

โปรแกรมตรวจสอบและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์



นาย พิสุทธิ ชัยอมฤต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

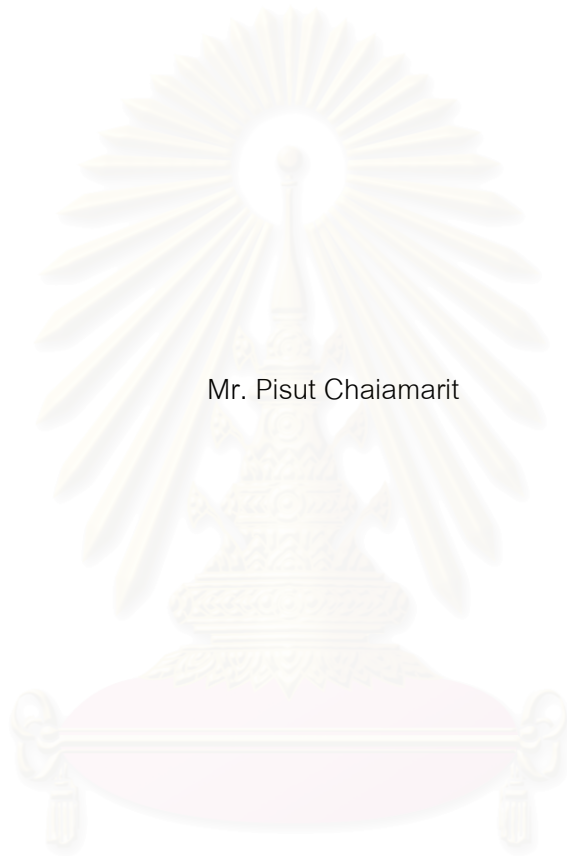
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-1112-3

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MONITORING AND EFFICIENCY ANALYSIS PROGRAM FOR CHILLER
IN CENTRALIZED AIR CONDITIONING SYSTEMS



Mr. Pisut Chaiamarit

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering

Department of Electrical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2002

ISBN 974-17-1112-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์ โปรแกรมตรวจสอบและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นใน
ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์
โดย นาย พิสุทธิ ชัยอมฤต
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. สมบูรณ์ จงชัยกิจ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุขุมวิทย์ ภูมิวุฒิสาร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร.สมบูรณ์ จงชัยกิจ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ มิ่งศักดิ์ ตั้งตระกูล)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นัยวุฒิ วงษ์โคเมท)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิสุทธิ ชัยอมฤต : โปรแกรมตรวจสอบและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นในระบบ
ปรับอากาศแบบรวมศูนย์. (Monitoring and Efficiency Analysis Program for Chiller in
Centralized Air Conditioning Systems) อ. ที่ปรึกษา : อ.ดร.สมบูรณ์ จงชัยกิจ
อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผศ.มิ่งศักดิ์ ตั้งตระกูล. 173 หน้า. ISBN 974-17-1112-3.

วิทยานิพนธ์นี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อออกแบบและพัฒนาโปรแกรมสำหรับตรวจสอบการทำงานและ
วิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็นในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ การพัฒนาโปรแกรมอ้างอิง
ตามมาตรฐาน ARI 550-590-98 และกฎกระทรวงซึ่งออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการ
อนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น สามารถทำงานในลักษณะต่อเนื่องในเวลาจริง
คำนวณหาประสิทธิภาพที่โหลดเต็มพิกัดและโหลดบางส่วน วิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า วิเคราะห์
ความสัมพันธ์ของข้อมูลโดยวิธีสมการเชิงเส้นถดถอย เก็บข้อมูลเพื่อสร้างรายงาน และเตือนเมื่อเกิด
ความผิดปกติขึ้น

ผลการทดสอบโปรแกรมในห้องปฏิบัติการและอาคารจริง ปรากฏว่าโปรแกรมสามารถทำงาน
ได้อย่างน่าพอใจ โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้
พลังงานของอาคารและโรงงานควบคุมได้ในอนาคต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า.....ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา.....2545.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4170692021 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEY WORD : CHILLER / EFFICIENCY / MONITORING / PART LOAD

PISUT CHAIAMARIT : Monitoring and Efficiency Analysis Program for Chiller in Centralized Air Conditioning Systems. THESIS ADVISOR : Dr.Somboon Chongchaikit, THESIS COADVISOR : Assistant Professor. Mingsak Tangtrakul., 173 pp. ISBN 974-17-1112-3.

The objective of this thesis is to design and develop a program for monitoring and analysing the efficiency of the chillers in centralized air conditioning systems. This program is developed based on ARI 550-590-98 standard and ministry's law issued under the Energy Development and Promotion Act B.E.2535 (A.D.1992). The program is capable of working in realtime manner, evaluating the efficiency at full load and at partial load, analysing the energy consumption, analysing the correlation of the data by linear regression, collecting data for report and showing alarms.

Tests in laboratory and in an actual building show satisfactory results. The developed software can also be used in energy audit.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department...Electrical Engineering... Student's signature.....

Field of study...Electrical Engineering... Advisor's signature.....

Academic year...2002..... Coadvisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้มีอาจสำเร็จได้หากขาดความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้า อาจารย์ ดร. สมบูรณ์ จงชัยกิจ และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมของข้าพเจ้า ผศ. มิ่งศักดิ์ ตั้งตระกูล ซึ่งท่านทั้งสองได้ให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ ความช่วยเหลือในการจัดหาอุปกรณ์ จัดหาทุนวิจัย ตลอดจนคำแนะนำในการดำเนินชีวิตแก่ข้าพเจ้า จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทั้งสองด้วยใจ

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุชุมวิทย์ ภูมิวุฒิสาร และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นัยวุฒิ วงษ์โคเมท ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่าในการเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สังกัดสำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติที่มอบทุนอุดหนุนการวิจัย ทำให้จัดซื้ออุปกรณ์สำหรับการทดสอบโปรแกรมที่พัฒนา

ขอขอบคุณคุณยุทธชัย ผาสุข และคุณชนวรรณ เกตุดี ที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับซอฟต์แวร์ในการทำวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณสำหรับน้ำใจและมิตรภาพของพี่ๆเพื่อนๆน้องๆ ในห้องปฏิบัติการวิจัยวัดคุณภาพอุตสาหกรรมทุกท่านที่มีอย่างมากมาย

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ของข้าพเจ้าที่ได้เลี้ยงดูและสนับสนุนด้านการศึกษาตลอดมา และขอขอบคุณน้องของข้าพเจ้าที่ได้ช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้ตลอด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่	
1. บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
ขอบเขตวิทยานิพนธ์	3
ขั้นตอนการวิจัย	3
ข้อจำกัดการวิจัย	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
2. พื้นฐานระบบปรับอากาศ	5
ความนำ	5
วัตถุประสงค์ของการปรับอากาศ	5
การปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ	6
ระบบปรับอากาศ	8
โครงสร้างของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์	8
โครงสร้างของเครื่องทำน้ำเย็น	9
หลักการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น	16
3. การวิเคราะห์การใช้พลังงานและการหาประสิทธิภาพของน้ำเย็น	18
ความนำ	18
การหาประสิทธิภาพในระบบปรับอากาศ	18
การวัดการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็น	19
การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น	23

บทที่	หน้า
การตรวจวัดข้อมูลในระบบปรับอากาศ	27
การหาประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็นที่โหลดบางส่วน	29
ค่าผ่อนผัน	32
การใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องทำน้ำเย็น	34
กราฟโหลด	35
การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นถดถอยของตัวแปรในเครื่องทำน้ำเย็น	36
4. โครงสร้างฮาร์ดแวร์และการออกแบบ	41
ความนำ	41
โครงสร้างของฮาร์ดแวร์	41
จุดตรวจวัด	45
ตัวตรวจวัดที่ใช้ในระบบ	45
5. โครงสร้างซอฟต์แวร์และการออกแบบ	46
ความนำ	46
ความต้องการผู้ใช้	46
การออกแบบซอฟต์แวร์	47
โครงสร้างของซอฟต์แวร์	48
ลำดับการทำงานของซอฟต์แวร์	49
โครงสร้างการติดต่อทางซอฟต์แวร์กับการดแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล	50
การออกแบบและการติดต่อฐานข้อมูล	54
โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างหลัก	55
โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างตั้งค่าเริ่มต้น	63
โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างตรวจตราการทำงานขณะเวลาจริง	86
โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอย	88
โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้า	92
โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามมาตรฐาน ARI 550/590	95
โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างแสดงค่าในอดีต	99
โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างแสดงเหตุการณ์ผิดปกติ	102
การออกแบบและโครงสร้างรายงาน	104
6. การทดสอบกับระบบจำลอง	106

บทที่	หน้า
ความน่า	106
การทดสอบกับระบบจำลอง	106
ผลการทดสอบและข้อสรุป	110
7. การทดสอบกับระบบจริง	
ความน่า	122
โครงสร้างระบบทำน้ำเย็นของอาคารที่ติดตั้งและทดสอบการทำงาน	122
คุณลักษณะเครื่องทำน้ำเย็นของอาคารวิทยบริการ	124
การปรับเปลี่ยนสัญญาณณะลอกเป็นดิจิทัลที่เลือกใช้	125
คุณลักษณะอุปกรณ์วัดและการสอบเทียบ	126
การติดตั้งอุปกรณ์	129
ผลการทดสอบซอฟต์แวร์น้ำต่างหลัก	136
ผลการทดสอบซอฟต์แวร์น้ำต่างวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้า	139
ผลการทดสอบซอฟต์แวร์น้ำต่างแสดงค่าอดีต	140
ผลการทดสอบซอฟต์แวร์วิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอย	147
ผลการทดสอบซอฟต์แวร์น้ำต่างแสดงเหตุการณ์ผิดปกติ	157
ผลการทดสอบซอฟต์แวร์น้ำต่างวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามมาตรฐาน ARI	158
ผลการทดสอบสร้างรายงาน	158
8. บทสรุปและข้อเสนอแนะ	160
สรุปงานวิทยานิพนธ์	160
ข้อเสนอแนะ	161
รายการอ้างอิง	162
ภาคผนวก	164
ภาคผนวก ก. ตารางเงื่อนไขพิภักตามมาตรฐาน ARI 550/590	165
ภาคผนวก ข. ผลการทดสอบซอฟต์แวร์น้ำต่างวิเคราะห์สมการเชิงเส้นถดถอย	171
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	173

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 3.1 เครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ	28
ตารางที่ 3.2 เครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ	28
ตารางที่ 6.1 ค่าจากการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์ที่โหลดขณะเวลาจริง	111
ตารางที่ 6.2 ค่าจากการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์ที่โหลดขณะเวลาอดีต	112
ตารางที่ 6.3 ผลการคำนวณจากหน้าต่างวิเคราะห์ที่ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยโดย เลือกกราฟระหว่างอัตราการไหลน้ำเย็นกับกิโวลต์ต์	116
ตารางที่ 6.4 ผลการคำนวณจากหน้าต่างวิเคราะห์ที่ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยโดย เลือกกราฟระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นกับกิโวลต์ต์	117
ตารางที่ 6.5 ผลการคำนวณจากหน้าต่างวิเคราะห์ที่ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยโดย เลือกกราฟระหว่างระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับกับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น ไหลกลับ	118
ตารางที่ 6.6 ผลการคำนวณจากหน้าต่างวิเคราะห์ที่ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยโดย เลือกกราฟระหว่างกิโวลต์ต์กับอุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับ	119
ตารางที่ 7.1 แสดงลักษณะสมบัติของ Pt 100 ที่ใช้งาน	127
ตารางที่ 7.2 ผลการคำนวณจากหน้าต่างวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้า	140
ตารางที่ 7.3 ผลการคำนวณจากหน้าต่างวิเคราะห์ที่ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยโดย เลือกกราฟระหว่างกำลังงานกับสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะ COP	148
ตารางที่ 7.4 ผลการคำนวณจากหน้าต่างวิเคราะห์ที่ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยโดย เลือกกราฟระหว่างกำลังงานกับอุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับ	149
ตารางที่ 7.5 ผลการคำนวณจากหน้าต่างวิเคราะห์ที่ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยโดย เลือกกราฟระหว่างกำลังงานกับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นไหลกลับ	150
ตารางที่ 7.6 ผลการคำนวณจากหน้าต่างวิเคราะห์ที่ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยโดย เลือกกราฟระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นกับกำลังงาน	151
ตารางที่ 7.7 ผลการคำนวณจากหน้าต่างวิเคราะห์ที่ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยโดย เลือกกราฟระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นกับอุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับ	152
ตารางที่ 7.8 ผลการคำนวณจากหน้าต่างวิเคราะห์ที่ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยโดย เลือกกราฟระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับกับสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะ COP	153

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 7.9 ผลการคำนวณจากหน้าต่างวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยโดย เลือกกราฟระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับกับกำลังงาน	154
ตารางที่ 7.10 ผลการคำนวณจากหน้าต่างวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยโดย เลือกกราฟระหว่างอัตราการไหลน้ำเย็นกับอัตราส่วนประสิทธิภาพ กิโวลต์ต่อตัน	155
ตารางที่ 7.11 ผลการคำนวณจากหน้าต่างวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยโดย เลือกกราฟระหว่างอัตราการไหลน้ำเย็นกับกำลังงาน	156
ตารางที่ ก.1 ตารางเงื่อนไขพิกัดตามมาตรฐาน ARI 550/590	166
ตารางที่ ก.2 ตารางเงื่อนไขพิกัดโหลดบางส่วนมาตรฐาน ARI 550/590	167
ตารางที่ ก.3 ตารางเงื่อนไขพิกัด Heat Reclaim มาตรฐาน ARI 550/590	168
ตารางที่ ข.1 ตารางสรุปผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการ เชิงเส้นถดถอย	171

สารบัญญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงไซโครเมตริกชาร์ท	7
รูปที่ 2.2 โครงสร้างระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์	9
รูปที่ 2.3 โครงสร้างเครื่องทำน้ำเย็น	10
รูปที่ 2.4 อีวาพอเรเตอร์	11
รูปที่ 2.5 คอมเพรสเซอร์แบบก้านหอย	12
รูปที่ 2.6 คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ	13
รูปที่ 2.7 คอมเพรสเซอร์แบบสกู	14
รูปที่ 2.8 คอมเพรสเซอร์แบบหอยโข่ง	15
รูปที่ 2.9 คอนเดนเซอร์แบบระบายความร้อนด้วยน้ำ	16
รูปที่ 2.10 การทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น	17
รูปที่ 3.1 วัฏจักรกดดันไอ	19
รูปที่ 3.2 เปรียบเทียบวัฏจักรกดดันไอกับเครื่องทำน้ำเย็น	20
รูปที่ 3.3 การไหลของพลังงานในเครื่องทำความเย็น	22
รูปที่ 3.4 กราฟประสิทธิภาพที่ไหลดบางส่วน	31
รูปที่ 3.5 กราฟแสดงค่าผ่อนผันที่ยอมรับได้เมื่อไหลดเต็มพิกัดและไหลดบางส่วน	33
รูปที่ 3.6 แสดงสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบไหลดรายเดือน(เปอร์เซ็นต์)และค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	35
รูปที่ 3.7 แสดงกราฟไหลด	36
รูปที่ 3.8 แสดงเส้นตรงและพารามิเตอร์ของสมการเส้นตรง	37
รูปที่ 3.9 $R^2=0.0$	38
รูปที่ 3.10 $R^2=0.5$	38
รูปที่ 3.11 $R^2=1.0$	39
รูปที่ 4.1 โครงสร้างของฮาร์ดแวร์	42
รูปที่ 4.2 โครงสร้างการ์ดแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล	43
รูปที่ 4.3 วงจรแปลงสัญญาณกระแสเป็นแรงดัน	44
รูปที่ 5.1 แสดงโครงสร้างการเชื่อมต่อโมดูลย่อยของซอฟต์แวร์	48
รูปที่ 5.2 แผนภาพโครงสร้างการทำงานซอฟต์แวร์	49
รูปที่ 5.3 ลำดับการใช้งานของซอฟต์แวร์	56
รูปที่ 5.4 ขั้นตอนการติดต่อฮาร์ดแวร์	53

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 5.5 ตารางในฐานข้อมูลชนิดพาราดอก	55
รูปที่ 5.6 โครงสร้างหน้าต่างหลัก	57
รูปที่ 5.7 โครงสร้างหน้าต่างย่อยแสดงการทำงานเวลาจริงของกลุ่มตัวแปรอัตราการใช้ไฟ	57
รูปที่ 5.8 โครงสร้างหน้าต่างย่อยแสดงการทำงานเวลาจริงของกลุ่มตัวแปรพลังงานไฟฟ้า	58
รูปที่ 5.9 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างหลักเมื่อเรียกโปรแกรม	58
รูปที่ 5.10 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างหลักเมื่อกดเริ่มการทำงาน	59
รูปที่ 5.11 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างหลักเมื่อกดเริ่มการทำงาน	60
รูปที่ 5.12 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างหลักเมื่อกดเริ่มการทำงาน	61
รูปที่ 5.13 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างหลักเมื่อกดเริ่มการทำงาน	62
รูปที่ 5.14 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างย่อยเมื่อกดเลือกตัวแปรเมื่อเริ่มการทำงาน	62
รูปที่ 5.15 หน้าจอตั้งค่าคุณลักษณะเครื่องทำน้ำเย็น	64
รูปที่ 5.16 โครงสร้างซอฟต์แวร์แท็บตั้งค่าคุณลักษณะเมื่อกดเซฟ	65
รูปที่ 5.17 โครงสร้างซอฟต์แวร์แท็บตั้งค่าคุณลักษณะเมื่อกดเซฟ	66
รูปที่ 5.18 โครงสร้างซอฟต์แวร์แท็บตั้งค่าคุณลักษณะเมื่อกดเซฟ	67
รูปที่ 5.19 โครงสร้างซอฟต์แวร์แท็บตั้งค่าคุณลักษณะเมื่อกดเซฟ	68
รูปที่ 5.20 โครงสร้างซอฟต์แวร์แท็บตั้งค่าคุณลักษณะเมื่อกดเซฟ	69
รูปที่ 5.21 โครงสร้างซอฟต์แวร์แท็บตั้งค่าคุณลักษณะเมื่อกดเซฟ	70
รูปที่ 5.22 โครงสร้างซอฟต์แวร์แท็บตั้งค่าคุณลักษณะเมื่อกดเซฟ	71
รูปที่ 5.23 โครงสร้างซอฟต์แวร์แท็บตั้งค่าคุณลักษณะเมื่อกดเซฟ	72
รูปที่ 5.24 โครงสร้างซอฟต์แวร์แท็บตั้งค่าคุณลักษณะเมื่อกดเซฟ	72
รูปที่ 5.25 โครงสร้างซอฟต์แวร์แท็บตั้งค่าคุณลักษณะเมื่อกดเซฟ	73
รูปที่ 5.26 โครงสร้างซอฟต์แวร์แท็บตั้งค่าคุณลักษณะเมื่อกดเซฟ	74
รูปที่ 5.27 หน้าจอตั้งค่าคู่ของสัญญาณกับอินพุต	75
รูปที่ 5.28 โครงสร้างซอฟต์แวร์แท็บตั้งค่าคู่ของสัญญาณกับอินพุตเมื่อกดเซฟ	76
รูปที่ 5.29 โครงสร้างซอฟต์แวร์แท็บตั้งค่าคู่ของสัญญาณกับอินพุตเมื่อกด Add	77
รูปที่ 5.30 โครงสร้างซอฟต์แวร์แท็บตั้งค่าคู่ของสัญญาณกับอินพุตเมื่อกด Remove	78
รูปที่ 5.31 หน้าจอตั้งค่าพอร์ตอินพุตเอาต์พุต	79
รูปที่ 5.32 โครงสร้างซอฟต์แวร์แท็บตั้งค่าค่าพอร์ตอินพุตเอาต์พุตเมื่อกดเซฟ	80
รูปที่ 5.33 หน้าจอแก้มาตรฐานประสิทธิภาพ	81

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 5.34 โครงสร้างซอฟต์แวร์แท็บแก้มาตรฐานประสิทธิภาพเมื่อกดเซฟ	82
รูปที่ 5.35 หน้าจอตั้งช่วงสัญญาณอุปกรณ์ตรวจรู้	83
รูปที่ 5.36 โครงสร้างซอฟต์แวร์แท็บตั้งช่วงสัญญาณอุปกรณ์ตรวจรู้เมื่อกดเซฟ	84
รูปที่ 5.37 หน้าจอตั้งค่าสัญญาณเตือน	85
รูปที่ 5.38 โครงสร้างซอฟต์แวร์แท็บตั้งค่าสัญญาณเตือนเมื่อกดเซฟ	86
รูปที่ 5.39 หน้าต่างตรวจตราการทำงานขณะเวลาจริง	87
รูปที่ 5.40 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างตรวจตราการทำงานขณะเวลาจริง	88
รูปที่ 5.41 หน้าต่างการวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอย	89
รูปที่ 5.42 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างการวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอย เมื่อกดคำนวณ	90
รูปที่ 5.43 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างการวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอย เมื่อกดสร้างกราฟ	91
รูปที่ 5.44 หน้าต่างการวิเคราะห์พลังไฟฟ้า	92
รูปที่ 5.45 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างการวิเคราะห์พลังไฟฟ้าเมื่อกดปุ่มเริ่มทำงาน แบบเวลาจริง	93
รูปที่ 5.46 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างการวิเคราะห์พลังไฟฟ้าเมื่อกดปุ่มวิเคราะห์ ค่าอดีต	94
รูปที่ 5.47 หน้าต่างการวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามมาตรฐาน ARI 550/590	95
รูปที่ 5.48 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างการวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามมาตรฐาน ARI 550/590 เมื่อกดปุ่มปรับค่าที่โหลดมีเงื่อนไข	96
รูปที่ 5.49 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างการวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามมาตรฐาน ARI 550/590 เมื่อกดปุ่มคำนวณอัตราส่วนประสิทธิภาพโหลดมีเงื่อนไข	97
รูปที่ 5.50 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างการวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามมาตรฐาน ARI 550/590 เมื่อกดปุ่มตั้งค่าที่ค่าพิกัด	97
รูปที่ 5.51 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างการวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามมาตรฐาน ARI 550/590 เมื่อกดปุ่มคำนวณหาอัตราส่วนประสิทธิภาพที่โหลดบางส่วนที่ค่าพิกัด ..	98
รูปที่ 5.52 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างการวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามมาตรฐาน ARI เมื่อกดคำนวณหาค่าผ่อนผันที่โหลดบางส่วน	98

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 5.53 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าตาการวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามมาตรฐาน ARI เมื่อคัดค้านวงหาค่าผ่อนผันที่โหลดเต็มพิกัด	99
รูปที่ 5.54 หน้าตาการแสดงผลค่าอดีต	100
รูปที่ 5.55 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าตาการแสดงผลค่าอดีต	101
รูปที่ 5.56 หน้าตาการแสดงผลค่าเหตุการณ์ผิดปกติ	102
รูปที่ 5.57 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าตาแสดงผลค่าเหตุการณ์ผิดปกติเมื่อกดเลือกตัวแปร	103
รูปที่ 5.58 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าตาแสดงผลค่าเหตุการณ์ผิดปกติเมื่อกดจุดเหตุการณ์	104
รูปที่ 5.59 รายงานข้อมูลที่ตั้งมาจากฐานข้อมูลในส่วนตารางข้อมูลอินพุต	105
รูปที่ 6.1 โครงสร้างระบบจำลอง	106
รูปที่ 6.2 วงจรแปลงสัญญาณกระแสมาตรฐานเป็นแรงดัน	107
รูปที่ 6.3 วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล	107
รูปที่ 6.4 เครื่องกำเนิดสัญญาณมาตรฐาน	108
รูปที่ 6.5 วงจรแปลงสัญญาณกระแสเป็นแรงดันแบบเดิม	108
รูปที่ 6.6 วงจรแปลงสัญญาณกระแสเป็นแรงดันที่ใช้ในการทดสอบระบบจำลอง	109
รูปที่ 6.7 การทดสอบซอฟต์แวร์ขณะทำงานเป็นเวลา 12 ชั่วโมง 48 นาที 2 วินาที	110
รูปที่ 6.8 การทดสอบซอฟต์แวร์ขณะทำงานผ่านทางหน้าตาวิเคราะห์โหลดเมื่อทำงานไป 4 ชั่วโมง 16 นาที 5 วินาที	111
รูปที่ 6.9 การทดสอบซอฟต์แวร์ขณะทำงานผ่านทางหน้าตาดูค่าอดีตเมื่อเรียกดูข้อมูลจาก ตารางอินพุตและเลือกกราฟอัตราการใช้ไอน้ำเย็น	112
รูปที่ 6.10 การทดสอบซอฟต์แวร์ขณะทำงานผ่านทางหน้าตาแสดงผลค่าอดีตเมื่อเรียกดูข้อมูล จากตารางคำนวณ และเลือกกราฟอัตราส่วนประสิทธิภาพกิโลวัตต์ต่อตัน	113
รูปที่ 6.11 การทดสอบซอฟต์แวร์ขณะทำงานผ่านทางหน้าตาแสดงผลค่าอดีตเมื่อเรียกดูข้อมูล จากตารางคำนวณและเลือกกราฟผลต่างอุณหภูมิไอน้ำเย็น	114
รูปที่ 6.12 การทดสอบซอฟต์แวร์ขณะทำงานผ่านทางหน้าตาดูค่าอดีตเมื่อเรียกดูข้อมูลจาก ตารางคำนวณ และเลือกกราฟกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง	115
รูปที่ 6.13 การทดสอบซอฟต์แวร์ขณะทำงานผ่านทางหน้าตาวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการ เชิงเส้นถดถอยโดยเลือกกราฟระหว่างอัตราการใช้ไอน้ำเย็นกับกิโลวัตต์	116
รูปที่ 6.14 การทดสอบซอฟต์แวร์ขณะทำงานผ่านทางหน้าตาวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการ เชิงเส้นถดถอยโดยเลือกกราฟระหว่างอัตราการใช้ไอน้ำเย็นกับกิโลวัตต์	117

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 6.15 การทดสอบซอฟต์แวร์ขณะทำงานผ่านทางหน้าต่างวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการ เชิงเส้นถดถอยโดยเลือกกราฟระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับกับอุณหภูมิน้ำหล่อ เย็นไหลกลับ	118
รูปที่ 6.16 การทดสอบซอฟต์แวร์ขณะทำงานผ่านทางหน้าต่างวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการ เชิงเส้นถดถอยโดยเลือกกราฟระหว่างกิโลวัตต์กับอุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับ	119
รูปที่ 6.17 ผลการส่งพิมพ์ตารางอินพุตจากหน้าต่างดูค่าอดีต	120
รูปที่ 6.18 ผลการส่งพิมพ์จากหน้าต่างเหตุการณ์ผิดปกติ	121
รูปที่ 7.1 ภาพถ่ายห้องเครื่องของอาคารวิทยบริการ	123
รูปที่ 7.2 ตำแหน่งเครื่องทำน้ำเย็นภายในห้องเครื่องของอาคารวิทยบริการ.....	123
รูปที่ 7.3 เครื่องทำน้ำเย็นที่ทำการทดสอบ	124
รูปที่ 7.4 ตู้ควบคุมที่ใช้สำหรับปรับโหลดไฟฟ้า	125
รูปที่ 7.5 การ์ดแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลรุ่น PA-CP12 ที่เลือกใช้	126
รูปที่ 7.6 กราฟแสดงลักษณะสมบัติของ Pt 100 ที่ใช้งาน	127
รูปที่ 7.7 มาตรฐานการไหลแบบอัลตราโซนิกที่ใช้วัดอัตราการไหลน้ำในท่อน้ำเย็น	128
รูปที่ 7.8 อุปกรณ์ส่งกำลังไฟฟ้าที่เลือกใช้	129
รูปที่ 7.9 การติดตั้งคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบซอฟต์แวร์	130
รูปที่ 7.10 การติดตั้ง Pt 100 และเครื่องส่ง	131
รูปที่ 7.11 ตู้ไฟฟ้าที่บ่อนกำลังไฟฟ้าให้เครื่องทำน้ำเย็นที่ทดสอบ	131
รูปที่ 7.12 การติดตั้งหม้อแปลงกระแสไฟฟ้า	132
รูปที่ 7.13 การติดตั้งอุปกรณ์วัดกำลังไฟฟ้า	132
รูปที่ 7.14 การติดตั้งหัววัดของมาตรฐานการไหลแบบอัลตราโซนิก	133
รูปที่ 7.15 มาตรฐานการไหลแบบอัลตราโซนิกที่ติดตั้งอยู่ในห้องควบคุม.....	133
รูปที่ 7.16 สายนำสัญญาณแบบรวมหลายคู่ (Multipair) และมีชีลด์ป้องกัน	134
รูปที่ 7.17 กล่องเชื่อมต่อสัญญาณ (Junction Box)	134
รูปที่ 7.18 การเดินสายนำสัญญาณ.....	135
รูปที่ 7.19 การเดินสายนำสัญญาณเข้าห้องควบคุม	135
รูปที่ 7.20 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์ขณะทำงานเป็นเวลา 2 ชั่วโมง 4 นาที 28 วินาที	136
รูปที่ 7.21 ผลการทำงานหน้าต่างย่อยกลุ่มกำลังงาน	137
รูปที่ 7.22 ผลการทำงานหน้าต่างย่อยกลุ่มอุณหภูมิ	137

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 7.23 ผลการทำงานหน้าต่างย่อยกลุ่มอัตราการไหล	138
รูปที่ 7.24 ผลการทดสอบการทำงานหน้าต่างย่อยกลุ่มประสิทธิภาพ	138
รูปที่ 7.25 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าขณะทำงาน 2 ชั่วโมง 4 นาที 40 วินาที	139
รูปที่ 7.26 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าส่วนดูค่าอดีตสำหรับ วันที่ 4/9/2545 เวลา 7:05:50 ถึงเวลา 21:00:00	139
รูปที่ 7.27 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างดูค่าอดีตโดยเลือกค่าอุณหภูมิน้ำเย็น	141
รูปที่ 7.28 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างดูค่าอดีตโดยเลือกค่าอุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับ .	142
รูปที่ 7.29 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างดูค่าอดีตโดยเลือกค่าอุณหภูมิน้ำเย็นเข้าและออก คูลเลอร์	143
รูปที่ 7.30 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างดูค่าอดีตโดยเลือกค่าผลต่างอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น เข้าและออกจากคอนเดนเซอร์	144
รูปที่ 7.31 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างดูค่าอดีตโดยเลือกค่ากำลังงานไฟฟ้า	145
รูปที่ 7.32 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างดูค่าอดีตโดยเลือกค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น	146
รูปที่ 7.33 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างดูค่าอดีตโดยเลือกค่ากิโลวัตต์ชั่วโมง	147
รูปที่ 7.34 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์สมการเชิงเส้นถดถอยโดยจับคู่ระหว่าง กำลังงานกับสัมประสิทธิ์เชิงสมรณะ COP	148
รูปที่ 7.35 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์สมการเชิงเส้นถดถอยโดยจับคู่ระหว่าง กำลังงานกับอุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับ	149
รูปที่ 7.36 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์สมการเชิงเส้นถดถอยโดยจับคู่ระหว่าง กำลังงานกับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นไหลกลับ	150
รูปที่ 7.37 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์สมการเชิงเส้นถดถอยโดยจับคู่ระหว่าง อุณหภูมิน้ำเย็นกับกำลังงาน	151
รูปที่ 7.38 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์สมการเชิงเส้นถดถอยโดยจับคู่ระหว่าง อุณหภูมิน้ำเย็นกับอุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับ	152
รูปที่ 7.39 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์สมการเชิงเส้นถดถอยโดยจับคู่ระหว่าง อุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับกับสัมประสิทธิ์เชิงสมรณะ COP	153

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 7.40 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์สมการเชิงเส้นถดถอยโดยจับคู่ระหว่าง อุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับกับกำลังงาน	154
รูปที่ 7.41 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์สมการเชิงเส้นถดถอยโดยจับคู่ระหว่าง อัตราการไหลน้ำเย็นกับอัตราส่วนประสิทธิภาพกิโลวัตต์ต่อตันความเย็น	155
รูปที่ 7.42 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์สมการเชิงเส้นถดถอยโดยจับคู่ระหว่าง อัตราการไหลน้ำเย็นกับกำลังงาน	156
รูปที่ 7.43 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างแสดงเหตุการณ์ผิดปกติ	157
รูปที่ 7.44 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างแสดงเหตุการณ์ผิดปกติ	158
รูปที่ 7.45 ผลการทดสอบสร้างรายงานตารางอินพุตจากหน้าต่างแสดงค่าอดีต	159
รูปที่ 7.46 ผลการทดสอบสร้างรายงานตารางเหตุการณ์ผิดปกติจากหน้าต่างแสดงเหตุการณ์ ผิดปกติ	159
รูปที่ ก.1 กราฟผลต่างอุณหภูมิเข้าออกอิวาพอเรเตอร์กับร้อยละค่าฝุ่น	169

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เมื่อหลายสิบปีก่อนประเทศไทยยังเป็นประเทศเกษตรกรรม การพัฒนาประเทศจึงเป็นแบบลักษณะค่อยเป็นค่อยไป การใช้พลังงานจากธรรมชาติเพื่อผลิตไฟฟ้าจึงไม่มาก ทำให้ไม่เกิดปัญหาการขาดแคลนพลังงาน

ในปัจจุบันการพัฒนาประเทศเป็นไปอย่างรวดเร็วทั้งภาคเกษตรกรรมและภาคอุตสาหกรรม ทำให้ความต้องการใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้นจนเริ่มเกิดปัญหาการขาดแคลนพลังงาน ปัญหานี้เป็นปัญหาสำคัญต่อการพัฒนาประเทศเนื่องจากพลังงานถูกใช้ในภาคการผลิตทั้งภาคเกษตรและภาคอุตสาหกรรมโดยเฉพาะจากเครื่องจักรขนาดใหญ่ เพราะฉะนั้นจึงเริ่มมีการตระหนักถึงปัญหาการใช้พลังงานมากขึ้นเรื่อยๆ

ในอาคารขนาดใหญ่ก็มีการใช้พลังงานไม่น้อยไปกว่าภาคการผลิต โดยเฉพาะในระบบปรับอากาศ ซึ่งมีการใช้พลังงานจำนวนมากเพื่อความเย็นภายในอาคาร ในอาคารขนาดใหญ่จะทำความเย็นโดยใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ในระบบนี้มีเครื่องจักรขนาดใหญ่หลายชนิด จึงจำเป็นต้องใช้พลังงานจำนวนมากเพื่อให้เครื่องจักรและอุปกรณ์สามารถทำงานได้ จึงเป็นภาระหนักต่อฐานการเงินและการลงทุนของประเทศในการจัดหาพลังงานมาใช้ให้เพียงพอและเหมาะสม

ด้วยเหตุนี้ในปี พ.ศ.2535 จึงได้มีพระราชบัญญัติส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานและปี พ.ศ.2538 ก็ได้ออกเป็นกฎกระทรวงเพื่อให้อาคารและโรงงานอุตสาหกรรมควบคุมที่มีเครื่องจักรประเภทนี้ต้องมีการตรวจสอบการใช้พลังงาน โดยการตรวจสอบสภาพเครื่องจักรและอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพที่ได้มาตรฐาน รวมถึงตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องจักรและอุปกรณ์ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการทำงานสูงสุด

เครื่องทำน้ำเย็นเป็นเครื่องจักรขนาดใหญ่และถูกกำหนดให้เป็นเครื่องจักรที่ถูกควบคุมภายในอาคารควบคุม เครื่องทำน้ำเย็นจะถูกใช้ในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ในอาคารขนาดใหญ่

ใหญ่และใช้ในการทำความเย็นให้กับอุตสาหกรรมหลายๆประเภทที่เกี่ยวกับการทำความเย็น ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่ใช้พลังงานสูง หากมีการตรวจตราการทำงานอย่างสม่ำเสมอจะลดการสูญเสียพลังงานได้มาก พลังงานส่วนที่สูญเสียจากตัวเครื่องจักรและอุปกรณ์ เป็นส่วนหนึ่งซึ่งสามารถควบคุมได้

การตรวจตราการทำงานและวิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นสามารถดำเนินการได้โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์และโปรแกรมที่ถูกพัฒนาสำหรับตรวจตราและวิเคราะห์การใช้พลังงานสำหรับเครื่องทำน้ำเย็น เครื่องคอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นจึงเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการช่วยเหลือผู้ควบคุมในการตรวจตราและวิเคราะห์การใช้พลังงานได้เป็นอย่างดี อีกทั้งทำให้สามารถตรวจตราการทำงานในลักษณะต่อเนื่อง

