแต่เครื่องปรับอากาศที่ขนาดทำความเย็นสูง และต้องติดตั้งระบบท่อลม 2. ต้องใช้พื้นที่ในการติดตั้งมาก เสียพื้นที่ใช้สอย 3. มีเสียงดัง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.2 การออกแบบระบบปรับอากาศประเภท Split Type

4.2.2.1 การเลือกเครื่องปรับอากาศประเภท Split Type

ระบบปรับอากาศประเภท Split Type เป็นระบบปรับอากาศที่เป็นการเชื่อมต่อระหว่างคอยล์ร้อนหนึ่งชุด กับ คอยล์เย็นเพียงหนึ่งชุด และในงานวิจัยฉบับนี้ได้เลือกเครื่องปรับอากาศประเภท Duct Type มาใช้ในการออกแบบ ประกอบกับ ค่า Heat Load ภายในห้องนี้ 751,288 Btu./Hr.

หลักการในการออกแบบ

การเลือกเครื่องปรับอากาศประเภท Split type ภายในห้องนี้จะเลือกเครื่องปรับอากาศทั้งหมด 16 ชุด ซึ่งเปิดใช้งานจริง 12 ชุด และ Stand by จำนวน 4 ชุด โดยมีการออกแบบดังต่อไปนี้

1. เลือกเครื่องปรับอากาศประเภท Duct Type มาใช้ในการออกแบบ

เครื่องปรับอากาศประเภท Duct Type มาใช้ในการออกแบบ เนื่องจากส่งลมเย็นผ่านท่อลมได้ไกล ทำให้เลือกติดตั้งช่องลมออกได้อย่างเหมาะสมตามลักษณะของห้อง ใช้งานได้หลากหลายไม่ว่าจะเป็นสำนักงานหรือบ้านพักอาศัย และเครื่องปรับอากาศมีหลายขนาดตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่

2. การเลือกเครื่องปรับอากาศให้ครอบคลุมกับ Heat Load ที่คำนวณได้

งานวิจัยฉบับนี้ได้วิเคราะห์เครื่องปรับอากาศประเภท Split Type ชนิด High Static Pressure ขนาด 85,880 Btu/Hr. (Sensible Cooling Capacity 63,054 Btu/Hr.) โดยใช้งานจริงเพียง 12 เครื่อง โดยจะมีขนาด Total Sensible Cooling Capacity 756,648 Btu/Hr. ซึ่งมีขนาดครอบคลุมกับ Heat Load ที่คำนวณได้ คือ 751,288 Btu/Hr. (เครื่องปรับอากาศประเภท Split Type ชนิด High Static Pressure สามารถใช้งานในโมเดลที่มีขนาดทำความเย็นได้สูงสุด 170,000 Btu/Hr. แต่ในระบบปรับอากาศประเภท VRF. ชนิด High Static Pressure สามารถทำความเย็นได้สูงสุดเพียง 95,500 Btu/Hr. ซึ่งจะแสดงในหัวข้อถัดไป ดังนั้นจึงเลือกเครื่องปรับอากาศประเภท Split Type ขนาด 85,880 Btu/Hr.)

3. การติดตั้งเครื่องปรับอากาศสำรองสอดคล้องกับระบบมาตรฐานด้านความปลอดภัยสารสนเทศ ISO 27001 และ มาตรฐาน Data Center

งานวิจัยฉบับนี้ได้เลือกเครื่องปรับอากาศสำหรับ Stand by จำนวน 4 ชุด เนื่องจากระบบมาตรฐานด้านความปลอดภัยสารสนเทศ ISO 27001 และ มาตรฐาน Data Center ดังแสดงในหัวข้อ 2.2 และ 2.3 ระบุไว้ว่า ห้องเซิร์ฟเวอร์นั้น ระบบปรับอากาศควรติดตั้งแหล่งจ่ายไฟแยกจากระบบอื่น และควรติดตั้งเครื่องปรับอากาศสำรอง เพื่อสลับการใช้งานกับเครื่องปรับอากาศหลักที่มีการเปิดใช้งาน และหากมีระบบปรับอากาศล่ม ก็จะต้องมีระบบปรับอากาศสำรอง สำหรับการใช้งานเพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบกับระบบการทำงานของระบบเซิร์ฟเวอร์

4.2.2.2 แบบการติดตั้งเครื่องปรับอากาศประเภท Split Type

1) ข้อมูลพื้นฐานของการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ

1.1) พื้นที่ติดตั้งคอยล์เย็นอยู่บริเวณชั้น 3 ของอาคาร มีพื้นที่ขนาด 320 ตารางเมตร (16 × 20 เมตร)

1.2) พื้นที่ติดตั้งคอยล์เย็นอยู่บริเวณชั้น 6 ของอาคาร(ดาดฟ้า)

- 1.3) ระยะพื้นถึงฝ้าในแต่ละชั้น มีความสูง 3 เมตร

2) แบบการติดตั้งตำแหน่งคอยล์ร้อน

จากการวางแบบตำแหน่งการติดตั้งคอยล์ร้อนนั้น กำหนดให้คอยล์ร้อนจะมีทั้งหมด 16 ชุด โดยติดตั้งอยู่บริเวณมุมตึกทั้งสี่ด้านของดาดฟ้า เพื่อป้องการลมร้อนจากคอยล์ร้อนไหลย้อน การวางคอยล์ร้อนในลักษณะนี้จะสามารถระบายลมร้อนได้ดีกว่าการวางคอยล์ร้อนเรียงติดกันทั้ง 16 ชุด เพราะการใช้งานจริงจะเปิดพร้อมกันทั้งหมด 12 ชุด และการวางคอยล์ร้อนบริเวณมุมของตึก จะประหยัดระยะการเดินท่อน้ำยา ลดค่าใช้จ่าย เนื่องจากอาคารแห่งนี้มีช่องชาร์ป (Shaft) อยู่บริเวณทั้งสี่มุมของอาคาร

3) แบบการติดตั้งตำแหน่งคอยล์เย็น

จากการวางแบบตำแหน่งติดตั้งคอยล์เย็นและท่อส่งลมกำหนดให้คอยล์เย็นทั้งหมด 16 ชุด จะถูกติดตั้งอยู่ 2 ฝั่งของห้องเซิร์ฟเวอร์ โดยแบ่งการติดตั้งเป็นฝั่งละ 8 เครื่อง โดยในแต่ละเครื่องสามารถจ่ายลมได้ 2,750 CFM. และจะมีหัวจ่ายลมทั้งหมด 3 หัวจ่าย โดยได้เลือกใช้หัวจ่ายลมชนิด Square Diffuser ขนาด 18×18 (นิ้ว×นิ้ว) ซึ่งสามารถกระจายลมได้ 18-26 ฟุต ซึ่งมีขนาดท่อและปริมาณลมดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ตารางแสดงปริมาณลมในแต่ละหัวจ่ายลม

หัวจ่ายลม	ปริมาณลม (CFM.)	ขนาดท่อลม (นิ้ว×นิ้ว)	ขนาดกริลล์ (นิ้ว×นิ้ว)
หัวจ่ายลมที่ 1	916.67	24×16	SCD 18×18
หัวจ่ายลมที่ 2	916.67	24×12	SCD 18×18
หัวจ่ายลมที่ 3	916.67	18×10	SCD 18×18

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากตารางที่ 4.10 ประกอบด้วยหัวจ่ายลม จำนวน 3 หัวจ่าย โดยมีปริมาณลมเท่ากันทั้ง 3 หัวจ่าย คือ 916.67 CFM. ขนาดท่อลม 24x16 ตารางนิ้ว 24x12 ตารางนิ้ว และ 18x10 ตารางนิ้ว ตามลำดับ ขนาดกริลล์มีขนาดเท่ากันทั้ง 3 หัวจ่าย คือ SCD 18×18 (นิ้วx นิ้ว) และในกระบวนการทำงานจะมีการเปิดใช้งานสลับกัน เพื่อป้องกันการทำงานที่หนักเกินไป ซึ่งหากเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศชุดใดเพียงชุดหนึ่งตลอดเวลา จะส่งผลให้ลดอายุการใช้งานของเครื่องปรับอากาศลง ดังนั้นจึงเปิดใช้งานจริงเพียง 12 ชุด และ Stand by 4 ชุด โดยเปิด-ปิด สลับการใช้งานดังตารางแสดงเวลาเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ตารางแสดงเวลาเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ

ชื่อเครื่องปรับอากาศ	00.01-08.00	08.01-16.00	16.01-00.00	00.01-08.00	...
FCU-01	เปิด	เปิด	เปิด	ปิด	...
FCU-02	เปิด	เปิด	ปิด	เปิด	...
FCU-03	เปิด	ปิด	เปิด	เปิด	...
FCU-04	ปิด	เปิด	เปิด	เปิด	...
FCU-05	เปิด	เปิด	เปิด	ปิด	...
FCU-06	เปิด	เปิด	ปิด	เปิด	...
FCU-07	เปิด	ปิด	เปิด	เปิด	...
FCU-08	ปิด	เปิด	เปิด	เปิด	...
FCU-09	ปิด	เปิด	เปิด	เปิด	...
FCU-10	เปิด	ปิด	เปิด	เปิด	...
FCU-11	เปิด	เปิด	ปิด	เปิด	...
FCU-12	เปิด	เปิด	เปิด	ปิด	...
FCU-13	ปิด	เปิด	เปิด	เปิด	...
FCU-14	เปิด	ปิด	เปิด	เปิด	...
FCU-15	เปิด	เปิด	ปิด	เปิด	...
FCU-16	เปิด	เปิด	เปิด	ปิด	...

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 4.11 แสดงเวลาการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศจะเห็นว่า เครื่องปรับอากาศหนึ่งเครื่อง จะเปิดทำงาน 24 ชั่วโมง และปิดทำงาน 8 ชั่วโมง ตามตารางเวลาที่ตั้งไว้ เพื่อลดอายุการใช้งานของเครื่องปรับอากาศลง ดังนั้นจึงเปิดใช้งานจริงเพียง 12 ชุด และ Stand by 4 ชุด เท่านั้น

4.2.3 การคำนวณค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศประเภท Split Type

การคำนวณค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศ แบ่งเป็น 6 ส่วน : ค่าเครื่องปรับอากาศ ค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ค่าติดตั้งระบบท่อน้ำยา ค่าติดตั้งระบบไฟฟ้า ค่าติดตั้งระบบท่อลม และอื่นๆ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

4.2.3.1 ค่าเครื่องปรับอากาศประเภท Split Type และ Central Control

การคำนวณค่าเครื่องปรับอากาศประเภท Split Type จะประกอบไปด้วยค่าเครื่องปรับอากาศชนิด Duct Connection Type Inverter และ Central Control รายละเอียดดังตารางที่13

ตารางที่ 13 แสดงค่าเครื่องปรับอากาศประเภท Split Type และ Central Control

เครื่องปรับอากาศ	**รุ่น**	**ขนาดการทำความเย็น (BTU/Hr.)**	**จำนวน (ชุด)**	**ราคา/หน่วย (บาท)**	**รวม**
FCU-01 - 16	Duct Connection Type Inverter	85,880	16	202,100	3,233,600
Central Control	-	-	1	165,000	165,000
Plus Adaptor	-	-	1	43,000	43,000
รวม					**3,441,600**

จากตารางที่ 4.12 แสดงค่าเครื่องปรับอากาศประเภท Split Type และ Central Control พบว่า ค่าเครื่องปรับอากาศประเภท Split Type และ Central Control มีมูลค่ารวมเท่ากับ 3,441,600 บาท โดยแบ่งเป็น 1) FCU-01 – 16 รุ่น Duct Connection Type Inverter จำนวน 16 ชุด ชุดละ 202,100 บาท รวมเท่ากับ 3,233,600 2) Central Control จำนวน 1 ชุด จำนวน 165,000 บาท 3) Plus Adaptor จำนวน 1 ชุด 43,000 บาท รวมทั้งสิ้นจำนวน 3,441,600 บาท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.3.2 ค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศ

ค่าใช้จ่ายส่วนนี้คือค่าใช้จ่ายสำหรับการติดตั้งคอยล์ร้อน และ คอยล์เย็น เช่นการแขวนเครื่องปรับอากาศ การติดตั้งฐานวางคอยล์ร้อน การติดตั้งซัพพอร์ตต่างๆ รวมถึงค่าแรงเป็นต้น โดยมีค่าใช้จ่ายดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ตารางสรุปค่าใช้จ่ายของระบบปรับอากาศประเภท Split Type และ Central Control

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
1.ค่าเครื่องปรับอากาศประเภท Split Type และ Central Control	3,441,600
2 ค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศ	187,520
3 ค่าติดตั้งระบบท่อน้ำยา	432,077
4 ค่าติดตั้งระบบไฟฟ้า	375,276
5 ค่าติดตั้งระบบท่อส่งลม	907,615
6 ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	42,633
รวม	**5,386,721**

จากตารางที่ 14 ตารางสรุปค่าใช้จ่ายของระบบปรับอากาศประเภท Split Type และ Central Control พบว่า มีค่าใช้จ่ายในส่วนนี้เท่ากับ 5,386,721 บาท โดยแบ่งเป็น 1) 1.ค่าเครื่องปรับอากาศประเภท Split Type และ Central Control จำนวน 3,441,600 บาท 2) ค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศจำนวน 187,520 บาท 3) ค่าติดตั้งระบบท่อน้ำยา จำนวน 432,077 บาท 4) ค่าติดตั้งระบบไฟฟ้าจำนวน 375,276 บาท 5) ค่าติดตั้งระบบท่อส่งลม จำนวน 907,615 บาท 6) ค่าใช้จ่ายอื่นๆ จำนวน 42,633 บาท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3 การคิดค่าไฟระบบปรับอากาศประเภท Split type

อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศประเภท Split type รุ่น Duct Connection Type Inverter ขนาด 85,880 Btu/Hr.