จึงทำให้เกิดแนวคิดในการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับตรวจตราการทำงานและวิเคราะห์การใช้พลังงานสำหรับเครื่องทำน้ำเย็นในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์เพื่อให้การทำงานและการใช้พลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และเป็นการตรวจตราการทำงานในลักษณะต่อเนื่อง ซึ่งต่างจากการตรวจวัดแบบเก่าที่เก็บข้อมูลชั่วขณะ โดยในการพัฒนาซอฟต์แวร์นี้ถูกออกแบบด้วยการใช้ภาษาเดลไฟ (DELPHI) เวอร์ชัน 6.0 เป็นตัวพัฒนาโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ และเนื่องจากเดลไฟมีความเรียบง่ายในการพัฒนาแอปพลิเคชันและความสามารถด้านการจัดการด้านฐานข้อมูลทำให้เป็นโปรแกรมมีความสามารถสูงในปัจจุบัน โดยใช้กับฐานข้อมูลชนิด PARADOX ซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่ติดมากับเดลไฟเอง ทำให้เข้ากันได้เป็นอย่างดี โดยออกแบบให้โปรแกรมรับค่าที่ต้องการตรวจวัดอ้างอิงตามมาตรฐาน[1] ARI STANDARD 550-590-98 (AIR CONDITIONING & REFRIGERATION INSTITUTE) และจากกฎกระทรวง [2,3] ซึ่งออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. ๒๕๓๕ นอกจากนี้ยังปรับให้ตรงตามความต้องการทั้งจากผู้ดูแลระบบและจากผู้ตรวจวัดการใช้พลังงาน จากนั้นจึงนำมาตรฐานและความต้องการดังกล่าวมาประกอบในการพัฒนาซอฟต์แวร์ โดยใช้ตัวตรวจรู้และส่งค่าที่ตรวจวัดผ่านการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล และออกแบบให้สามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ โดยทำการทดสอบซอฟต์แวร์ที่พัฒนาผ่านเครื่องทำน้ำเย็นของอาคารวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทั้งนี้ค่าใช้จ่ายในการซื้ออุปกรณ์ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ส่วนหนึ่งได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สังกัดสำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ ทำให้สามารถจัดซื้อเครื่องมือในการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและออกแบบโปรแกรมตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานสำหรับเครื่องทำน้ำเย็นซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์
2. พัฒนาโปรแกรมตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานสำหรับเครื่องทำน้ำเย็น ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ เพื่อประโยชน์ในการจัดการด้านการใช้พลังงาน

ขอบเขตของการวิจัย

1. พัฒนาโปรแกรมเฝ้าตรวจและวิเคราะห์การทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์
2. พัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นเพื่อประโยชน์ในการจัดการการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพ
3. ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจรู้และส่งค่าพารามิเตอร์เข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อทดสอบการทำงานของซอฟต์แวร์ที่ได้พัฒนาขึ้น

ขั้นตอนการวิจัย

1. ศึกษาการทำงานของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ที่ใช้เครื่องทำน้ำเย็น
2. ศึกษาการทำงานของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดค่าและส่งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ
3. ศึกษาความสามารถของซอฟต์แวร์ที่จะนำมาใช้ในการพัฒนา
4. พัฒนาโปรแกรมเฝ้าตรวจและวิเคราะห์การทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น
5. ทดลองติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ
6. ทดสอบการทำงานของโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นให้ทำงานได้ตามต้องการ
7. สรุปผลงานวิจัย
8. เขียนวิทยานิพนธ์

ข้อจำกัดของการวิจัย

การวิจัยมีข้อจำกัดด้านเครื่องมือที่ต้องติดตั้งเพื่อทดสอบการทำงานของซอฟต์แวร์ เนื่องจากต้องมีการส่งข้อมูลมายังเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อให้ซอฟต์แวร์สามารถทำงานตามที่ออกแบบไว้ ซึ่งเครื่องมือวัดแต่ละประเภทมีราคาสูง ทำให้ต้องใช้เงินจำนวนมากในการจัดซื้อเครื่องมือ การวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สังกัดสำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ ทำให้สามารถจัดซื้อเครื่องมือในการวิจัยและสามารถทดสอบซอฟต์แวร์ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ออกแบบไว้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้โปรแกรมในการเฝ้าตรวจและวิเคราะห์การทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ เพื่อประโยชน์ในด้านการจัดการการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพ
2. สามารถนำโปรแกรมไปติดตั้งใช้ในทางปฏิบัติตามอาคารหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้เครื่องทำน้ำเย็นในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ได้
3. ลดการใช้พลังงานในอาคารหรือในโรงงานอุตสาหกรรม ทำให้ประหยัดค่าไฟฟ้าและทำให้ประหยัดพลังงานของชาติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

พื้นฐานระบบปรับอากาศ

ความนำ

การปรับอากาศได้เริ่มขึ้นพัฒนาขึ้นมาเมื่อประมาณ 80 ปีที่แล้ว โดยเริ่มมาจากอุตสาหกรรมสิ่งทอ ซึ่งพบว่าในขณะที่อากาศร้อนและแห้ง เส้นด้ายจะเปราะและขาดง่าย นอกจากนี้ไฟฟ้าสถิตที่เกิดขึ้นจากการเสียดสีของเส้นด้ายยังทำให้เส้นด้ายพันกันทำให้เกิดความยุ่งยากในการทอมาก ดังนั้นจึงเริ่มมีการเพิ่มความชื้นให้อากาศขึ้นทั้งนี้เพื่อลดหรือบรรเทาปัญหาข้างต้นลง ต่อมาได้มีการพัฒนาด้านการลดความชื้นของอากาศเพื่อควบคุมน้ำหนักและขนาดของวัสดุ ความชื้นบางชนิดเช่น ฝุ่น เมล็ดพืช และกระดาษ[4] หลังจากนั้นได้มีการพัฒนาระบบปรับอากาศเพื่อความสบายของมนุษย์ จากการศึกษาพบว่านอกจากความชื้นแล้วยังมีปัจจัยอื่นๆที่มีผลต่อความสบายของมนุษย์ได้แก่ อุณหภูมิทำให้เกิดปัญหากับมนุษย์ เช่นหนาวเกินไปหรือร้อนเกินไป หรืออากาศไม่บริสุทธิ์จึงทำให้หายใจติดขัดเป็นต้น โดยสรุปแล้วความไม่สะดวกสบายนั้นเกิดจากปัจจัยสี่อย่างได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น การไหลเวียนและความไม่บริสุทธิ์ของอากาศ การปรับอากาศสามารถควบคุมปัจจัยเหล่านี้ได้ดีกว่าและได้รับความสะดวกสบายมากกว่า การพัฒนาการปรับอากาศจึงเริ่มเกิดขึ้น ดังนั้นจึงแบ่งการปรับอากาศออกได้สองประเภท คือ การปรับอากาศเพื่ออุตสาหกรรมและการปรับอากาศเพื่อความสบาย โดยวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเน้นสำหรับการปรับอากาศเพื่อความสบาย

วัตถุประสงค์ของการปรับอากาศ[4]

การปรับอากาศในอาคารต้องสามารถควบคุมสภาวะอากาศให้เหมาะสมกับการใช้งาน
ดังนี้

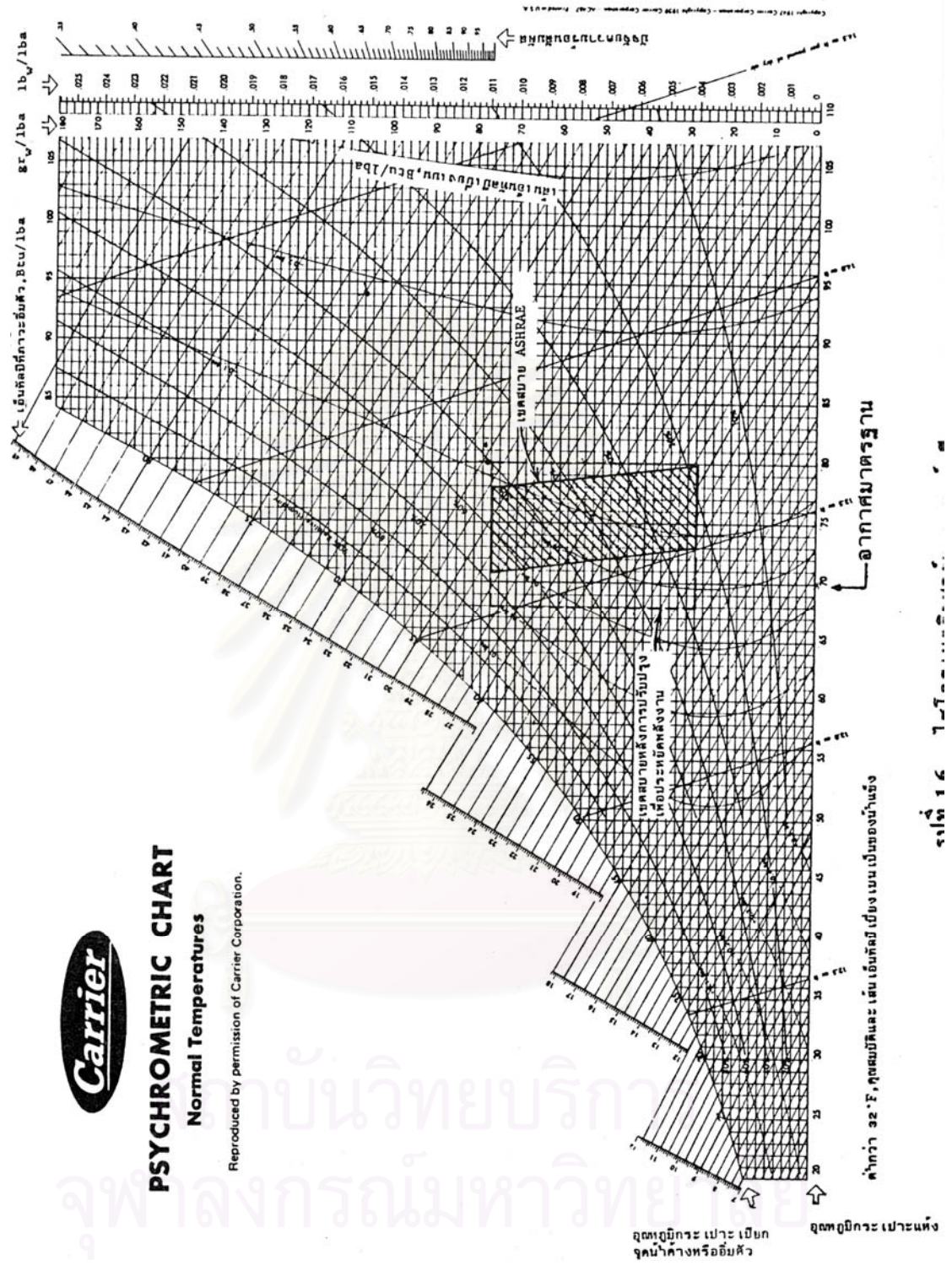
1. อุณหภูมิอากาศอยู่ในย่านที่เหมาะสม
2. ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเหมาะสมสัมพันธ์กับอุณหภูมิในข้อ 1.
3. อากาศมีความสะอาดปราศจากฝุ่นละออง และกลิ่นรบกวน หรือเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้อาศัยในอาคาร มีการไหลเวียนของอากาศภายในอาคารอย่างสม่ำเสมอและเพียงพอ เพื่อให้ทุกจุดมีคุณภาพของอากาศตามต้องการ

การปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ[4,5]

การปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ[5] หมายถึง การปรับอากาศให้มีสภาวะของอากาศให้อยู่ในช่วงของความสบาย (Comfort Zone) โดยใช้พลังงานในการปรับอากาศให้น้อยที่สุด โดยนำความสัมพันธ์และคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการปรับอากาศมาพล็อตเป็นชาร์ตที่มีความดันคงที่ค่าหนึ่งเรียกว่า ไซโครเมตริกซ์ชาร์ต (Psychrometric Chart)[4] ดังแสดงในรูปที่ 2.1 สำหรับช่วงความสบายที่เหมาะสมในการออกแบบระบบปรับอากาศจะอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 25-27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 50-60 เปอร์เซ็นต์ การหมุนเวียนและความบริสุทธิ์ของอากาศควรเหมาะสมเพียงพอต่อสภาวะของบุคคลที่อยู่ในห้องปรับอากาศ ความเร็วเย็นลมที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 4.5-9 เมตรต่อวินาที



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.1 แสดงไซโครเมตริกชาร์ท

ระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศถูกแบ่งออกเป็นสองระบบตามลักษณะการใช้งานได้แก่ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน และระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์

1. ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

เป็นระบบปรับอากาศที่ใช้ตามบ้านและอาคารขนาดเล็ก โดยจะกระจายตามห้องต่างๆภายในอาคาร

2. ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์

เป็นระบบปรับอากาศที่ใช้ในอาคารขนาดใหญ่หรือพบตามโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการใช้ความเย็นมากๆในกระบวนการผลิต

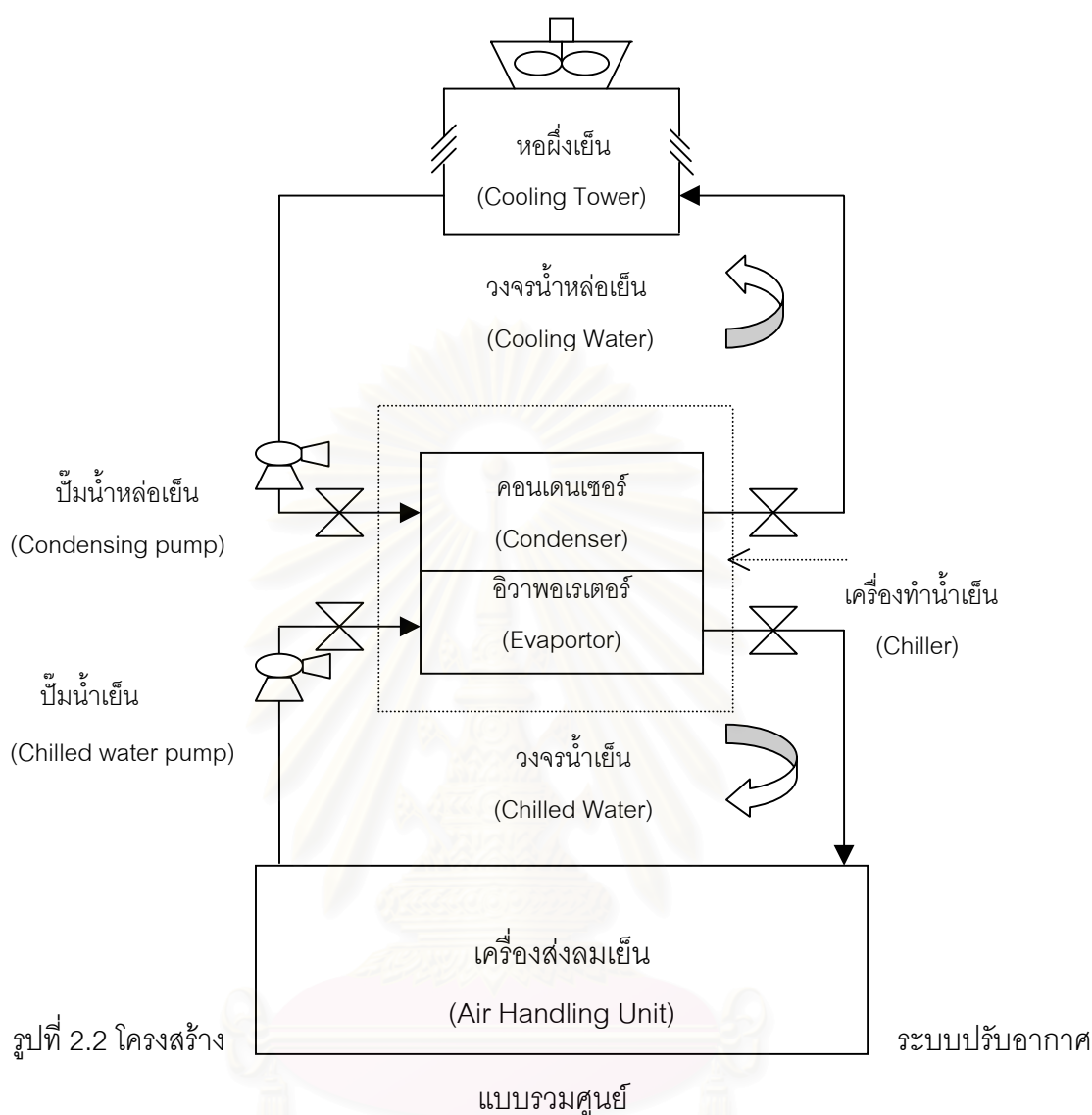
เมื่อกล่าวถึงระบบปรับอากาศในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะหมายถึงถึงเพียงระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์เท่านั้น

โครงสร้างของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์

ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์แบ่งประเภทการทำงานและหน้าที่ของอุปกรณ์เป็น 4 ส่วนดังนี้

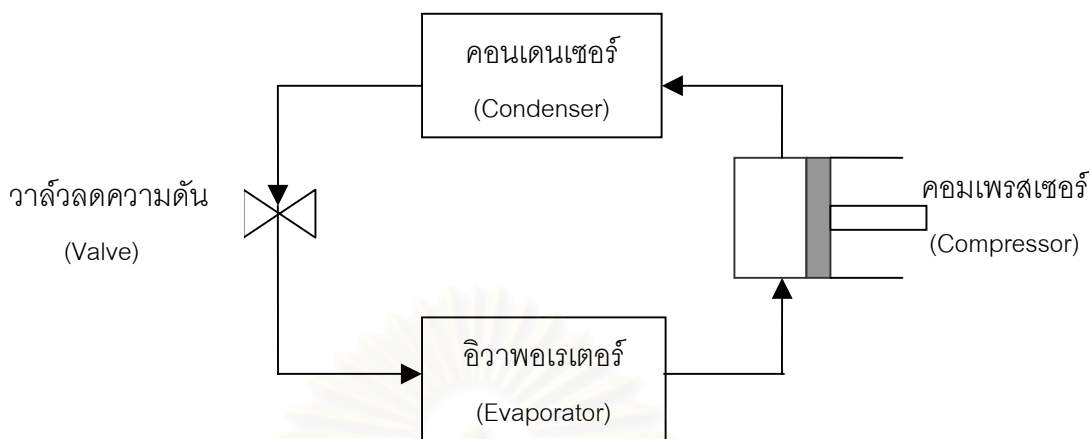
1. ส่วนที่ทำหน้าที่ทำความเย็น
2. ส่วนที่ทำหน้าที่ระบายความร้อน
3. ส่วนที่ทำหน้าที่นำความร้อน
4. ส่วนที่ทำหน้าที่จ่ายความเย็น

โครงสร้างของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์แสดงดังรูปที่ 2.2 วิทยานิพนธ์ฉบับนี้วิเคราะห์ถึงเฉพาะเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ซึ่งอยู่ในส่วนที่ทำหน้าที่ทำความเย็นเท่านั้น



โครงสร้างของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)[6]

เครื่องทำน้ำเย็นเป็นเครื่องจักรในส่วนทำความเย็นให้กับระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ และเป็นส่วนที่มีการใช้พลังงานสูงที่สุดในระบบปรับอากาศประเภทนี้ มักใช้กับอาคารขนาดใหญ่ที่ต้องการความเย็นตั้งแต่ 500 ตันความเย็นขึ้นไป สมรรถนะของเครื่องมีตั้งแต่ประมาณเครื่องละ 3 ถึง 8000 ตันความเย็น แต่ส่วนใหญ่มักไม่เกิน 2000 ตันความเย็นต่อดัว มีทั้งชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศและด้วยน้ำ ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศมักพบในระบบปรับอากาศขนาดกลางมีขนาดไม่เกิน 400 ตันความเย็น โดยมีโครงสร้างดังรูปที่ 2.3



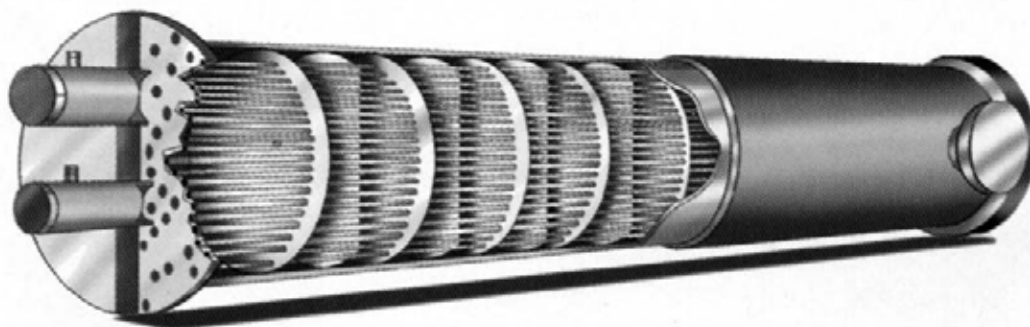
รูปที่ 2.3 โครงสร้างเครื่องทำน้ำเย็น[6]

1. อุปกรณ์จ่ายสารทำความเย็น (Valve)

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ป้องกันการไหลกลับของเหลวอุณหภูมิต่ำและความดันต่ำในปริมาณที่เหมาะสมเข้าสู่อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) ในกรณีของเครื่องทำน้ำเย็น อัตราการป้องกันการไหลกลับแปรตามปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร อุปกรณ์นี้มีหลายชนิดได้แก่ วาล์วลดความดันแบบทำงานด้วยอุณหภูมิ (Thermostatic Expansion Valve) ติดตั้งในเครื่องทำน้ำเย็นขนาดเล็กกว่า 200 ตันความเย็น ในกรณีที่ต้องการป้องกันการไหลกลับอย่างถูกต้องแม่นยำอาจใช้ ลิ้นขยายอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Expansion Valve) ที่ควบคุมการทำงานด้วยไมโครโพรเซสเซอร์ แต่ในกรณีเครื่องทำน้ำเย็นขนาดมากกว่า 200 ตันความเย็น จะใช้วาล์วลูกกลอยหรือเรียกว่าแผ่นโลหะรูเล็ก (Orifice Plate)

2. อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator)

เป็นส่วนที่สารทำความเย็นเหลวอุณหภูมิต่ำและความดันต่ำไหลอยู่ภายในท่อทองแดง และรับความร้อนจากน้ำเย็น (Chilled water) ที่มีอุณหภูมิสูงซึ่งไหลอยู่รอบนอกท่อทองแดงเหล่านั้นเพื่อทำให้อุณหภูมิน้ำเย็นลดลง และมักเรียกส่วนนี้ว่าอีวาพอเรเตอร์ ดังรูปที่ 2.4



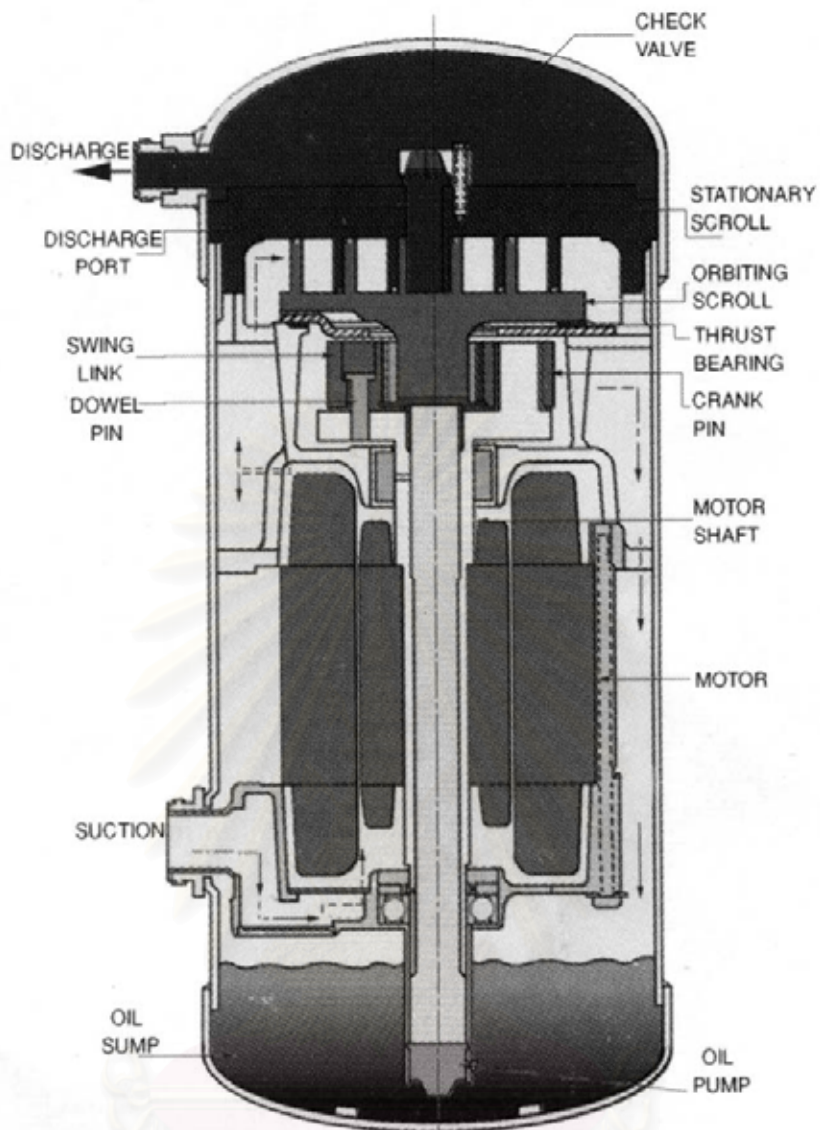
รูปที่ 2.4 อีวาพอเรเตอร์[6]

3. คอมเพรสเซอร์ (Compressor)

มีหน้าที่ดูดเอาไอสารทำความเย็นอุณหภูมิต่ำและความดันต่ำจากอีวาพอเรเตอร์เข้ามาแล้วอัดออกไปเป็นไอที่มีอุณหภูมิและความดันสูงขึ้น เพื่อส่งต่อไปยังคอนเดนเซอร์ (Condenser) คอมเพรสเซอร์มีหลายชนิดแตกต่างกันไปตามการใช้งานและตามประเภทเครื่องปรับอากาศ ดังนี้

(1) เครื่องทำน้ำเย็นขนาดเล็ก ซึ่งมีสมรรถนะระหว่าง 15 ถึง 60 ตันความเย็น มักใช้แบบก้นหอย (Scroll Compressor) ดังรูปที่ 2.5

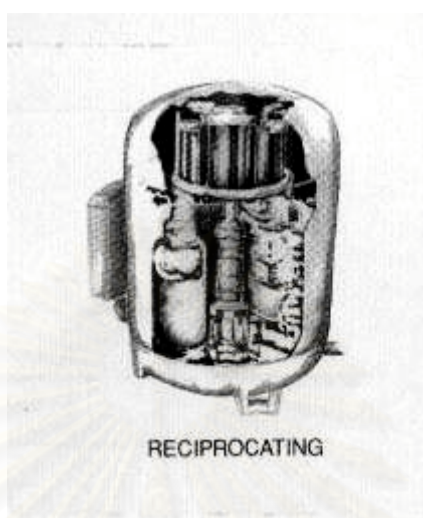
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.5 คอมเพรสเซอร์แบบก้านหอย[6]

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

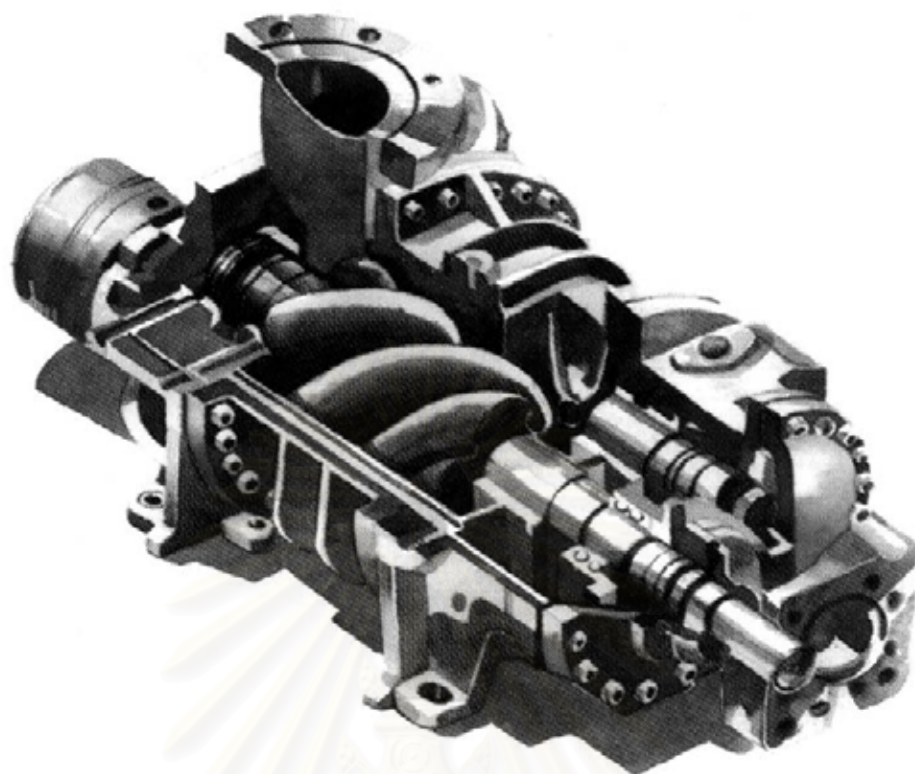
(2) เครื่องทำน้ำเย็นขนาดไม่เกิน 200 ตันความเย็นมักใช้แบบลูกสูบ
(Reciprocating Compressor) ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ[6]

(3) เครื่องทำน้ำเย็นขนาดระหว่าง 50 ถึง 1300 ตันความเย็น มักใช้แบบสกรู
(Screw Compressor) ดังรูปที่ 2.7

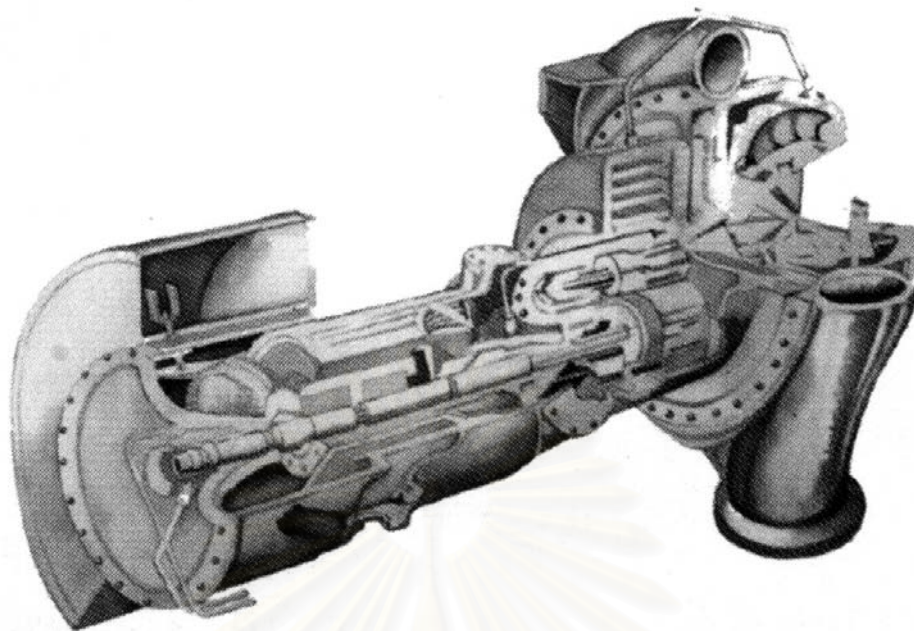
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.7 คอมเพรสเซอร์แบบสกรู[6]

(4) เครื่องทำน้ำเย็นขนาดตั้งแต่ 150 ถึง 8000 ตันความเย็น มักใช้แบบหอยโข่ง (Centrifugal Compressor) ดังรูปที่ 2.8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



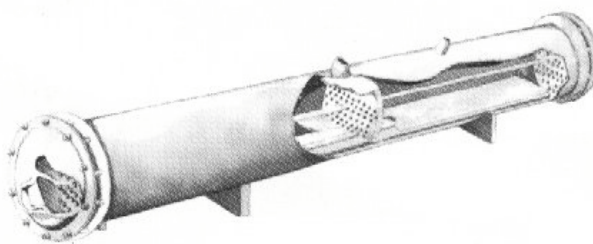
รูปที่ 2.8 คอมเพรสเซอร์แบบหอยโข่ง[6]

4. คอนเดนเซอร์ (Condenser)

เป็นส่วนที่ระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศออกสู่บรรยากาศภายนอกทำให้ไอสารทำความเย็นที่มีอุณหภูมิสูงและความดันสูงจากคอมเพรสเซอร์กลั่นตัวเป็นของเหลว เพื่อป้อนสารให้แก่อุปกรณ์จ่ายสารทำความเย็นอีกครั้งหนึ่ง มีด้วยกัน 2 แบบคือ

(1) แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled) มักใช้กับเครื่องปรับอากาศตั้งแต่ขนาดตั้งแต่ 1 ตันความเย็นจนถึงขนาดใหญ่แต่ไม่เกิน 400 ตันความเย็น มีลักษณะเป็นแผงคอยล์ทองแดงที่มีดรัมอลูมิเนียมติดตั้งอยู่โดยรอบ และมีพัดลมดูดอากาศเย็นจากภายนอกอาคารให้ไหลผ่านแผงคอยล์นี้

(2) แบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled) ใช้กับเครื่องปรับอากาศตั้งแต่ขนาด 3 ถึง 8000 ตันความเย็น มีลักษณะเป็นท่อทองแดงที่มีน้ำหล่อเย็นไหลอยู่ภายใน เพื่อรับความร้อนจากสารทำความเย็นที่อยู่ภายนอก ดังรูปที่ 2.9



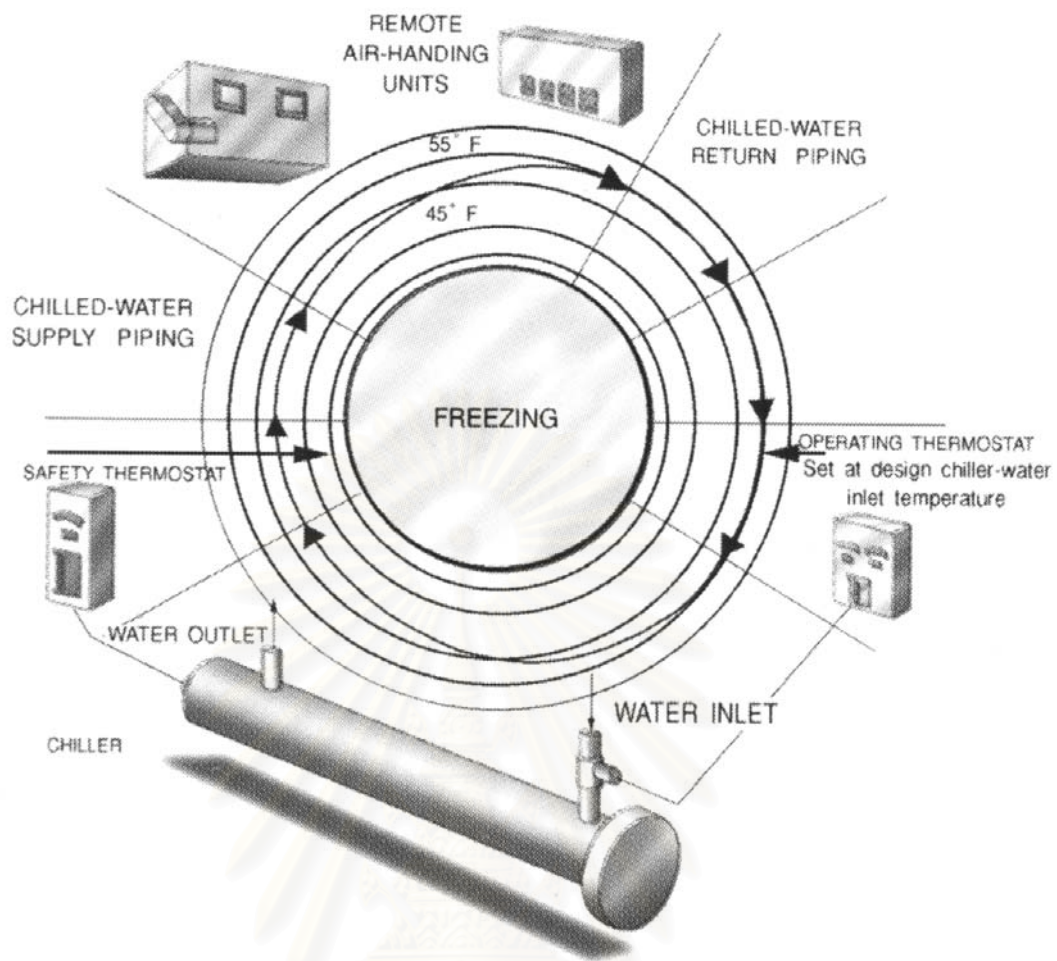
รูปที่ 2.9 คอนเดนเซอร์แบบระบายความร้อนด้วยน้ำ[6]

หลักการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)[6]

หลักการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นมีดังนี้ ตัวอิวาพอเรเตอร์ของเครื่องทำน้ำเย็น จะทำความเย็นให้แก่ น้ำ เย็น (Chilled Water) ที่ออกจากอิวาพอเรเตอร์มีอุณหภูมิประมาณ 45 องศาฟาเรนไฮต์ จะถูกเครื่องสูบน้ำเย็น (Chilled Water Pump) ส่งไปยังคอยล์ทำความเย็น (Air Handling Unit) ที่ตั้งอยู่ตามห้องและส่วนต่างๆ ของอาคาร อากาศร้อนขึ้นที่สกปรกภายในอาคารจะถูกเครื่องส่งลมดูดผ่านแผ่นกรองอากาศและคอยล์ทำความเย็นทำให้อากาศสะอาด พร้อมทั้งมีอุณหภูมิและความชื้นลดลง

ในขณะเดียวกันน้ำเย็น (Chilled Water) ที่รับความร้อนจากอากาศภายในอาคารจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 55 องศาฟาเรนไฮต์ จากนั้นถูกเครื่องสูบน้ำเย็นส่งเข้าสู่อิวาพอเรเตอร์เพื่อคายความร้อนนี้ให้แก่สารทำความเย็นอุณหภูมิต่ำและความดันต่ำที่ไหลอยู่ภายในตัวอิวาพอเรเตอร์นั้น อีกทอดหนึ่งจนมีอุณหภูมิลดลงเหลือ 45 องศาฟาเรนไฮต์ดังเดิม อุณหภูมิน้ำเย็นในเครื่องทำน้ำเย็น (Chilled System) จึงมีค่าแปรเปลี่ยนระหว่าง 45 ถึง 55 องศาฟาเรนไฮต์ ตลอดเวลา ดังรูปที่ 2.10

ส่วนสารทำความเย็นอุณหภูมิต่ำและความดันต่ำภายในอิวาพอเรเตอร์ เมื่อได้รับความร้อนจากน้ำเย็นอุณหภูมิ 55 องศาฟาเรนไฮต์ จะระเหยกลายเป็นไอถูกคอมเพรสเซอร์ดูดเข้าไป และอัดออกมาเป็นไอที่อุณหภูมิและความดันสูงส่งเข้าไปในคอนเดนเซอร์ เพื่อระบายความร้อนออกสู่บรรยากาศภายนอกอาคารทำให้อุณหภูมิของสารทำความเย็นกลับตัวเป็นของเหลวไหลผ่านอุปกรณ์ป้อนสารทำความเย็น เพื่อป้อนเข้าสู่อิวาพอเรเตอร์ และรับความร้อนจากน้ำเย็นอีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 2.10 การทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)[6]

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การวิเคราะห์การใช้พลังงานและการหาประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น

ความนำ

การวิเคราะห์การใช้พลังงานในระบบปรับอากาศภายในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เน้นเฉพาะการวิเคราะห์ส่วนที่มีการใช้พลังงานสูงสุดในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ซึ่งได้แก่เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เท่านั้น โดยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะหาประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นโดยอ้างอิงจากมาตรฐาน ARI STANDARD 550-590-98[1] (AIR CONDITIONING & REFRIGERATION INSTITUTE) และจากกฎกระทรวงซึ่งออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. ๒๕๓๕[2,3] นอกจากนี้ยังรวมเอาความต้องการจากผู้ดูแลระบบและจากผู้ตรวจวัดการใช้พลังงานหรือที่ได้รับการแต่งตั้งที่เรียกว่าผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (Energy Auditor)[2] จากนั้นจึงนำมาตรฐานดังกล่าวมาประกอบในการพัฒนาซอฟต์แวร์ โดยเน้นการนำเอาซอฟต์แวร์ที่พัฒนาไปใช้งานจริง

การวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นจะมุ่งเน้นไปที่ค่าไฟฟ้าที่คิดจากสามส่วนได้แก่ ค่ากิโลวัตต์ชั่วโมง, ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด, ค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor) โดยวิทยานิพนธ์นี้ได้วิเคราะห์สองส่วนคือ ค่ากิโลวัตต์ชั่วโมง, ค่าตัวประกอบโหลด ซึ่งค่าตัวประกอบโหลด (Load Factor) จะถูกนำไปหาค่าความต้องการพลังงานสูงสุด

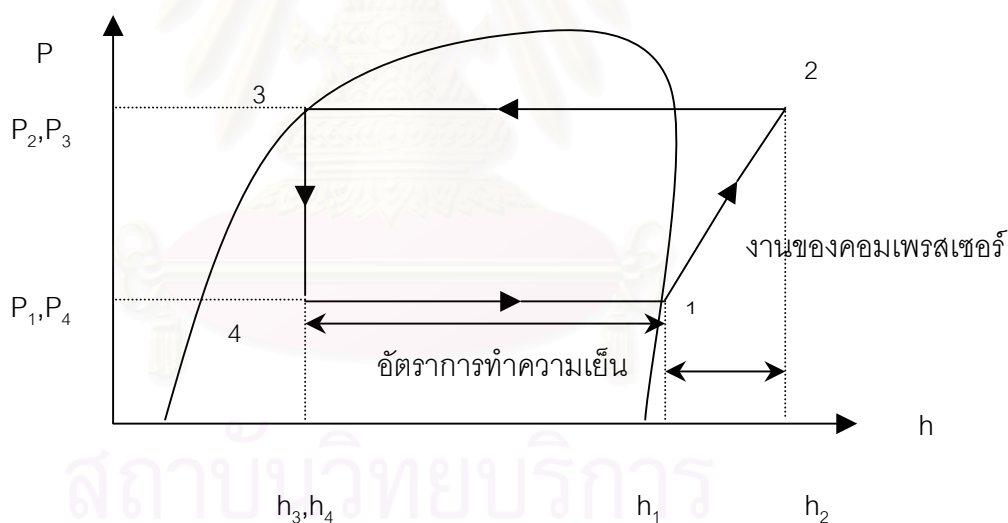
การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน จะใช้การวิเคราะห์สมการเชิงเส้นถดถอย (Linear Regression) เพื่อตรวจสอบความเกี่ยวพันของตัวแปรที่มีผลกระทบต่อกัน เพื่อสามารถวางแผนและปรับปรุงค่าตัวแปรที่มีผลต่อค่าประสิทธิภาพและค่าพลังงาน

การหาประสิทธิภาพในเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

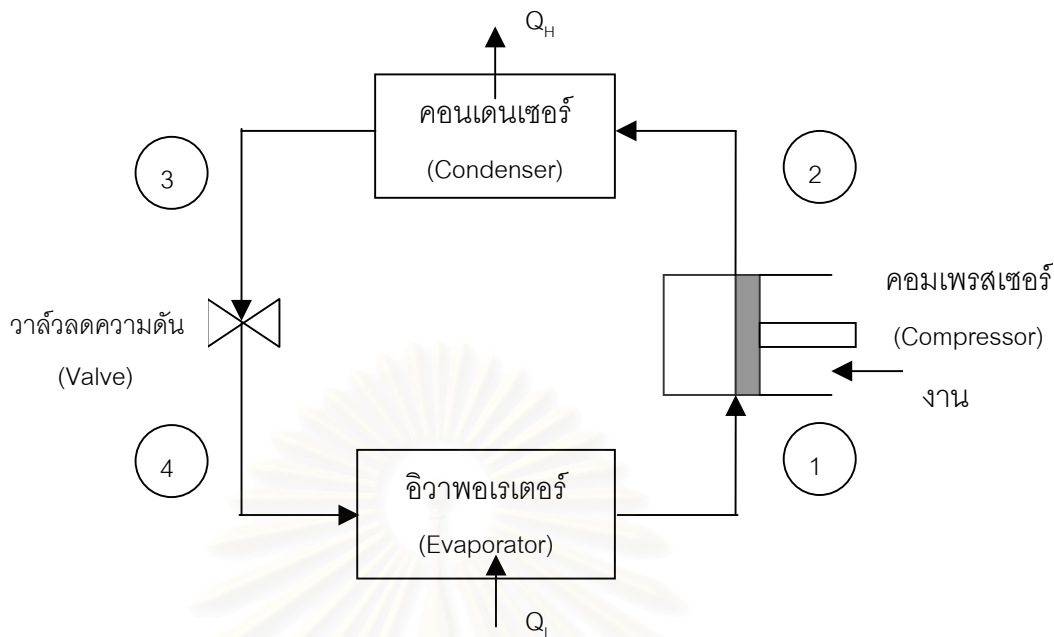
การหาประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นต้องเข้าใจหลักการที่ใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นก่อนจึงจะสามารถเข้าใจการหาประสิทธิภาพได้ เนื่องจากการหาประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นนั้นแตกต่างจากการหาประสิทธิภาพเครื่องยนต์ทั่วไป ดังจะกล่าวถึงเป็นลำดับดังนี้

การวัดการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

บุคคลทั่วไปมักเข้าใจประสิทธิภาพแบบที่ใช้กับเครื่องยนต์ซึ่งเป็นเครื่องกำเนิดพลังงาน เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศต่างจากเครื่องยนต์คือแทนที่จะผลิตกำลังงานแต่กลับใช้กำลังงาน ฉะนั้นจึงไม่สามารถนำนิยามประสิทธิภาพของเครื่องยนต์มาใช้กับเครื่องใช้พลังงานเหล่านี้ได้ ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ที่บุคคลทั่วไปคุ้นเคยจะคำนวณโดยตรงจากกำลังงานที่ผลิตได้และกำลังงานที่ป้อนเข้าเครื่อง ส่วนการวัดและเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศจะอาศัยค่าอัตราส่วน 3 ค่า[1,4] ได้แก่สัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะ COP (Coefficient of Performance) ,อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานหรือ EER (Energy Efficiency Ratio) และอัตราส่วนกิโลวัตต์ต่อตันความเย็น การใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นจะอาศัยการวิเคราะห์จากขบวนการทำความเย็นแบบวัฏจักรความกดดันไอ[4] (Vapor Compressor Refrigeration Cycle) ซึ่งขบวนการทางอุณหพลศาสตร์ของวัฏจักรดังกล่าวแสดงบนแผนภาพ P-h ดังรูปที่ 3.1 จากนั้นเปรียบเทียบกับวัฏจักรในเครื่องทำน้ำเย็น[4]ได้ ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 วัฏจักรกดดันไอ (P-h Diagram)



รูปที่ 3.2 เปรียบเทียบวัฏจักรกดดันไอกับเครื่องทำน้ำเย็น

เมื่อเปรียบเทียบรูปที่ 3.1 และ 3.2 สามารถอธิบายการใช้พลังงานในระบบ[5,6]ได้ดังนี้

(ก) ในช่วง $1 \rightarrow 2$ คอมเพรสเซอร์จะอัดไอของน้ำยาภายหลังจากที่ออกจากอีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) ให้มีความดันสูงไปตามกระบวนการไอเซนทรอปิก (Isentropic)

(ข) ในช่วง $2 \rightarrow 3$ น้ำยาในช่วงที่ถูกอัดด้วยคอมเพรสเซอร์ จะมีสภาพเป็นไอคง (Superheated Vapor) ต่อจากนั้นไอน้ำยาจะผ่านเข้าไปในคอนเดนเซอร์ เพื่อระบายความร้อนออก ในช่วงนี้น้ำยาจะกลั่นตัวเป็นของเหลวความดันสูง ขบวนการในช่วงนี้เป็นขบวนการไอโซบาริก (Isobaric) ตามหลักการทางอุณหพลศาสตร์ การระบายความร้อนจะสิ้นสุดเมื่อน้ำยาอยู่ในสภาพของเหลวอิ่มตัวพอดี (Saturated liquid)

(ค) ในช่วง $3 \rightarrow 4$ น้ำยาที่ออกจากคอนเดนเซอร์ในสภาพของเหลวอิ่มตัวความดันสูง ในช่วงก่อนหน้าจะไหลผ่านวาล์วลดความดัน (Expansion valve) ขณะที่น้ำยาผ่านวาล์วนี้ ความดันจะลดลงอย่างรวดเร็วตามขบวนการ Throttling processes ทำให้อุณหภูมิของน้ำยาลดลงตามไปด้วย

(ง) ในช่วง $4 \rightarrow 1$ น้ำยาภายหลังจากที่ออกจากวาล์วลดความดัน จะอยู่ในสภาพละอองของของเหลวที่ความดันต่ำเมื่อผ่านเข้าไปในอีวาพอเรเตอร์ ละอองของน้ำยาจะรับเอาความร้อนจากภาระทำความเย็นทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นกลายเป็นไอ ขบวนการที่เกิดขึ้นเป็นไปตามขบวนการ

ไอโซบาริก ตามหลักการทางอุณหพลศาสตร์ (Thermodynamics) ไอของน้ำยาจะหยุดรับความร้อนจากภาชนะที่ต่อเมื่อไออยู่ในสภาพไออิ่มตัวพอดี (Saturated Vapor) จากนั้นไอน้ำยาอิ่มตัวจะถูกดูดเข้าไปในคอมเพรสเซอร์ต่อไป

สรุปได้ว่าพลังงานหลักที่ใช้ในระบบทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น คือ

- พลังงานที่ใช้ในการดูดและระบายความร้อนเข้าออกจากเครื่องทำน้ำเย็นเมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานที่ใช้ดูดและระบายความร้อนดังกล่าวกับวัฏจักรทำความเย็นแบบกดดันไอจะสามารถหาสมการการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นในส่วนนี้ได้ดังนี้

ปริมาณความร้อนที่ไอของน้ำยาได้รับขณะเข้าสู่วัฏจักรในช่วง 4 → 1 นั้น ก็คือความสามารถในการทำความเย็นของวัฏจักรนั่นเอง ความดันไอของน้ำยาในอีวาพอเรเตอร์จะคงที่ ดังนั้น เมื่อพิจารณาในแผนภาพ P-h ปริมาณความร้อนที่เข้าสู่วัฏจักรจะเท่ากับ

$$Q_L = h_1 - h_4 \dots\dots\dots 3.1$$

- พลังงานที่ใช้ในการขับเพลลาของคอมเพรสเซอร์เพื่ออัดไอน้ำยาให้มีความดันสูงก่อนที่จะผ่านไปควบแน่นที่คอนเดนเซอร์ เมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานที่ใช้ขับเพลลาดังกล่าวกับวัฏจักรทำความเย็นแบบกดดันไอจะสามารถหาสมการการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นในส่วนนี้ได้ดังนี้

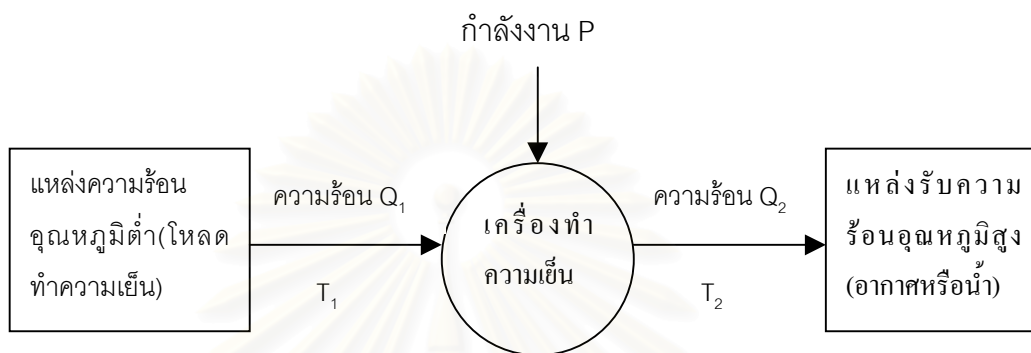
งานที่เข้าสู่วัฏจักรในช่วง 1 → 2 งานที่เข้าสู่วัฏจักร ก็คือพลังงานที่ใช้ในการขับเพลลาของคอมเพรสเซอร์ เพื่ออัดไอน้ำยาไปยังยอดความดันสูงด้วยกระบวนการเอนโทรปีของน้ำยาจะคงที่ (Isentropic) ดังนั้นเมื่อพิจารณาในแผนภาพ P-h จะได้ว่างานที่เข้าสู่วัฏจักร

$$W = h_2 - h_1 \dots\dots\dots 3.2$$

ถ้าจะหาความสัมพันธ์ของพลังงานจากรูปที่ 3.1 จะเห็นว่าเครื่องทำความเย็นต้องใช้กำลังงาน P ในการทำให้ความร้อน Q_1 ไหลจากแหล่งความร้อนอุณหภูมิต่ำเข้าเครื่องทำความเย็น และความร้อน Q_2 ไหลจากเครื่องทำความเย็นไปยังแหล่งรับความร้อน ความร้อน Q_1 คือ ผล

ความเย็นที่เป็นประโยชน์ซึ่งจะทำให้แหล่งความร้อนมีอุณหภูมิลดลง จากสมการพลังงานจะทราบความสัมพันธ์ระหว่าง Q_1 , Q_2 และ P คือ

$$Q_1 + P = Q_2 \dots\dots\dots 3.3$$



รูปที่ 3.3 การไหลของพลังงานในเครื่องทำความเย็น

ในการหาสมการทั่วไปที่อาศัยหลักการสมดุลพลังงาน[1] เมื่อเปรียบเทียบกับสมการที่ 3.3 มีสมการดังนี้

$$Q_{ev} + W_{input} = Q_{cd} + Q_{hrc} \dots\dots\dots 3.4$$

โดยความหมายของเทอมต่างๆ ดังนี้

Q_{ev} คือ ความร้อนที่ใช้ที่อีวาพอเรเตอร์

W_{input} คือ งานที่ใช้ในการขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์

Q_{cd} คือ ความร้อนที่คอนเดนเซอร์

Q_{hrc} คือ ความร้อนที่นำกลับมาใช้ใหม่ (Heat Reclaim)

ซึ่งสมการความสัมพันธ์ด้านบนจะตัดเทอมความร้อนที่นำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งเกิดขึ้นในส่วนของหอผึ่งเย็น ซึ่งขอบเขตวิธานนิพจน์มุ่งเน้นในส่วนเครื่องทำน้ำเย็น จึงวิเคราะห์สมดุลเครื่องทำน้ำเย็นเท่านั้น จากสมการ 3.4 จะได้สมการ 3.5[1]

$$Q_{ev} + W_{input} = Q_{cd} \quad \dots\dots\dots 3.5$$

การหาค่าร้อยละความไม่สมดุลพลังงานสามารถหาได้จากสมการ 3.6[1] ดังนี้

$$\% \text{ Heat Unbalance} = \frac{Q_{ev} + W_{input} - Q_{cd}}{Q_{cd}} \times 100 \quad \dots\dots\dots 3.6$$

ถ้า % เข้าใกล้ศูนย์หมายถึงพลังงานสมดุล

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้อาศัยการวิเคราะห์จากการตรวจวัดอย่างละเอียด (Detail Audit)[2] ตามกฎกระทรวงซึ่งต้องมีการทำสมดุลพลังงาน[3] (Heat Balance) ตามทฤษฎีสมดุลพลังงานที่กล่าวมา เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของค่าวัด ฉะนั้นต้องทำการวัด Q_{cd} ในส่วนของวงจรรน้ำที่ผ่านเข้าออกจากคอนเดนเซอร์ด้วย จากเดิมที่วัดเฉพาะ Q_{ev} ในส่วนของวงจรรน้ำเย็นที่ผ่านเข้าออกจากอีวาพอเรเตอร์

การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นนั้นสามารถหาได้จากการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นดังที่กล่าวมาแล้ว ได้แบ่งการหาประสิทธิภาพได้สองลักษณะขึ้นตามภาระการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นได้แก่ ตอนขณะทำงานที่โหลดเต็มพิกัด (Full load)[3] และทำงานที่โหลดบางส่วน (Part load)[1] ซึ่งจะมีวิธีการหาที่แตกต่างกัน โดยในส่วนของหาประสิทธิภาพที่โหลดเต็มพิกัดจะอ้างอิงตามกฎกระทรวง ส่วนการหาประสิทธิภาพที่โหลดบางส่วนจะอ้างอิงตามมาตรฐาน ARI STANDARD 550-590-98 แต่ก่อนอื่นต้องทราบถึงความสามารถในการทำความเย็น Q_{ev} เนื่องจากเป็นองค์ประกอบสำคัญในการหาประสิทธิภาพแบบต่างๆ โดยความสามารถในการทำความเย็นสามารถหาได้สองแบบ[1]ได้แก่ ความสามารถในการทำความเย็น Q_{ev} ในหน่วยตันทำความเย็น (tons) และความสามารถในการทำความเย็น Q_{ev} ในหน่วยบีทียูต่อชั่วโมง (Btu/h) ซึ่งทั้งสองแบบหาได้จากสมการดังนี้

() ความสามารถในการทำความเย็น (Capacity in tons)

$$Q_{ev} = \frac{cm_w \Delta T}{12,000} \quad \text{tons} \quad \dots\dots\dots 3.7$$

เมื่อ c คือ ค่าความจุ ความร้อนจำเพาะของน้ำ (kJ /kg ° C) มีค่าเท่ากับ 4.187 (kJ /kg ° C)

m_w คือ อัตราการไหลของมวลของน้ำเย็น (kg / s)

ΔT คือ ผลต่างของอุณหภูมิน้ำเย็นที่ไหลเข้าและออกจากเครื่องทำน้ำเย็น (° C)

(i) ความสามารถในการทำความเย็น (Btu/h)

$$Q_{ev} = cm_w \Delta T \quad \text{Btu/h} \dots\dots\dots 3.8$$

โดยที่ $c, m_w, \Delta T$ เหมือนข้อ (ก)

จะเห็นว่าได้ความสัมพันธ์สองสมการดังนี้

$$Q_{ev} \text{ (tons)} = \frac{Q_{ev} \text{ (Btu/h)}}{12,000} \dots\dots\dots 3.9$$

การหาประสิทธิภาพของทั้งสามแบบที่ไหลเติมพิกัดได้ดังนี้

(1) การหาค่าประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นหาจากสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะของระบบ (Coefficient of Performance) ซึ่งก็คือ อัตราส่วนของความสามารถในการทำความเย็นต่อ งานที่เข้าสู่วัฏจักร หรือที่เรียกย่อๆ ว่า COP[5] จากหัวข้อที่กล่าวมาแล้ว ความสามารถในการทำความเย็นของวัฏจักรหรือระบบ ก็คือปริมาณความร้อนที่น้ำยารับเข้าสู่ระบบนั่นเอง ในเครื่องทำน้ำเย็น ความร้อนที่เข้าสู่ระบบสามารถหาได้จากสมการ 3.1 และในเครื่องทำน้ำเย็นงานเพลลาที่ใช้ขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ ก็คือกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์นั่นเอง ซึ่งหาได้จากสมการ 3.2 ดังนั้นจึงสามารถหา COP[5] ของเครื่องทำน้ำเย็นได้จากสมการ 3.1 และ 3.2 ได้ว่า

$$COP = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \dots\dots\dots 3.10$$

$$\text{COP} = \frac{\text{ความสามารถในการทำความเย็นที่ใช้ประโยชน์ได้(kW)}}{\text{กำลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์(kW)}} \dots\dots\dots 3.11$$

$$\text{COP} = \frac{cm_w\Delta T}{W_{kw}} \dots\dots\dots 3.12$$

เมื่อ m_w คือ อัตราการไหลของมวลของน้ำเย็น (kg / s)

c คือ ค่าความจุ ความร้อนจำเพาะของน้ำ (kJ /kg ° C)

มีค่าเท่ากับ 4.187 (kJ /kg ° C)

ΔT คือ ผลต่างของอุณหภูมิน้ำเย็นที่ไหลเข้าและออกจากเครื่องทำน้ำเย็น (° C)

W_{kw} คือ กำลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ (kW)

โดย COP จะไม่มีหน่วย อาจใช้ค่าอัตราส่วน COP วัดการประหยัดพลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นได้เป็นอย่างดี เพราะต้องการที่จะทำให้เกิดผลความเย็นสูงสุดโดยใช้กำลังงานป้อนเข้าต่ำสุด

(2) การใช้พลังงานของเครื่องทำความเย็นอีกวิธีหนึ่งซึ่งคล้ายกับ COP มาก คือด้วยอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio; EER) นิยามอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานว่าคือ

$$\text{EER} = \frac{\text{ความสามารถในการทำความเย็นที่ใช้ประโยชน์ได้(Btu/h)}}{\text{กำลังงานป้อนเข้า (W)}} \dots\dots\dots 3.13$$

$$\text{EER} = \frac{cm_w\Delta T}{W_w} \dots\dots\dots 3.14$$

เมื่อ W_w คือ กำลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ (W)

จะเห็นว่าค่านิยามของ EER เหมือนกับของ COP ต่างกันแต่เพียงใช้หน่วยความสามารถในการทำความเย็นเป็น Btuh และใช้หน่วยกำลังงานป้อนเข้าเป็น W แทนที่จะเป็น kW

การที่นิยาม EER เพิ่มขึ้นจาก COP นั้น มีจุดประสงค์เพื่อให้ลูกค้าเครื่องปรับอากาศเข้าใจและใช้ประโยชน์ในการตัดสินใจเลือกซื้อเครื่องปรับอากาศได้ง่ายขึ้น ปัจจุบันกฎหมายบังคับให้ผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศติดป้ายระบุค่า EER ไว้ที่เครื่องปรับอากาศเพื่อให้ผู้ซื้อทราบ ค่า EER ที่ติดไว้กับเครื่องปรับอากาศเป็นค่า EER ที่อุณหภูมิมาตรฐานชุดหนึ่ง ดังนั้นลูกค้าจะสามารถเปรียบเทียบการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องได้[3]

(ก) การหาประสิทธิภาพจาก กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น เป็นอัตราส่วนกำลังงานป้อนเข้าทั้งหมดในหน่วยกิโลวัตต์ต่อความสามารถในการทำความเย็นรวม (net refrigerating capacity) ในหน่วยตันความเย็น (kw) โดยหาค่ากิโลวัตต์ต่อตันความเย็นดังนี้

$$\text{กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น} = \frac{\text{กำลังงานป้อนเข้าสุทธิ}}{\text{ตันความเย็นรวม}} \dots\dots\dots 3.15$$

ค่าอัตราส่วนกิโลวัตต์ต่อตันความเย็นนี้เป็นอัตราส่วนสำคัญที่ถูกนำไปใช้ในซอฟต์แวร์ที่พัฒนาเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นที่ทำการวัดเนื่องจากมีค่ามาตรฐานปรับอากาศ[3] ที่ออกโดยกฎกระทรวงเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับอัตราส่วนกิโลวัตต์ต่อตันความเย็น Chp ซึ่งเป็นค่าสมรรถนะของส่วนทำความเย็นที่คำนวณได้ต่อไปนี้

$$\text{Chp} = \frac{\text{kw}}{\text{TON}} \dots\dots\dots 3.16$$

สำหรับอาคารใหม่

kw คือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ของส่วนทำน้ำเย็นที่ภาระเต็มพิกัด โดยมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ให้ใช้ค่าจากผลการทดสอบหรือรับรอง โดยผู้ผลิตอุปกรณ์หรือสถาบันการทดสอบที่เชื่อถือได้

TON คือ ค่าความสามารถในการทำความเย็นที่ภาระเต็มพิกัด โดยมีหน่วยเป็นตันความเย็นให้ใช้ค่าจากผลการทดสอบหรือรับรอง โดยผู้ผลิตอุปกรณ์หรือสถาบันการทดสอบที่เชื่อถือได้

สำหรับอาคารเก่า

kw คือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ของส่วนทำน้ำเย็น โดยมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ ให้ใช้ค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า

TON คือ ความสามารถในการทำความเย็นที่โหลดเต็มพิกัด โดยมีหน่วยเป็นตันความ

$$\text{เย็นหาได้จาก TON} = (F_x \Delta T) / 50.40$$

- F คือ ปริมาณน้ำเย็นที่ไหลผ่านส่วนทำน้ำเย็น โดยมีหน่วยเป็นลิตรต่ออนาทีให้ใช้ค่าที่อ่านได้จากมาตรวัดปริมาณการไหลของน้ำเย็นที่ติดตั้งไว้ในระบบทำน้ำเย็น
- ΔT คือ อุณหภูมิแตกต่างของน้ำเย็นที่ไหลเข้าและไหลออกจากส่วนทำน้ำเย็น โดยมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ให้ใช้ค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดอุณหภูมิ

การตรวจวัดข้อมูลในระบบปรับอากาศ

ในการดำเนินงานตามกฎกระทรวง ซึ่งออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. ๒๕๓๕ วิธีการดำเนินการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้น (Preliminary audit) และโดยละเอียด (Detailed audit) ได้กำหนดให้ดำเนินการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานในเครื่องจักรอุปกรณ์ ตลอดจนระบบต่างๆ ในโรงงานควบคุม โดยจะต้องตรวจวัดข้อมูลรายละเอียดสภาพการทำงาน การใช้พลังงานและการสูญเสียของเครื่องจักรอุปกรณ์ ดังนั้นเพื่อให้การตรวจวัดข้อมูลในระบบปรับอากาศใน โรงงานอุตสาหกรรมเป็นไปตามข้อกำหนดของกฎกระทรวงอาจดำเนินการได้ดังนี้

(1) การตรวจสอบสภาพการทำงาน ทำได้โดยตรวจสอบสภาพการติดตั้งสถานที่ความเหมาะสมของสถานที่ในการติดตั้ง เช่น การติดตั้งชุดระบายความร้อน (Condensing Unit) หรือหอผึ่งเย็น (Cooling Tower) ควรมีการระบายอากาศที่ดี การตรวจสอบสภาพการใช้งาน การเดินท่อระบบ อุณหภูมิแวดล้อมและอุณหภูมิในห้องปรับอากาศ ลมรั่ว และสภาพความเป็นฉนวนของห้องปรับอากาศ ซึ่งทำได้โดยการสังเกตหรือเดินสำรวจ

(2) การตรวจวัดการใช้พลังงาน เพื่อดูลักษณะการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศและนำมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในกฎกระทรวงฉบับที่ 1 พ.ศ. ๒๕๓๘ ได้กำหนดมาตรฐานการปรับอากาศในอาคารควบคุม (ซึ่งสามารถอนุโลมให้นำมาใช้กับโรงงานควบคุม) โดยกำหนดประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งจะต้องมีค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นที่โหลดเต็มพิกัด (Full Load) หรือที่โหลดใช้งานจริง (Actual Load) ไม่เกินกว่าค่าที่กำหนดดังตาราง 3.1 และ 3.2

ชนิดส่วนทำความเย็น / เครื่องทำความเย็น	อาคารใหม่	อาคารเก่า
	(กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น)	
. ส่วนทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal Chiller) ขนาดไม่เกิน 250 ตันความเย็น ขนาดเกินกว่า 250 ตันความเย็น ถึง 500 ตันความเย็น ขนาดเกินกว่า 500 ตันความเย็น	0.75	0.90
	0.70	0.84
	0.67	0.80
. ส่วนทำน้ำเย็นแบบลูกสูบ (Reciprocating Chiller) ขนาดไม่เกิน 35 ตันความเย็น ขนาดเกินกว่า 35 ตันความเย็น	0.98	1.18
	0.91	1.10
. เครื่องทำความเย็นแบบเป็นชุด (Package unit)	0.88	1.06
. ส่วนทำน้ำเย็นแบบสกรู (Screw Chiller)	0.70	0.84

ตาราง 3.1 ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นของเครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

ชนิดส่วนทำความเย็น / เครื่องทำความเย็น	อาคารใหม่	อาคารเก่า
	(กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น)	
. ส่วนทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal Chiller) ขนาดไม่เกิน 250 ตันความเย็น ขนาดเกินกว่า 250 ตันความเย็น	1.40	1.61
	1.20	1.38
. ส่วนทำน้ำเย็นแบบลูกสูบ (Reciprocating Chiller) ขนาดไม่เกิน 50 ตันความเย็น ขนาดเกินกว่า 50 ตันความเย็น	1.30	1.50
	1.25	1.44
. เครื่องทำความเย็นแบบเป็นชุด (Package Unit)	1.37	1.58
. ส่วนทำน้ำเย็นแบบหน้าต่าง/แยกส่วน (Window/Split Type)	1.40	1.61

ตาราง 3.2 ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นของเครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วย

อากาศ

(3) การตรวจวัดการสูญเสียพลังงาน เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์หามาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในอุปกรณ์ประกอบต่าง ๆ ของระบบปรับอากาศ เช่น เครื่องสูบน้ำ (Water Pump) ต่าง ๆ เครื่องส่งลมเย็นและหอผึ่งเย็น เป็นต้น

การหาประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็นที่โหลดบางส่วน[1]

ส่วนการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นที่โหลดบางส่วน (Part Load Rating) การทำงานที่โหลดบางส่วนสามารถแสดงด้วยค่าได้ดังนี้

(1) IPLV (Integrated Part Load Value)

(2) NPVL (Non-Standard Part Load Value)

วิธีการทำงานที่โหลดบางส่วนสำหรับเครื่องทำน้ำเย็นซึ่งครอบคลุมตามมาตรฐาน ARI สำหรับ ระบบ 50 เฮิร์ตซ์ มีข้อกำหนดเบื้องต้นดังนี้

พิกัดความเย็นระหว่าง 200 ถึง 1000 ตันความเย็น ระดับแรงดันต่ำกว่า 5000 โวลต์ ใช้กับเครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้คอมเพรสเซอร์แบบหอยโข่งและแบบสกรู ทั้งหมดภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดในตารางที่ ก1 และ ก2 (ดูภาคผนวก ก)

วิธีการทำงานที่โหลดบางส่วน (IPLV หรือ NPVL) จะคำนวณได้โดยเริ่มต้นจากการหาค่าประสิทธิภาพที่ภาระการทำงานต่างๆ สี่จุดได้แก่ที่โหลด 25%, 50%, 75%, 100% ตามเงื่อนไขที่กำหนดตามตารางที่ ก1 และ ก3 (ดูภาคผนวก ก) เมื่อได้จุดทั้งสี่แล้วจึงสามารถคำนวณค่า IPLV หรือ NPVL ตามสมการต่อไปนี้

สำหรับการหาค่าอัตราส่วน COP และ EER ที่โหลดบางส่วน หาได้ดังนี้

$$\text{IPLV หรือ NPVL} = 0.01A + 0.42B + 0.45C + 0.12D \dots\dots\dots 3.17$$

เมื่อ A = COP หรือ EER ที่ 100%
 B = COP หรือ EER ที่ 75%
 C = COP หรือ EER ที่ 50%

D = COP หรือ EER ที่ 25%

สำหรับการหาค่าอัตราส่วนกิโวลต์ต่อตันความเย็น

$$IPVL \text{ หรือ } NPVL = \frac{1}{\frac{0.01}{A} + \frac{0.42}{B} + \frac{0.45}{C} + \frac{0.12}{D}} \dots\dots\dots 3.18$$

- เมื่อ A = kW/Ton ที่ 100%
- B = kW/Ton ที่ 75%
- C = kW/Ton ที่ 50%
- D = kW/Ton ที่ 25%

แต่เมื่อไม่สามารถหาจุดทำงานที่ภาระทั้งสี่ดังกล่าวได้เนื่องจากข้อจำกัดใดๆ ก็ตามยังสามารถหาประสิทธิภาพที่ภาระบางส่วนได้โดยการสร้างกราฟระหว่างประสิทธิภาพกับเปอร์เซ็นต์โหลดโดยการนำใช้ส่วนของเส้นตรงลากเชื่อมต่อกจุดที่ทำงานจริงประสิทธิภาพโหลดที่จุด 75%, 50%, 25% สามารถหาได้จากกราฟ วิธีการหาค่าข้อมูลโดยการเทียบ การเทียบค่าภายนอกช่วงจะไม่ถูกใช้ในกรณีนี้ จุดที่แสดงการทำความเย็นที่แท้จริงจะถูกเทียบไปที่จุดพิกัดที่มีค่ามากกว่ามันหนึ่งขั้น ตัวอย่างเช่นถ้าความสามารถในการทำความเย็นที่แท้จริงน้อยที่สุดอยู่ที่โหลด 33% กราฟที่ใช้เพื่อหาความสามารถในการทำความเย็นจะใช้ได้กับโหลด 50% แต่ไม่สามารถใช้ได้กับโหลด 25% เป็นต้น

ในกรณีที่ไม่มีโหลด 25%, 50%, 75% ที่ภาระไม่มีโหลดได้ จะสามารถทำงานที่ขั้นตอนที่น้อยที่สุดที่ภาระไม่มีโหลดในขณะที่น้ำเข้าคอนเดนเซอร์หรืออุณหภูมิอากาศตามตารางที่ ก3 (ดูภาคผนวก ก) สำหรับจุดทำงานที่ 25%, 50%, หรือ 75% ที่ต้องการ ตัวอย่างประสิทธิภาพโดยอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานสามารถหาได้โดยใช้สมการดังต่อไปนี้ (เทียบกับสมการ 3.13 และ 3.14)

$$EER = \frac{Q_{ev(measure)}}{C_D \times W_{w(measure)}} \dots\dots\dots 3.19$$

เมื่อ $Q_{ev(measure)}$ เป็นความสามารถในการทำความเย็นหน่วยเป็น Btu/h ที่วัดได้

$W_{w(measure)}$ เป็นกำลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์หน่วยเป็น W ที่วัดได้

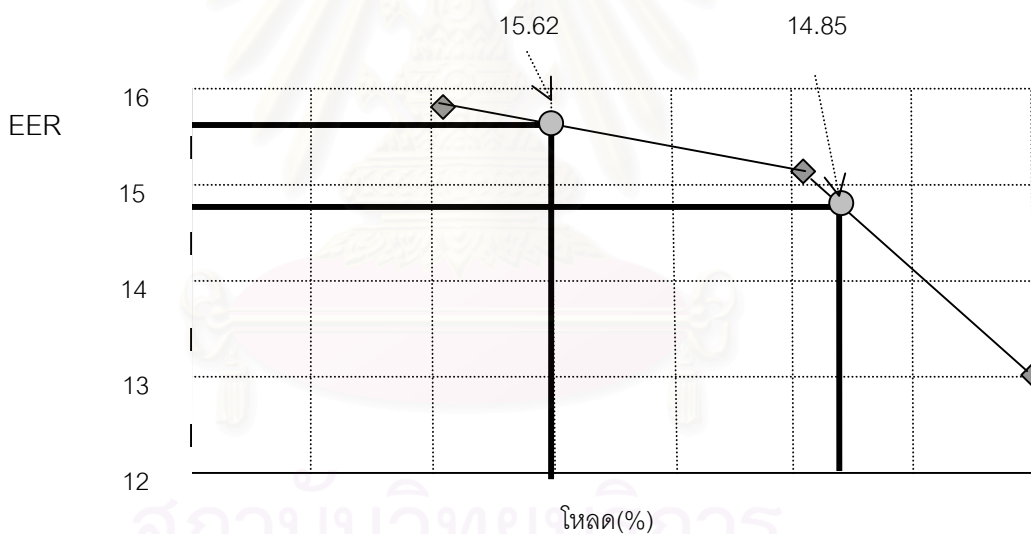
ที่ซึ่ง C_D เป็นตัวประกอบลดทอนและสามารถหาค่าได้ดังสมการต่อไปนี้

$$C_D = (-0.13 \times LF) + 1.13 \quad \dots\dots\dots 3.20$$

ซึ่งค่า ตัวประกอบ LF จะคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$LF = \frac{(\%Load/100)(Full\ Load\ Unit\ Capacity)}{(Part\ Load\ Unit\ Capacity)} \quad \dots\dots\dots 3.21$$

ที่ซึ่ง %Load คือจุดพิกัดมาตรฐาน เช่น 75%,50%,25%



รูปที่ 3.4 กราฟประสิทธิภาพที่โหลดบางส่วน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าผ่อนผัน (Tolerances)[1]

1. ค่าผ่อนผันที่ยอมรับได้ (Allowable Tolerances)

การทดสอบหาค่าผ่อนผันที่ยอมรับได้สำหรับความสามารถในการทำความเย็นในหน่วยตันความเย็น, อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานทั้งสามค่ารวมถึงสมมูลพลังงานจะหาจากสมการดังต่อไปนี้

$$\text{ค่าผ่อนผันเป็นเปอร์เซ็นต์ (US Standard Units } DT_{FL} \text{ in } ^\circ\text{F)} = 10.5 - (0.07 \times \%FL) + (1500 / DT_{FL} \times \%FL) \dots\dots 3.22$$

$$\text{ค่าผ่อนผันเป็นเปอร์เซ็นต์ (SI Standard Units } DT_{FL} \text{ in } ^\circ\text{C)} = 10.5 - (0.07 \times \%FL) + (833.3 / DT_{FL} \times \%FL) \dots\dots 3.23$$

เมื่อ FL = การทำงานที่โหลดเต็มพิกัด

DT_F = ค่าแตกต่างระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นที่เข้าและออกที่โหลดเต็มพิกัด

2. ค่าผ่อนผันที่โหลดเต็มพิกัด

การใช้มาตรฐานนี้เป็นที่ยอมรับเนื่องจากมีข้อมูลจากรายงานและสิ่งตีพิมพ์ความสามารถในการทำความเย็นรวม (Net Refrigeration Capacity) ที่สอดคล้องกับมาตรฐานดังกล่าวและมีความสามารถในการทำความเย็นรวมและประสิทธิภาพที่โหลดเต็มพิกัดไม่น้อยไปกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ของค่าพิกัดของมันภายในขอบเขตของค่าผ่อนผันที่ยอมรับได้ จะสามารถหาค่าผ่อนผันที่ยอมรับได้จากสมการ 3.22 และ 3.23 ได้

ความดันน้ำที่ตกคร่อมในอีวาพอเรเตอร์ (อีวาพอเรเตอร์) และคอนเดนเซอร์จะต้องไม่เกิน 115 เปอร์เซ็นต์ของความดันพิกัดตกคร่อมที่ข้อกำหนดของอัตราการไหล

3. ค่าผ่อนผันที่โหลดบางส่วน

ค่าผ่อนผันสำหรับอัตราส่วนประสิทธิภาพของพลังงาน จะถูกหาจากสมการ 3.22 และ 3.23 เช่นเดียวกัน แต่จะคิดค่าพิกัดกำลังงานและความสามารถทำความเย็นจากที่โหลดบางส่วน ซึ่งต่างจากที่คิดที่โหลดเต็มพิกัด

4. ค่าผ่อนผันสำหรับ IPLV หรือ NPLV

ค่าผ่อนผันที่ยอมรับได้สำหรับ IPLV หรือ NPVL จะสามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

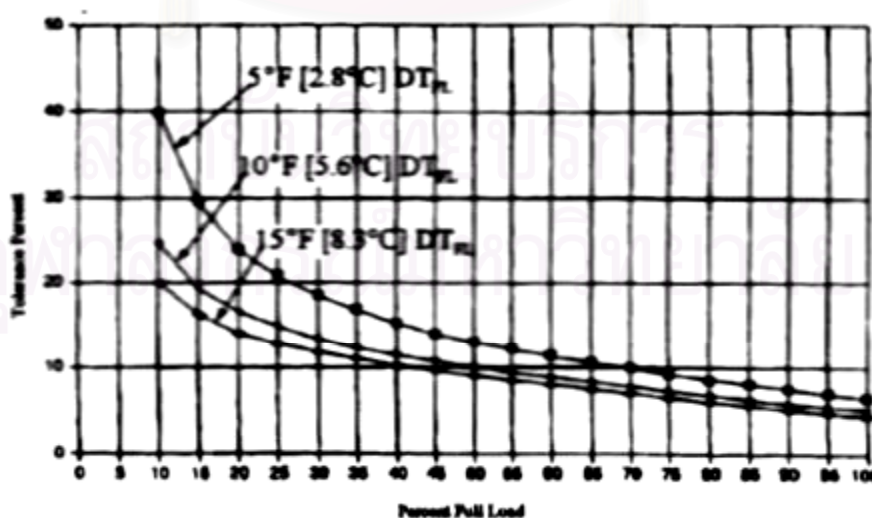
สำหรับ DT_{FL} หน่วย °F

$$\text{ค่าผ่อนผันที่ยอมรับได้เป็นเปอร์เซ็นต์} = 6.5 + \frac{35}{DT_F} \dots\dots\dots 3.24$$

สำหรับ DT_{FL} หน่วย °C

$$\text{ค่าผ่อนผันที่ยอมรับได้เป็นเปอร์เซ็นต์} = 6.5 + \frac{19.4}{DT_{FL}} \dots\dots\dots 3.25$$

ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 กราฟแสดงค่าผ่อนผันที่ยอมรับได้เมื่อโหลดเต็มพิกัดและโหลดบางส่วน

การใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)[8]

จากองค์ประกอบของค่าไฟฟ้า จะเห็นได้ว่าค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Demand charge) มีสัดส่วนค่อนข้างสูง ดังนั้น ถ้าโรงงานอุตสาหกรรมใดสามารถลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าในแต่ละเดือนก็จะลดลงไปได้เอง

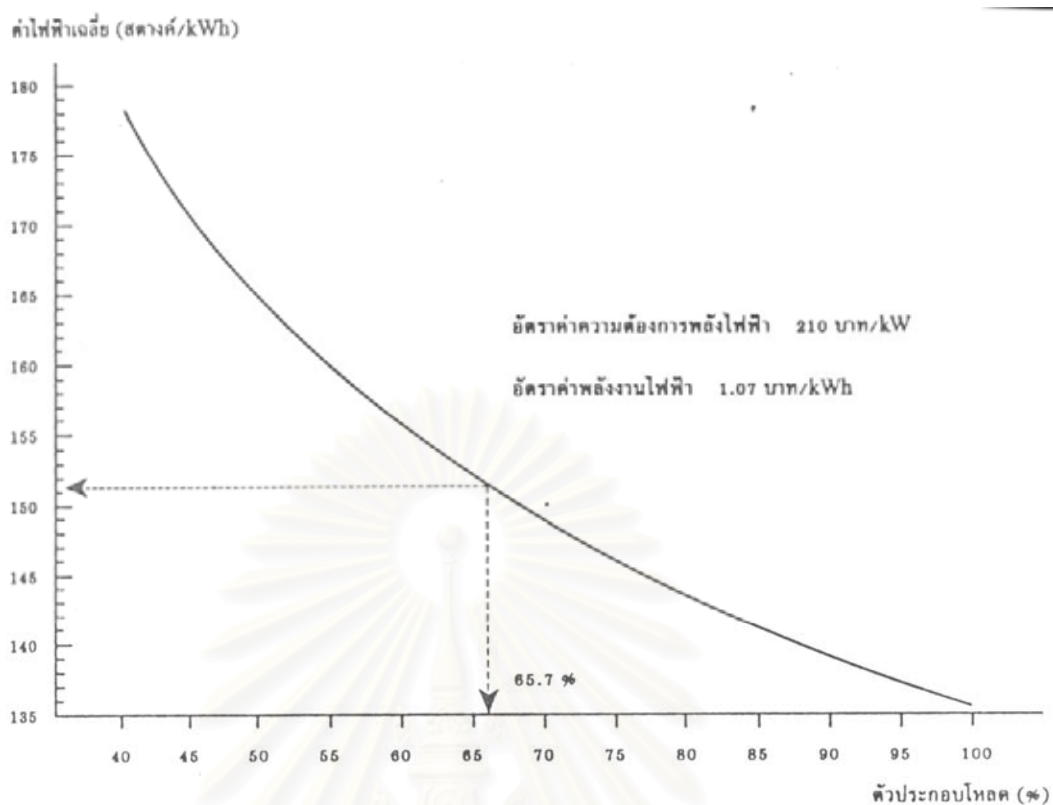
สาเหตุที่ต้องมีการควบคุมความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเพราะเป็นตัวประกอบอันหนึ่งที่จะแสดงประสิทธิภาพของการใช้พลังงานว่าเป็นอย่างไร ถ้าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าสูง ประสิทธิภาพของการใช้พลังงานก็จะต่ำ (มีตัวประกอบโหลดต่ำหรือที่เรียกว่า Load Factor) แต่ถ้าความต้องการพลังงานสูงสุดมีค่าต่ำ ประสิทธิภาพของการใช้พลังงานก็จะสูง (มีตัวประกอบโหลดสูง)

$$\text{ตัวประกอบโหลด} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 เดือน (kW)}}{\text{กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้ใน 1 เดือน(kW)}} \times 100\% \dots\dots\dots 3.26$$

$$\text{ตัวประกอบโหลด} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 เดือน (kW)} \times \text{จำนวนชั่วโมงใน 1 เดือน(h)}}{\text{กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้ใน 1 เดือน(kW)} \times \text{จำนวนชั่วโมงใน 1 เดือน(h)}} \dots\dots\dots 3.27$$

โดยที่ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 เดือน (kW) × จำนวนชั่วโมงใน 1 เดือน(h) ก็คือจำนวนหน่วยพลังงานที่ใช้ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)

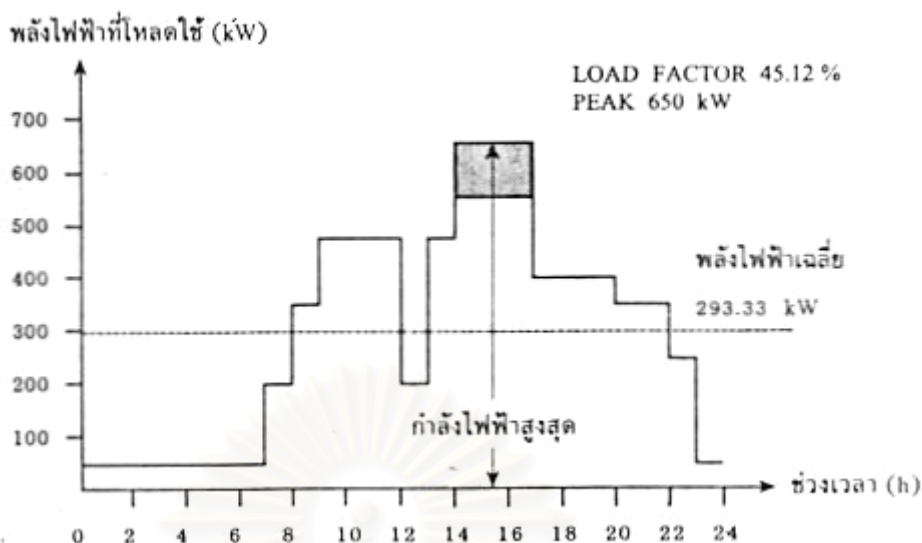
พิจารณาสมการตัวประกอบโหลดจะเห็นว่าตัวแปรที่ทำให้เปอร์เซ็นต์ตัวประกอบโหลดสูงหรือต่ำจะมีอยู่ 2 ตัว คือ จำนวนหน่วยพลังงานที่ใช้ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) และจำนวนกิโลวัตต์สูงสุดหรือความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด เมื่อนำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ตัวประกอบโหลด รายเดือน (เปอร์เซ็นต์) และค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (สตางค์ต่อหน่วยพลังไฟฟ้าที่ใช้) จะแสดงได้ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบโหลดรายเดือน(เปอร์เซ็นต์) และค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (สตางค์ต่อหน่วยพลังไฟฟ้าที่ใช้)

กราฟโหลด[8]

การเขียนกราฟโหลดจะนำผลจากการบันทึกการใช้พลังงานในรายชั่วโมง มาจัดทำกราฟโหลด จากรูปตัวอย่างจะเห็นว่าในช่วงเวลา 0.00-24.00 น. ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 50 กิโลวัตต์ชั่วโมง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือช่วงเวลานั้นมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 50 กิโลวัตต์ นั่นเอง ดังนั้นจึงสามารถจะนำปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละช่วงเวลามาจัดทำเป็นกราฟโหลดได้ ทั้งนี้เพื่อที่จะทำให้ทราบโครงสร้างการใช้พลังงานในแต่ละช่วงเวลาได้อย่างถูกต้อง ดังแสดงในรูปที่ 3.7



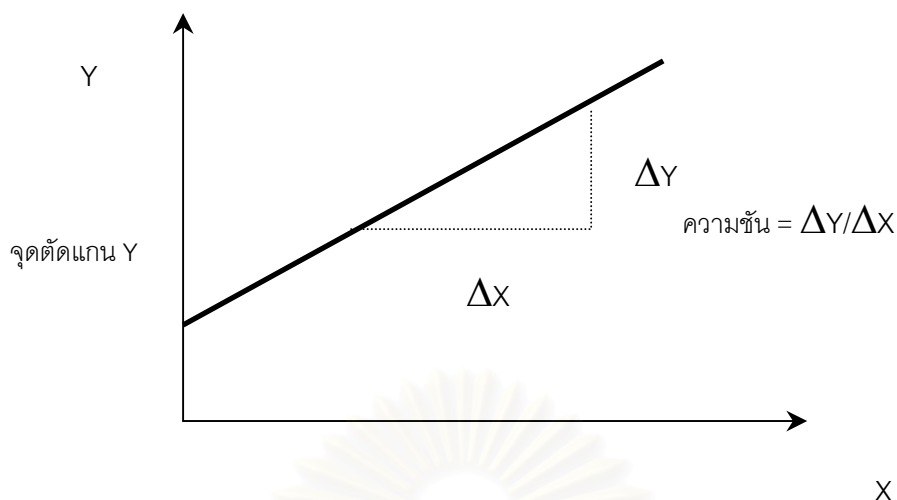
รูปที่ 3.7 แสดงกราฟโหลดของการใช้ไฟฟ้าใน 1 วัน

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นถดถอยของตัวแปรในเครื่องทำน้ำเย็น[9,10,11]

ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นของตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องทำน้ำเย็น อาศัยหลักการวิเคราะห์สมการเชิงเส้นถดถอย (Linear Regression Analysis)[9] การวิเคราะห์การถดถอยใช้เทคนิคทางสถิติเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ตัวแปรสองตัว X และ Y สำหรับในแต่ละข้อมูลจากการทดลองซึ่งทำให้รู้ตัวแปรทั้งสองที่ต้องการหาเส้นตรงที่ดีที่สุดที่ลากผ่านกลุ่มข้อมูล

จุดมุ่งหมายของการวิเคราะห์สมการเชิงเส้นถดถอยเพื่อหาเส้นตรงที่ดีที่สุดเพื่อทำนายค่า Y จากค่า X ข้อสังเกตข้อการวิเคราะห์ความเป็นเชิงเส้นถดถอยจะไม่สนใจกลุ่มข้อมูลว่าเป็นเชิงเส้นหรือไม่ กลุ่มข้อมูลจะถูกสมมติว่าเป็นเชิงเส้น และหาค่าความชันและจุดตัดแกน Y เพื่อสร้างเส้นตรงที่ดีที่สุดของกลุ่มข้อมูล การหาค่าความชันและจุดตัดแกน Y แสดงดังรูป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.8 แสดงเส้นตรงและพารามิเตอร์ของสมการเส้นตรง

วิธีการทางสถิติพื้นฐานที่ใช้กันโดยมากคือวิธีการกำลังสองน้อยที่สุด (Sum of Square) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ใกล้เคียงเส้นที่สุด วิธีการความชันและหาจุดตัดแกน Y หาได้ดังนี้

$$\text{ให้สมการเส้นตรงมีความสัมพันธ์} \quad Y_i = mX_i + b \quad \dots\dots\dots 3.28$$

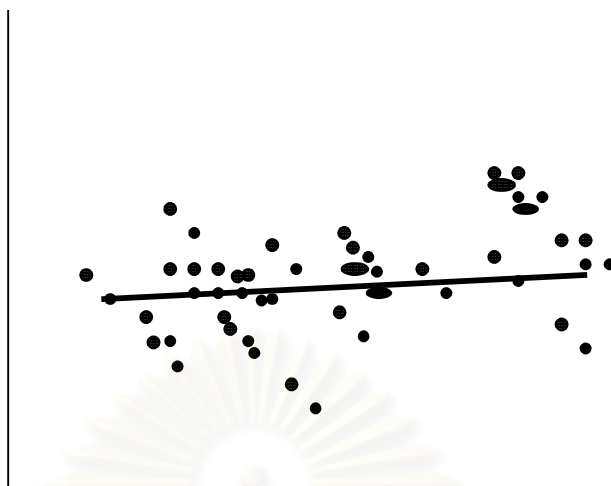
จากสมการเส้นตรงหาค่า m และ b [12]

$$m = \frac{N\sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{N\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad \dots\dots\dots 3.29$$

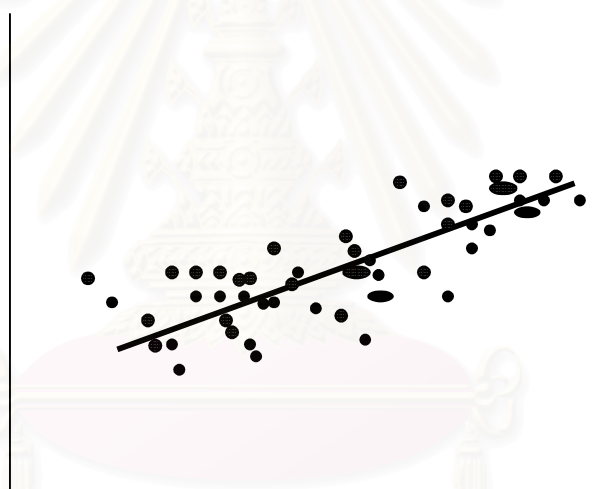
$$b = \frac{(\sum Y_i)(\sum X_i^2) - (\sum X_i Y_i)(\sum Y_i)}{N\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad \dots\dots\dots 3.30$$

การวัดความใกล้เคียงเชิงเส้นที่ดีที่สุด (Goodness of Fit)[10] ของสมการเชิงเส้นที่ได้ จะใช้วิธีวัดจากค่า R^2 (Coefficient of Determine) [10]

R^2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0 ถึง 1.0 และไม่มีหน่วย ซึ่งค่า R^2 ที่เข้าใกล้ 0.0 หมายความว่า การที่ทราบค่า X ไม่ได้ช่วยให้ทำนายค่า Y ได้ และไม่มีความสัมพันธ์ในลักษณะเชิงเส้นระหว่างตัวแปร X และ Y แต่ถ้าค่า R^2 ที่เข้าใกล้ 1 ถ้าความสัมพันธ์ของข้อมูลของตัวแปรคู่ นั้นเข้าใกล้เชิงเส้นมากๆ จะแสดงถึงเส้นตรงที่ลากผ่านกลุ่มข้อมูลโดยที่ข้อมูลทุกตัวแทบจะอยู่บนเส้นตรงนั้น ทำให้สามารถทำนายค่า Y จากค่า X ได้อย่างดี

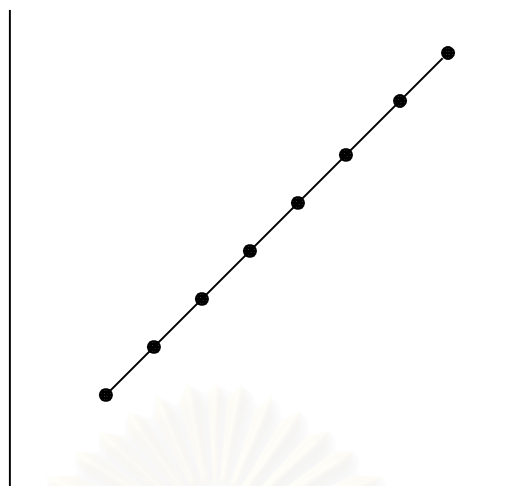


รูปที่ 3.9 $R^2=0.0$



รูปที่ 3.10 $R^2=0.5$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.11 $R^2=1.0$

การหาความสัมพันธ์จากสองตัวแปรโดยสมการถดถอยมีขั้นตอนดังนี้ ให้ข้อมูลที่แท้จริงเป็น (x_i, y_i) ให้ค่าที่ได้จากการทำนายสำหรับตัวแปร x_i จากเส้นตรงที่ทำการประมาณเชิงเส้นถดถอยเป็น y_i

$$\text{สมการความสัมพันธ์} \quad \hat{y}_i = Ax_i + B \quad \dots\dots\dots 3.31$$

เมื่อ \hat{y}_i คือ ค่าเบี่ยงเบนออกจากสมการเชิงเส้นถดถอย

A คือ ค่าความชันของสมการเชิงเส้นถดถอย

B คือ ค่าจุดตัดแกน

การวัดความใกล้เคียงเชิงเส้นที่ดีที่สุดโดยวิธีวัดจากค่า R^2 มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

$$\text{SSTO (Total Sum of Squares)} = \sum_{i=0}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad \dots\dots\dots 3.32$$

เมื่อ y_i คือ ค่าตัวแปรตามที่จุด i

\bar{y} คือ ค่าเฉลี่ยของตัวแปรตาม

ซึ่งวัดค่าเบี่ยงเบนทั้งหมดจากค่าเฉลี่ยของตัวแปรตาม \bar{y} โดยไม่คำนึงถึงค่าอนาคต ถ้าค่านี้เป็นศูนย์หมายถึง ไม่จำเป็นที่ต้องรู้ค่า y ไม่ขึ้นกับค่าตัวแปรต้นนั่นเอง

$$\text{SSE (Error Sum of Squares)} = \sum_{i=0}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad \dots\dots\dots 3.33$$

ซึ่งวัดค่าเบี่ยงเบนของค่าบนเส้นตรงซึ่งเป็นค่าเดิม การทำนายค่าอนาคตถ้าค่านี้เป็นศูนย์หมายถึง ความสัมพันธ์ที่ได้เป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง

R^2 ถูกกำหนดจากสัดส่วนข้อค่าที่ผิดพลาดซึ่งไม่กระจายบนแนวเส้นตรง (SSTO-SSE) หากจากสมการ

$$R^2 = \frac{\text{SSTO-SSE}}{\text{SSTO}} \quad \dots\dots\dots 3.34$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=0}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=0}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad \dots\dots\dots 3.35$$

ค่า R^2 อยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ถ้าเข้าใกล้ 1 หมายถึงความสัมพันธ์ของกลุ่มข้อมูลทั้งสองเข้าใกล้ความเป็นเชิงเส้นและมีผลต่อกัน ซึ่งสามารถบอกแนวโน้มค่าในอนาคตได้ R^2 อาจแสดงในรูปร้อยละจะได้หรือเรียกว่า % Goodness of Fit

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

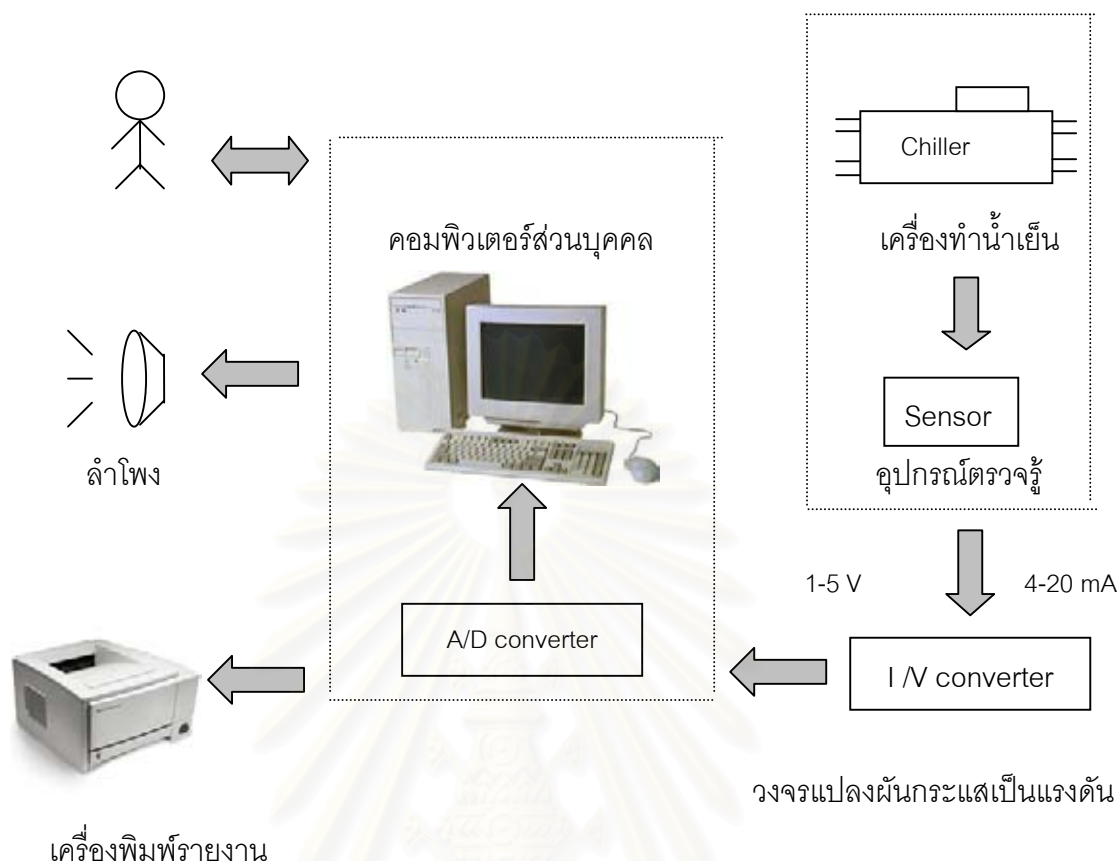
โครงสร้างฮาร์ดแวร์และการออกแบบ

ความนำ

ในบทนี้ได้กล่าวถึงโครงสร้างของฮาร์ดแวร์และการออกแบบ ฮาร์ดแวร์ประกอบด้วย อุปกรณ์ทั้งหมดที่ต้องใช้เพื่อให้ซอฟต์แวร์สามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ และการส่งข้อมูลเพื่อ ตรวจสอบและประมวลผลที่คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล โดยตัวตรวจรู้เกือบทั้งหมดได้รับทุนอุดหนุน การวิจัยจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สังกัดสำนักงานคณะกรรมการนโยบาย พลังงานแห่งชาติในการจัดซื้อ นอกจากนี้ส่วนของอัลตราโซนิกโฟลมิเตอร์ซึ่งได้รับการอนุเคราะห์ จากสถาบันวิศวกรรมพลังงานแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โครงสร้างของฮาร์ดแวร์

ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในระบบประกอบด้วยสี่ส่วนได้แก่ ส่วนระบบทำความเย็นซึ่งมี เครื่องทำน้ำเย็นเป็นส่วนที่ทำความเย็นให้ระบบ ส่วนที่สองเป็นส่วนการวัดค่า ซึ่งต้องใช้ตัวตรวจรู้ ประเภทต่างๆ ซึ่งขึ้นกับตัวแปรที่ต้องการวัดซึ่งถูกนำมาใช้ในซอฟต์แวร์, ส่วนที่สามเป็นส่วนรับ ข้อมูลและแปลงสัญญาณได้แก่ วงจรรับสัญญาณมาตรฐานซึ่งทำการสัญญาณมาตรฐานขนาด 4 ถึง 20 มิลลิแอมแปร์ และแปลงเป็นสัญญาณขนาด 1 ถึง 5 โวลต์ เพื่อส่งเข้าวงจรแปลงสัญญาณ แอนะล็อกเป็นดิจิตอลที่เสียบอยู่กับสล็อตของเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล, ส่วนสุดท้ายได้แก่ ส่วนของคอมพิวเตอร์ซึ่งทำหน้าที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน, จัดการกับข้อมูลที่ได้รับจากวงจรแปลงสัญญาณ แอนะล็อกเป็นดิจิตอล, ติดต่อกับฐานข้อมูลเพื่อทำการเก็บค่าตัวแปรที่เข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์, คำนวณค่าต่างๆที่ใช้ในซอฟต์แวร์, และแสดงผล โดยมีโครงสร้างระบบวัดรวมทั้งระบบดังรูป



รูปที่ 4.1 โครงสร้างของฮาร์ดแวร์

1. ผู้ดูแลระบบหรือผู้ทำการตรวจวัด

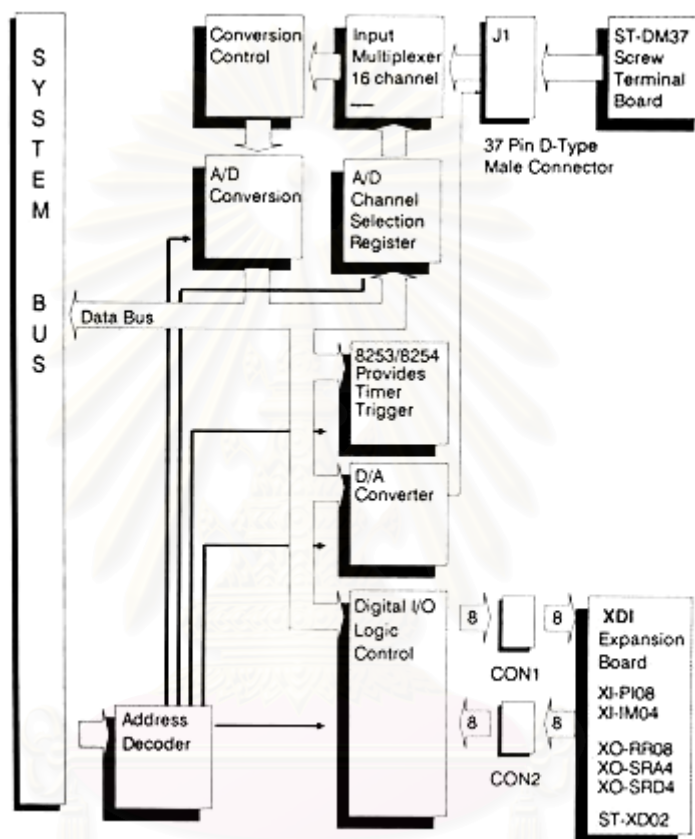
ผู้ดูแลระบบหรือผู้ทำการตรวจวัดควรมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับระบบทำน้ำเย็นโดยเฉพาะเครื่องทำน้ำเย็นและมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับอุปกรณ์ตรวจวัดมาพอสมควร

2. คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

คอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับพัฒนาซอฟต์แวร์และทดสอบการทำงานใช้คอมพิวเตอร์ IBM-PC Compatible ซึ่งทำงานร่วมกับระบบปฏิบัติการ Windows Millenium โดยใช้หน่วยความจำขั้นต่ำ 128 เมกะไบต์ ฮาร์ดดิสก์ความจุ 10 จิกะไบต์ แต่ทั้งนี้จะขึ้นกับการเก็บข้อมูลในฐานข้อมูล นอกจากนี้อาจมีลำโพงในกรณีต้องการเสียงเตือนเพื่อแจ้งเหตุการณ์ผิดปกติ ควรใช้ลำโพงที่มีเสียงดังเพียงพอที่ผู้ดูแลระบบจะสามารถได้ยินภายในห้องเครื่องซึ่งมีเสียงดัง

3. การ์ดแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล[13]

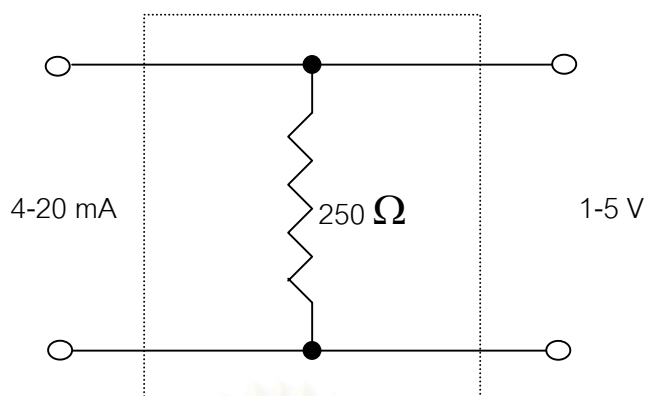
การ์ดแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลทำหน้าที่แปลงสัญญาณแอนะล็อกที่รับจากวงจรแปลงกระแสเป็นแรงดัน เนื่องจากการ์ดแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลจะรับสัญญาณแรงดัน เพื่อทำการชั่งตัวอย่างและให้ค่าที่ตรงกับสัญญาณที่วัดจากตัวตรวจรู้



รูปที่ 4.2 โครงสร้างการ์ดแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลรุ่น PA-C12 บริษัท Acqutek

4. วงจรแปลงสัญญาณกระแสเป็นแรงดัน

ทำหน้าที่รับสัญญาณมาตรฐานที่ส่งจากอุปกรณ์ตรวจรู้หรือจากทรานสดิวเซอร์และทำการแปลงสัญญาณกระแสมาตรฐานขนาด 4 ถึง 20 มิลลิแอมแปร์ให้เป็นสัญญาณแรงดัน 1 ถึง 5 โวลต์ โดยการออกแบบใช้ความต้านทาน 250 โอห์ม รับกระแส เพื่อให้ได้ขนาดสัญญาณต่ำที่สุดเป็น 1 โวลต์ เพื่อตรวจสอบกรณีสายขาด และใช้คอนเน็คเตอร์ต่อสัญญาณเข้าคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทางพอร์ตของการ์ดแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล



รูปที่ 4.3 วงจรแปลงสัญญาณกระแสเป็นแรงดัน

5. เครื่องพิมพ์

ใช้สร้างรายงานเมื่อผู้ดูแลระบบต้องต้องข้อมูลที่จำเป็น หรือตรวจสอบวิเคราะห์ ข้อมูลทั้งข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจรู้, ข้อมูลประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น, ข้อมูลการคำนวณอื่นๆ และข้อมูลเหตุการณ์ผิดปกติ โดยบอกรายละเอียดวันที่, เวลา, สัญญาณอินพุต และรายละเอียดที่จำเป็นอื่นๆ

6. ตัวตรวจรู้

ทำหน้าที่วัดค่าตัวแปรที่ต้องการวัดและให้สัญญาณตามการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรในเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ ทำให้ทราบการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในระบบ

7. สายนำสัญญาณ

ทำหน้าที่นำสัญญาณมาตรฐาน 4 ถึง 20 มิลลิแอมป์จากตัวตรวจรู้ต่างๆ มายังจุดต่อเชื่อม หรือส่งตรงเข้าวงจรแปลงกระแสเป็นแรงดันโดยตรง สายนำสัญญาณควรมีshield เพื่อ กันสัญญาณรบกวนและคลื่นจากสนามแม่เหล็กเมื่อลากสายผ่านเครื่องจักร เพราะจะทำให้ สัญญาณผิดพลาดจากค่าที่แท้จริง

8. อุปกรณ์อื่น

อุปกรณ์เสริมอื่นๆ ได้แก่ กาลังที่ใช้เป็นจุดเชื่อมต่อ, ตลับสายเพื่อเชื่อมต่อสายนำสัญญาณ, หางปลาเพื่อต่อปลายสายนำสัญญาณ

จุดตรวจวัด[2,5]

ตัวตรวจวัดที่ใช้ถูกกำหนดตามการคำนวณประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็นและการทำสมดุลพลังงาน โดยมีจุดที่ทำการตรวจวัดทั้งสิ้น 7 จุด[2,5] ดังนี้

1. อุณหภูมิน้ำเย็นในท่อออกจากอีวาพอเรเตอร์
2. อุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับที่เข้าสู่อีวาพอเรเตอร์
3. อุณหภูมิน้ำในท่อที่ไหลกลับจากห่อฝั่งเย็นที่เข้าสู่คอนเดนเซอร์
4. อุณหภูมิน้ำในท่อที่ไหลไปห่อฝั่งเย็นที่ออกจากคอนเดนเซอร์
5. กิโวลต์ต์เข้าเครื่องทำน้ำเย็น
6. อัตราการไหลของน้ำเย็นที่ออกจากอีวาพอเรเตอร์
7. อัตราการไหลของน้ำเย็นที่ออกจากคอนเดนเซอร์

ตัวตรวจวัดที่ต้องใช้ในระบบ

ตัวตรวจวัดที่ใช้วัดค่าพารามิเตอร์และส่งข้อมูลไปยังซอฟต์แวร์ต้องเลือกแบบที่สามารถส่งข้อมูลได้ โดยเฉพาะการส่งเป็นสัญญาณมาตรฐาน 4 ถึง 20 มิลลิแอมแปร์ อุปกรณ์ที่จำเป็นแบ่งได้สามกลุ่มดังนี้

1. ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดที่ใช้วัดอุณหภูมิ เช่น อาร์ทีดี (Resistance Temperature Detectors) แบบแพลทินัม 100 โอห์ม (Pt100) หรืออาจใช้เทอร์มอคัปเปิล ทั้งนี้แล้วแต่ความเหมาะสม
2. ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดที่ใช้วัดอัตราการไหล เช่น มาตรวัดการไหลแบบอัลตราโซนิก หรือมาตรวัดการไหลทั่วไป
3. ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดที่ใช้วัดกำลังไฟฟ้า เช่น กิโวลต์ต์มิเตอร์ หรือใช้หม้อแปลงกระแสและหม้อแปลงแรงดันส่งเข้าเพาเวอร์ทรานส์ดีวเซอร์

บทที่ 5

โครงสร้างซอฟต์แวร์และการออกแบบ

ความนำ

ในบทนี้ได้กล่าวถึงโครงสร้าง, การออกแบบและการพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการตรวจสอบและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น ซึ่งสอดคล้องตามกฎหมายกระทรวง พ.ศ. 2538 และความต้องการของผู้ใช้ซึ่งได้แก่ ผู้ดูแลระบบหน้างานและผู้ตรวจสอบการใช้พลังงานที่ได้รับการแต่งตั้ง นอกจากนี้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพไหลดบางส่วนอ้างอิงตามมาตรฐาน[1] ARI STANDARD 550-590-98 (AIR CONDITIONING & REFRIGERATION INSTITUTE)

ซอฟต์แวร์ในวิทยานิพนธ์ถูกพัฒนาขึ้นโดยภาษาเดลไฟ (DELPHI) เวอร์ชัน 6.0 เป็นตัวพัฒนาโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ เนื่องจากเดลไฟมีความเรียบง่ายในการพัฒนา แอปพลิเคชันและความสามารถด้านการจัดการฐานข้อมูลทำให้เป็นโปรแกรมที่มีความสามารถสูงในปัจจุบัน การทำงานติดต่อกับฐานข้อมูลด้วยฐานข้อมูลชนิด PARADOX ซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่ติดมากับเดลไฟเอง ทำให้มีความเข้ากันได้เป็นอย่างดี

ภายในซอฟต์แวร์ได้แบ่งการออกแบบส่วนหลักต่างๆ ดังนี้ ส่วนเชื่อมต่อทั้งส่วนติดต่อกับฮาร์ดแวร์และส่วนติดต่อกับผู้ใช้ , ส่วนการจัดเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล ซึ่งแบ่งย่อยออกตามข้อมูลที่จัดเก็บโดยจะกล่าวถึงในภายหลัง, ส่วนการคำนวณวิเคราะห์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องทำน้ำเย็นทั้งประสิทธิภาพและการใช้พลังงาน, และสุดท้ายซึ่งได้แก่ส่วนแสดงผลทั้งในรูปแบบรายงานเสียงเตือน และกราฟ ในการพัฒนามุ่งเน้นในทางปฏิบัติงานจริงและตามความต้องการของผู้ใช้ แต่ต้องมีส่วนติดต่อกับผู้ใช้ที่สวยงามด้วย

ความต้องการของผู้ใช้

ในส่วนของการพัฒนาซอฟต์แวร์ได้ตั้งเป้าหมายของซอฟต์แวร์ โดยกำหนดความต้องการของผู้ใช้ไว้ดังนี้

1. การติดต่อระหว่างซอฟต์แวร์กับผู้ใช้ต้องสามารถทำได้ง่าย มีความสวยงามน่าใช้, การตั้งค่าเริ่มต้นต้องเข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน และครบถ้วน, การเชื่อมต่อระหว่างซอฟต์แวร์กับฐานข้อมูลทำได้ง่าย โดยสามารถเก็บข้อมูลที่วัดได้ เก็บค่าการคำนวณต่างๆ เก็บค่าเหตุการณ์ที่ผิดปกติ โดยผู้ใช้โปรแกรมไม่จำเป็นต้องมีความรู้ด้านฐานข้อมูลมาก่อน

2. สามารถใช้ซอฟต์แวร์ในการเก็บข้อมูลต่อเนื่องให้มากที่สุดแทนระบบเดิมที่เป็นแบบไม่ต่อเนื่อง

3. ซอฟต์แวร์สามารถวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นที่โหลดเต็มพิกัดและที่โหลดบางส่วนได้ทั้งแบบเวลาจริง และเวลาอดีต โดยค่าทั้งหมดสอดคล้องกับมาตรฐานที่ยอมรับและตามกฎหมายกระทรวง นอกจากนี้สามารถวิเคราะห์การใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นได้และสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับเครื่องทำน้ำเย็นในแบบสมการเชิงเส้นถดถอยเพื่อดูแนวโน้มในอนาคตได้

4. ซอฟต์แวร์สามารถเฝ้าตรวจการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นแบบเวลาจริงแทนผู้ดูแลระบบได้เป็นอย่างดี และสามารถดูค่าที่เกิดขึ้นในเวลาอดีตได้ทำให้ผู้เฝ้าตรวจสามารถเห็นเหตุการณ์ผิดปกติ พร้อมการแจ้งเตือนด้วยสัญญาณไฟ, สัญญาณเสียงและข้อความ เพื่อแก้ไขเหตุการณ์ผิดปกติต่างๆอย่างรวดเร็วทันทีทันใดและสามารถสร้างรายงานผ่านทางเครื่องพิมพ์เพื่อดูข้อมูลต่างๆได้

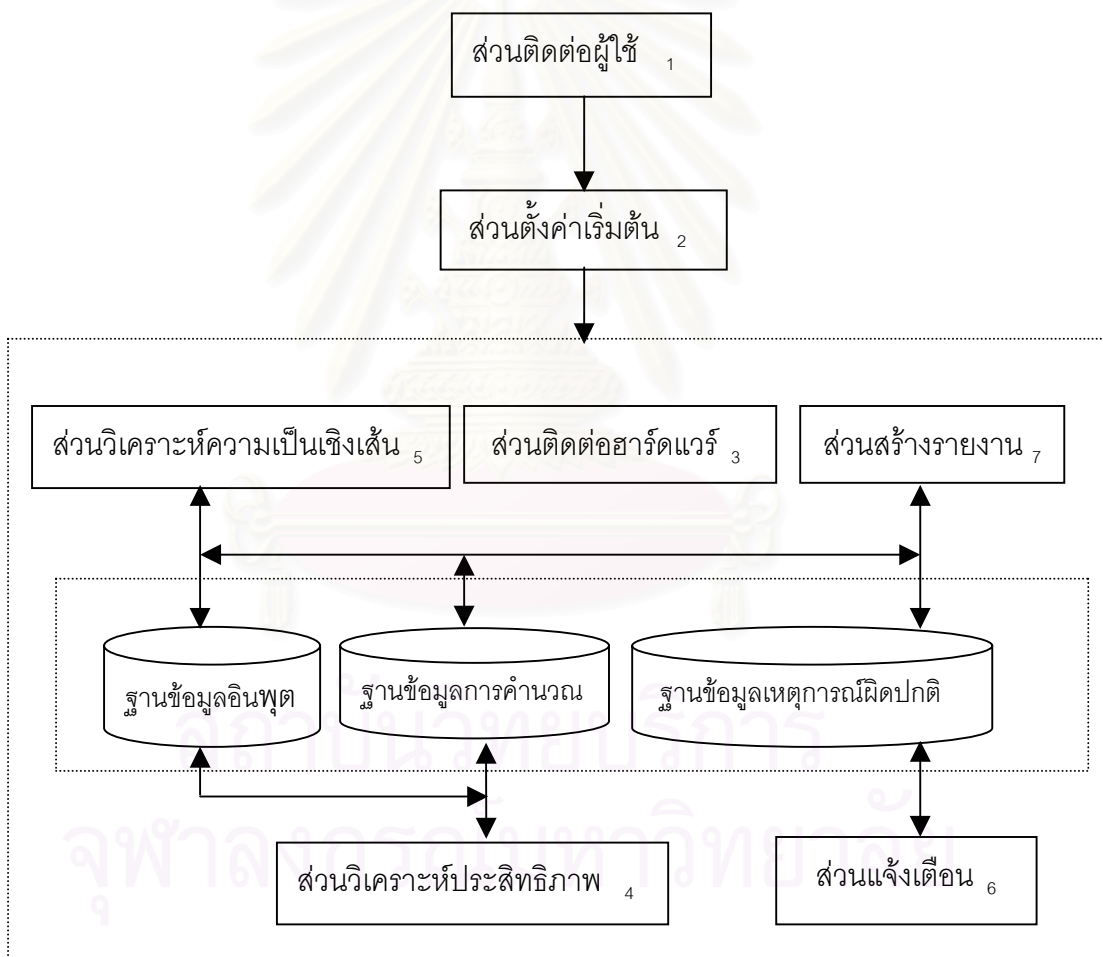
การออกแบบซอฟต์แวร์

คอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับพัฒนาซอฟต์แวร์และทดสอบการทำงานใช้คอมพิวเตอร์ IBM-PC Compatible ซึ่งทำงานร่วมกับระบบปฏิบัติการ Windows Millenium และใช้ภาษา Delphi 6.0 ซึ่งเป็นของบริษัท Inprise (บริษัท Borland เดิม) โดยโปรแกรมนี้เป็นเครื่องมือสำหรับการพัฒนาโปรแกรมที่มีสภาพแวดล้อมในการทำงาน (Development Environment) ที่ช่วยให้สามารถทำทุกอย่างได้จากใน Delphi เอง มีเครื่องมือทุกชนิดที่จำเป็นสำหรับการสร้างโปรแกรมประยุกต์บน Windows ทั้งในส่วนของ การติดต่อกับผู้ใช้ การแสดงผลกราฟฟิก การติดต่อกับฐานข้อมูล การจัดการระบบ ในส่วนของฐานข้อมูลนั้นติดต่อจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบของแฟ้มข้อมูลแบบพาราดอกซ์ (Paradox) ผ่านทาง Borland Database Engine (BDE) และนำเอาภาษาฐานข้อมูล SQL (Structured Query Language) ซึ่งเป็นภาษามาตรฐาน ใช้กับระบบจัดการฐานข้อมูลได้กับ

หลายโปรแกรมมาใช้ในการจัดเก็บข้อมูลเข้าสู่ฐานข้อมูล และการออกแบบซอฟต์แวร์ทั้งโปรแกรม อ้างอิงตามมาตรฐานและความต้องการของผู้ใช้

โครงสร้างของซอฟต์แวร์

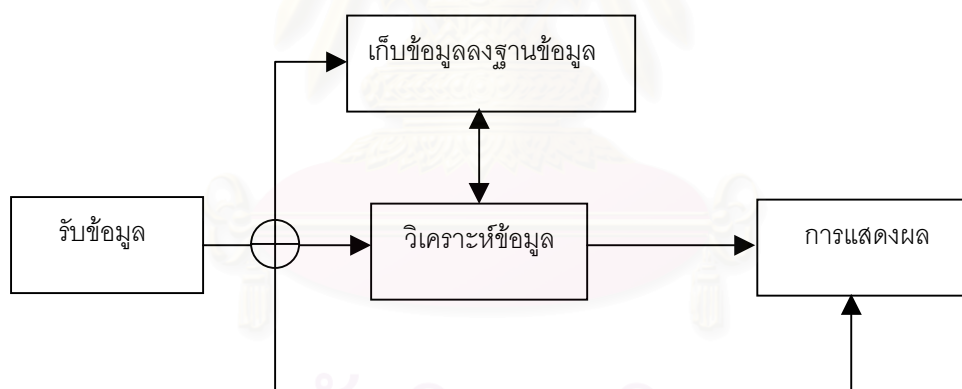
ซอฟต์แวร์ที่ถูกพัฒนาขึ้นมีหน้าที่การทำงานหลายส่วนได้แก่ ส่วนติดต่อกับฮาร์ดแวร์ ส่วนตั้งค่าเริ่มต้น ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ส่วนจัดเก็บข้อมูลในฐานข้อมูล ส่วนวิเคราะห์ประสิทธิภาพ เครื่องทำน้ำเย็น ส่วนวิเคราะห์ความเป็นเชิงเส้น ส่วนแจ้งเตือนเมื่อเกิดเหตุผิดปกติ ส่วนสร้างรายงาน โดยแยกเป็นโมดูลย่อย โดยมีโครงสร้างดังรูป



รูปที่ 5.1 แสดงโครงสร้างการเชื่อมต่อโมดูลย่อยของซอฟต์แวร์

ซอฟต์แวร์ในแต่ละส่วนมีหน้าที่ทำงานดังนี้

1. ส่วนติดต่อผู้ใช้ ทำหน้าที่รับคำสั่งจากผู้ใช้เพื่อควบคุมการทำงานของซอฟต์แวร์ รับค่าที่ใช้ในซอฟต์แวร์และแสดงผลการคำนวณจากซอฟต์แวร์
2. ส่วนตั้งค่า ทำหน้าที่ตั้งค่าเริ่มต้น ตั้งค่าเตือน แก่ค่าต่างๆ รับข้อมูลที่จำเป็นกับซอฟต์แวร์
3. ส่วนติดต่อฮาร์ดแวร์ ทำหน้าที่ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก รับสัญญาณ ชักตัวอย่าง สัญญาณ แปลงสัญญาณ
4. ส่วนวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น ทำหน้าที่คำนวณประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น
5. ส่วนวิเคราะห์ความเป็นเชิงเส้น ทำหน้าที่วิเคราะห์ความเป็นเชิงเส้นของตัวแปร
6. ส่วนแจ้งเตือนเหตุการณ์ ทำหน้าที่เตือนเมื่อมีเหตุการณ์ผิดปกติ ซึ่งมาจากค่าที่ไม่ผ่านมาตรฐานหรือเกณฑ์ที่ตั้งไว้
7. ส่วนสร้างรายงาน ทำหน้าที่สร้างรายงานจากข้อมูลที่เรียกจากฐานข้อมูลส่วนต่างๆ และพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์

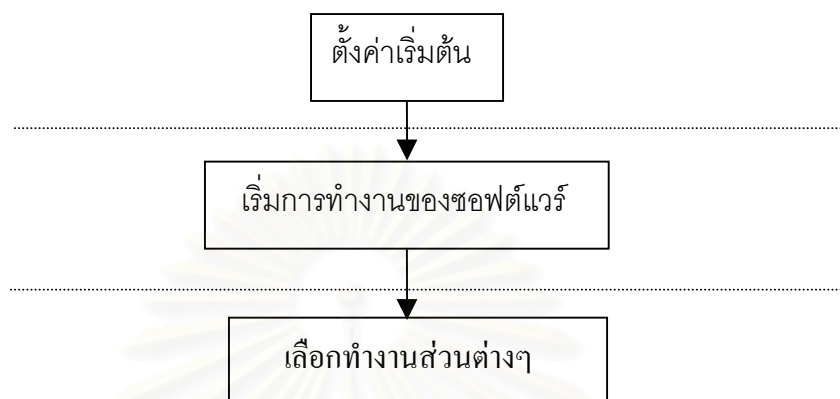


รูปที่ 5.2 แผนภาพโครงสร้างการทำงานซอฟต์แวร์

ลำดับการใช้งานซอฟต์แวร์

การเริ่มต้นใช้ซอฟต์แวร์ผู้ใช้ควรมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเครื่องทำน้ำเย็นและมาตรฐานที่เกี่ยวข้องรวมถึงเกณฑ์ของกฎกระทรวงมาบ้างเนื่องจากจะต้องเริ่มจากการตั้งค่าเริ่มต้นให้กับซอฟต์แวร์ ไม่เช่นนั้นซอฟต์แวร์อาจทำงานไม่ตรงตามความต้องการ จึงต้องรู้ค่าที่จะตั้งให้เหมาะสมกับการทำงานของซอฟต์แวร์ แต่ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับการเก็บข้อมูลใน

ส่วน ฐานข้อมูล เนื่องจากผู้ออกแบบไม่ต้องการให้เกิดความยุ่งยากด้านต่างๆเกี่ยวกับฐานข้อมูล จึงออกแบบในลักษณะให้ซอฟต์แวร์จัดการด้านฐานข้อมูลด้วยตัวเองจากตัวซอฟต์แวร์ ลักษณะการทำงานและลำดับการทำงานมีลักษณะต่อไปนี้



รูปที่ 5.3 ลำดับการใช้งานของซอฟต์แวร์

โครงสร้างการติดต่อทางซอฟต์แวร์กับการดัดแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิทัล[13]

การติดต่อกับฮาร์ดแวร์ภายนอกทำโดยผ่านการดัดแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิทัล โดยซอฟต์แวร์ในส่วนนี้แบ่งการทำงานออกเป็น 4 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

- ขั้นตอนการเริ่มต้น
- ขั้นตอนการเลือกช่องสัญญาณ
- ขั้นตอนเริ่มการทำงาน
- ขั้นตอนการอ่านข้อมูล

โดยมีรายละเอียดการทำงานแต่ละขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นตอนการเริ่มต้น

เมื่อจะทำกรใช้งานการดัดแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิทัลรุ่น PA-CP12 จะต้องทำการกำหนดการเริ่มต้นให้กับการดัดแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิทัลก่อนซึ่งแบ่งเป็นสองส่วน ดังนี้ (ดูรูปที่ 4.2 ประกอบ)

(ก) การกำหนดการเริ่มต้นสัญญาณนาฬิกาภายใน การ์ดแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลรุ่น PA-CP12 ใช้ไอซีเบอร์ 8253/8254 สร้างสัญญาณนาฬิกาตั้งแต่ 0 ถึง 74 กิโลเฮิร์ตซ์ สำหรับใช้ภายใน เพราะฉะนั้นไม่ว่าจะเลือกโหมดการทำงานใด ไอซี 8253/8254 ต้องถูกสั่งให้เริ่มต้นสร้างสัญญาณขึ้นภายในเมื่อทำการกำหนดค่าเริ่มต้นการทำงานให้ โดยการเขียนคำสั่ง 3 คำสั่งตามลำดับดังนี้

1. เขียน 34H ให้กับไอซี 8253/8254 ไปยังพอร์ต (base+15)
2. เขียน 36H ให้กับไอซี 8253/8254 ไปยังพอร์ต (base+12)
3. เขียน 00H ให้กับไอซี 8253/8254 ไปยังพอร์ต (base+12)

การกำหนดค่าเริ่มต้นข้างต้นนี้จะทำให้ไอซีเบอร์ 8253/8254 ทำงานในโหมดสองคือทำการสร้างสัญญาณเอาต์พุตรูปคลื่นสี่เหลี่ยม (square wave) และสัญญาณนาฬิกา 74.074 กิโลเฮิร์ตซ์

(ข) การกำหนดคำสั่งเริ่มต้นไปยังพอร์ต การ์ดแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลรุ่น PA-CP12 จะกำหนดคำสั่งไปยังพอร์ต Base+3 เพื่อหาแหล่งเกิดสัญญาณทริก (ซึ่งเริ่มทำงานตามแต่ละวิธีการรับข้อมูล) การสั่งเริ่มต้นคำสั่งไปยังพอร์ตสามารถทำได้โดยการเขียนสั่ง (4 bit D0-D3) ไปยังพอร์ต Base+3

2. ขั้นตอนการเลือกช่องสัญญาณ

การ์ดแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลรุ่น PA-CP12สามารถรับสัญญาณอินพุตทั้งสิ้น 16 ช่องสัญญาณ การเลือกช่องสัญญาณจะใช้ซอฟต์แวร์กำหนดช่องสัญญาณที่จะทำการซักตัวอย่างข้อมูล โดยถูกเขียนคำสั่งไปยังพอร์ต Base+2 ช่องสัญญาณอินพุตจะถูกป้อนเข้าสู่การมัลติเพลกซ์ การเปลี่ยนไปอ่านช่องสัญญาณอื่นควรรออย่างน้อย 1 ไมโครวินาที

3. ขั้นตอนการทำการรับข้อมูล

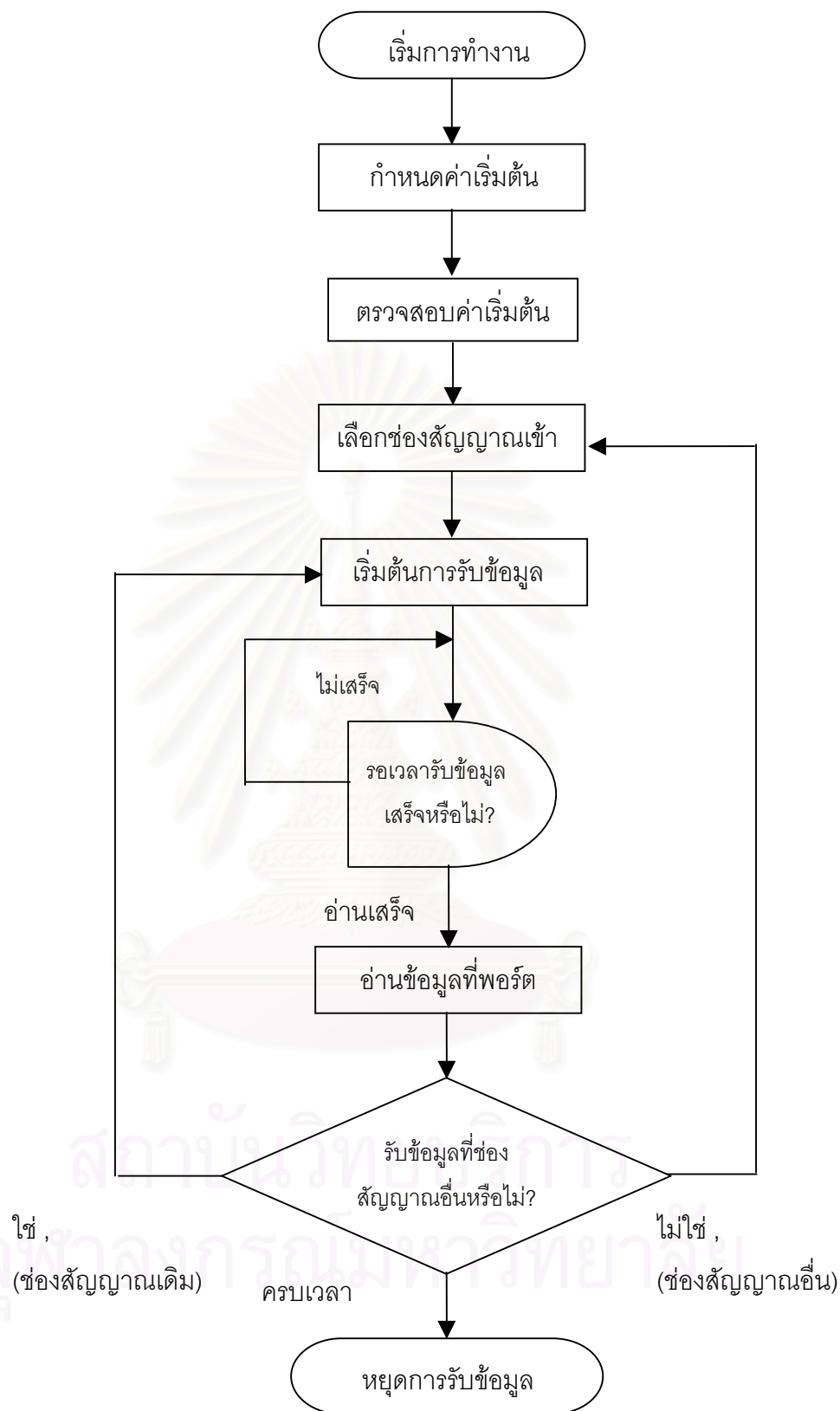
การ์ดแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลรุ่น PA-CP12 จะสร้างสัญญาณทริกเพื่อเริ่มการรับข้อมูล การ์ดจะเริ่มแปลงสัญญาณอินพุตจากแอนะล็อกจากช่องสัญญาณที่ถูกเลือกยัง 12 บิตดิจิทัล วิธีการทริกกำหนดที่รีจิสเตอร์ D1 และ D2 ของคำสั่งที่พอร์ต Base+3

การคำนวณนี้สามารถเลือกวิธีการรับข้อมูลได้ถึง 4 วิธี แต่ในการออกแบบจะใช้วิธีกำหนดผ่านทางซอฟต์แวร์

วิธีการกำหนดผ่านทางซอฟต์แวร์เป็นวิธีที่ง่ายที่สุด การรับข้อมูลจะเริ่มต้นเมื่อคำสั่งเขียน 0 ไปยังพอร์ต Base+0 แต่ข้อเสียของวิธีนี้คือเรื่องของความเที่ยง เพราะการทรานซิวคั้งโดยซอฟต์แวร์ เวลาระหว่างการรับข้อมูลแต่ละครั้งจะขึ้นอยู่กับความเร็วของเครื่องคอมพิวเตอร์ และโครงสร้างของโปรแกรม โดยมีลักษณะการทำงานตามอัลกอริทึมดังนี้



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.4 ขั้นตอนการติดต่อฮาร์ดแวร์

การออกแบบและการติดต่อกับฐานข้อมูล

ฐานข้อมูลถูกใช้ในการจัดเก็บข้อมูลซึ่งเป็นสัญญาณที่คอมพิวเตอร์รับมาแสดงค่า, ประมวลผล, และเก็บเหตุการณ์ผิดปกติที่เกิดขึ้น ได้แก่ ค่าที่เกินพิกัดการทำงานต่างๆ, ค่าที่เกินขอบเขตที่ตั้งค่าไว้ในส่วนของหน้าต่างตั้งค่าเริ่มต้นซึ่งอยู่ในแท็บสัญญาณเตือน การเก็บข้อมูลเก็บแบบเวลาจริงทุก 1 วินาที

ฐานข้อมูลที่ใช้ในการจัดเก็บใช้ฐานข้อมูลพาราดอก ซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่อยู่ในโปรแกรมเดสก์ท็อปเอง ทำให้มีความกันแน่นได้เป็นอย่างดี ฐานข้อมูลนี้จัดเก็บเป็นนามสกุล .DB โดยในแต่ละตารางจะมีคีย์หลักเป็นวันและเวลาที่เก็บ ทั้งนี้มีคีย์หลักสำหรับการอ้างอิงข้อมูล แสดงข้อมูลในฐานข้อมูลในรูปแบบที่ 5.5

ในส่วนการออกแบบการใช้งานได้ออกแบบให้มีตารางในการจัดเก็บทั้งสิ้นสี่ตาราง ได้แก่

1. ตารางเก็บค่าข้อมูลอินพุต เก็บข้อมูลอินพุตที่รับโดยตรงจากตัวตรวจจู้โดยผ่านการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล ภายในตารางประกอบด้วย 9 ฟیلด์
2. ตารางเก็บค่าการคำนวณ เก็บค่าที่คำนวณภายในซอฟต์แวร์ เพื่อนำมาแสดงผล หรือนำกลับมาใช้ภายในซอฟต์แวร์อีกครั้ง ภายในตารางประกอบด้วย 12 ฟیلด์
3. ตารางเก็บค่าเหตุการณ์ผิดปกติ เก็บค่าเหตุการณ์ผิดปกติที่เกิดขึ้น โดยเก็บช่องสัญญาณที่เกิดความผิดปกติ , เลขประจำตัวของเหตุการณ์ ภายในตารางประกอบด้วย 3 ฟیلด์
4. ตารางเก็บคำอธิบายเกี่ยวกับเหตุการณ์ผิดปกติที่เกิดขึ้นจากข้อ 3 เพื่อให้ผู้ใช้ซอฟต์แวร์ทราบถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นและการแก้ไขเบื้องต้น จากนั้นผู้ใช้จะไปตรวจสอบความผิดปกติและนำไปวิเคราะห์ต่อไป ภายในตารางประกอบด้วย 3 ฟیلด์

ในข้อ 3 และ 4 เป็นตารางที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกัน ทั้งนี้การแยกสองตารางเนื่องจากต้องการความยืดหยุ่นในการใช้ และความรวดเร็วในการเข้าถึงฐานข้อมูล

ในส่วนของการเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลได้นำภาษาฐานข้อมูลมาตรฐาน ที่เรียกกันว่า ภาษา SQL มาใช้ในการจัดเก็บ เนื่องจากเป็นภาษาที่มีรูปแบบเข้าใจง่าย ใช้กับฐานข้อมูลได้แทบทุกประเภท และเข้าถึงข้อมูลโดยไม่เกิดข้อผิดพลาด ทำให้ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นมีความผิดพลาดน้อย

tblchiller_input	DATE_TIME	TIMES	KW	CHWTEMP	CHWTEMP	CWTEMP	CWRTEMP	CHWFLOW	CWFLOW	
2	12:46:05	10/8/2002	12:46:05	89.47	105.07	104.34	105.17	105.07	295.46	435.62
3	12:46:06	10/8/2002	12:46:06	89.38	105.27	105.48	105.38	105.17	297.16	616.25
4	12:46:07	10/8/2002	12:46:07	89.30	104.96	105.27	105.27	105.17	296.31	637.50
5	12:46:08	10/8/2002	12:46:08	89.30	105.17	105.07	105.27	105.27	296.80	637.50
6	12:46:09	10/8/2002	12:46:09	89.38	105.38	105.17	103.51	105.07	296.03	637.50
7	12:46:10	10/8/2002	12:46:10	89.30	105.17	105.27	105.07	105.07	296.88	648.12
8	12:46:11	10/8/2002	12:46:11	89.38	103.51	105.07	105.48	104.96	297.45	637.50
9	12:46:12	10/8/2002	12:46:12	89.47	104.96	105.48	105.07	104.34	296.80	637.50
10	12:46:13	10/8/2002	12:46:13	89.30	105.07	104.96	105.38	105.48	296.88	645.47
11	12:46:14	10/8/2002	12:46:14	89.47	105.38	103.93	105.27	105.38	297.45	648.12
12	12:46:15	10/8/2002	12:46:15	89.47	105.38	103.93	105.27	105.38	297.45	648.12
13	12:46:16	10/8/2002	12:46:16	89.38	105.07	105.07	105.27	104.96	296.88	637.50
14	12:46:17	10/8/2002	12:46:17	88.77	105.27	105.27	104.86	104.96	296.60	637.50
15	12:46:18	10/8/2002	12:46:18	89.47	105.27	105.27	105.48	105.07	297.45	648.12
16	12:46:19	10/8/2002	12:46:19	89.38	105.38	105.07	104.96	105.38	296.88	645.47
17	12:46:20	10/8/2002	12:46:20	89.56	105.27	105.17	105.17	105.07	296.74	637.50
18	12:46:21	10/8/2002	12:46:21	89.38	105.07	104.96	103.51	105.07	297.16	637.50
19	12:46:22	10/8/2002	12:46:22	89.21	104.96	105.27	105.27	105.27	296.80	648.12
20	12:46:23	10/8/2002	12:46:23	89.30	105.48	104.86	105.27	103.51	297.16	646.80
21	12:46:24	10/8/2002	12:46:24	89.47	105.07	105.48	104.96	105.27	296.88	637.50
22	12:46:25	10/8/2002	12:46:25	89.38	104.96	105.17	105.27	105.17	296.80	336.34
23	12:46:26	10/8/2002	12:46:26	89.38	105.17	105.27	105.38	105.58	297.45	595.00
24	12:46:27	10/8/2002	12:46:27	89.21	104.96	105.07	105.48	104.34	295.46	648.12
25	12:46:28	10/8/2002	12:46:28	89.56	105.07	104.96	105.38	105.27	295.18	648.12
26	12:46:29	10/8/2002	12:46:29	89.47	104.86	105.17	105.27	105.27	297.67	637.50
27	12:46:30	10/8/2002	12:46:30	89.38	105.38	105.17	104.76	105.27	295.46	637.50
28	12:46:31	10/8/2002	12:46:31	89.47	105.27	105.27	105.27	105.07	296.80	637.50
29	12:46:32	10/8/2002	12:46:32	89.12	105.07	105.27	105.27	105.27	296.88	336.34
30	12:46:33	10/8/2002	12:46:33	89.47	105.27	105.07	105.17	104.96	297.45	595.00
31	12:46:34	10/8/2002	12:46:34	89.12	105.07	105.17	105.27	105.17	297.16	637.50
32	12:46:35	10/8/2002	12:46:35	89.56	105.07	105.07	104.58	105.17	297.16	336.67
33	12:46:36	10/8/2002	12:46:36	89.38	105.17	104.96	105.17	105.17	297.45	595.00
34	12:46:37	10/8/2002	12:46:37	89.30	105.27	105.07	103.51	105.27	295.75	648.12
35	12:46:38	10/8/2002	12:46:38	89.30	105.48	104.86	105.17	105.38	295.03	637.50

รูปที่ 5.5 ตารางในฐานข้อมูลชนิด Paradox

โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างหลัก (Main Program)

หน้าต่างหลักเป็นส่วนที่แสดงค่าต่างๆได้แก่ การตรวจตราการทำงานของตัวแปรที่รับเข้า จากอุปกรณ์ตรวจรู้ผ่านทางการ์ดแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล, ค่าที่คำนวณ เช่น ค่าประสิทธิภาพ, แสดงการเตือนเหตุการณ์ผิดปกติ นอกจากนี้ยังเป็นควบคุมการทำงานของหน้าต่างอื่นๆ โดยเรียกหน้าต่างอื่นผ่านหน้าต่างหลัก หน้าต่างหลักเป็นส่วนที่แสดงภาพกราฟฟิคที่สวยงามและน่าใช้