ตารางที่ 15 อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าที่โหลดภาระต่างๆ

ลำดับที่	รุ่น	จำนวน	100% (Full Load) Power(kWh.)	90% (Part Load) Power(kWh.)	80% (Part Load) Power(kWh.)
1	Duct Connection Type (85,880 Btu/Hr.)	1	10.11	8.86	7.731
2	Duct Connection Type (85,880 Btu/Hr.)	1	10.11	8.86	7.731
3	Duct Connection Type (85,880 Btu/Hr.)	1	10.11	8.86	7.731
4	Duct Connection Type (85,880 Btu/Hr.)	1	10.11	8.86	7.731
5	Duct Connection Type (85,880 Btu/Hr.)	1	10.11	8.86	7.731
6	Duct Connection Type (85,880 Btu/Hr.)	1	10.11	8.86	7.731
7	Duct Connection Type (85,880 Btu/Hr.)	1	10.11	8.86	7.731
8	Duct Connection Type (85,880 Btu/Hr.)	1	10.11	8.86	7.731
9	Duct Connection Type (85,880 Btu/Hr.)	1	10.11	8.86	7.731
10	Duct Connection Type (85,880 Btu/Hr.)	1	10.11	8.86	7.731
11	Duct Connection Type (85,880 Btu/Hr.)	1	10.11	8.86	7.731
12	Duct Connection Type (85,880 Btu/Hr.)	1	10.11	8.86	7.731

จากตารางที่ 15 ข้อมูลอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศประเภท Split type รุ่น Duct Connection Type Inverter ขนาด 85,880 Btu/Hr. จะพิจารณาค่าไฟฟ้าอยู่ในช่วง Full Load เนื่องจากจะพิจารณาอ้างอิงตามการคำนวณ Heat Load ในหัวข้อ 4.1.3 ที่ Rack Server จะทำงาน Full Load ตลอด 24 ชม. ดังนั้น จึงพิจารณาอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่ Full Load ตลอด 24 ชม.เช่นกัน ซึ่งอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Full Load อยู่ที่ 10.11 kWh. เมื่อนำมาคาดการณ์ค่าไฟฟ้าของระบบปรับอากาศจะแสดงดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 การคิดค่าไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศประเภท Split type รุ่น Duct Connection Type Inverter สำหรับการใช้งาน 12 เครื่อง (Stand by 4 เครื่อง)

Total Electricity Expense / Year			kWh./Day	kWh./Month	kWh./Year	Bath/Year
Load	Use Ratio	Unit				
100%	100%	Bath/kWh. = 4.2	2,912	87,350	1,048,205	4,402,460
90%	0%	Operating Hr. =				
80%	0%	24 Hr./Day				
70%	0%	Day =30				
60%	0%	Month =12				
Total Electricity Expense / Year						**4,402,460**

ตารางที่ 16 การคิดค่าไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศประเภท Split type รุ่น Duct Connection Type Inverter สำหรับการใช้งาน 12 เครื่อง (Stand by 4 เครื่อง) พบว่า มีค่าใช้จ่ายรวมทั้งสิ้นต่อปี เท่ากับ 4,402,460 บาท

4.4 การออกแบบระบบปรับอากาศประเภท Variable Refrigerant Flow (VRF)

4.4.1 การเลือกเครื่องปรับอากาศประเภท Variable Refrigerant Flow (VRF)

หลักในการออกแบบ

1. ระบบปรับอากาศประเภท Variable Refrigerant Flow (VRF) เป็นระบบปรับอากาศที่เป็นการเชื่อมต่อระหว่าง คอยล์ร้อนหนึ่งชุด กับคอยล์เย็นได้มากกว่าหนึ่งชุด ระบบปรับอากาศประเภทนี้เป็นระบบที่ปริมาณน้ำยาสามารถแปรผันได้ เช่น ถ้าอุณหภูมิในห้องเริ่มลดลงจนเข้าใกล้ค่าที่ตั้งเอาไว้แล้ว ระบบจะลดการจ่ายปริมาณน้ำยาเข้าห้องนั้นลงเพื่อให้อุณหภูมิห้องไม่ลดลงมากเกินไปจนทะลุค่าที่ตั้งไว้ เรียกว่าอุณหภูมิห้องจะค่อยๆลดลงจนเท่ากับอุณหภูมิที่ตั้งไว้ ในทางตรงกันข้าม ถ้าภาระความร้อนในห้องเริ่มสูงขึ้นและทำให้อุณภูมิห้องเริ่มสูงกว่าค่าที่ตั้ง ระบบจะจ่ายน้ำยาไปที่ห้องนั้นมากขึ้นเพื่อดึงอุณหภูมิลง และในงานวิจัยฉบับนี้ได้เลือกเครื่องปรับอากาศประเภท Duct Type มาใช้ในการออกแบบ ซึ่งเหตุผลแสดงดังข้อ 4.2.1 และค่า Heat Load ภายในห้องนี้ 751,288 Btu./Hr. จึงมีการเลือกเครื่องปรับอากาศ ประเภท VRF ภายในห้องนี้จะเลือกเครื่องปรับอากาศทั้งหมด 8 ชุดคอยล์ร้อน และ 16 ชุดคอยล์เย็น (1 คอยล์ร้อน: 2 คอยล์เย็น) ซึ่งเปิดใช้งานจริง 6 ชุดคอยล์ร้อน และ 12 ชุดคอยล์เย็น โดย Stand by จำนวน 2 ชุดคอยล์ร้อน และ 4 ชุด

คอยล์เย็น (ซึ่งมีการออกแบบให้สอดคล้องกับระบบปรับอากาศประเภท Split Type ทีมีการใช้งานจริง 12 ชุด และ Stand by จำนวน 4 ชุด)

2. งานวิจัยฉบับนี้ได้วิเคราะห์เครื่องปรับอากาศประเภท VRF ชนิด Ceiling Mounted Duct Type High Static Pressure ขนาด 93,834 (Sensible Cooling Capacity 65,882 Btu/Hr.) โดยใช้งานจริงเพียง 12 เครื่อง โดยจะมีขนาด Total Sensible Cooling Capacity 790,584 มีขนาดครอบคลุมกับ Heat Load ที่คำนวณได้ คือ 751,288 Btu/Hr. ซึ่งได้เลือกขนาดของเครื่องปรับอากาศให้มีขนาดทำความเย็นใกล้เคียงกับระบบปรับอากาศประเภท Split Type โดยเครื่องปรับอากาศจะติดตั้งเป็น 1 ชุดคอยล์ร้อน ต่อ 2 ชุดคอยล์เย็น โดยไม่เลือกจำนวนคอยล์เย็นที่มากกว่านี้ต่อชุด เนื่องจากในระบบปรับอากาศประเภท VRF หากคอยล์ร้อน หรือคอยล์เย็นมีปัญหาจะส่งผลให้ระบบปรับอากาศมีปัญหาไปทั้งชุด ดังนั้น จึงเลือกติดตั้ง 1 ชุดคอยล์ร้อน ต่อ 2 ชุดคอยล์เย็น

3. งานวิจัยฉบับนี้ได้เลือกเครื่องปรับอากาศสำหรับ Stand by จำนวน 2 ชุดคอยล์ร้อน และ 4 ชุดคอยล์เย็น เนื่องจาก ระบบมาตรฐานด้านความปลอดภัยสารสนเทศ ISO 27001 และมาตรฐาน Data Center ดังแสดงในหัวข้อ 2.2 และ 2.3 ระบุไว้ว่า ห้องเซิร์ฟเวอร์นั้น ระบบปรับอากาศควรติดตั้งแหล่งจ่ายไฟแยกจากระบบอื่น และควรติดตั้งเครื่องปรับอากาศสำรอง เพื่อสลับการใช้งานกับเครื่องปรับอากาศหลักที่มีการเปิดใช้งาน และหากมีระบบปรับอากาศล่ม ก็จะต้องมีระบบปรับอากาศสำรอง สำหรับการใช้งาน เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบกับระบบการทำงานของระบบเซิร์ฟเวอร์ซึ่งเป็นเหตุผลเดียวกับการเลือกจำนวนของเครื่องปรับอากาศประเภท Split Type เช่นกัน

4.4.2 แบบการติดตั้งเครื่องปรับอากาศประเภท Variable Refrigerant Flow (VRF)

1) ข้อมูลพื้นฐานของการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ

1.1) พื้นที่ติดตั้งคอยล์เย็นอยู่บริเวณชั้น 3 ของอาคาร มีพื้นที่ขนาด 320 ตารางเมตร (16 × 20 เมตร)

1.2) พื้นที่ติดตั้งคอยล์เย็นอยู่บริเวณชั้น 6 ของอาคาร(ดาดฟ้า)

1.3) ระยะพื้นถึงฝ้าในแต่ละชั้น มีความสูง 3 เมตร

2) การออกแบบการติดตั้งตำแหน่งคอยล์ร้อน

การวางแบบตำแหน่งการติดตั้งคอยล์ร้อน จำนวนคอยล์ร้อนจะมีทั้งหมด 8 ชุด โดยติดตั้งอยู่บริเวณมุมตึกทั้งสี่ด้านของดาดฟ้า เพื่อป้องการลมร้อนจากคอยล์ร้อนไหลย้อน การวางคอยล์ร้อนในลักษณะนี้จะสามารถระบายลมร้อนได้ดีกว่าการวางคอยล์ร้อนเรียงติดกันทั้ง 8 ชุด เพราะการใช้งานจริงจะเปิดพร้อมกันทั้งหมด 6 ชุด และการวางคอยล์ร้อนบริเวณมุมของตึก จะประหยัดระยะการเดินท่อน้ำยา ลดค่าใช้จ่าย เนื่องจากอาคารแห่งนี้มีช่องชาร์ป (Shaft) อยู่บริเวณทั้งสี่มุมของ

อาคาร และเนื่องจากระบบปรับอากาศประเภท VRF ใช้จำนวนชุดคอยล์ร้อนที่น้อยกว่าระบบปรับอากาศประเภท Split Type จะทำให้ใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อยกว่า ระบบปรับอากาศประเภท Split Type ที่จะต้องติดตั้งคอยล์ร้อน จำนวน 16 ชุด

3) แบบการติดตั้งตำแหน่งคอยล์เย็น

จากการวางแบบตำแหน่งติดตั้งคอยล์เย็นและท่อส่งลม โดยใช้คอยล์เย็นทั้งหมด 16 ชุด จะถูกติดตั้งอยู่ 2 ฝั่งของห้องเซิร์ฟเวอร์ โดยแบ่งการติดตั้งเป็นฝั่งละ 8 เครื่อง โดยในแต่ละเครื่องสามารถจ่ายลมได้ 2,965 CFM. และจะมีหัวจ่ายลมทั้งหมด 3 หัวจ่าย โดยได้เลือกใช้หัวจ่ายลมชนิด Square Diffuser ขนาด 18×18 (นิ้ว×นิ้ว) ซึ่งสามารถกระจายลมได้ 18-26 ฟุต ซึ่งมีขนาดท่อ และปริมาณลมดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 แสดงปริมาณลมในแต่ละหัวจ่ายลม

หัวจ่ายลม	**ปริมาณลม (CFM.)**	**ขนาดท่อลม (นิ้ว×นิ้ว)**	**ขนาดกริลล์ (นิ้ว×นิ้ว)**
หัวจ่ายลมที่ 1	988.33	24×16	SCD 18×18
หัวจ่ายลมที่ 2	988.33	24×12	SCD 18×18
หัวจ่ายลมที่ 3	988.33	18×10	SCD 18×18

จากตารางที่ 17 แสดงปริมาณลมในแต่ละหัวจ่ายลม พบว่า หัวจ่ายลมทั้ง 3 หัวจ่าย มีปริมาณลมเท่ากัน คือ 988.33 CFM. ขนาดท่อลม 24x16 ตารางนิ้ว 24x12 ตารางนิ้ว และ18x10 ตารางนิ้ว ตามลำดับ ขนาดกริลล์เท่ากับ SCD 18×18 เท่ากันทั้ง 3 หัวจ่าย และจะมีการเปิดใช้งานสลับกัน เพื่อป้องกันการทำงานที่หนักเกินไป ซึ่งหากเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศชุดใดเพียงชุดหนึ่งตลอดเวลา จะส่งผลให้ลดอายุการใช้งานของเครื่องปรับอากาศลง ดังนั้นจึงเปิดใช้งานจริงเพียง 12 ชุด และ Stand by 4 ชุด โดยเปิด-ปิด สลับการใช้งานดังตารางแสดงเวลาเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศดังตารางที่ 18

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 18 ตารางแสดงเวลาเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ

ชื่อเครื่องปรับอากาศ	00.01-08.00	08.01-16.00	16.01-00.00	00.01-08.00	...
FCU-01	ปิด	เปิด	เปิด	เปิด	...
FCU-02	เปิด	ปิด	เปิด	เปิด	...
FCU-03	ปิด	เปิด	เปิด	เปิด	...
FCU-04	เปิด	ปิด	เปิด	เปิด	...
FCU-05	เปิด	เปิด	ปิด	เปิด	...
FCU-06	เปิด	เปิด	เปิด	ปิด	...
FCU-07	เปิด	เปิด	ปิด	เปิด	...
FCU-08	เปิด	เปิด	เปิด	ปิด	...
FCU-09	เปิด	เปิด	ปิด	เปิด	...
FCU-10	เปิด	เปิด	เปิด	ปิด	...
FCU-11	เปิด	เปิด	ปิด	เปิด	...
FCU-12	เปิด	เปิด	เปิด	ปิด	...
FCU-13	ปิด	เปิด	เปิด	เปิด	...
FCU-14	เปิด	ปิด	เปิด	เปิด	...
FCU-15	ปิด	เปิด	เปิด	เปิด	...
FCU-16	เปิด	ปิด	เปิด	เปิด	...

ตารางที่ 18 ตารางแสดงเวลาเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ จะเห็นว่า เครื่องปรับอากาศหนึ่งเครื่อง จะเปิดทำงาน 24 ชั่วโมง และ ปิดทำงาน 8 ชั่วโมง ตามตารางเวลาที่ตั้งไว้ ซึ่งเวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศแต่ละตัวมีเวลาการทำงานเท่ากับ เครื่องปรับอากาศประเภท Split Type

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.4.3 การคำนวณติดตั้งเครื่องปรับอากาศประเภท Variable Refrigerant Flow

การคำนวณค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศ แบ่งเป็น 6 ส่วน : ค่าเครื่องปรับอากาศ ค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ค่าติดตั้งระบบท่อน้ำยา ค่าติดตั้งระบบไฟฟ้า ค่าติดตั้งระบบท่อลม และ อื่นๆ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

4.4.3.1 ค่าเครื่องปรับอากาศประเภท Variable Refrigerant Flow และ Central Control

การคำนวณค่าเครื่องปรับอากาศประเภท Variable Refrigerant Flow และ Central Control โดยประกอบด้วยเครื่องปรับอากาศชนิด Duct Connection Type Inverter ,คอยล์ร้อนขนาด 20 แรงม้า และ Central Control ซึ่งรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ตารางแสดงค่าเครื่องปรับอากาศประเภท Variable Refrigerant Flow และ Central Control

เครื่องปรับอากาศ	รุ่น	ขนาดการทำความเย็น (BTU/Hr.)	จำนวน (ชุด)	ราคา (บาท)	รวม(บาท)
FCU-01 - 16	Duct Connection Type Inverter	93,834	16	117,000	1,872,000
CDU-01-08	CDU ขนาด 20 แรงม้า	191,000	8	447,400	3,579,200
Central Control	-	-	1	165,000	165,000
รวม					**5,616,200**

จากตารางที่ 19 ตารางแสดงค่าเครื่องปรับอากาศประเภท Variable Refrigerant Flow และ Central Control พบว่า ค่าเครื่องปรับอากาศประเภท Variable Refrigerant Flow และ Central Control มีมูลค่ารวมเท่ากับ 5,616,200 บาท โดยแบ่งเป็น 1) FCU-01 – 16 รุ่น Duct Connection Type Inverter จำนวน 16 ชุด ชุดละ 117,000 บาท รวมเท่ากับ 1,872,000 2) CDU-01-08 รุ่น CDU ขนาด 20 แรงม้า จำนวน 8 ชุด ราคา 447,400 บาท รวมเท่ากับ 3,579,200 บาท 3) Central Control จำนวน 1 ชุด จำนวน 165,000 บาท 3) Plus Adaptor จำนวน 1 ชุด 43,000 บาท รวมทั้งสิ้นจำนวน 3,441,600 บาท

4.4.3.2 ค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศ

ค่าใช้จ่ายส่วนนี้คือค่าใช้จ่ายสำหรับการติดตั้งคอยล์ร้อน และ คอยล์เย็น เช่นการแขวนเครื่องปรับอากาศ การติดตั้งฐานวางคอยล์ร้อน การติดตั้งซัพพอร์ตต่างๆ รวมถึงค่าแรงเป็นต้น โดยมีค่าใช้จ่ายดังตารางที่ 20

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 20 ตารางสรุปค่าใช้จ่ายของระบบปรับอากาศประเภท VRF และ Central Control

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
1.ค่าเครื่องปรับอากาศประเภท VRF. และ Central Control	5,616,200
2 ค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศ	195,520
3 ค่าติดตั้งระบบท่อน้ำยา	339,887
4 ค่าติดตั้งระบบไฟฟ้า	337,746
5 ค่าติดตั้งระบบท่อส่งลม	907,615
6 ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	86,155
รวม	**7,483,123**

ตารางที่ 20 ตารางสรุปค่าใช้จ่ายของระบบปรับอากาศประเภท Split Type และ Central Control พบว่า มีค่าใช้จ่ายในส่วนนี้เท่ากับ 7,482,123 บาท โดยแบ่งเป็น

1.) ค่าเครื่องปรับอากาศประเภท VRF. และ Central Control จำนวน 5,616,200บาท

2.) ค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศจำนวน 195,520 บาท

3.) ค่าติดตั้งระบบท่อน้ำยา จำนวน 339,887 บาท

4.) ค่าติดตั้งระบบไฟฟ้าจำนวน 337,746 บาท

5.) ค่าติดตั้งระบบท่อส่งลม จำนวน 907,615 บาท

6.) ค่าใช้จ่ายอื่นๆ จำนวน 86,155 บาท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.5 การคิดค่าไฟระบบปรับอากาศประเภท VRF

อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศประเภท VRF รุ่น Duct Connection Type Inverter ขนาด 93,834 Btu/Hr. ดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ตารางแสดงอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของคอยล์เย็นในภาระโหลดต่างๆ

ลำดับที่	รุ่น	จำนวน	100% (Full Load) Power(kWh.)	90% (Part Load) Power(kWh.)	80% (Part Load) Power(kWh.)
1	Duct Connection Type (93,834 Btu/Hr.)	1	0.670	0.670	0.670
2	Duct Connection Type (93,834 Btu/Hr.)	1	0.670	0.670	0.670
3	Duct Connection Type (93,834 Btu/Hr.)	1	0.670	0.670	0.670
4	Duct Connection Type (93,834 Btu/Hr.)	1	0.670	0.670	0.670

ลำดับที่	รุ่น	จำนวน	100% (Full Load) Power(kWh.)	90% (Part Load) Power(kWh.)	80% (Part Load) Power(kWh.)
5	Duct Connection Type (93,834 Btu/Hr.)	1	0.670	0.670	0.670
6	Duct Connection Type (93,834 Btu/Hr.)	1	0.670	0.670	0.670
7	Duct Connection Type (93,834 Btu/Hr.)	1	0.670	0.670	0.670
8	Duct Connection Type (93,834 Btu/Hr.)	1	0.670	0.670	0.670
9	Duct Connection Type (93,834 Btu/Hr.)	1	0.670	0.670	0.670
10	Duct Connection Type (93,834 Btu/Hr.)	1	0.670	0.670	0.670
11	Duct Connection Type (93,834 Btu/Hr.)	1	0.670	0.670	0.670
12	Duct Connection Type (93,834 Btu/Hr.)	1	0.670	0.670	0.670

ตารางที่ 21 ตารางแสดงอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของคอยล์เย็นในภาระโหลดต่างๆ จะพิจารณาค่าไฟฟ้าอยู่ในช่วง Full Load เนื่องจากจะพิจารณาอ้างอิงตามการคำนวณ Heat Load ในหัวข้อ 4.1.3 ที่ Rack Server จะทำงาน Full Load ตลอด 24 ชม. ดังนั้น จึงพิจารณาอัตราการใชพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่ Full Load ตลอด 24 ชม.เช่นกัน ซึ่งอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Full Load อยู่ที่ 0.670 kWh.

อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของคอยล์ร้อนในภาระโหลดต่างๆ มีจำนวน 6 เครื่อง โดยมีรายละเอียดการใช้พลังงานของแต่ละคอยล์ร้อนของแต่ละคอยล์ดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 แสดงอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของคอยล์ร้อนในภาระโหลดต่างๆ

ลำดับที่	รุ่น	จำนวน	100% (Full Load) Power(kWh.)	90% (Part Load) Power(kWh.)	80% (Part Load) Power(kWh.)
1	CDU ขนาด 20 แรงม้า (191,000 Btu/Hr.)	1	13.870	11.50	8.940
2	CDU ขนาด 20 แรงม้า (191,000 Btu/Hr.)	1	13.870	11.50	8.940
3	CDU ขนาด 20 แรงม้า (191,000 Btu/Hr.)	1	13.870	11.50	8.940
4	CDU ขนาด 20 แรงม้า (191,000 Btu/Hr.)	1	13.870	11.50	8.940

ลำดับที่	รุ่น	จำนวน	100% (Full Load) Power(kWh.)	90% (Part Load) Power(kWh.)	80% (Part Load) Power(kWh.)
5	CDU ขนาด 20 แรงม้า (191,000 Btu/Hr.)	1	13.870	11.50	8.940
6	CDU ขนาด 20 แรงม้า (191,000 Btu/Hr.)	1	13.870	11.50	8.940

จากตารางที่ 22 ข้อมูลอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศประเภท VRF. รุ่น Duct Connection Type Inverter ขนาด 85,880 Btu/Hr. จะพิจารณาค่าไฟฟ้าอยู่ในช่วง Full Load เนื่องจากจะพิจารณาอ้างอิงตามการคำนวณ Heat Load ในหัวข้อ 4.1.3 ที่ Rack Server จะทำงาน Full Load ตลอด 24 ชม. ดังนั้น จึงพิจารณาอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่ Full Load ตลอด 24 ชม.เช่นกัน ซึ่งอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วง Full Load ของคอยล์เย็น อยู่ที่ 0.670 kW/Hr. และ คอยล์ร้อนอยู่ที่ 13.870 kWh. เมื่อนำมาคาดการณ์ค่าไฟฟ้าของระบบปรับอากาศจะแสดงดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 การคิดค่าไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศประเภท VRF. รุ่น Duct Connection Type Inverter สำหรับการใช้งาน 12 เครื่อง (Stand by 4 เครื่อง)

Total Electricity Expense / Year			kWh./Day	kWh./Month	kWh./Year	Bath/Year
Load	Use Ratio	Unit				
100%	100%	Bath/kW = 4.2	2,190	65,707	788,486	3,311,643
90%	0%	Operating Hr. =				
80%	0%	24 Hr./Day				
70%	0%	Day =30				
60%	0%	Month =12				
Total Electricity Expense / Year						**3,311,643**

ตารางที่ 23 การคิดค่าไฟฟ้าของเครื่องปปรับอากาศประเภท VRF. รุ่น Duct Connection Type Inverter สำหรับการใช้งาน 12 เครื่อง (Stand by 4 เครื่อง) พบว่า มีค่าใช้จ่ายรวมทั้งสิ้นต่อปีเท่ากับ 3,311,643 บาท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.6 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายสำหรับเครื่องปรับอากาศประเภท Split Type และเครื่องปรับอากาศประเภท VRF

จากการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายของเครื่องปรับอากาศทั้ง 2 รูปแบบ ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายสำหรับเครื่องปรับอากาศประเภท Split Type และ เครื่องปรับอากาศประเภท VRF ประกอบด้วย ค่าเครื่องปรับอากาศ ค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ค่าตีดตั้งระบบท่อน้ำยา ค่าติดตั้งระบบไฟฟ้า ค่าติดตั้งระบบท่อลม และค่าใช้จ่ายอื่นๆ ดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 เปรียบเทียบค่าเครื่อง และค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศประเภท Split Type และเครื่องปรับอากาศประเภท VRF

ค่าใช้จ่าย	Split Type	VRF.
1.ค่าเครื่องปรับอากาศ และ Central Control	3,441,600	5,616,200
2. ค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศ	187,520	195,520
3. ค่าติดตั้งระบบท่อน้ำยา	432,077	339,887
4. ค่าติดตั้งระบบไฟฟ้า	375,276	337,746
5. ค่าติดตั้งระบบท่อส่งลม	907,615	907,615
6. ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	42,633	86,155
รวม	**5,386,721**	**7,483,123**

จากตารางที่ 24 เปรียบเทียบค่าเครื่อง และค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศประเภท Split Type และเครื่องปรับอากาศประเภท VRF พบว่า มูลค่าค่าเครื่อง และค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศประเภท Split Type มีมูลค่าน้อยกว่าเครื่องปรับอากาศประเภท VRF เท่ากับ 2,096,402 บาท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ในส่วนของการเปรียบเทียบอัตรการใช้พลังงาน และค่าไฟฟ้า ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงาน และค่าไฟฟ้าต่อปีของเครื่องปรับอากาศประเภท Split Type และเครื่องปรับอากาศประเภท VRF ได้ดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 เปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงาน และค่าไฟฟ้าต่อปีของเครื่องปรับอากาศประเภท Split Type และ เครื่องปรับอากาศประเภท VRF

อัตราการใช้พลังงาน	Split Type	VRF.
kWh./Day	2,912	2,190
kWh./Month	87,350	65,707
kWh./Year	**1,048,205**	**788,486**
Bath/Year	**4,402,460**	**3,311,643**

จากตารางที่ 25 เปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงาน และค่าไฟฟ้าต่อปีของเครื่องปรับอากาศประเภท Split Type และ เครื่องปรับอากาศประเภท VRF พบว่า อัตราการใช้พลังงาน และค่าไฟฟ้าต่อของเครื่องปรับอากาศของเครื่องปรับอากาศประเภท VRF น้อยกว่าเครื่องปรับอากาศประเภท Split เท่ากับ 1,090,817 บาท

จากการประเมินรูปแบบที่เหมาะสมของระบบปรับอากาศภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ : กรณีศึกษา Appropriated Air Conditioning System in Server Room: A Case Study จากการวิเคราะห์ต้นทุน ค่าติดตั้ง ค่าดูแลรักษา และค่าไฟของเครื่องปรับอากาศทั้งสองประเภท เพื่อหาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ว่าควรเลือกติดตั้งเครื่องปรับอากาศประเภทใด พบว่า เครื่องปรับอากาศที่มีความเหมาะสมได้แก่ ระบบปรับอากาศ VRF. แม้มีค่าติดตั้งที่สูงกว่า Split type แต่จะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าในระยะยาว โดยมีความสอดคล้องกับข้อมูลพื้นฐานของห้อง Server และเงื่อนไขการใช้งานของห้อง Server แล้วนำไปคำนวณ Heat Load ผ่านโปรแกรม Heat Load Calculation เพื่อคำนวณ Heat Load ที่เกิดขึ้นภายในห้องนี้ โดยใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการเลือกขนาดของเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมกับการใช้งาน และวิเคราะห์ความคุ้มค่า ค่าเครื่องปรับอากาศและค่าติดตั้งของระบบ Split Type จะมีราคาที่ถูกกว่าค่าเครื่องปรับอากาศและค่าติดตั้งของระบบ VRV/VRF อยู่ที่ 2,096,403 บาท หรือ 28.01% และอัตราการใช้พลังงานต่อปี ระบบปรับอากาศ VRV/VRF จะใช้พลังงานน้อยกว่า ระบบปรับอากาศ Split Type อยู่ 259,719 โดยคิดเป็นเงิน 1,091,817 บาท/ปี หรือ 24.79% ซึ่งหากมองในระยะยาว การติดตั้งระบบปรับอากาศ VRV/VRF จะมีค่าเครื่องและค่าติดตั้งเครื่องที่สูงกว่า แต่จะมีการประหยัดพลังงานไฟฟ้า และค่าไฟฟ้าได้มากกว่า ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้ ได้เลือกใช้งานระบบปรับอากาศประเภท ระบบ VRV (Variable Refrigerant Volume) หรือ ระบบ VRF (Variable Refrigerant Flow) ดังนั้น รูปแบบที่เหมาะสมของระบบปรับอากาศภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ : กรณีศึกษานี้คือ การติดตั้งเครื่องปรับอากาศชนิด Duct Type หรือ ชนิดต่อท่อลมใต้ฝ้า และชนิดท่อส่งลมแบบกระจายลมจากด้านบน เนื่องจากพื้นที่ห้องเป็นห้องที่นำมาปรับปรุงใหม่ ไม่ได้เป็นการสร้างใหม่ จึงมีข้อจำกัดในการทำท่อส่งลมเย็นจากด้านล่างได้ยาก และใช้เครื่องปรับอากาศประเภท VRV/VRF โดยเปิดใช้งานทั้งหมดจำนวน 6 ชุดคอยล์ร้อน 12 ชุดคอยล์เย็น (Standby 2 ชุดคอยล์ร้อน 4 ชุดคอยล์เย็น) และเปิด-ปิดสลับการทำงานทุก 8 ชั่วโมง เพื่อประสิทธิภาพที่ดีต่อการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