การตรวจตราการทำงานของตัวแปรที่รับเข้าจากอุปกรณ์ตรวจรู้ผ่านทางการ์ดแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลจะแสดงค่าวัดที่ส่งมาทั้งหมด 7 ช่องสัญญาณ การแสดงค่าอินพุตจะมีทั้งแบบแอนะล็อกและดิจิตอล ค่าที่แสดงทั้งหมดเป็นแบบเวลาจริง และยังแสดงช่องอินพุตในรูปแบบ LED

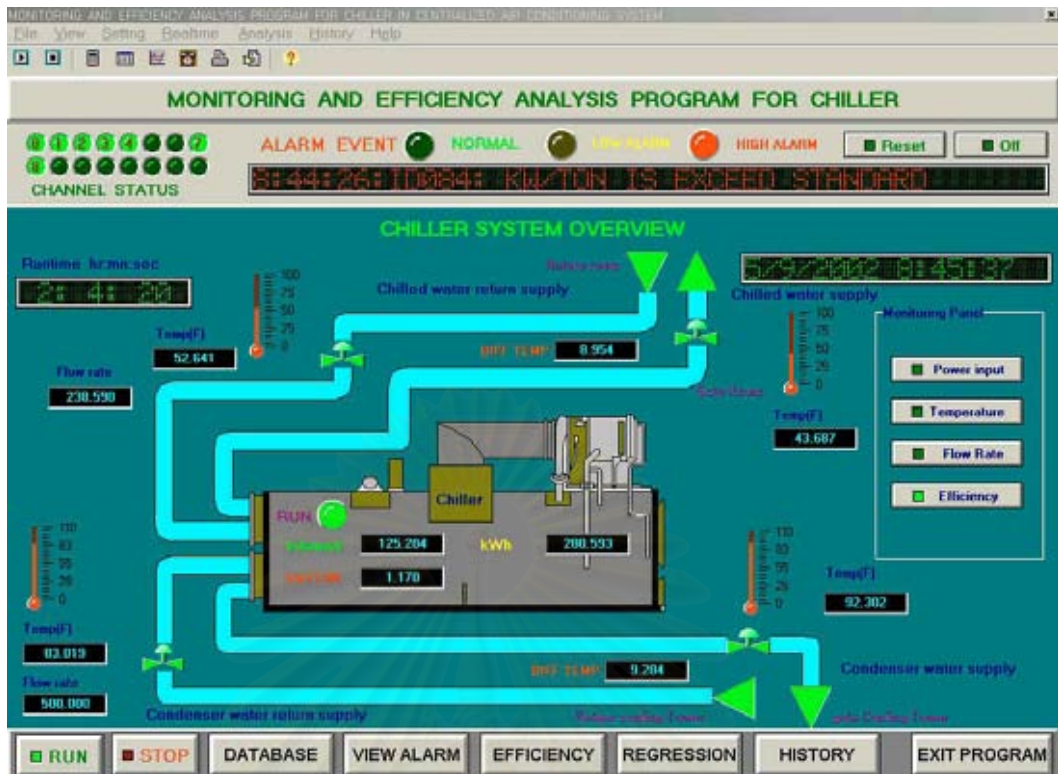
การตรวจตราค่าที่คำนวณจะแสดงค่าที่สำคัญ ได้แก่ ค่าประสิทธิภาพโดยแสดงอัตราส่วนกิโลวัตต์ต่อตันความเย็น, ค่ากิโลวัตต์ชั่วโมง (Kilowatthour), ค่ากิโลวัตต์สูงสุด (Peak demand), เวลาในการทำงานของซอฟต์แวร์ (Runtime) ค่าที่แสดงทั้งหมดเป็นแบบเวลาจริง

การตรวจตราเหตุการณ์ผิดปกติ จะแสดงในรูปแบบสัญญาณไฟเตือนและสัญญาณเสียงเมื่อเกิดเหตุการณ์ และแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับหมายเลขของเหตุการณ์รวมทั้งอินพุตที่ผิดปกติ

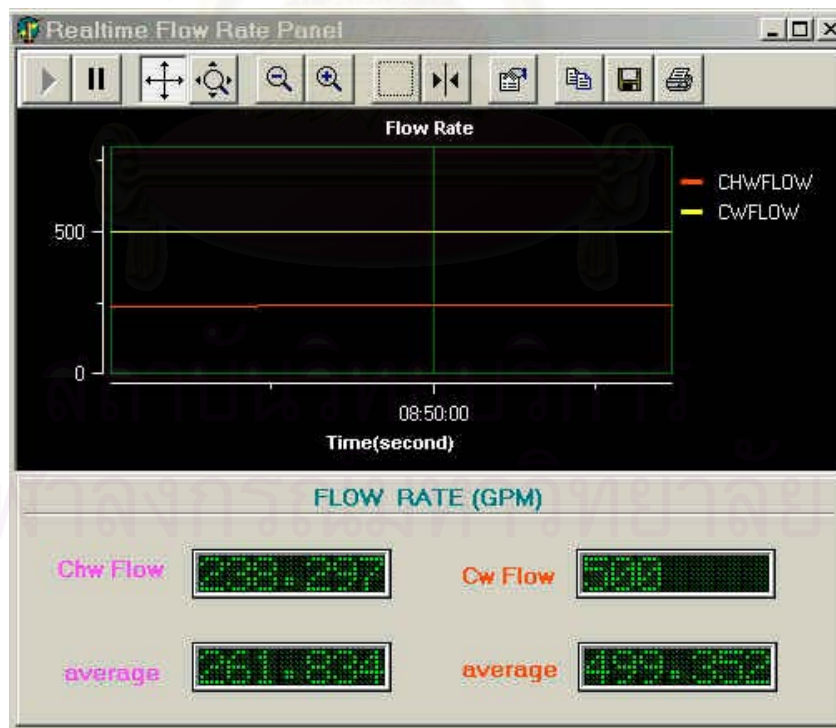
นอกจากนี้ยังมีหน้าต่างย่อยแสดงการตรวจตราการทำงานขณะเวลาจริง ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อการตรวจตราการทำงานเฉพาะกลุ่มการทำงานเพื่อการวิเคราะห์ที่ละเอียดขึ้นซึ่งจะแสดงค่าตัวแปร,ค่าเฉลี่ยตัวแปรและกราฟ เนื่องจากเป็นหน้าต่างย่อยจึงสามารถถูกเรียกจากหน้าต่างหลักหน้าต่างย่อยต่างๆ มีดังนี้ แยกออกเป็นกลุ่มเพื่อต้องการดูรายละเอียดเฉพาะกลุ่ม โดยแยกออกเป็น 4 กลุ่มดังนี้

1. กลุ่มอุณหภูมิ แสดงอุณหภูมิทั้ง 4 จุดวัด แสดงทั้งดิจิตอล, แอนะล็อกและกราฟ
2. กลุ่มอัตราการไหล แสดงอัตราการไหลทั้ง 2 จุด แสดงทั้งดิจิตอล, แอนะล็อกและกราฟ
3. กลุ่มกำลังไฟฟ้า แสดงกำลังไฟฟ้า และกิโลวัตต์ชั่วโมง แสดงทั้งดิจิตอล, แอนะล็อกและกราฟ
4. กลุ่มประสิทธิภาพ แสดงประสิทธิภาพทั้ง 3 อัตราส่วน แสดงทั้งดิจิตอล, แอนะล็อกและกราฟ

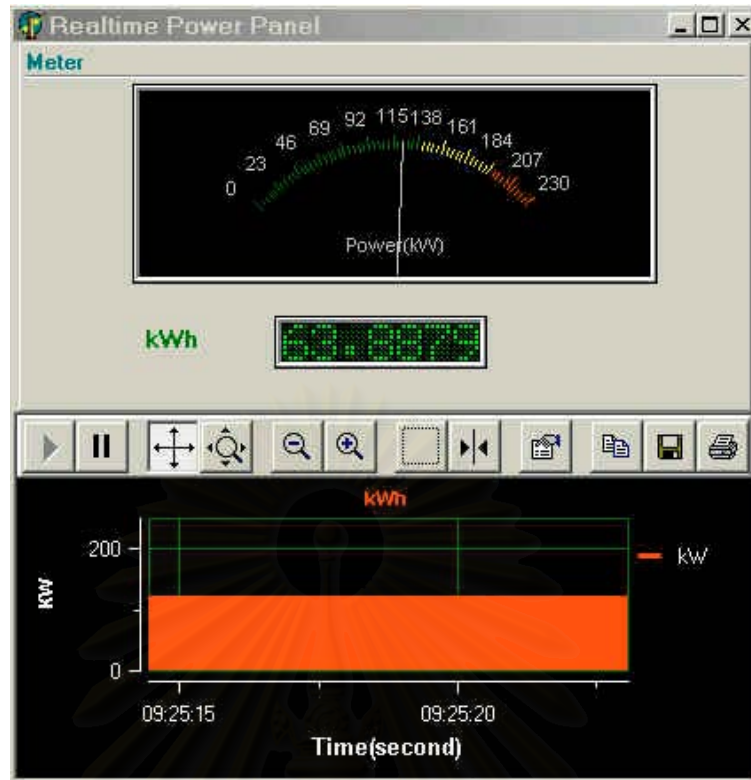
ภาพแสดงโครงสร้างและรายละเอียดหน้าต่างหลักในรูป 5.6 และโครงสร้างซอฟต์แวร์ดังรูปที่ 5.7, 5.8, 5.9, 5.10, 5.11, 5.12, 5.13 และ 5.14



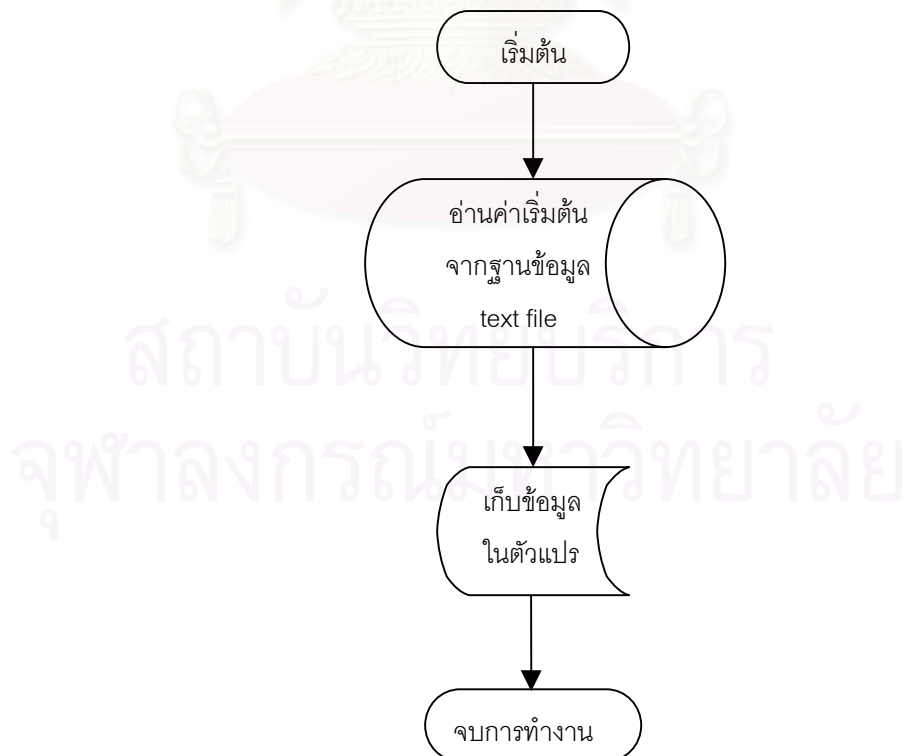
รูปที่ 5.6 โครงสร้างหน้าต่างหลัก



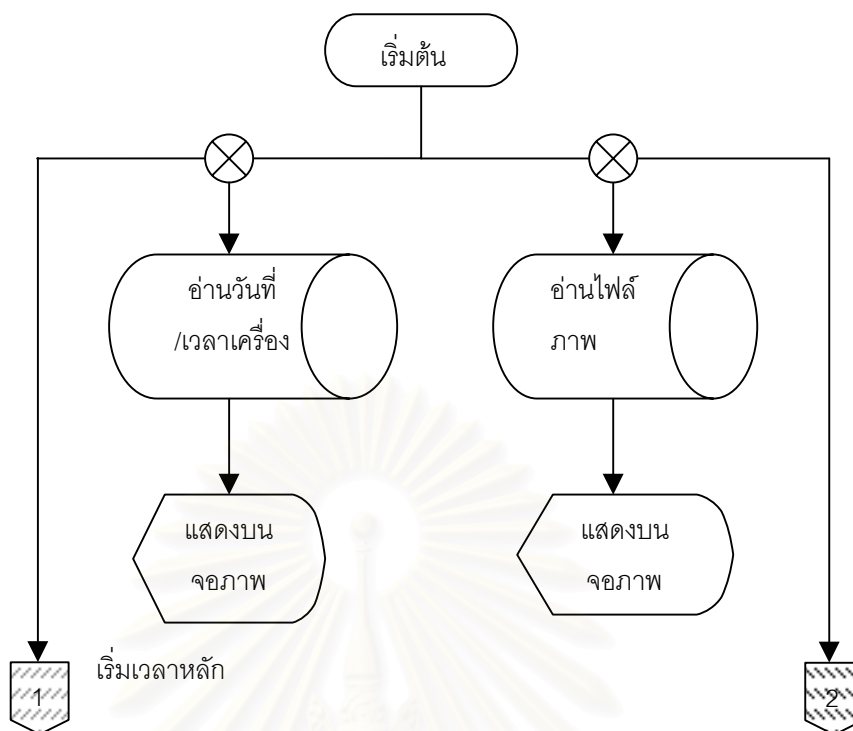
รูปที่ 5.7 โครงสร้างหน้าต่างย่อยแสดงการทำงานเวลาจริงของกลุ่มตัวแปรอัตราการไหล



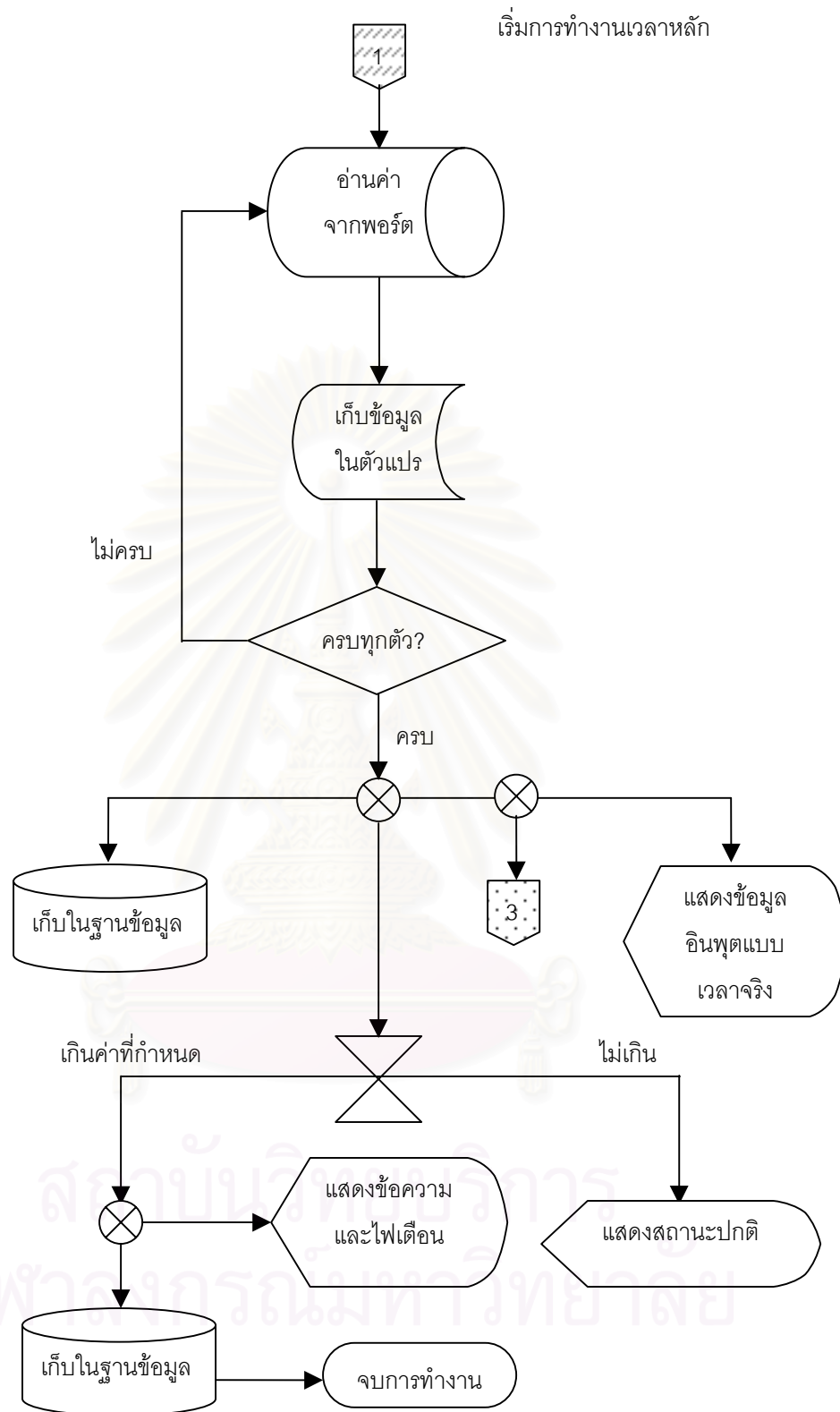
รูปที่ 5.8 โครงสร้างหน้าต่างย่อยแสดงการทำงานเวลาจริงของกลุ่มตัวแปรพลังงานไฟฟ้า



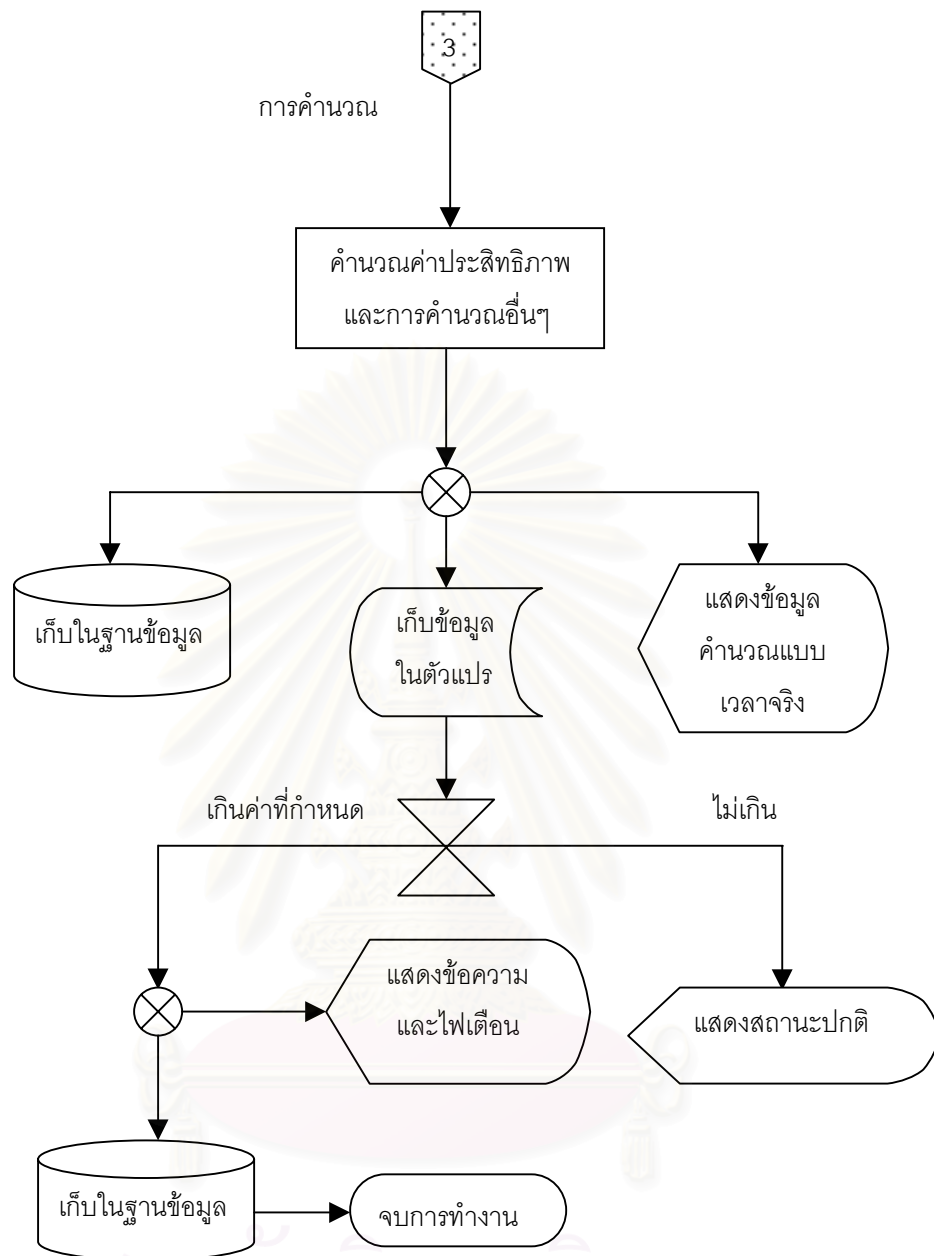
รูปที่ 5.9 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างหลักเมื่อเรียกโปรแกรม



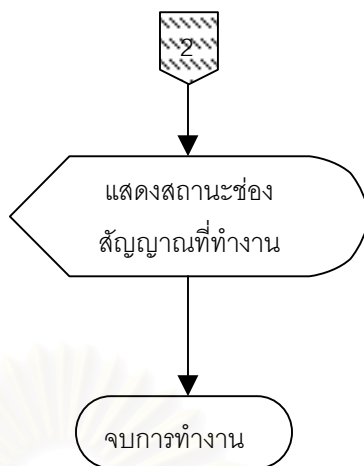
รูปที่ 5.10 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างหลักเมื่อกดเริ่มการทำงาน



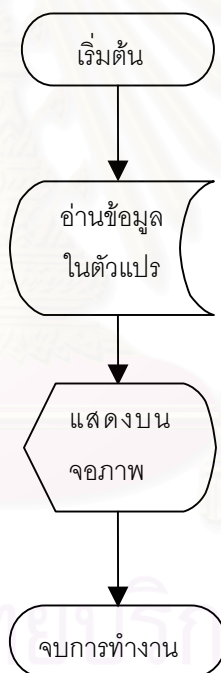
รูปที่ 5.11 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าตาต่างหลักเมื่อกดเริ่มการทำงาน



รูปที่ 5.12 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าตาต่างหลักเมื่อกดเริ่มการทำงาน



รูปที่ 5.13 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างหลักเมื่อกดเริ่มการทำงาน



รูปที่ 5.14 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างย่อยเมื่อกดเลือกตัวแปรเมื่อเริ่มการทำงาน

โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าตาต่างตั้งค่าเริ่มต้น (Setting)

ก่อนการทำงานของซอฟต์แวร์ต้องมีการตั้งค่าเริ่มต้นให้กับซอฟต์แวร์โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเป็นการติดตั้งซอฟต์แวร์เข้ากับระบบเป็นครั้งแรก การตั้งค่าเริ่มต้นจะเป็นการบอกซอฟต์แวร์ให้รู้ข้อมูลของระบบที่ทำการวัด ได้แก่ คุณลักษณะของเครื่องทำน้ำเย็น เช่น ประเภทคอมเพรสเซอร์, การระบายความร้อน และพิกัดต่างๆ นอกจากนี้ยังให้ข้อมูลเกี่ยวกับช่วงวัดของอุปกรณ์ตรวจรู้ เช่น Pt100 ที่เลือกใช้มีย่านวัด 0°C ถึง 100°C

การทำงานในส่วนนี้ออกแบบเป็นหน้าตาต่างย่อยสำหรับตั้งค่าเริ่มต้น โดยมีแท็บย่อยหกแท็บ แสดงในรูปที่ 5.9 ดังนี้

1. ตั้งค่าคุณลักษณะเครื่องทำน้ำเย็น (Set Specification)
2. ตั้งค่าช่องสัญญาณกับอินพุต (Set Channel)
3. ตั้งค่าพอร์ตอินพุตเอาต์พุต (Set Port)
4. ตั้งค่ามาตรฐานประสิทธิภาพ (Set Standard)
5. ตั้งช่วงสัญญาณอุปกรณ์ตรวจรู้ (Range of Sensor)
6. ตั้งค่าสัญญาณเตือน (Set High-Low Alarm)

รายละเอียดการออกแบบในแต่ละส่วนแสดงดังนี้

1. แท็บตั้งค่าคุณลักษณะเครื่องทำน้ำเย็น

ทำหน้าที่รับข้อมูลของเครื่องทำน้ำเย็น ได้แก่ การระบายความร้อน, ประเภทคอมเพรสเซอร์, ประเภทอาคาร(เก่า,ใหม่), กระแสพิกัด, แรงดันพิกัด, พิกัดความสามารถ การทำความเย็นหรือตันความเย็น, พิกัดกำลังงานเป็นกิโลวัตต์ และเมื่อทำการเซฟจะนำค่าเหล่านี้ไปใช้ภายในซอฟต์แวร์ ได้แก่ การกำหนดค่ามาตรฐานประสิทธิภาพที่วัดจากอัตราส่วนกิโลวัตต์ ต่อตันความเย็นที่ออกโดยกฎกระทรวง, ค่าพิกัดที่เป็นลิมิตของสัญญาณเตือน โดยแสดงรูปแท็บตั้งค่าคุณลักษณะเครื่องทำน้ำเย็นดังรูปที่ 5.15 และโครงสร้างการทำงานของซอฟต์แวร์ดังรูป 5.16, 5.17, 5.18, 5.19, 5.20, 5.21, 5.22, 5.23, 5.24, 5.25 และ 5.26 ตามลำดับ

Setting

Set specification | Set Channel | Set Port | Edit kW/Ton Standard | Set Input Range | Set Alarm

Set Profile

Choose heat transfer medium

air

water

Choose compressor type

reciprocating

centrifugal

screw

Age of building

old (before 1995)

new

Insert rate of chiller

Current Rate

308 Ampere

Voltage Rate

380 Volt

Capacity Rate

200 Tons

kilowatt Rate

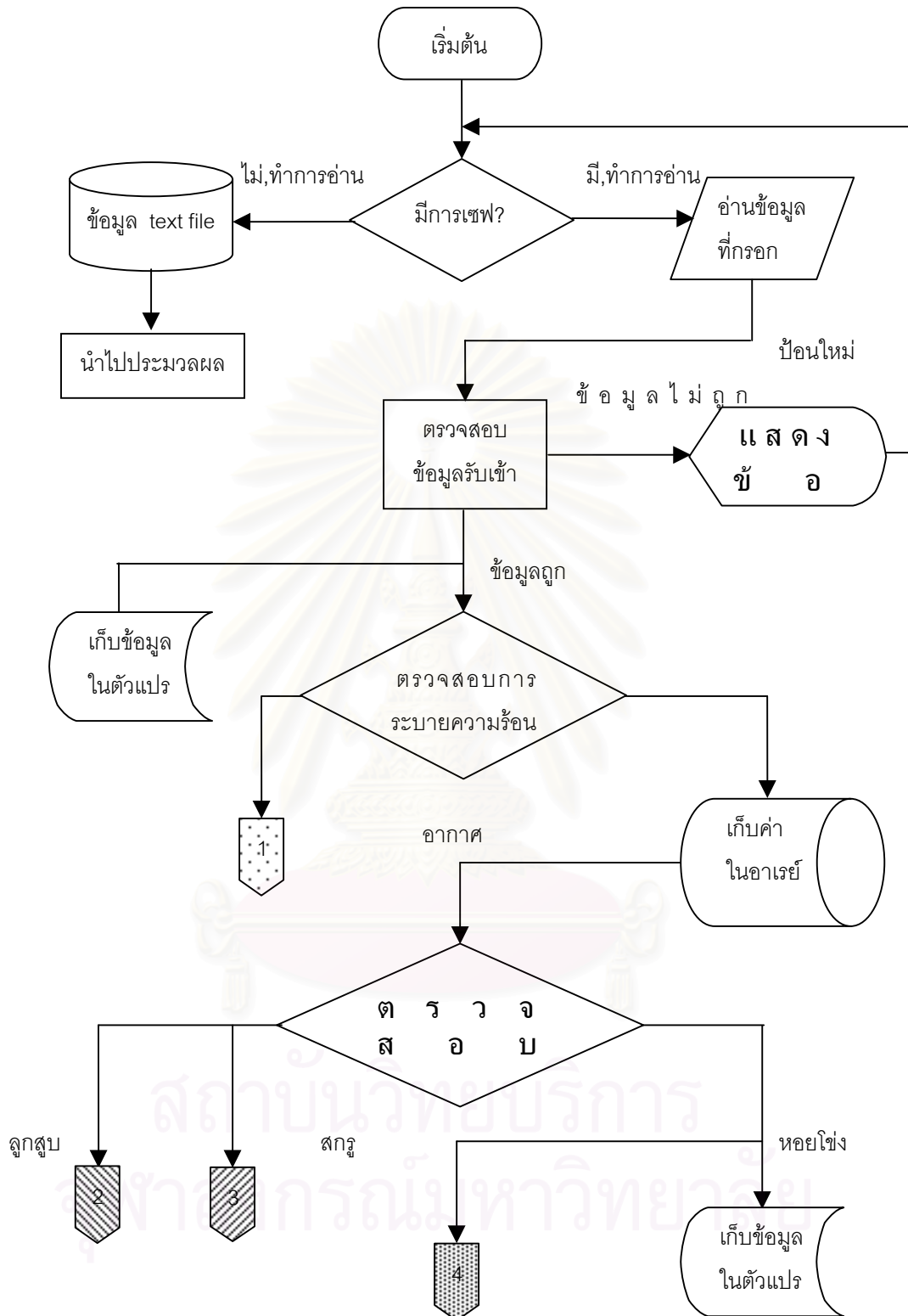
230 kW

Save Next->> Cancel

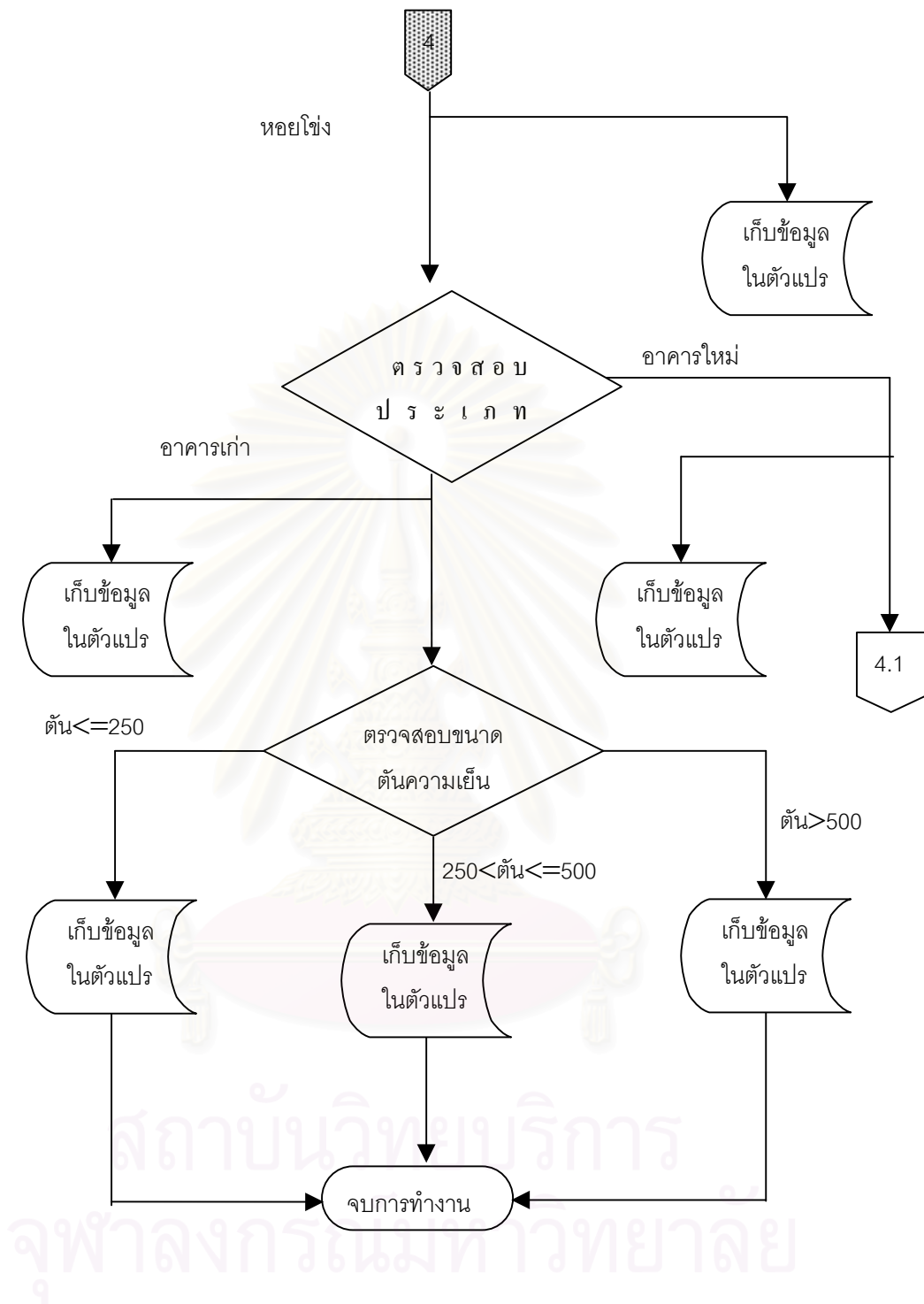
Save All Close Setting

รูปที่ 5.15 หน้าจอสำหรับตั้งค่าคุณลักษณะเครื่องทำน้ำเย็น

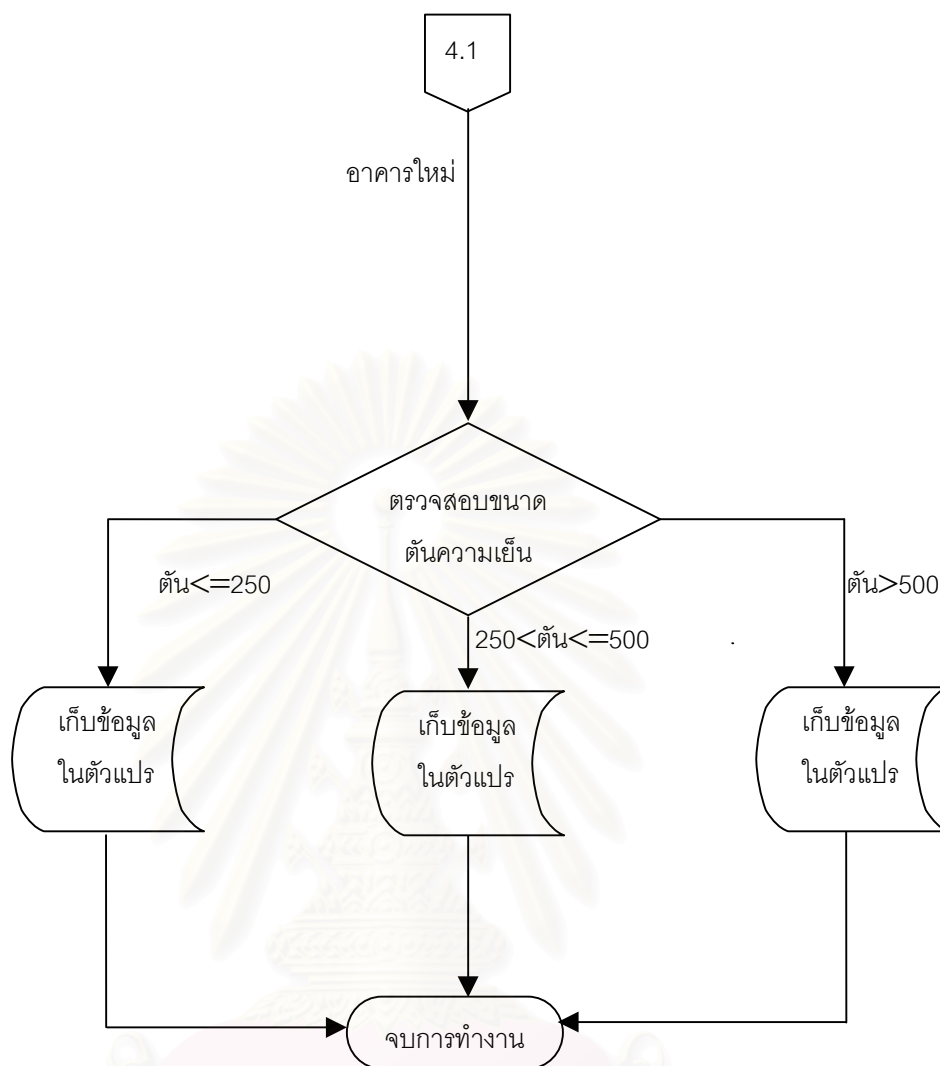
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