4.7 งวดเวลาคืนทุน (Payback Period)

จากหัวข้อ 4.4 จะเห็นว่า ระบบปรับอากาศ VRF. มีค่าติดตั้งที่สูงกว่า Split type แต่จะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่า ซึ่งหากเลือกติดเครื่องปรับอากาศประเภท VRF. แทนเครื่องปรับอากาศ Split type ซึ่งจะสามารถคิดงวดเวลาคืนทุนได้ดังนี้

$$\text{งวดเวลาคืนทุน} = \frac{\text{ค่าเครื่อง และค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศประเภท } VRF. - Split\ Type}{\text{ค่าไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศประเภท } Split\ Type - VRF.}$$

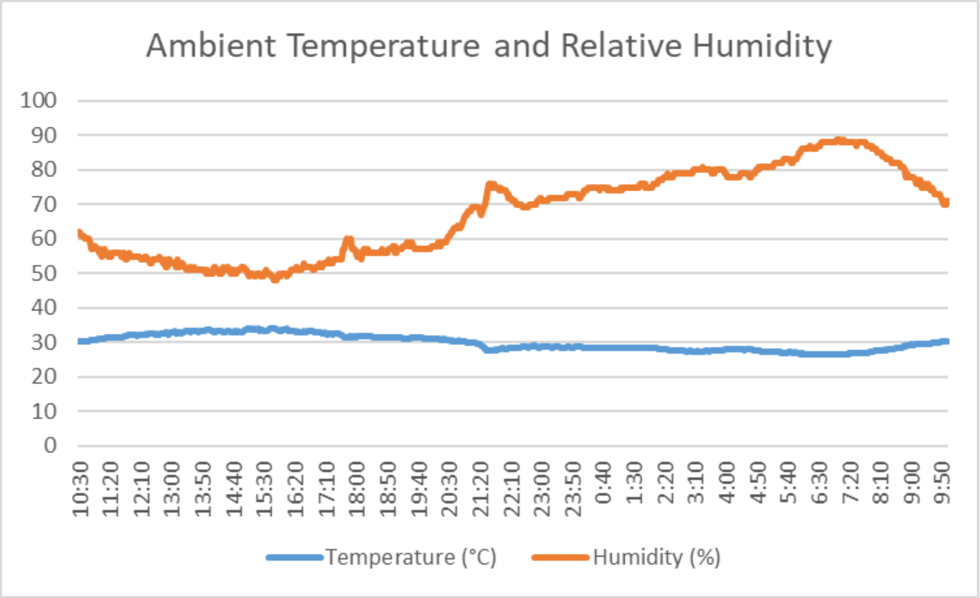
$$\text{งวดเวลาคืนทุน} = \frac{7{,}483{,}123 - 5{,}386{,}721}{4{,}402{,}460 - 3{,}311{,}643} = 1.92 \text{ ปี}$$

4.8 ผลการทดสอบเครื่องปรับอากาศหลังการติดตั้งและใช้งาน

4.8.1 ผลการตรวจสอบด้านอุณหภูมิและความชื้น

ทางผู้วิจัยได้ทำการวัดผลการทำงานของเครื่องปรับอากาศ โดยได้วัดการใช้งานของเครื่องปรับอากาศเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยทำการวัดค่าอุณหภูมิห้อง และความชื้นสัมพัทธ์โดยวัดผลได้แสดงดังรูปที่ *17* และ *18* ตามลำดับ

1. อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศ

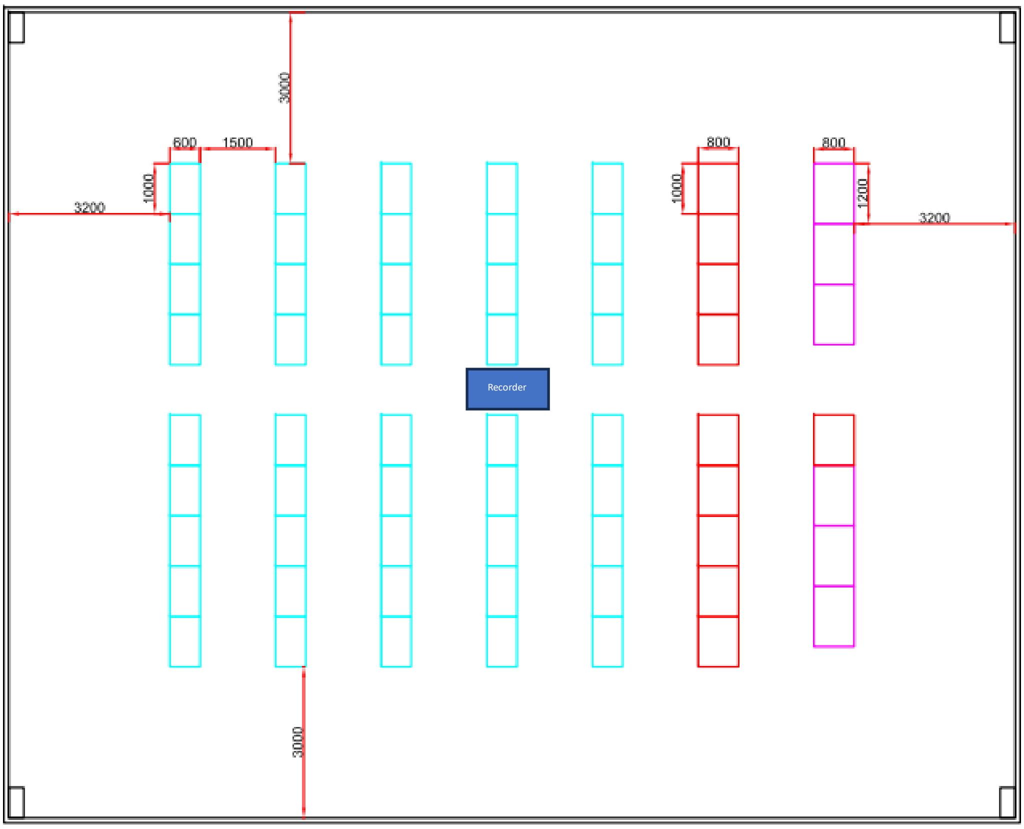


รูปที่ 17 กราฟแสดงผลการวัดอุณหภูมิและความชื้นของบรรยากาศด้านนอก

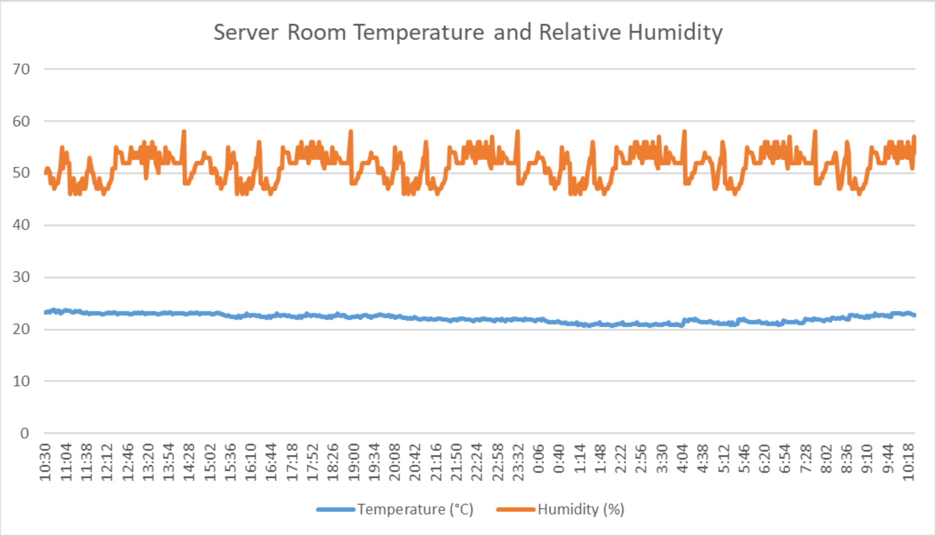
จากรูปที่ *17* กราฟแสดงผลการวัดอุณหภูมิและความชื้นของบรรยากาศด้านนอก พบว่า ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิบรรยากาศและความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศได้ดังนี้ 30.91 °C และ 67.54 %RH. ตามลำดับ

2. อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในพื้นที่ปรับอากาศ

การติดตั้งเครื่องมือวัดภายนห้องเซิร์ฟเวอร์แห่งนี้ ได้ทำการวางเครื่องมืดวัด Temperature and Humidity Recorder ไว้บริเวณกึ่งกลางของห้อง ซึ่งสูงจากพื้น 1 เมตร และห่างจาก *Rack Server* ด้านละ 0.5 เมตร แสดงตำแหน่งและค่าอุณหภูมิรวมถึงความชื้น ดังรูปที่ 18 ,19 ตามลำดับ



รูปที่ 18 ตำแหน่งในการวางอุปกรณ์ Temperature and Humidity Recorder



รูปที่ 19 กราฟแสดงผลการวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องเซิร์ฟเวอร์

จากรูปที่ *19* กราฟแสดงผลการวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ พบว่า ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิบรรยากาศและความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศได้ดังนี้ 22.13 °C และ 51.31 %RH. ตามลำดับ

4.8.2 การหาค่า EER ของเครื่องปรับอากาศหลังติดตั้ง

การหาค่า EER ของเครื่องปรับอากาศนั้น จำเป็นจะต้องรู้ค่า อัตราส่วนของความเย็นที่เครื่องปรับอากาศสามารถทำได้จริง Btu/hr. และ ค่ากำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศนั้นต้องการใช้ในการทำความเย็นนั้น (watt) ซึ่งแสดงในหัวข้อ 2.10 โดยในขั้นตอนนี้สามารถตรวจเช็คค่าดังกล่าวได้จากอุปกรณ์ Service Checker (แสดงตัวอย่างในรูปที่ 20) เนื่องจากข้อจำกัดในการเข้าถึงพื้นที่ใช้งานจริง ผู้วิจัยจึงทำการตรวจสอบเครื่องปรับอากาศ 1 ชุด ขณะทำงานที่จุด Full Load เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งได้ผลตรวจสอบดังตารางที่ 26

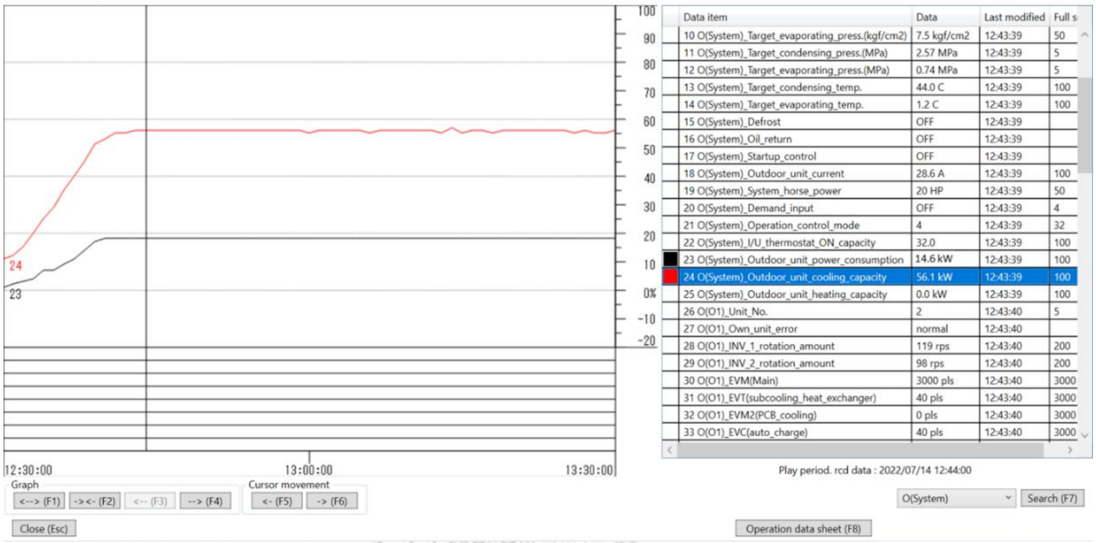
ตารางที่ 26 ค่า Power Consumption , Cooling Capacity ,COP และ EER ของเครื่องปรับอากาศ

Time	Power Consumption(kW.)	Cooling Capacity(kW.)	COP	EER
12:44	14.6	56.1	3.84	12.07
12:46	14.5	56.2	3.88	12.18
12:48	14.6	56.1	3.84	12.07
12:50	14.6	56.4	3.86	12.14
12:52	14.5	56.4	3.89	12.22
12:54	14.5	56.3	3.88	12.20
12:56	14.7	56.5	3.84	12.08
12:58	14.7	56.5	3.84	12.08
13:00	14.7	56.3	3.83	12.03
13:02	14.3	56.3	3.94	12.37
13:04	14.5	56.1	3.87	12.16
13:06	14.5	56.2	3.88	12.18
13:08	14.5	56.2	3.88	12.18
13:10	14.5	56.6	3.90	12.26
13:12	14.6	56.1	3.84	12.07
13:14	14	56	4.00	12.57
13:16	14.5	55.6	3.83	12.05
13:18	14.3	56.1	3.92	12.33
13:20	14.2	56.2	3.96	12.44
13:22	14.2	56.4	3.97	12.48
13:24	14.2	56.4	3.97	12.48
13:26	14.2	56.3	3.96	12.46
13:28	14.1	55.7	3.95	12.41
13:30	14.3	56.2	3.93	12.35
13:32	14.2	56.4	3.97	12.48
13:34	14.1	56.2	3.99	12.52
13:36	14.1	56.3	3.99	12.55
13:38	14.2	56.3	3.96	12.46
13:40	14.2	56.2	3.96	12.44
13:42	14	55.8	3.99	12.52
Average	Power Consumption	Cooling Capacity	COP	EER
	14.37	56.21	3.91	12.29

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 26 ค่า Power Consumption , Cooling Capacity ,COP และ EER ของเครื่องปรับอากาศ พบว่า หลังจากเปิดเครื่องปรับอากาศเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เครื่องปรับอากาศมีการใช้

พลังงานรวมเฉลี่ย (Average Power Consumption) ได้ 14.37 kW. และ มีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพทำความเย็นเฉลี่ย 56.21 kW. ซึ่งมีค่า EER. เท่ากับ 12.29



รูปที่ 20 ตัวอย่างการใช้โปรแกรม Service Checker

4.8.3 ผลการตรวจสอบปัจจัยด้านระบบปรับอากาศ

ผลการตรวจสอบปัจจัยด้านระบบปรับอากาศ ซึ่งอ้างอิงตามมาตรฐาน Data Center Tier IV และ ISO 27001 ซึ่งห้องเซิร์ฟเวอร์แห่งนี้ผ่านมาตรฐาน ซึ่งมีผลตรวจสอบดังตารางที่ 27

ตารางที่ 27 ตารางแสดงผลการตรวจสอบปัจจัยด้านระบบปรับอากาศ

ปัจจัยตรวจสอบด้านระบบปรับอากาศ	มาตรฐาน Data Center Tier IV และ ISO 27001
1.ระบบปรับอากาศสามารถควบคุมอุณหภูมิห้องได้ที่ 20-25 องศาเซลเซียส	ผ่าน (22.13 องศาเซลเซียส)
2.ระบบปรับอากาศสามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องไว้ที่ 40-55%	ผ่าน (51.31 %RH.)
3.เครื่องปรับอากาศภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ ต้องแยกจากระบบปรับอากาศส่วนอื่น	ผ่าน
4.ระบบปรับอากาศสามารถทำงานได้ 24 ชั่วโมง โดยมีการเปิด-ปิด สลับการทำงานกัน	ผ่าน
5. มีระบบปรับอากาศสำรองภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ โดยติดตั้งแบบ Fully Redundant (2N+1)	ผ่าน
6. มีระบบไฟฟ้าสำรองสำหรับระบบปรับอากาศโดยเฉพาะ	ผ่าน

4.9 อภิปรายผลการวิจัย

จากการคำนวณภาระโหลดความร้อนที่เกิดขึ้นภายในห้องเซิร์ฟเวอร์แห่งนี้ ภาระโหลดความร้อนสูงสุดมีค่า 209,582 W. ซึ่งหากคิดเฉพาะ Sensible Heat ที่เกิดขึ้น (ภาระโหลดจาก Rack Server) และค่า Safety Factor 5% จะได้ค่าภาระโหลดความร้อนสำหรับการออกแบบระบบปรับอากาศ เป็น 206,601 W. (751,288 Btu. /Hr.) สำหรับรูปแบบที่เหมาะสมของระบบปรับอากาศและประเภทเครื่องปรับอากากาศที่เหมาะสมกับใช้งานของห้องเซิร์ฟเวอร์แห่งนี้ ในงานวิจัยฉบับนี้ ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบเครื่องปรับอากาศแบบติดผนัง เครื่องปรับอากาศแบบท่อลม เครื่องปรับอากาศแบบตู้ตั้ง เครื่องปรับอากาศแบบ Air Handing Unit เครื่องปรับอากาศแบบฝังใต้ฝ้าสี่ทิศทาง โดยงานวิจัยฉบับนี้เลือกที่จะใช้เครื่องปรับอากาศประเภทต่อท่อลม (Duct Type) เนื่องจากเครื่องปรับอากาศประเภทนี้ จะติดตั้งไว้ในฝ้า ไม่สูญเสียพื้นที่ใช้สอย และสามารถต่อท่อลมเพื่อไปยังตำแหน่งที่ต้องการทำความเย็นได้ และมีความสวยงาม โดยเครื่องปรับอากาศประเภทอื่น เช่น เครื่องปรับอากาศแบบ Wall Type ไม่สามารถจ่ายความเย็นได้ถึงบริเวณกลางห้อง เนื่องจากห้องมีขนาดใหญ่ หรือเครื่องปรับอากาศประเภท Cassette Type มักจะมีปัญหาเกี่ยวกับตัวปั๊ม และตัวลูกลอย จึงอาจส่งผลต่อ Rack server ได้ง่าย หรือ AHU เครื่องปรับอากาศประเภทนี้จะมีราคาที่ค่อยข้างแพง และมีขนาดใหญ่ และมีข้อจำกัดในด้านของพื้นที่ติดตั้ง เนื่องจากอาคารที่ใช้ติดตั้งมีพื้นที่ค่อนข้างจำกัดและได้เลือกใช้งานระบบปรับอากาศประเภท ระบบ VRV (Variable Refrigerant Volume) หรือ ระบบ VRF (Variable Refrigerant Flow) สอดคล้องกับ ศิริวรรณ ภิรมย์ฤทธิ์ และสุคนธ์ทิพย์ ทินาภรณ์ [18] ทำการศึกษาเรื่อง การออกแบบศูนย์ข้อมูลตามรูปแบบการใช้งานและขนาดขององค์กร โดยพบว่า ปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่งคือ การหมุนเวียน และการกระจายลมภายในศูนย์ข้อมูล เพื่อเป็นการนำพาความร้อนจากแหล่งกำเนิดความร้อนต่างๆ ไปทำความเย็น และรักษาสภาวะอากาศภายในห้องให้อยู่ในระดับที่ต้องการ ซึ่งการออกแบบทาได้โดยหลายส่วนพร้อมกัน เช่น ภาพการออกแบบพื้นยกระดับที่ความสูงเพียงพอที่จะสามารถส่งผ่านลมเย็นจากเครื่องปรับอากาศไปยังแหล่งภาระความร้อนได้ทั่วถึงโดยพิจารณาถึงพื้นที่ว่างใต้พื้นยกเหนือการติดตั้งรางเดินสายไฟฟ้า หรือทางเดินสายคอมพิวเตอร์ พื้นยกควรสูงไม่น้อยกว่า 50 เซนติเมตร จากข้างต้นส่งผลให้การออกแบบรูปแบบที่เหมาะสมของระบบปรับอากาศภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ : กรณีศึกษานี้คือ การติดตั้งเครื่องปรับอากาศชนิด Duct Type หรือ ชนิดต่อท่อลมใต้ฝ้า และชนิดท่อส่งลมแบบกระจายลมจากด้านบน เนื่องจากพื้นที่ห้องเป็นห้องที่นำมาปรับปรุงใหม่ ไม่ได้เป็นการสร้างใหม่ จึงมีข้อจำกัดในการทำท่อส่งลมเย็นจากด้านล่างได้ยาก โดยได้ทำการติดตั้งหัวจ่ายลมแบบ Square Diffuser ขนาด 18 ×18 นิ้ว ซึ่งมีคุณสมบัติที่สามารถกระจายลมเย็นได้ 18-26 ฟุต และใช้เครื่องปรับอากาศประเภท VRV/VRF โดยเปิดใช้งานทั้งหมดจำนวน 6 ชุดคอยล์ร้อน 12 ชุดคอยล์เย็น (Standby 2 ชุดคอยล์ร้อน 4 ชุดคอยล์เย็น) ซึ่งมีขนาดของ Sensible Cooling Capacity อยู่ที่

790,584 btu/hr. และเปิด-ปิดสลับการทำงานทุก 8 ชั่วโมง เพื่อประสิทธิภาพที่ดีต่อการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบขนาดของห้องเซิร์ฟเวอร์ที่ติดตั้งตู้ Rack Server ประเภท 42U กับขนาด Sensible Cooling Capacity ของระบบปรับอากาศจะพบว่า ในกรณีที่ห้องเซิร์ฟเวอร์มีอัตราส่วน พื้นที่ว่างภายในห้อง : พื้นที่ติดตั้งตู้ Rack Server ในอัตราส่วน 6.5:1 จะมีการใช้ Sensible Cooling Capacity ที่ 2,470 btu/hr./ตารางเมตร ของขนาดพื้นที่ห้องเซิร์ฟเวอร์

เมื่อพิจารณาในแง่ของความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์พบว่า ค่าเครื่องปรับอากาศและค่าติดตั้งของระบบ Split Type จะมีราคาที่ถูกกว่าค่าเครื่องปรับอากาศและค่าติดตั้งของระบบ VRV/VRF อยู่ที่ 2,096,403 บาท หรือ 28.01% และอัตราการใช้พลังงานต่อปี ระบบปรับอากาศ VRV/VRF จะใช้พลังงานน้อยกว่า ระบบปรับอากาศ Split Type อยู่ 259,719 โดยคิดเป็นเงิน 1,091,817 บาท/ปี หรือ 24.79% ซึ่งหากมองในระยะยาว การติดตั้งระบบปรับอากาศ VRV/VRF จะมีค่าเครื่องและค่าติดตั้งเครื่องที่สูงกว่า แต่จะมีการประหยัดพลังงานไฟฟ้า และค่าไฟฟ้าได้มากกว่า ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้ ได้เลือกใช้งานระบบปรับอากาศประเภท ระบบ VRV (Variable Refrigerant Volume) หรือ ระบบ VRF (Variable Refrigerant Flow)

การตรวจสอบปัจจัยด้านระบบปรับอากาศ โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน Data Center Tier IV และ ISO 27001 พบว่าผ่านเกณฑ์ และสามารถควบคุมอุณหภูมิห้องและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่ 22.13 องศาเซลเซียส และ 51.31%RH. ตามลำดับ และมีค่า EER. ของเครื่องปรับอากาศ จากการทดสอบการใช้งานจริงที่ 12.29 (COP. เท่ากับ 3.91) แสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ เครื่องปรับอากาศที่มีค่า EER สูง หมายความว่าเครื่องปรับอากาศเครื่องนั้นมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานที่ดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ Cisco (2015) ได้กล่าวในคู่มือการวางแผนไซต์ Unified Computing System: พลังงานของศูนย์ข้อมูลและระบายความร้อน โดยพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับอุปกรณ์ในศูนย์ข้อมูล (Data Center) คือ อุณหภูมิที่อุปกรณ์สามารถทำงานประสิทธิภาพดีที่สุดและสามารถประหยัดพลังงานสูงสุด ได้แก่ 18-27 องศาเซลเวียส และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 40% – 60%

บทที่5 สรุปผลการทดลอง อุปสรรคของงาน และข้อเสนอแนะ

การศึกษาเรื่อง รูปแบบที่เหมาะสมของระบบปรับอากาศภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ : กรณีศึกษา Appropriated Air Conditioning System in Server Room: A Case Study มีวัตถุประสงค์ในการวิจัยได้แก่ 1. เพื่อศึกษาการใช้พลังงาน และหารูปแบบที่เหมาะสมประเภทของระบบปรับอากาศให้สอดคล้องกับภาระความร้อนที่เกิดขึ้นและการใช้งานภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ 2. เพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมของเครื่องปรับอากาศให้สอดคล้องกับพื้นที่ติดตั้งและการใช้งาน 3. เพื่อวิเคราะห์ต้นทุน ค่าติดตั้ง ค่าดูแลรักษา และค่าไฟของเครื่องปรับอากาศทั้งสองประเภท เพื่อหาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ว่าควรเลือกติดตั้งเครื่องปรับอากาศประเภทใด 4. เพื่อตรวจสอบหลังการติดตั้งเครื่องปรับอากาศจริงว่าเป็นไปตามทฤษฎีที่คำนวณหรือไม่ และหาค่า EER. ของระบบปรับอากาศของห้องเซิร์ฟเวอร์ สามารถสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะได้ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 การใช้พลังงาน และหารูปแบบที่เหมาะสมประเภทของระบบปรับอากาศให้สอดคล้องกับภาระความร้อนที่เกิดขึ้นและการใช้งานภายในห้องเซิร์ฟเวอร์

จากการคำนวณภาระโหลดความร้อนที่เกิดขึ้นภายในห้องเซิร์ฟเวอร์แห่งนี้ ภาระโหลดความร้อนสูงสุดมีค่า 209,582 W. ซึ่งหากคิดเฉพาะ Sensible Heat ที่เกิดขึ้น (ภาระโหลดจาก Rack Server) และค่า Safety Factor 5% จะได้ค่าภาระโหลดความร้อนสำหรับการออกแบบระบบปรับอากาศ เป็น 220,061 W. (751,288 Btu. /Hr.)