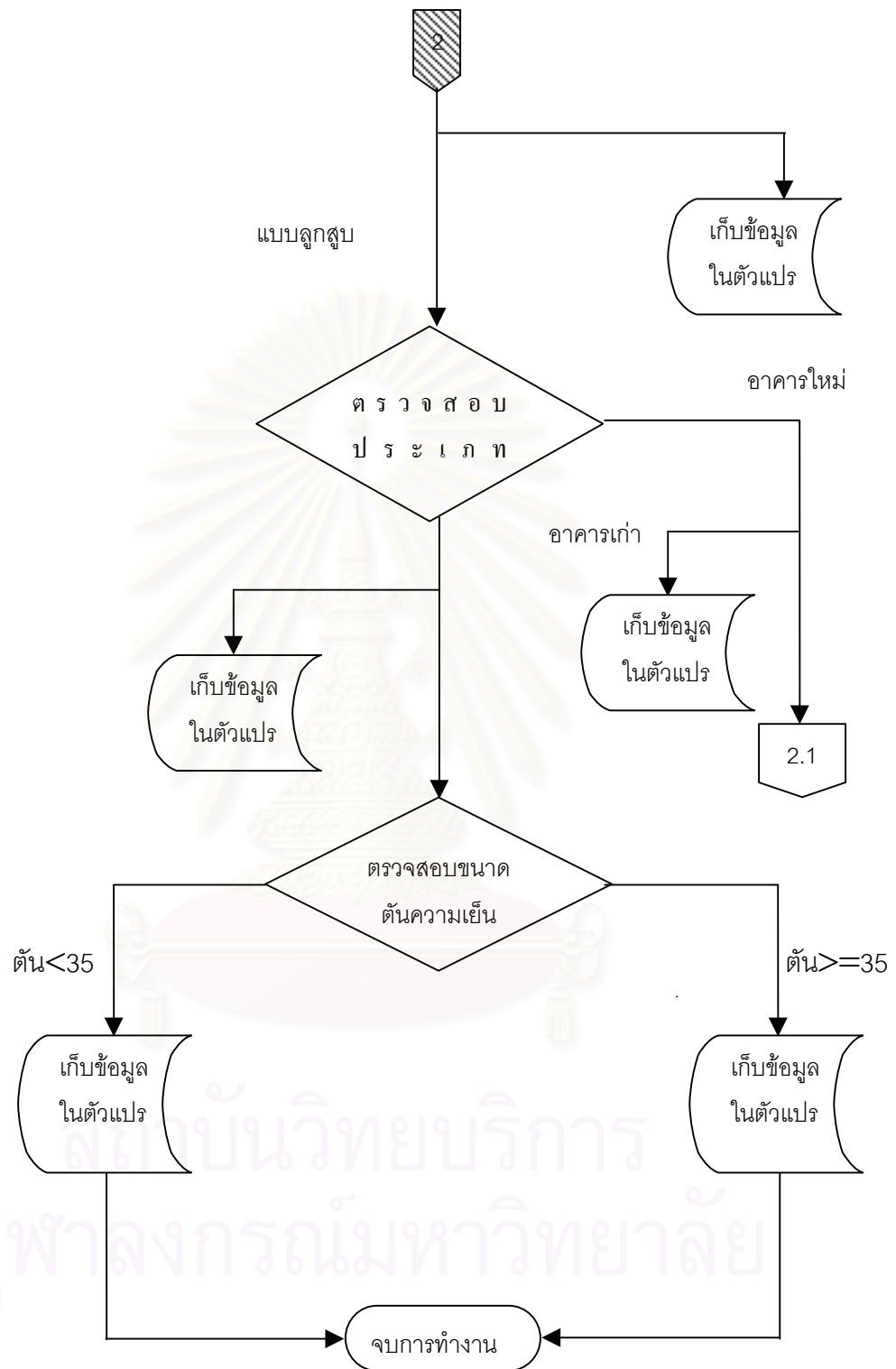
รูปที่ 5.16 โครงสร้างซอฟต์แวร์เก็บตั้งค่าคุณลักษณะเมื่อเกิดเซฟ



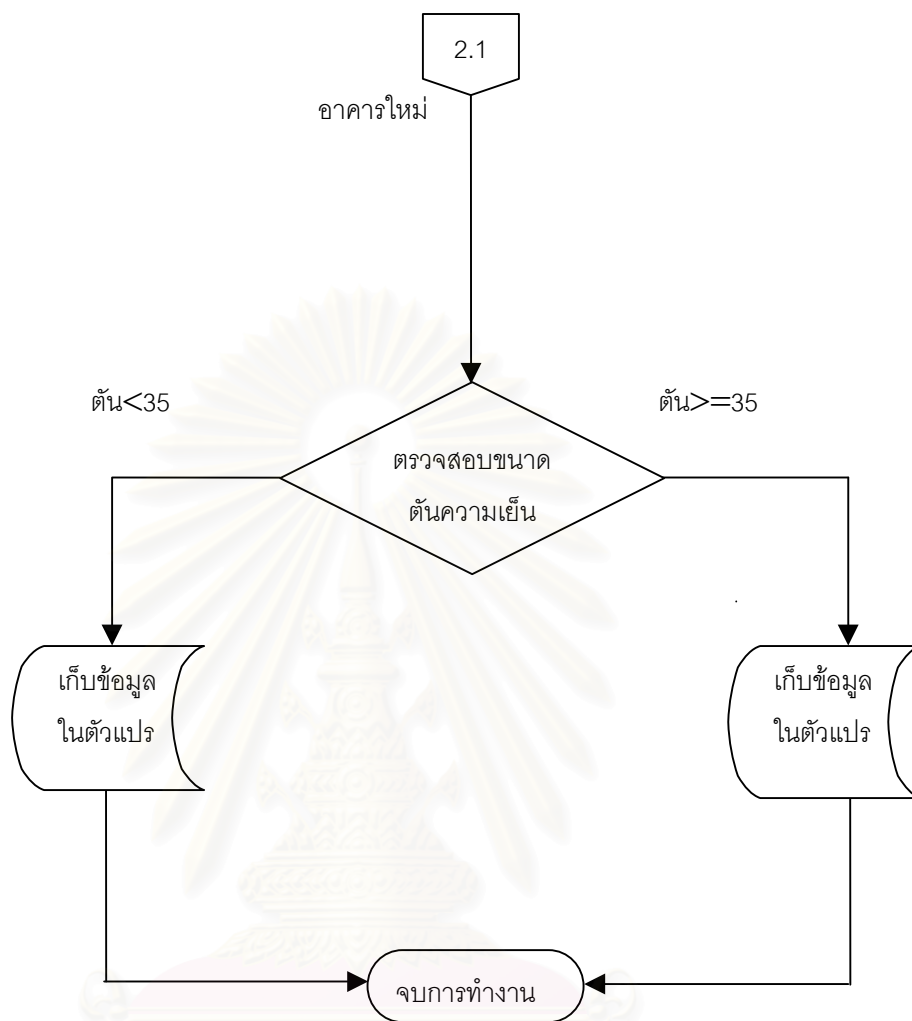
รูปที่ 5.17 โครงสร้างซอฟต์แวร์เก็บตั้งค่าคุณลักษณะเมื่อกดเซฟ



รูปที่ 5.18 โครงสร้างซอฟต์แวร์ที่บ่งตั้งค่าคุณลักษณะเมื่อกดเซฟ

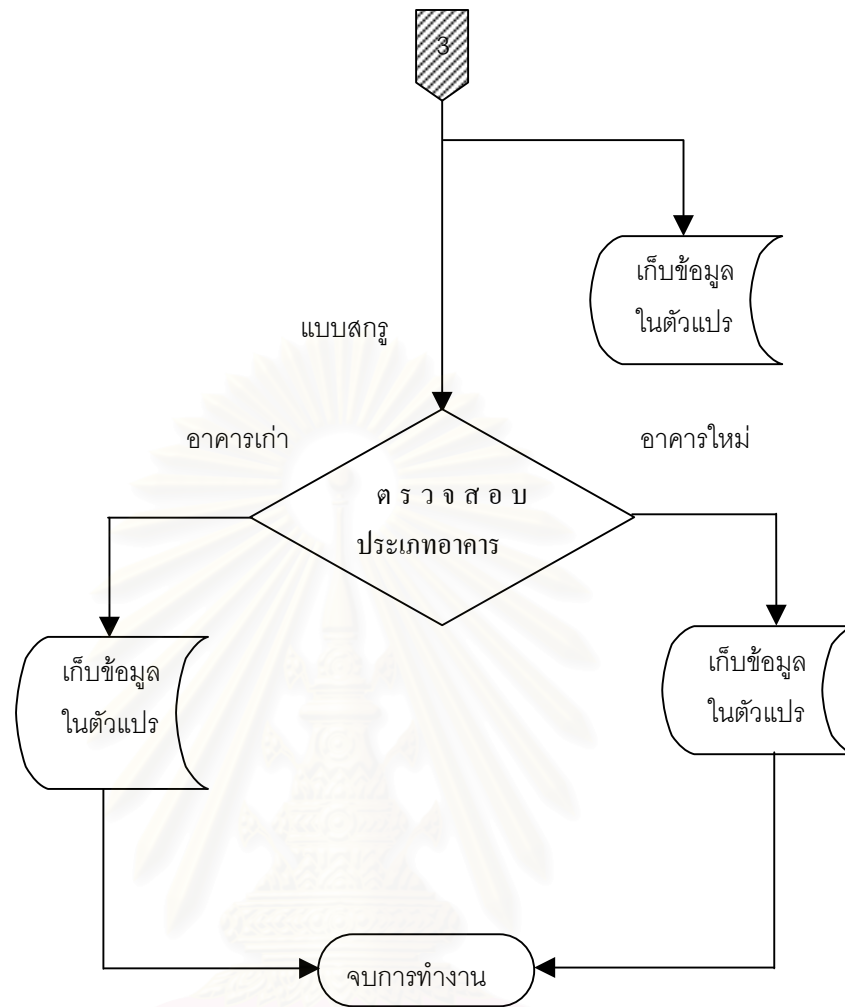


รูปที่ 5.19 โครงสร้างซอฟต์แวร์เก็บตั้งค่าคุณลักษณะเมื่อกดเซฟ

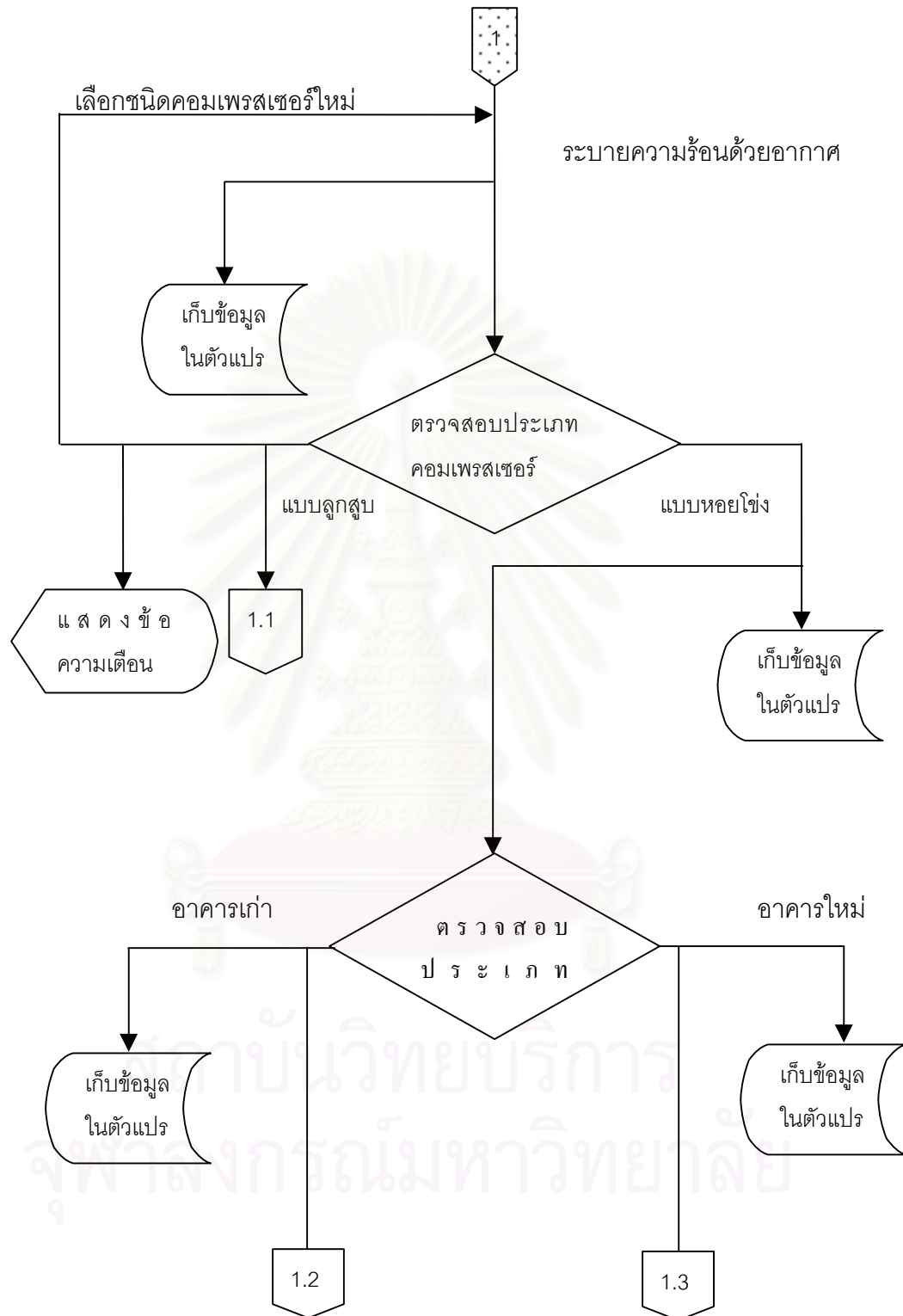


รูปที่ 5.20 โครงสร้างซอฟต์แวร์เก็บตั้งค่าคุณลักษณะเมื่อกดเซฟ

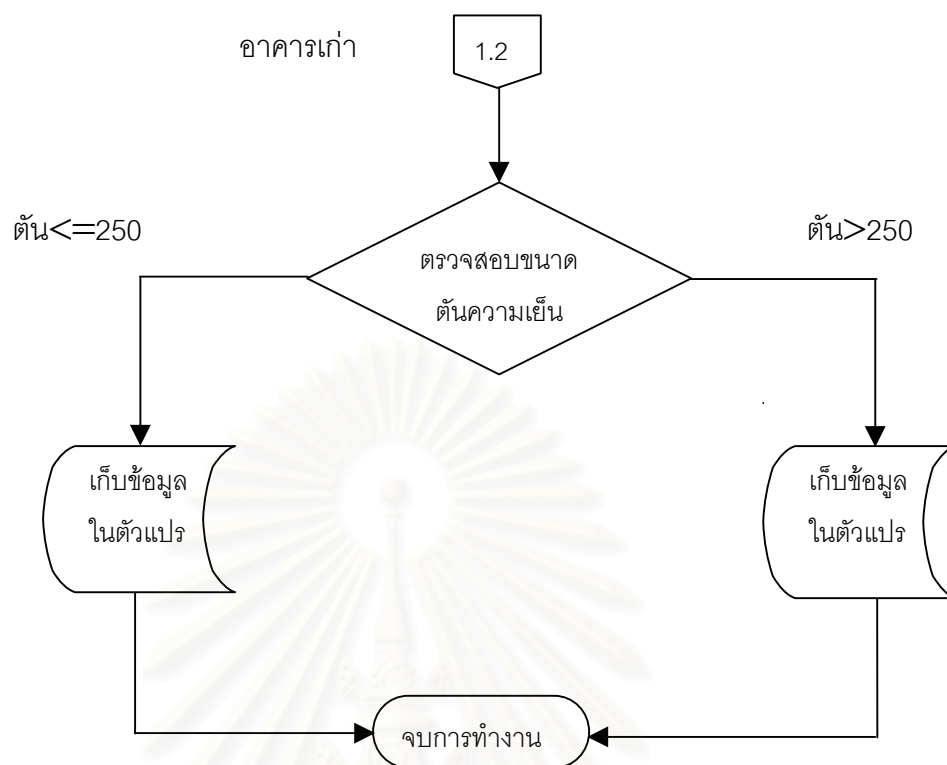
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



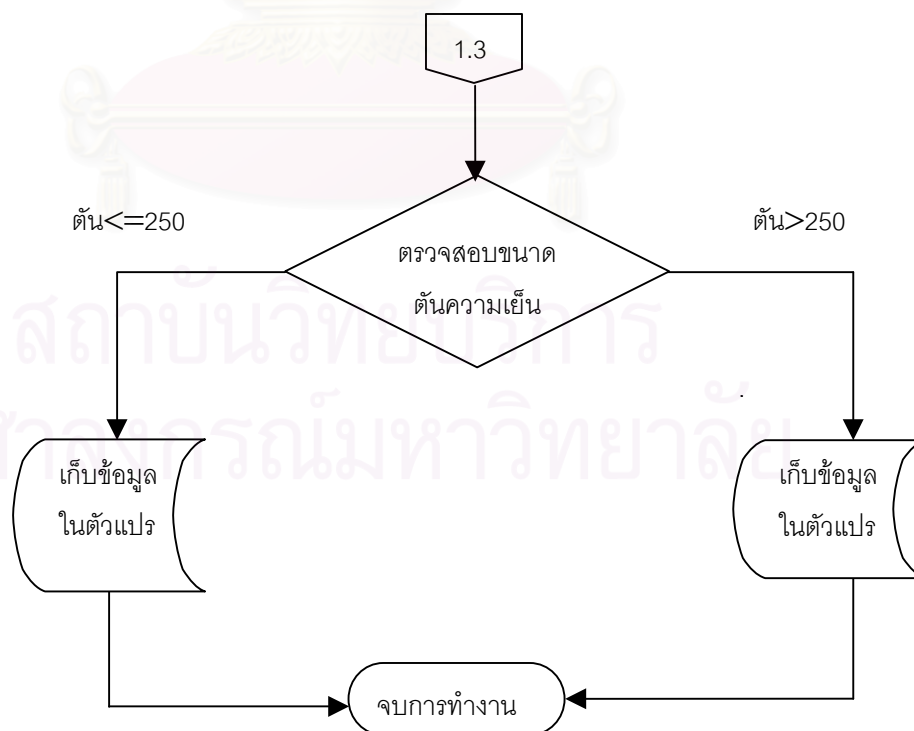
รูปที่ 5.21 โครงสร้างซอฟต์แวร์เก็บตั้งค่าคุณลักษณะเมื่อกดเซฟ



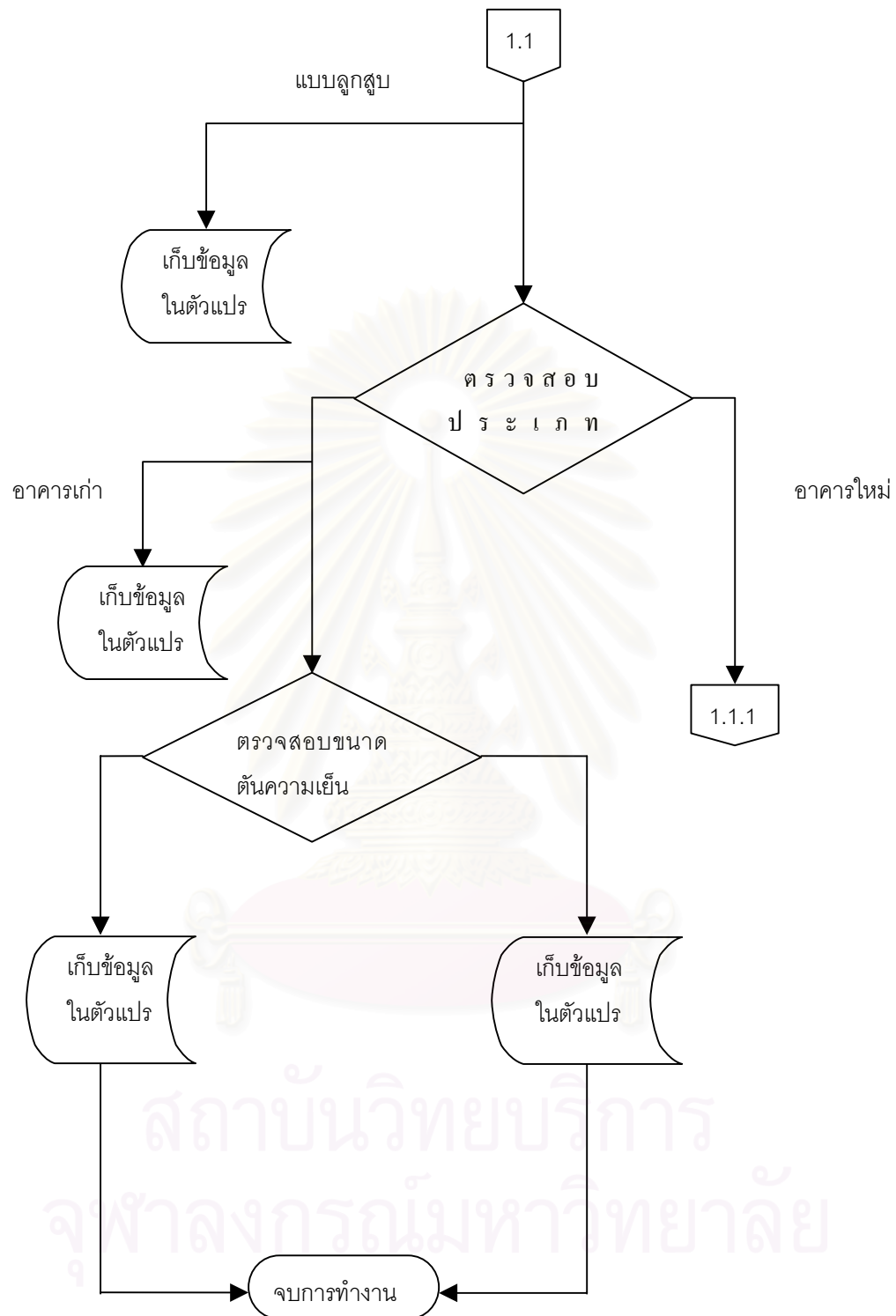
รูปที่ 5.22 โครงสร้างซอฟต์แวร์ที่บ่งชี้ค่าคุณลักษณะเมื่อเกิดเซฟ



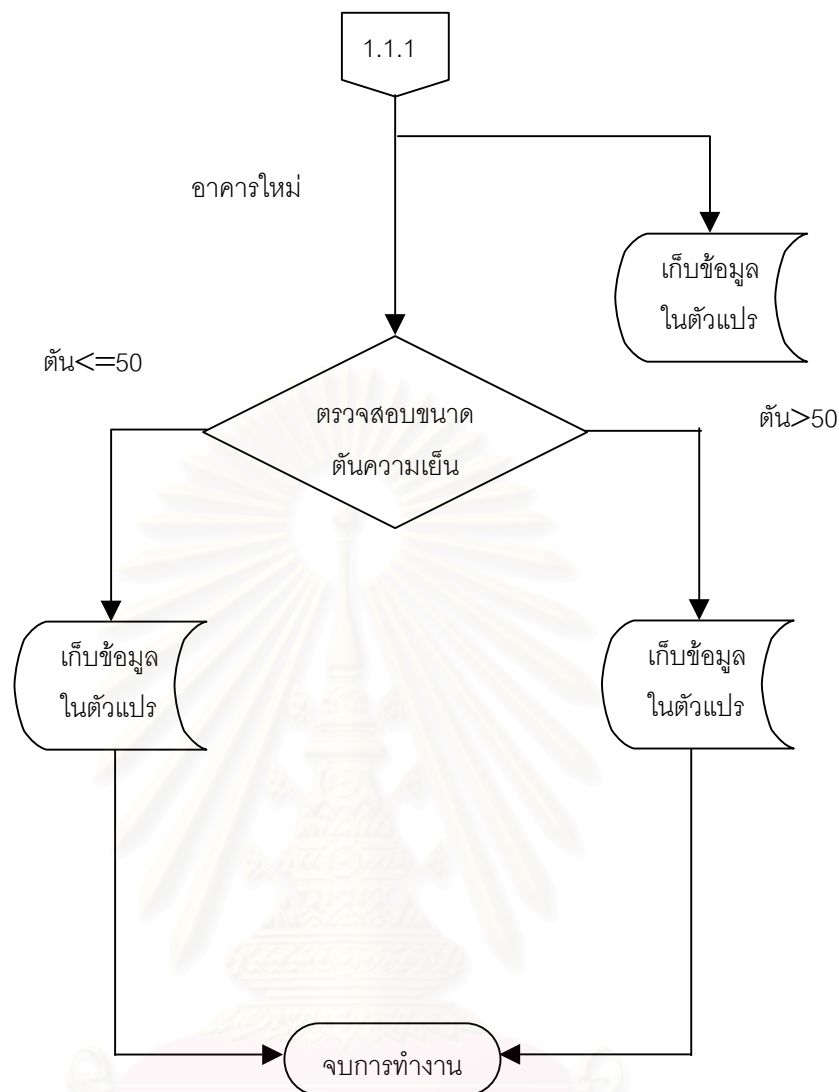
รูปที่ 5.23 โครงสร้างซอฟต์แวร์เก็บตั้งค่าคุณลักษณะเมื่อกตเซฟ



รูปที่ 5.24 โครงสร้างซอฟต์แวร์เก็บตั้งค่าคุณลักษณะเมื่อกตเซฟ



รูปที่ 5.25 โครงสร้างซอฟต์แวร์เก็บตั้งค่าคุณลักษณะเมื่อกดเซฟ



รูปที่ 5.26 โครงสร้างซอฟต์แวร์เก็บตั้งค่าคุณลักษณะเมื่อกดเซฟ

2. เก็บตั้งค่าคู่ของสัญญาณกับอินพุต

ทำหน้าที่จับคู่ระหว่างช่องสัญญาณกับอินพุตที่ต่อเชื่อมเข้ากัน โดยออกแบบให้ทำการเลือกช่องสัญญาณและเลือกประเภทอินพุตที่ต่อเชื่อมกัน เมื่อทำการกดเซฟ ซอฟต์แวร์จะทราบว่ากำลังอ่านค่าอินพุตใดที่ช่องสัญญาณใด โดยแสดงรูปเก็บตั้งค่าช่องสัญญาณกับอินพุตดังรูปที่ 5.27 และโครงสร้างการทำงานซอฟต์แวร์ดังรูปที่ 5.28, 5.29 และ 5.30

Setting

Set specification | Set Channel | Set Port | Edit Kw/Ton Standard | Set Input Range | Set Alarm

Select channel for input

The first choose channel no., the second choose its input, and the last click Add.
If select is wrong that you can correct it by insert wrong channel and click Remove

Select channel

Channel 0 Channel 4 Channel 8 Channel 12
 Channel 1 Channel 5 Channel 9 Channel 13
 Channel 2 Channel 6 Channel 10 Channel 14
 Channel 3 Channel 7 Channel 11 Channel 15

Select input for channel

Power input
 Chw. supplied Temp.
 Chw. supplied returned Temp.
 Cw. supplied Temp.
 Cw. supplied returned Temp.
 Chw supplied flow rate
 Cw supplied flow rate

List

Add-> Clear

Channel number 0: Power input
 Channel number 1: Chilled water supplied
 Channel number 2: Chilled water supplied
 Channel number 3: Condenser water supplied
 Channel number 4: Condenser water supplied
 Channel number 5: Chilled water supplied
 Channel number 8: Condenser water supplied

insert channel and remove click

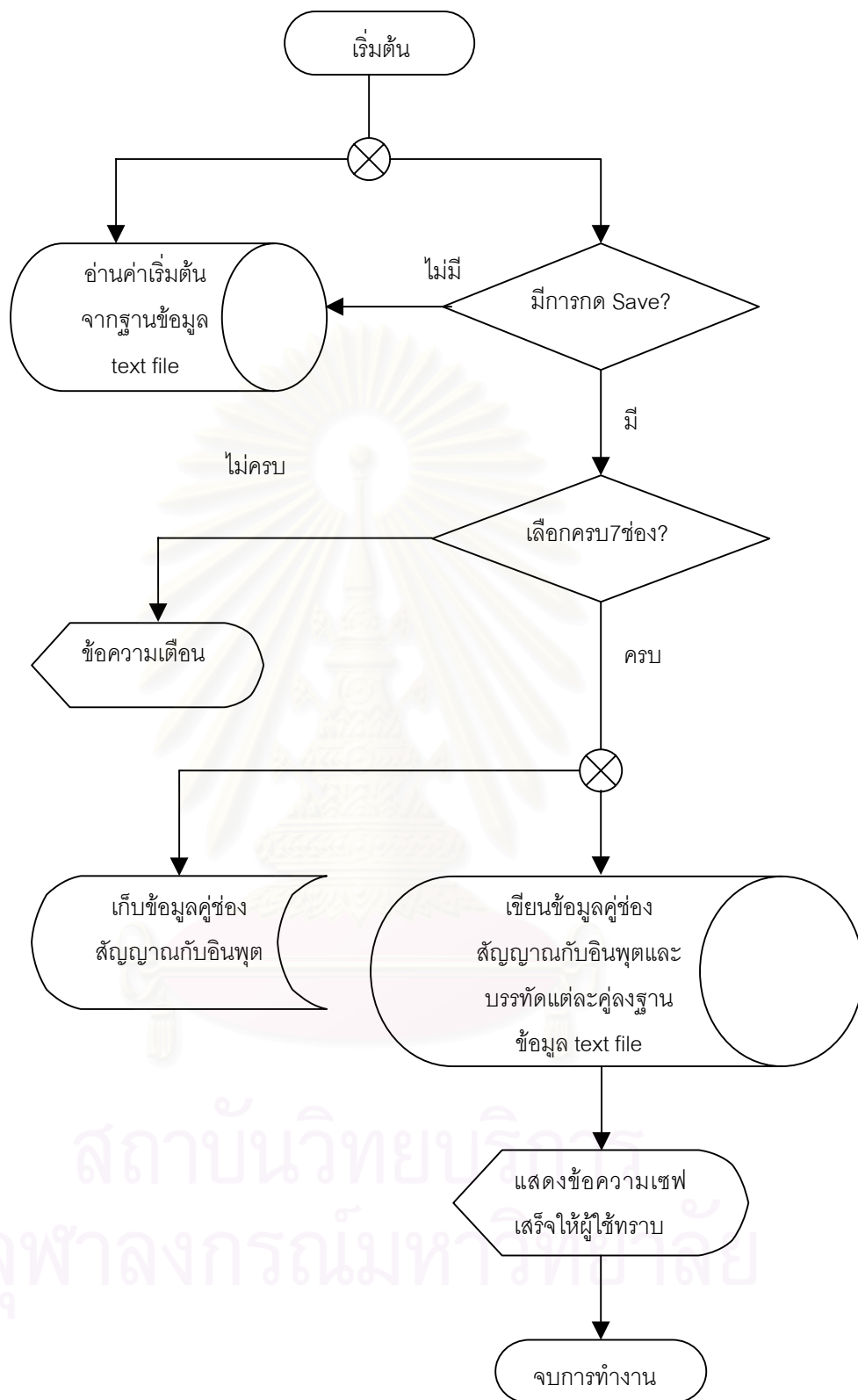
<-Remove Channel no. 00

Save Next->> Cancel

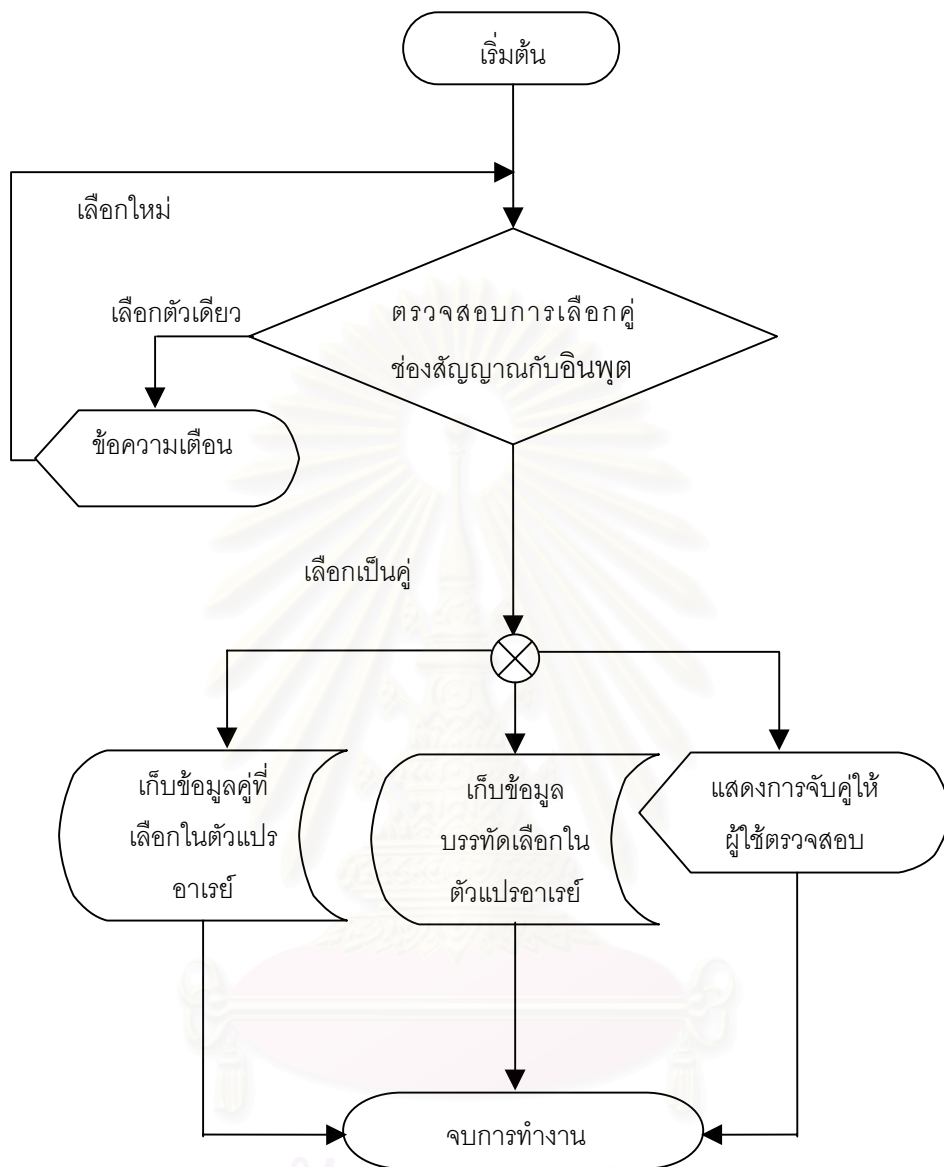
Save All Close Setting

สถาบันวิทยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

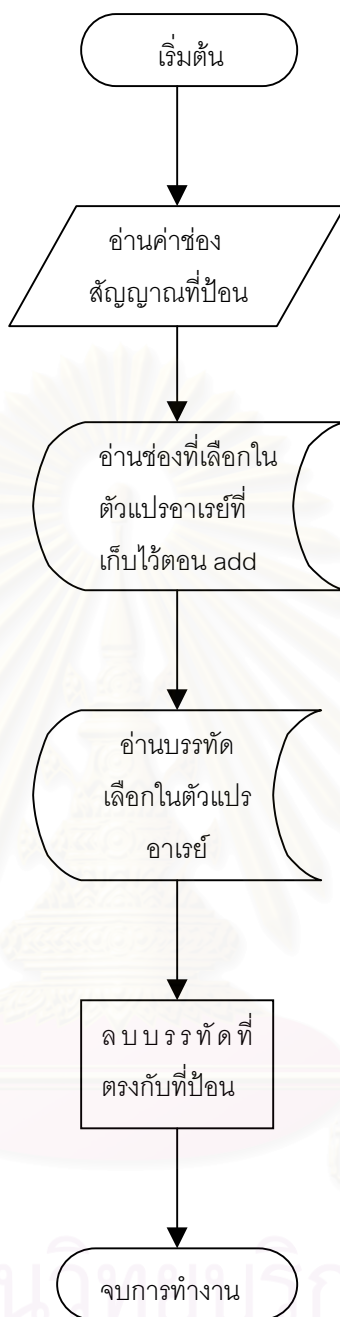
รูปที่ 5.27 หน้าจอสำหรับตั้งค่าช่องสัญญาณกับอินพุต



รูปที่ 5.28 โครงสร้างซอฟต์แวร์เก็บตั้งค่าคู่ของสัญญาฉบับอื่นพูดเมื่อกดเซฟ



รูปที่ 5.29 โครงสร้างซอฟต์แวร์เก็บตั้งค่าคู่ของสัญญาฉบับอินพุตเมื่อกด Add

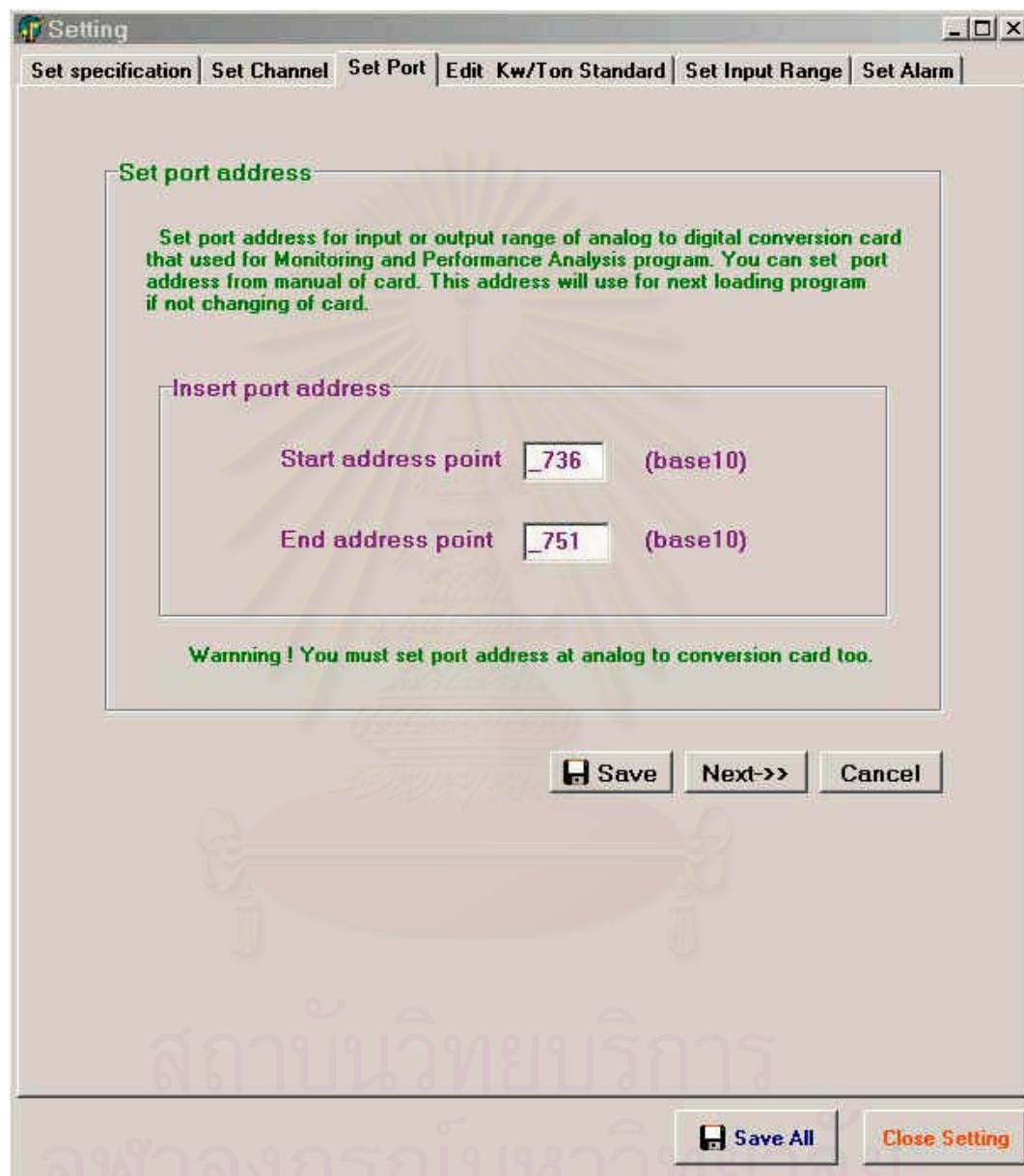


รูปที่ 5.30 โครงสร้างซอฟต์แวร์แท็บตั้งค่าคู่ของสัญญาณกับอินพุตเมื่อกด Remove

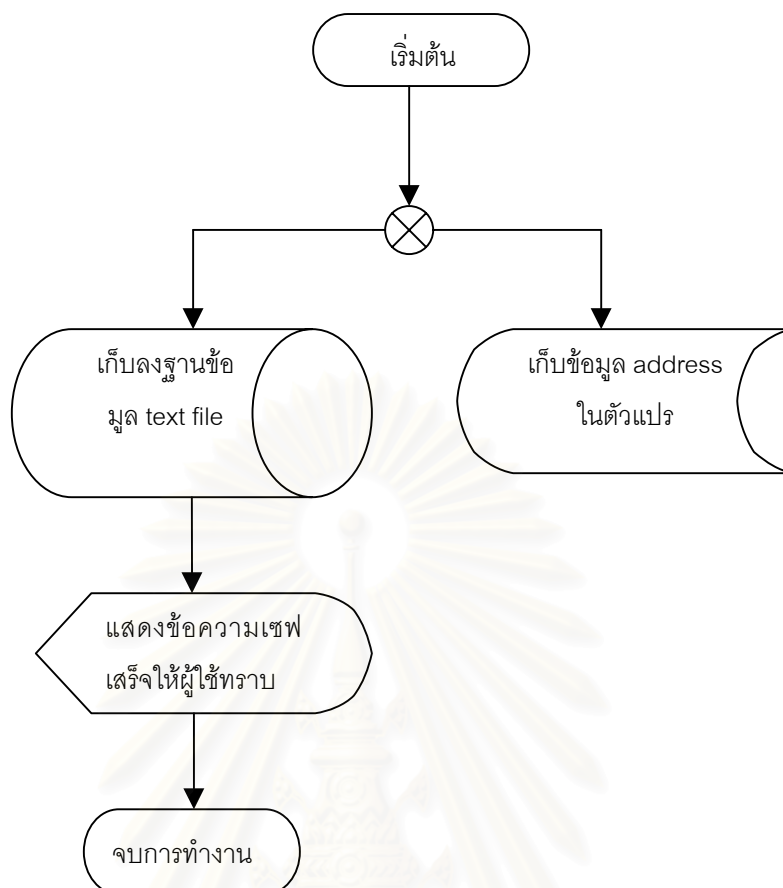
3. แท็บตั้งค่าพอร์ตอินพุตเอาต์พุต

ทำหน้าที่กำหนดพอร์ตอินพุตเอาต์พุตเพื่อให้ซอฟต์แวร์ทราบตำแหน่งในการติดต่ออ่านเขียนค่ากับการ์ดแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลที่สล็อต ISA ของเครื่องคอมพิวเตอร์

โดยค่าที่ป้อนค่าจะเป็นเลขฐานสิบของตำแหน่งพอร์ตทั้งตำแหน่งเริ่มต้นและตำแหน่งสุดท้าย โดยแสดงรูปแบบตั้งค่าพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดังรูปที่ 5.31 และโครงสร้างการทำงานซอฟต์แวร์ดังรูปที่ 5.32



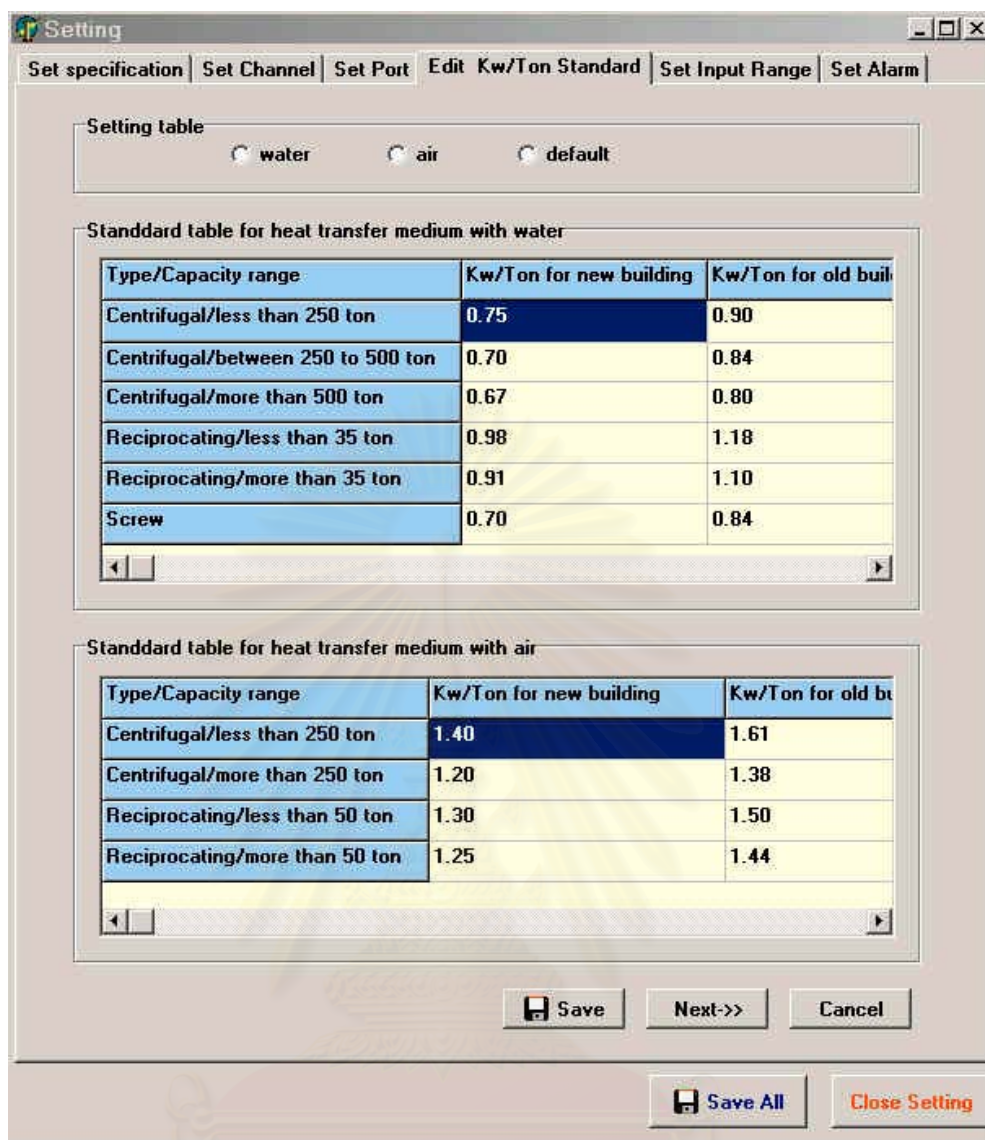
รูปที่ 5.31 หน้าจอสำหรับตั้งค่าพอร์ตอินพุตเอาต์พุต



รูปที่ 5.32 โครงสร้างซอฟต์แวร์เก็บตั้งค่าค่าพอร์ตอินพุตเอาต์พุตเมื่อกดเซฟ

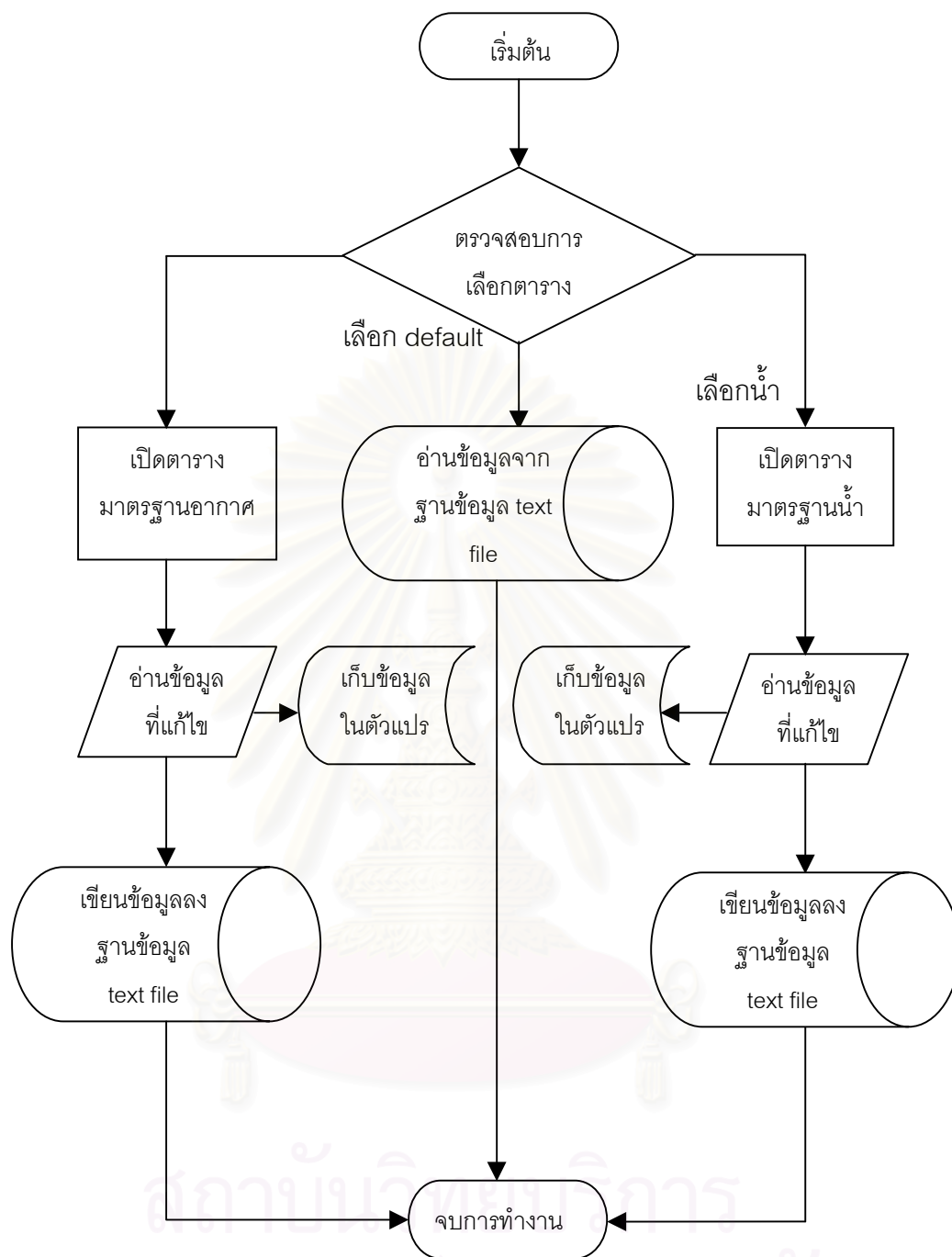
4. เก็บตั้งค่ามาตรฐานประสิทธิภาพ

ทำหน้าที่รับค่ามาตรฐานที่อาจถูกเปลี่ยนแปลงในอนาคตที่ออกโดยกระทรวง เนื่องจากค่านี้จะมีผลต่อการส่งสัญญาณเตือนของซอฟต์แวร์เมื่อค่าประสิทธิภาพที่คำนวณได้ต่ำกว่าค่ามาตรฐานนี้ โดยทำการแสดงค่ามาตรฐานอยู่ในรูปแบบตารางเหมือนกับตารางที่ออกโดยกระทรวงทุกประการ เมื่อต้องการแก้ไขสามารถเลือกแก้ไขได้จากตารางใดตารางหนึ่ง โดยค่าดีฟอลต์จะกำหนดตามค่ามาตรฐานปัจจุบัน[2] โดยแสดงรูปเก็บตั้งค่ามาตรฐานประสิทธิภาพดังรูปที่ 5.33 และโครงสร้างการทำงานซอฟต์แวร์ดังรูปที่ 5.34



รูปที่ 5.33 หน้าจอสำหรับตั้งค่ามาตรฐานประสิทธิภาพ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.34 โครงสร้างซอฟต์แวร์เก็บตั้งค่ามาตรฐานประสิทธิภาพเมื่อทดสอบ

5. เก็บค่าช่วงสัญญาณอุปกรณ์ตรวจรู้

ทำหน้าที่รับค่าของช่วงการทำงานของอุปกรณ์ตรวจรู้ที่ติดตั้งในระบบวัด ทั้ง 7 ตัว ได้แก่ อุปกรณ์ตรวจรู้ที่วัดอุณหภูมิ, อุปกรณ์ตรวจรู้ที่วัดอัตราการไหล, อุปกรณ์ตรวจรู้ที่วัด

กำลังไฟฟ้า โดยป้อนเป็นค่าสูงสุดและต่ำสุดของสัญญาณที่ถูกส่งจากอุปกรณ์ตรวจวัดแต่ละชนิด เพื่อให้ซอฟต์แวร์รู้ถึงขอบเขตของสัญญาณและสามารถเทียบค่ากับสัญญาณที่อ่านจากการวัดแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล และนำมาแสดงได้ถูกต้อง โดยแสดงรูปแบบตั้งช่วงสัญญาณอุปกรณ์ตรวจวัดดังรูปที่ 5.35 และโครงสร้างการทำงานซอฟต์แวร์ดังรูปที่ 5.36

Setting

Set specification | Set Channel | Set Port | Edit Kw/Ton Standard | **Set Input Range** | Set Alarm

Insert Input Range of Sensor

Flow Rate

Value send of chilled water supply sensor(GPM)

At least No more than

Value send of condenser water supply sensor(GPM)

At least No more than

Temperature

degree of Celcius degree of Farenhite

Value send of sensor for chilled water supply sensor

At least No more than

Value send of chilled water return supply sensor

At least No more than

Value send of condenser water supply sensor

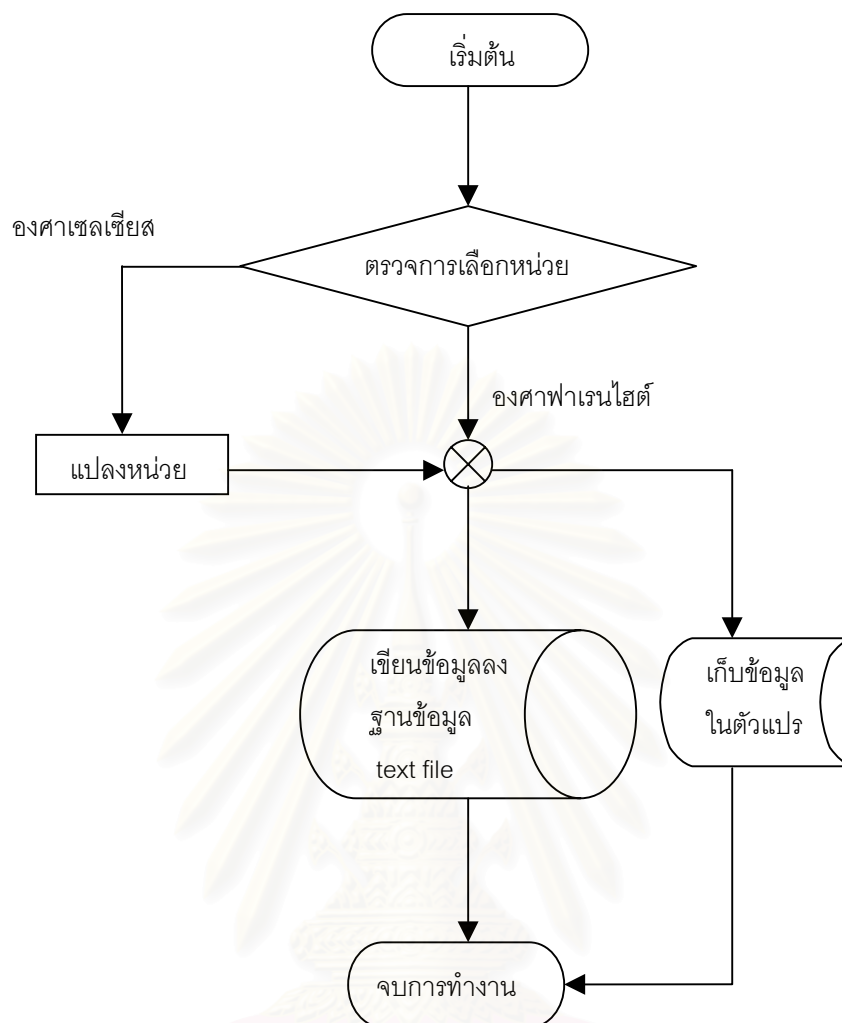
At least No more than

Value send of condenser water return supply sensor

At least No more than

Recommand

รูปที่ 5.35 หน้าจอสำหรับตั้งช่วงสัญญาณอุปกรณ์ตรวจวัด



รูปที่ 5.36 โครงสร้างซอฟต์แวร์แท็บตั้งช่วงสัญญาณอุปกรณ์ตรวจรู้เมื่อกดเซฟ

6. แท็บตั้งค่าสัญญาณเตือน

ทำหน้าที่รับค่าขอบเขตบนและขอบเขตล่างของระบบสัญญาณเตือนในซอฟต์แวร์ โดยขอบเขตทั้งบนและขอบเขตล่างจะกำหนดได้ขอบเขตละสองค่าคือค่าสูงและต่ำ โดยแสดงรูปแท็บตั้งค่าสัญญาณเตือนดังรูปที่ 5.37 และโครงสร้างการทำงานซอฟต์แวร์ดังรูปที่ 5.38

Setting

Set specification | Set Channel | Set Port | Edit kW/Ton Standard | Set Input Range | Set Alarm

Power Alarm

kilowatt input (upper limit) kilowatt input (lower limit)

High 230 Low 190 High 40_ Low 50_

Temperature Alarm

degree of celcius degree of farenhite

Chilled water supplied (upper limit) Chilled water supplied (lower limit)

High 62 Low 58 High 40 Low 42

Chilled water return supplied (upper limit) Chilled water return supplied (lower limit)

High 75 Low 70 High 50 Low 52

Condenser water supplied (upper limit) Condenser water supplied (lower limit)

High 110 Low 102 High 90 Low 93

Condenser water return supplied (upper limit) Condenser water return supplied (lower limit)

High 110 Low 105 High 80 Low 82

Flow Alarm

Chilled water supplied (upper limit) Chilled water supplied (lower limit)

High 480 Low 478 High 060 Low 075

Condenser water supplied (upper limit) Condenser water supplied (lower limit)

High 620 Low 618 High 060 Low 075

Differential Temperature (Farenhite)

Chilled water supplied (upper limit) Chilled water supplied (lower limit)

High 15 Low 15 High 6 Low 7

Condenser water supplied (upper limit) Condenser water supplied (lower limit)

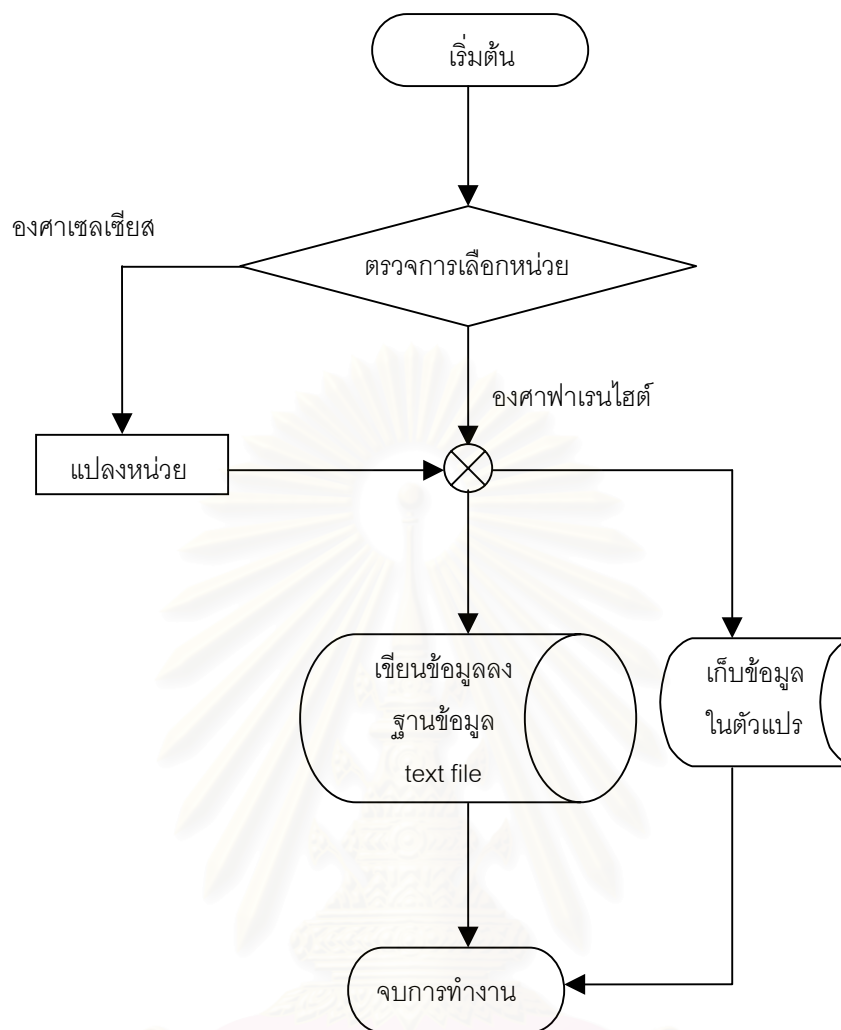
High 15 Low 15 High 6 Low 7

Save Cancel

Save All Close Setting

รูปที่ 5.37 หน้าจอสำหรับตั้งค่าสัญญาณเตือน

สถานีวิจัยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



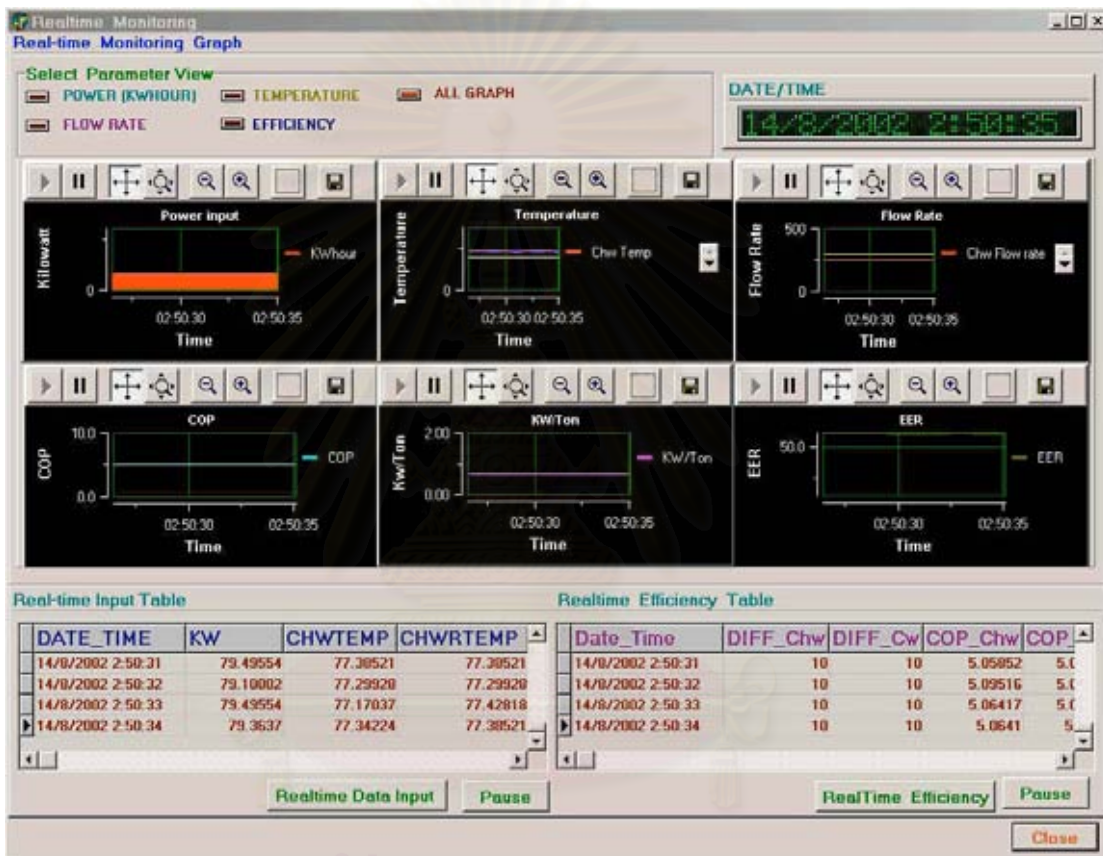
รูปที่ 5.38 โครงสร้างซอฟต์แวร์ที่ปรับตั้งค่าสัญญาณเตือนเมื่อเกิดเซฟ

โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างตรวจตราการทำงานขณะเวลาจริง

หน้าต่างนี้ทำงานโดยรับค่าที่อ่านมาจากการ์ดแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล ซึ่งเก็บอยู่ในตัวแปรแบบสาธารณะ แล้วนำมาแสดงในรูปแบบกราฟเวลาจริงและแสดงในรูปแบบตารางข้อมูล โดยจะทำการดึงค่ามาจากฐานข้อมูลทั้งสองตารางฐานข้อมูล

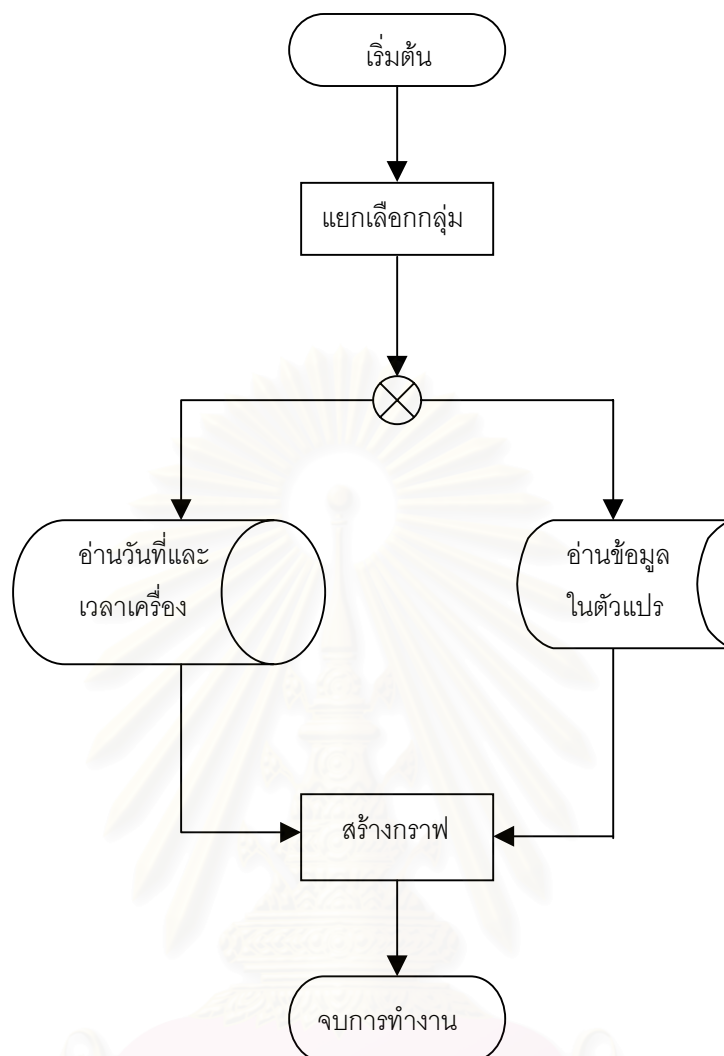
การแสดงผลในรูปแบบกราฟได้ออกแบบให้สามารถเลือกดูได้เป็นกลุ่มๆ ตามชนิดข้อมูล ได้แก่ กลุ่มข้อมูลอุณหภูมิ, กลุ่มข้อมูลอัตราการไหล, กลุ่มข้อมูลกำลังงานซึ่งแสดงค่ากิโลวัตต์ชั่วโมง, กลุ่มประสิทธิภาพ

สำหรับการแสดงข้อมูลในรูปแบบตารางได้ออกแบบให้ทำการดึงข้อมูลในฐานข้อมูลซึ่งมีอยู่สองตารางได้แก่ ตารางข้อมูลอินพุตซึ่งเป็นข้อมูลที่รับจากตัวตรวจวัด และข้อมูลที่ได้จากคำนวณได้แก่ค่าประสิทธิภาพ, ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเข้าออกทั้งสองวงจรรน้ำ และค่ากิโลวัตต์ชั่วโมง หน้าต่างตรวจตราการทำงานที่ค่าเวลาจริงแสดงดังรูปที่ 5.39 และโครงสร้างการทำงานซอฟต์แวร์แสดงดังรูปที่ 5.40



รูปที่ 5.39 หน้าต่างตรวจตราการทำงานขณะเวลาจริง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



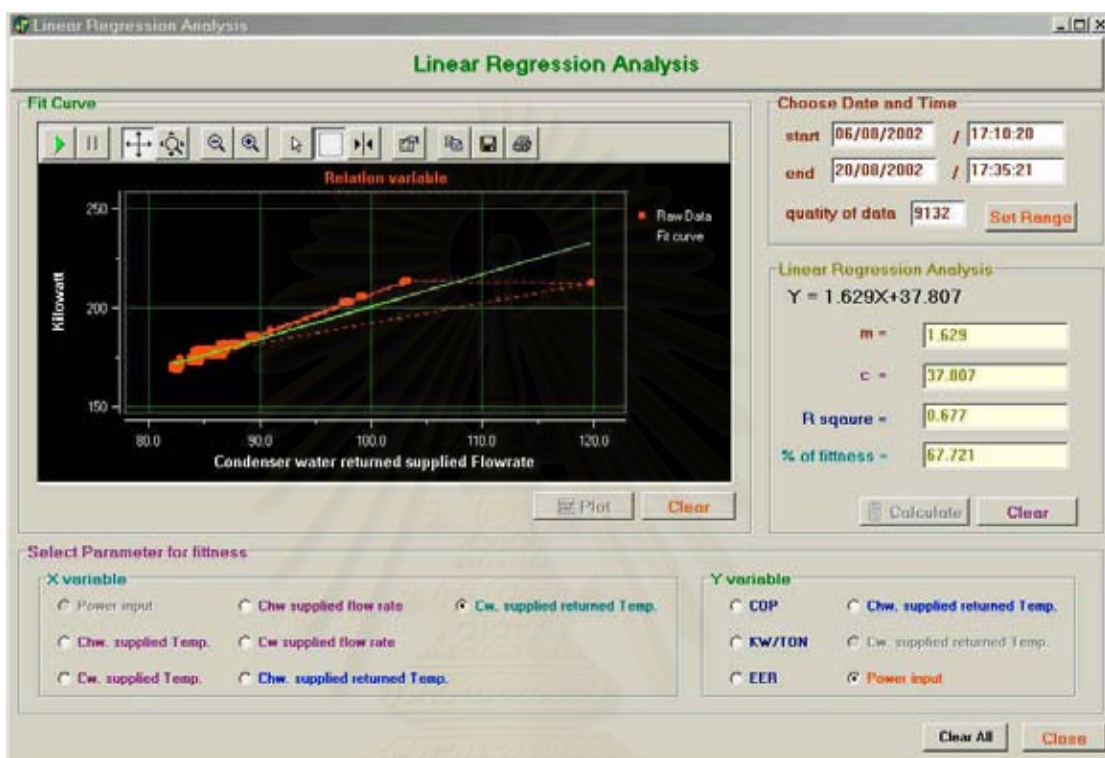
รูปที่ 5.40 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างตรวจตราการทำงานขณะเวลาจริง

โครงหน้าซอฟต์แวร์ต่างการวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอย[9]

หน้าต่างนี้ถูกออกแบบให้สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยของคู่ตัวแปรที่สนใจ โดยใช้วิธี Least square error เพื่อตรวจสอบว่าตัวแปรใดมีความสัมพันธ์ขึ้นต่อกันมากน้อยระดับไหน โดยวัดค่าความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยจากค่า R^2 ซึ่งถ้าเข้าใกล้ 1 หมายถึงตัวแปรคู่่นั้นมีความสัมพันธ์เชิงเส้นที่ดี มีผลกระทบต่อกัน และเมื่อตัวแปรต้นเปลี่ยนค่าจะทำให้ตัวแปรตามเปลี่ยนไปด้วย