สำหรับรูปแบบที่เหมาะสมของระบบปรับอากาศและประเภทเครื่องปรับอากากาศที่เหมาะสมกับใช้งานของห้องเซิร์ฟเวอร์แห่งนี้ งานวิจัยฉบับนี้เลือกที่จะใช้เครื่องปรับอากาศประเภทต่อท่อลม (Duct Type) เนื่องจากเครื่องปรับอากาศประเภทนี้ จะติดตั้งไว้ในฝ้า ไม่สูญเสียพื้นที่ใช้สอย และสามารถต่อท่อลม เพื่อไปยังตำแหน่งที่ต้องการทำความเย็นได้ และมีความสวยงาม ด้เลือกใช้งานระบบปรับอากาศประเภทระบบ VRV (Variable Refrigerant Volume) หรือ ระบบ VRF (Variable Refrigerant Flow)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.1.2 รูปแบบที่เหมาะสมของเครื่องปรับอากาศให้สอดคล้องกับพื้นที่ติดตั้งและการใช้งาน

รูปแบบที่เหมาะสมของระบบปรับอากาศภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ : กรณีศึกษานี้คือ การติดตั้งเครื่องปรับอากาศชนิด Duct Type หรือ ชนิดต่อท่อลมใต้ฝ้า และชนิดท่อส่งลมแบบกระจายลมจากด้านบน เนื่องจากพื้นที่ห้องเป็นห้องที่นำมาปรับปรุงใหม่ ไม่ได้เป็นการสร้างใหม่ จึงมีข้อจำกัดในการทำท่อส่งลมเย็นจากด้านล่างได้ยาก โดยได้เลือกใช้หัวจ่ายลมชนิด Square Diffuser

ขนาด 18×18 (นิ้ว×นิ้ว) ซึ่งสามารถกระจายลมได้ 18-26 ฟุต และใช้เครื่องปรับอากาศประเภท VRV/VRF โดยเปิดใช้งานทั้งหมดจำนวน 6 ชุดคอยล์ร้อน 12 ชุดคอยล์เย็น (Standby 2 ชุดคอยล์ร้อน 4 ชุดคอยล์เย็น) ซึ่งมีขนาดของ Sensible Cooling Capacity อยู่ที่ 790,584 btu/hr. และเปิด-ปิดสลับการทำงานทุก 8 ชั่วโมง เพื่อประสิทธิภาพที่ดีต่อการทำงานของเครื่องปรับอากาศ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบขนาดของห้องเซิร์ฟเวอร์ที่ติดตั้งตู้ Rack Server ประเภท 42U กับขนาด Sensible Cooling Capacity ของระบบปรับอากาศจะพบว่า ในกรณีที่ห้องเซิร์ฟเวอร์มีอัตราส่วนพื้นที่ว่างภายในห้อง : พื้นที่ติดตั้งตู้ Rack Server ในอัตราส่วน 6.5:1 จะมีการเลือกใช้ Sensible Cooling Capacity ของระบบปรับอากาศที่ 2,470 btu/hr./ตารางเมตร ของขนาดพื้นที่ห้องเซิร์ฟเวอร์

5.1.3 การวิเคราะห์ต้นทุน ค่าติดตั้ง ค่าดูแลรักษา และค่าไฟของเครื่องปรับอากาศทั้งสองประเภท เพื่อหาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ว่าควรเลือกติดตั้งเครื่องปรับอากาศประเภทใด

1) ระบบปรับอากาศ Split Type จากการศึกษาต้นทุนค่าเครื่องปรับอากาศ ค่าติดตั้ง ค่าไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ Split Type (Run 12 เครื่อง และ Standby 4 เครื่อง) สามารถสรุปค่าใช้จ่ายได้ดังนี้

1.1) ค่าเครื่องปรับอากาศ รวมค่าติดตั้ง : 5,386,721 บาท

1.2) อัตราการใช้พลังงานต่อปี : 1,048,205 หน่วย/ปี

1.3) ค่าไฟฟ้าต่อปี : 4,402,460 บาท/ปี

2) ระบบปรับอากาศ VRV/VRF (Run 6 Systems และ Standby 4 Systems) จากการศึกษาต้นทุนค่าเครื่องปรับอากาศ ค่าติดตั้ง ค่าไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ VRV/VRF สามารถสรุปค่าใช้จ่ายได้ดังนี้

2.1) ค่าเครื่องปรับอากาศ รวมค่าติดตั้ง : 7,483,123 บาท

2.2) อัตราการใช้พลังงานต่อปี: 788,486 หน่วย/ปี

2.3) ค่าไฟฟ้าต่อปี : 3,311,643 บาท/ปี

จะเห็นว่า ค่าเครื่องปรับอากาศและค่าติดตั้งของระบบ Split Type จะมีราคาที่ถูกกว่าค่าเครื่องปรับอากาศและค่าติดตั้งของระบบ VRV/VRF อยู่ที่ 2,096,403 บาท หรือ 28.01% และอัตราการใช้พลังงานต่อปี ระบบปรับอากาศ VRV/VRF จะใช้พลังงานน้อยกว่า ระบบปรับอากาศ Split Type อยู่ 259,719 โดยคิดเป็นเงิน 1,091,817 บาท/ปี หรือ 24.79% ซึ่งหากมองในระยะยาว การติดตั้งระบบปรับอากาศ VRV/VRF จะมีค่าเครื่องและค่าติดตั้งเครื่องที่สูงกว่า แต่จะมีการประหยัดพลังงานไฟฟ้า และค่าไฟฟ้าได้มากกว่า ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้ ได้เลือกใช้งานระบบปรับอากาศประเภท ระบบ VRV (Variable Refrigerant Volume) หรือ ระบบ VRF (Variable Refrigerant Flow)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.1.4 ตรวจสอบหลังการติดตั้งเครื่องปรับอากาศจริงว่าเป็นไปตามทฤษฎีที่คำนวณหรือไม่ และหาค่า EER. ของระบบปรับอากาศของห้องเซิร์ฟเวอร์

ในงานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการตรวจสอบปัจจัยด้านระบบปรับอากาศ โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน Data Center Tier IV และ ISO 27001 พบว่าผ่านเกณฑ์ และสามารถควบคุมอุณหภูมิห้องและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่ 22.13 องศาเซลเซียส และ 51.31%RH. ตามลำดับ และมีค่า EER. ของเครื่องปรับอากาศ จากการทดสอบการใช้งานจริงที่ 12.29 (COP. เท่ากับ 3.91) ซึ่งห้องเซิร์ฟเวอร์แห่งนี้มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแยกจากระบบปรับอากาศส่วนอื่น , สามารถเปิดทำงานเครื่องปรับอากาศได้ตลอด 24 ชั่วโมง โดยมีการติดตั้งแบบ Fully Redundant รวมถึงมีระบบไฟฟ้าสำหรับระบบปรับอากาศโดยเฉพาะ ซึงเป็นไปตามมาตรฐาน Data Center Tier IV และ ISO 27001

5.2 อุปสรรคของงาน

5.2.1 สำหรับการเลือกใช้ระบบปรับอากาศ VRV/VRF อาจไม่ได้เหมาะสมกับห้องเซิร์ฟเวอร์ทุกแห่ง ในการเลือกประเภทของระบบปรับอากาศนั้น จำเป็นจะต้องคำนึงถึงพื้นที่การติดตั้ง ระยะท่อน้ำยา ขนาดห้อง จำนวนเครื่องปรับอากาศ เป็นต้น

5.2.2 เนื่องจากห้องเซิร์ฟเวอร์แห่งนี้ เป็นห้องที่นำมาปรับปรุง ไม่ได้สร้างใหม่ จึงมีข้อจำกัดในการทำท่อส่งลม จึงเลือกติดตั้งท่อส่งลมหรือกระจายลมจากด้านบน หากมีผู้ใดไปวิจัยต่อ หากห้องเซิร์ฟเวอร์นั้นเป็นห้องที่สามารถสร้างท่อส่งลมเย็นจากด้านล่าง ท่อส่งลมเย็นดังกล่าวจะเหมาะสมกับห้องเซิร์ฟเวอร์มากกว่า

5.2.3 เนื่องจากในการทดสอบผลการติดตั้งของงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยสามารถเก็บข้อมูลการใช้งานจริงจาก service checker ได้เพียงแค่ 1 ชั่วโมง เนื่องจากมีข้อจำกัดการเข้าพื้นที่ห้องเซิร์ฟเวอร์ หากผู้ใดนำงานวิจัยฉบับนี้ไปพัฒนาต่อหรือนำอ้างอิง ควรเก็บข้อมูลการใช้งานจริงอย่างน้อย 1 วัน เพื่อเก็บผลการทดลองที่แม่นยำขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบที่เหมาะสมของระบบปรับอากาศภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ โดยมีการพิจารณาเพียง 2 รูปแบบได้แก่ เครื่องปรับอากาศประเภท Split Type และเครื่องปรับอากาศประเภท VRF ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบอื่นเพิ่มเติม เช่น ระบบปรับอากาศชนิด Chiller

5.3.2 การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างชนิดเครื่องปรับอากาศ Split Type และ VRF โดยเลือกเครื่องปรับอากาศเป็นประเภท Inverter เหมือนกัน ดังนั้นในการศึกษาครั้ง

ต่อไป สามารถศึกษาเปรียบเทียบระหว่างเครื่องปรับอากาศ ชนิด Non-Inverter , Inverter หรือการใช้งานร่วมกันระหว่าง Non-Inverter และ Inverter โดยหารูปแบบการเปิดเครื่องปรับอากาศที่สามารถประหยัดพลังงานได้สูงสุด และ ระยะเวลาคืนทุนคุ้มค่าที่สุด

5.3.3 การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาในห้องเซิร์ฟเวอร์เพียงขนาดเดียว เนื่องด้วยเวลาอันจำกัด หากในการศึกษาครั้งต่อไปควรศึกษาห้องเซิร์ฟเวอร์ทั้งขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ว่าห้องเซิร์ฟเวอร์แต่ละขนาดเหมาะสมกับระบบปรับอากาศแบบใด

5.3.4 จากการคำนวณ Heat Load ซึ่งแสดงดังรูปที่ 15 จะเห็นว่า Heat Load ที่เกิดจาก Infiltration นั้นมีสองส่วน คือ Latent Heat และ Sensible Heat แต่ Latent Heat ที่เกิดขึ้นนั้นเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับ Sensible Heat ทั้งหมด หากในการศึกษาครั้งต่อไป หากห้องเซิร์ฟเวอร์กรณีศึกษานั้นมีกรอบอากาศที่ไม่ดี หรือเกิดการรั่วซึมของอากาศมาก ทำให้เกิด Latent Heat สูง ดังนั้นผู้ที่ศึกษาต่อจำเป็นจะต้องพิจารณาในส่วนของ Latent Heat เข้าไปด้วย

5.3.5 จากผลการศึกษา การเลือกใช้ Sensible Cooling Capacity ในระบบปรับอากาศ ที่ 2,470 btu/hr./ตารางเมตร ของขนาดพื้นที่ห้องเซิร์ฟเวอร์นั้น เหมาะสมสำหรับการบรรจุเซิร์ฟเวอร์ใน Rack Server ที่มีความสูง 42U และ อัตราส่วนของพื้นที่ว่างภายในห้อง : พื้นที่ติดตั้งตู้ Rack Server เท่ากับ 6.5:1 เพียงเท่านั้น

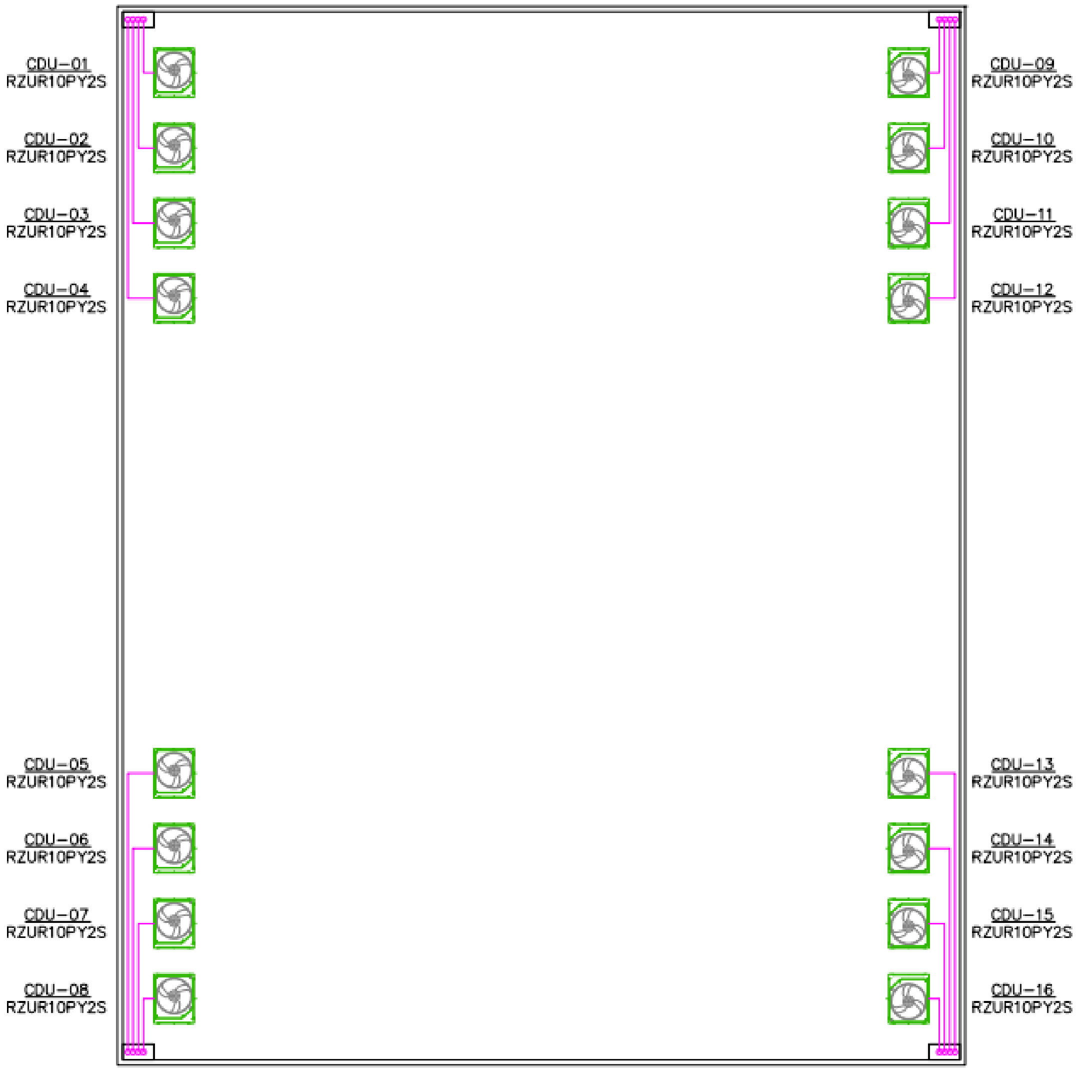
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

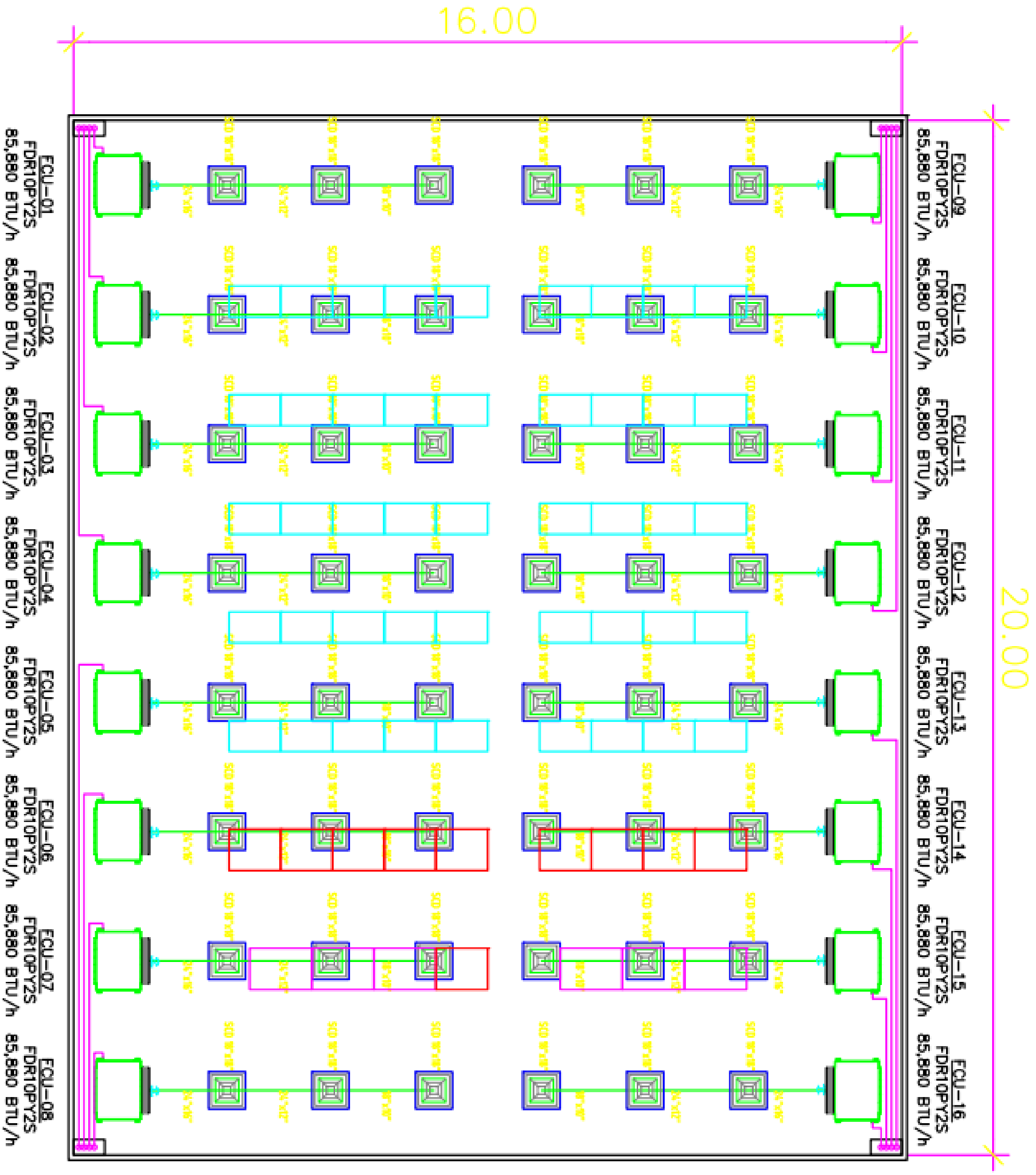
1.รูปแบบการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ Split Type

1.1 รูปแบบการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ Split Type (คอยล์ร้อน บริเวณชั้น 6)



รูปที่ 21 รูปแบบการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ Split Type (คอยล์ร้อน บริเวณชั้น 6)

1.2.รูปแบบการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ Split Type (คอยล์เย็น บริเวณชั้น 3)



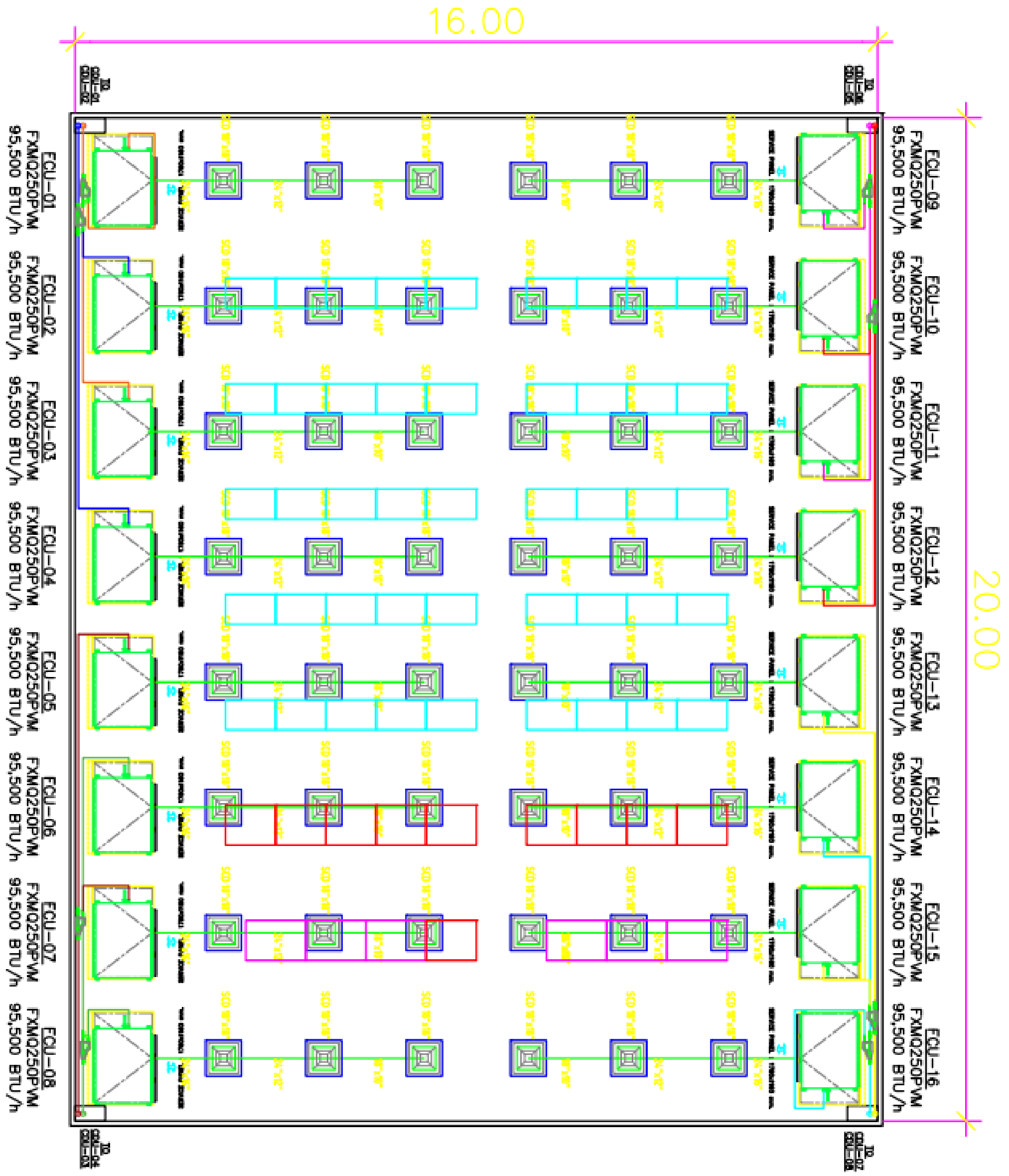
รูปที่ 22 รูปแบบการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ Split Type (คอยล์เย็น บริเวณชั้น 3)

2.รูปแบบการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ VRV/VRF

2.1 รูปแบบการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ VRV/VRF (คอยล์ร้อน บริเวณชั้น 6)

รูปที่ 23 รูปแบบการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ VRV/VRF (คอยล์ร้อน บริเวณชั้น 6)

2.2.รูปแบบการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ VRV/VRF (คอยล์เย็น บริเวณชั้น 3)



รูปที่ 24 รูปแบบการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ VRV/VRF (คอยล์เย็น บริเวณชั้น 3)

3.ค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศประเภท Split Type

ตารางที่ 28 ตารางแสดงค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศ

ค่าใช้จ่าย	จำนวน	ราคา(บาท)	ค่าแรง(บาท)	รวม(บาท)
1. ค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศ	16 ชุด	-	80,000	80,000
2. ค่าอุปกรณ์	1 Lot	76,800	30,720	107,520
รวม				**187,520**

ตารางที่ 29 ตารางแสดงค่าติดตั้งระบบท่อน้ำยา

ค่าใช้จ่าย	จำนวน	ราคา(บาท)	ค่าแรง(บาท)	รวม(บาท)
1. ท่อสารทำความเย็น (ท่อทองแดง ชนิด L)				
1.1 ท่อสารทำความเย็น ขนาด Ø 3/8"	331 เมตร	30,783	12,909	43,692.0
1.2 ท่อสารทำความเย็น ขนาด Ø 7/8"	331 เมตร	112,209	34,424	146,633.0
1.3 Fitting	1 Lot	57,200	8,580	65,780.0
1.4 Hanger and Support for Piping	1 Lot	42,900	6,440	49,340.0
2. ฉนวนกันความร้อนสำหรับท่อน้ำยา (ชนิด Closed cell insulation thick 3/4")				
2.1 ฉนวนกันความร้อน ขนาด Ø 3/8"	331 เมตร	17,543	5,627	23,170
2.2 ฉนวนกันความร้อน ขนาด Ø 7/8"	331 เมตร	23,170	12,247	35,417
2.3 Insulation Tape & Adhesive	1 Lot	6,110	920	7,030
3. ท่อน้ำทิ้ง (PVC Class 8.5)				
3.1 ท่อ PVC ขนาด Ø 1-1/4"	125 เมตร	3,000	3,125	6,125
3.2 Fitting	1 Lot	1,350	210	1,560
3.3 Hanger and Support for Piping	1 Lot	900	140	1,040

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. ฉนวนกันความร้อนสำหรับท่อน้ำน้ำทิ้ง (ชนิด Closed cell insulation thick 3/8")				
4.1 ฉนวนกันความร้อน ขนาด Ø 1-1/4"	125 เมตร	6,000	4,000	10,000
4.2 Insulation Tape & Adhesive	1 Lot	600	90	690
5.อื่นๆ				
5.1 Pipe Cover (Aluminum Jacket)	64 เมตร	32,000	9,600	41,600
รวม				**432,077**

ตารางที่ 30 ตารางแสดงค่าติดตั้งระบบไฟฟ้า

ค่าใช้จ่าย	จำนวน	ราคา(บาท)	ค่าแรง (บาท)	รวม(บาท)
1. ระบบคอนโทรล				
1.1 ค่าติดตั้งรีโมทมีสาย	16 ชุด	-	1,600	1,600
1.2 ค่าติดตั้งระบบควบคุมส่วนกลาง	2 ชุด	-	7,000	7,000
2. Breaker and Safety Switch				
2.1 Circuit Breaker 3 ph. 16 A. (Indoor)	16 ชุด	32,080	2,112	34,192
2.2 Circuit Breaker 3 ph. 25 A. (Outdoor)	16 ชุด	32,080	2,112	34,192
2.3 Safety Switch 3 ph. 30 A. (Outdoor)	16 ชุด	106,800	10,576	117,376
3. สายไฟฟ้า และ สายคอนโทรล				
3.1 Cable THW (IEC01) Ø 2.5 SQ.MM.	1,536 เมตร	18,432	19,968	38,400
3.2 Cable THW (IEC01) Ø 4.0 SQ.MM.	384 เมตร	7,296	6,912	14,208
3.3 2 Core VCT Ø 1.0	288 เมตร	6,624	4,896	11,520

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

SQ.MM. for (Wired Remote Controller)				
3.4 2 Core-18 AWG Shield for (Control Wire)	439 เมตร	16,682	7,463	24,145
3.5 Accessories Cable	1 Lot	12,260	4,300	16,560
4.ท่อร้อยสายไฟ และ คอนโทรล				
4.1 Conduit EMT Ø 1/2"	619 เมตร	23,522	14,237	37,759
4.2 Conduit IMC Ø 3/4"	96 เมตร	10,272	4,416	14,688
4.3 Flexible Conduit Ø 1/2"	38 เมตร	342	1,330	1,672
4.4 Liquid Tight Flexible Conduit Ø 3/4"	19 เมตร	1,710	874	2,584
4.5 Fitting	1 Lot	5,380	1,890	7,270
4.6 Hanger and Support for Piping	1 Lot	8,970	3,140	12,110
รวม				**375,276**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 31 ตารางแสดงค่าติดตั้งระบบท่อส่งลม

ค่าใช้จ่าย	จำนวน	ราคา(บาท)	ค่าแรง (บาท)	รวม(บาท)
1. สังกะสี (GALVANIZED STEEL SHEET)				
1.1 BWG. 24	3,595 ft.^{2}	100,660	165,370	266,030
1.2 Hanger and Support	1 Lot	25,170	8,810	33,980

2. ฉนวนท่อลม				
2.1 Fiberglass 24 kg./.m^3 , Thick 25 mm.	3,595 ft.^{2}	64,710	61,115	125,825
2.2 Adhesive & Aluminium Tape	1 Lot	22,650	7,930	30,580
3. RETURN AIR CHAMBER				
3.1 Return Air Chamber (BWG. 24) With Insulation Closed Cell 1/2"	16 ชุด	160,000	48,000	208,000
4. VOLUME DAMPER				
4.1 Split Damper	32 ชุด	14,720	7,360	22,080
5. AIR REGISTER				
5.1 SCD 18" x 18" (SUPPLY GRILLE)	48 ชุด	64,272	9,648	73,920
5.2 RAG 72" x 46" (RETURN GRILLE)	16 ชุด	128,000	19,200	147,200
รวม				**907,615**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 32 ตารางแสดงค่าใช้จ่ายอื่นๆ

ค่าใช้จ่าย	จำนวน	ราคา(บาท)	ค่าแรง (บาท)	รวม(บาท)
1. Refrigerant R-410A	10 kg.	3,500	500	4,000
2. Finishing and Cleaning	1 Lot	-	3,200	3,200
3. Accessories	1 Lot	30,811	4,622	35,433
รวม				**42,633**

4.ค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศประเภท VRV/VRF

ตารางที่ 33 ตารางแสดงค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศ

ค่าใช้จ่าย	จำนวน	ราคา(บาท)	ค่าแรง(บาท)	รวม(บาท)
ค่าติดตั้งคอยล์เย็น				
1. ค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศ	16 ชุด	-	40,000	40,000
2. ค่าอุปกรณ์ซัพพอร์ต	1 Lot	43,200	17,280	60,480
ค่าติดตั้งคอยล์ร้อน				
1.ค่าติดตั้งคอยล์ร้อน	8 ชุด	-	48,000	48,000
2. ค่าอุปกรณ์ซัพพอร์ต	1 Lot	33,600	13,440	47,040
รวม				**195,520**

ตารางที่ 34 ตารางแสดงค่าติดตั้งระบบท่อน้ำยา

ค่าใช้จ่าย	จำนวน	ราคา(บาท)	ค่าแรง(บาท)	รวม(บาท)
1. ท่อสารทำความเย็น (ท่อทองแดง ชนิด L)				
1.1 ท่อสารทำความเย็น ขนาด Ø 3/8"	89 เมตร	8,277	3,471	11,748
1.2 ท่อสารทำความเย็น ขนาด Ø 5/8"	126 เมตร	26,460	8,694	35,154
1.3 ท่อสารทำความเย็น ขนาด Ø 7/8"	89 เมตร	30,171	9,256	39,427
1.4 ท่อสารทำความเย็น ขนาด Ø 1-1/8"	126 เมตร	59,094	18,018	77,112
1.5 Fitting	1 Lot	37,210	5,590	42,800
1.6 Hanger and Support for Piping	1 Lot	31,010	4,660	35,670
2. ฉนวนกันความร้อนสำหรับท่อน้ำยา (ชนิด Closed cell insulation thick 3/4")				
2.1 ฉนวนกันความร้อน ขนาด Ø 3/8"	89 เมตร	4,717	1,513	6,230
2.2 ฉนวนกันความร้อน ขนาด Ø 5/8"	126 เมตร	7,812	3,528	11,340

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3 ฉนวนกันความร้อน ขนาด Ø 7/8"	89 เมตร	6,230	3,293	9,523
2.4 ฉนวนกันความร้อน ขนาด Ø 1-1/8"	126 เมตร	10,458	5,670	16,128
2.5 Insulation Tape & Adhesive	1 Lot	5,850	880	6,730
3. ท่อน้ำทิ้ง (PVC Class 8.5)				
3.1 ท่อ PVC ขนาด Ø 1-1/4"	125 เมตร	3,000	3,125	6,125
3.2 Fitting	1 Lot	1,350	210	1,560
3.3 Hanger and Support for Piping	1 Lot	900	140	1,040
4. ฉนวนกันความร้อนสำหรับท่อน้ำน้ำทิ้ง (ชนิด Closed cell insulation thick 1/2")				
4.1 ฉนวนกันความร้อน ขนาด Ø 1-1/4"	125 เมตร	7,750	4,000	11,750
4.2 Insulation Tape & Adhesive	1 Lot	1,170	180	1,350
5.อื่นๆ				
5.1 Refnet Branch Piping Kit	8 ชุด	-	1,600	1,600
5.2 Outdoor Unit Multi Connection Piping Kit	8 ชุด	-	1,600	1,600
5.3 Pipe Cover (Aluminium Jacket)	28 เมตร	14,000	4,200	18,200
5.4 Coring Wall	24 จุด	-	4,800	4,800
รวม				**339,887**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 35 ตารางแสดงค่าติดตั้งระบบไฟฟ้า

ค่าใช้จ่าย	จำนวน	ราคา(บาท)	ค่าแรง (บาท)	รวม(บาท)
1. ระบบคอนโทรล				
1.1 ค่าติดตั้งรีโมทมีสาย	16 ชุด	-	1,600	1,600
1.2 ค่าติดตั้งระบบ ควบคุมส่วนกลาง	1 ชุด	-	5,000	5,000
2. Breaker and Safety Switch				
2.1 Circuit Breaker 1 ph. 16 A. (Indoor)	16 ชุด	3,248	848	4,096
2.2 Circuit Breaker 3 ph. 50 A. (Outdoor)	8 ชุด	19,944	1,592	21,536
2.3 Safety Switch 3 ph. 60 A. (Outdoor)	ค ชุด	99,000	5,288	104,288
3. สายไฟฟ้า และ สายคอนโทรล				
3.1 Cable THW (IEC01) Ø 2.5 SQ.MM.	864 เมตร	9,504	11,232	20,736
3.2 Cable THW (IEC01) Ø 6.0 SQ.MM.	96 เมตร	2,784	2,112	4,896
3.3 Cable THW (IEC01) Ø 10.0 SQ.MM.	384 เมตร	18,048	11,520	29,568
3.4 2 Core VCT Ø 1.0 SQ.MM. for (Wired Remote Controller)	240 เมตร	5,520	4,080	9,600
3.5 2 Core-18 AWG Shield for (FCU to CDU)	258 เมตร	9,804	4,386	14,190
3.6 2 Core-18 AWG Shield for (CDU to Central	88 เมตร	3,344	1,496	4,840

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Control)				
3.5 Accessories Cable	1 Lot	12,260	4,300	16,560
4.ท่อร้อยสายไฟ และ คอนโทรล				
4.1 Conduit EMT Ø 1/2"	874 เมตร	32,338	20,102	52,440
4.2 Conduit IMC Ø 1"	96 เมตร	13,824	5,856	19,680
4.3 Flexible Conduit Ø 1/2"	19 เมตร	171	665	836
4.4 Liquid Tight Flexible Conduit Ø 1"	10 เมตร	1,500	530	2,030
4.5 Fitting	1 Lot	7,180	2,520	9,700
4.6 Hanger and Support for Piping	1 Lot	11,960	4,190	16,150
รวม				**337,746**

ตารางที่ 36 ตารางแสดงค่าติดตั้งระบบไฟฟ้า

ค่าใช้จ่าย	จำนวน	ราคา(บาท)	ค่าแรง (บาท)	รวม(บาท)
1. สังกะสี (GALVANIZED STEEL SHEET)				
1.1 BWG. 24	3,595 $ft.^2$	100,660	165,370	266,030
1.2 Hanger and Support	1 Lot	25,170	8,810	33,980
2. ฉนวนท่อลม				
2.1 Fiberglass 24 $kg./.m^3$, Thick 25 mm.	3,595 $ft.^2$	64,710	61,115	125,825
2.2 Adhesive & Aluminium Tape	1 Lot	22,650	7,930	30,580
3. RETURN AIR CHAMBER				
3.1 Return Air Chamber (BWG. 24)	16 ชุด	160,000	48,000	208,000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

With Insulation Closed Cell 1/2"				
4. VOLUME DAMPER				
4.1 Split Damper	32 ชุด	14,720	7,360	22,080
5. AIR REGISTER				
5.1 SCD 18" x 18" (SUPPLY GRILLE)	48 ชุด	64,272	9,648	73,920
5.2 RAG 72" x 46" (RETURN GRILLE)	16 ชุด	128,000	19,200	147,200
รวม				**907,615**

ตารางที่ 37 ตารางแสดงค่าใช้จ่ายอื่นๆ

ค่าใช้จ่าย	จำนวน	ราคา(บาท)	ค่าแรง (บาท)	รวม(บาท)
1.Test run and Commissioning	1 Lot	-	9,600	9,600
2. Nitrogen Testing	1 Lot	16,000	4,800	20,800
3. Refrigerant R-410A	22 kg.	7,700	1,100	8,800
4. Finishing and Cleaning	1 Lot	-	8,000	8,000
5. Accessories	1 Lot	35,413	3,542	38,955
รวม				**86,155**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.ตารางแสดงประสิทธิภาพการกระจายลมของ Square Diffusers Grille

ตารางที่ 38 ตารางแสดงประสิทธิภาพการกระจายลมของ Square Diffusers Grille

SQUARE DIFFUSERS PERFORMANCE DATA MODEL ASD.

NECK SIZE	RATING	NECK VELOCITY IN FEET PER MINUTE								
		400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400
6″ × 6″ 0.196	CFM SP RAD	78 0.04 3-5	98 0.06 3-6	118 0.08 4-6	137 0.11 4-6	157 0.13 4-6	176 0.16 5-7	196 0.20 5-7	235 0.28 6-8	274 0.38 6-8
8″ × 8″ 0.349	CFM SP RAD	140 0.03 4-6	175 0.05 5-8	209 0.07 5-8	244 0.10 5-8	279 0.12 5-9	314 0.17 6-10	349 0.18 6-10	419 0.27 7-11	487 0.37 8-13
10″ × 10″ 0.545	CFM SP RAD	218 0.06 5-9	273 0.09 5-9	327 0.12 6-11	381 0.22 6-11	436 0.24 7-13	490 0.30 7-13	545 0.36 8-14	654 0.52 9-16	763 0.72 12-18
12″ × 12″ 0.785	CFM SP RAD	314 0.04 6-10	392 0.08 6-10	471 0.10 6-12	550 0.18 6-12	628 0.20 7-14	706 0.29 7-15	785 0.31 10-18	942 0.49 13-21	1099 0.67 15-25
14″ × 14″ 1.07	CFM SP RAD	428 0.05 8-13	535 0.09 8-13	642 0.12 11-15	749 0.17 11-16	856 0.20 13-19	963 0.28 13-19	1070 0.31 18-23	1280 0.44 21-26	1500 0.59 24-28
16″ × 16″ 1.40	CFM SP RAD	560 0.07 10-14	700 0.08 10-14	840 0.14 13-17	980 0.19 14-18	1120 0.26 17-22	1260 0.30 18-22	1460 0.41 19-25	1680 0.59 22-29	1960 0.82 24-30
18″ × 18″ 1.77	CFM SP RAD	708 0.05 9-14	885 0.07 9-15	1062 0.11 12-18	1239 0.18 12-18	1416 0.22 17-24	1593 0.28 18-26	1770 0.35 20-28	2124 0.53 23-30	2478 0.72 26-32
20″ × 20″ 2.18	CFM SP RAD	872 0.05 11-17	1090 0.08 12-18	1308 0.12 14-20	1526 0.16 14-20	1744 0.24 19-25	1962 0.28 20-26	2180 0.36 22-29	2616 0.54 23-30	3052 0.76 27-35
22″ × 22″ 2.63	CFM SP RAD	1052 0.05 11-18	1315 0.07 12-18	1578 0.11 14-22	1841 0.14 15-22	2104 0.23 20-24	2367 0.26 20-24	2630 0.32 22-30	3156 0.50 22-32	3682 0.70 24-36
24″ × 24″ 3.14	CFM SP RAD	1256 0.05 12-18	1570 0.09 12-18	1884 0.12 16-22	2198 0.16 18-24	2512 0.20 21-29	2826 0.25 22-30	3140 0.28 24-32	3768 0.40 27-38	4396 0.54 30-40
28″ × 28″ 4.274	CFM SP RAD	1709 0.06 13-20	2137 0.09 13-22	2564 0.11 12-23	2992 0.14 14-24	3411 0.19 22-31	3847 0.23 27-36	4274 0.28 27-36	5129 0.39 30-40	5184 0.52 34-44
32″ × 32″ 5.59	CFM SP RAD	2236 0.02 14-22	2795 0.03 14-22	3354 0.04 18-25	3913 0.06 20-26	4472 0.07 23-32	5031 0.09 34-34	5590 0.11 28-39	6710 0.16 32-42	7826 0.21 35-48
36″ × 36″ 7.07	CFM SP RAD	2828 0.03 14-22	3535 0.04 15-24	4242 0.05 19-26	4949 0.06 20-26	5656 0.10 23-34	6363 0.12 30-40	7070 0.16 33-46	8480 0.23 33-46	9890 0.30 37-48

CFM. = CAPACITY IN CUBIC FEET PERMINUTE
SP. = STATIC PRESSURE IN INCHES OF WATER
RAD. = RADIUS OF DIFFUSION IN FEET

MULTIPLIER FOR MODEL CSD
CFM × 1.09
SP × 0.95
RAD × 0.90

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

1. พ.ศ.2542, ร., พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542. 2546.
2. พานิชเจริญ., ส., การพัฒนาระบบระบายความร้อนของศูนย์ข้อมูลขนาดเล็ก. 2562, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.
3. Solution, F.N.C. *Data Center* หรือ *Server Room* หัวใจหลักขององค์กรยุคใหม่ในปี 2023. 2566; Available from: https://www.focomm-cabling.com/data-center-room.
4. TECHNOLOGY, C. *SERVER ROOM* สำหรับตรวจประเมิน *ISO*-27001. 2566; Available from: https://comadvance.co.th/blog/2019/09/26/server-room-สำหรับตรวจประเมิน-iso-27001/.
5. แก้วผุดผ่อง, ก., การพัฒนาระบบตรวจวัดอุณหภูมิห้องเซิร์ฟเวอร์ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง. การประชุมวิชาการระดับชาติ PULINET ครั้งที่ 10 2563.
6. ระบบไฟฟ้าของ *Data Center Tier IV*.
7. ระบบปรับอากาศ*Data Center Tier IV*.
8. SERV, Q. *Rack Server* คืออะไร หากจะเลือกใช้ควรเลือกแบบไหน. 2566; Available from: https://www.quickserv.co.th/knowledge-base/solutions/Rack-Server-หากจะเลือกใช้ควรเลือกแบบไหน.
9. ตู้ *Rack Server*.
10. วัฏจักรการทำความเย็นในระบบปรับอากาศ.
11. กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ระบบปรับอากาศ *(Air Conditioning)*. 2566.
12. เตียไพรัชกุลกิจ, บ., การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับห้องเก็บข้อมูลคอมพิวเตอร์ กรณีศึกษา: ศูนย์คอมพิวเตอร์ธนาคารของรัฐ. 2554, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.
13. ศิริทาวรจันทร์, ส., เทคนิค เครื่องกลไฟฟ้า. 2546, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
14. Cisco, *Unified Computing System Site Planning Guide: Data Center Power and Cooling*. 2015.
15. การออกแบบระบบปรับอากาศโดยใช้วิธีการกระจายลมเย็นจากด้านบน.
16. การออกแบบระบบปรับอากาศโดยใช้วิธีการกระจายลมเย็นจากด้านล่าง.
17. ศรีผา, ย., การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนด้วยชุดแลกเปลี่ยนความ ร้อนชนิดแผ่นเพลทแบบเชื่อมติดระบายความร้อนด้วยน้ำ. 2555, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคล.
18. ทินาภรณ์, ศ.ภ.แ., การออกแบบศูนย์ข้อมูลตามรูปแบบการใช้งาน และขนาดขององค์กร. วารสาร EAU HERITAGE, 2555: p. 31-37.

CHULALONGKORN UNIVERSITY

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	แพรวพรู เพียรชูชัย
วัน เดือน ปี เกิด	11 กุมภาพันธ์ 2541
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	วศ.บ.เครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ที่อยู่ปัจจุบัน	922/227 ถนนพระราม9 แขวงบางกะปิ เขตห้วยขวาง กทม. 10310

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY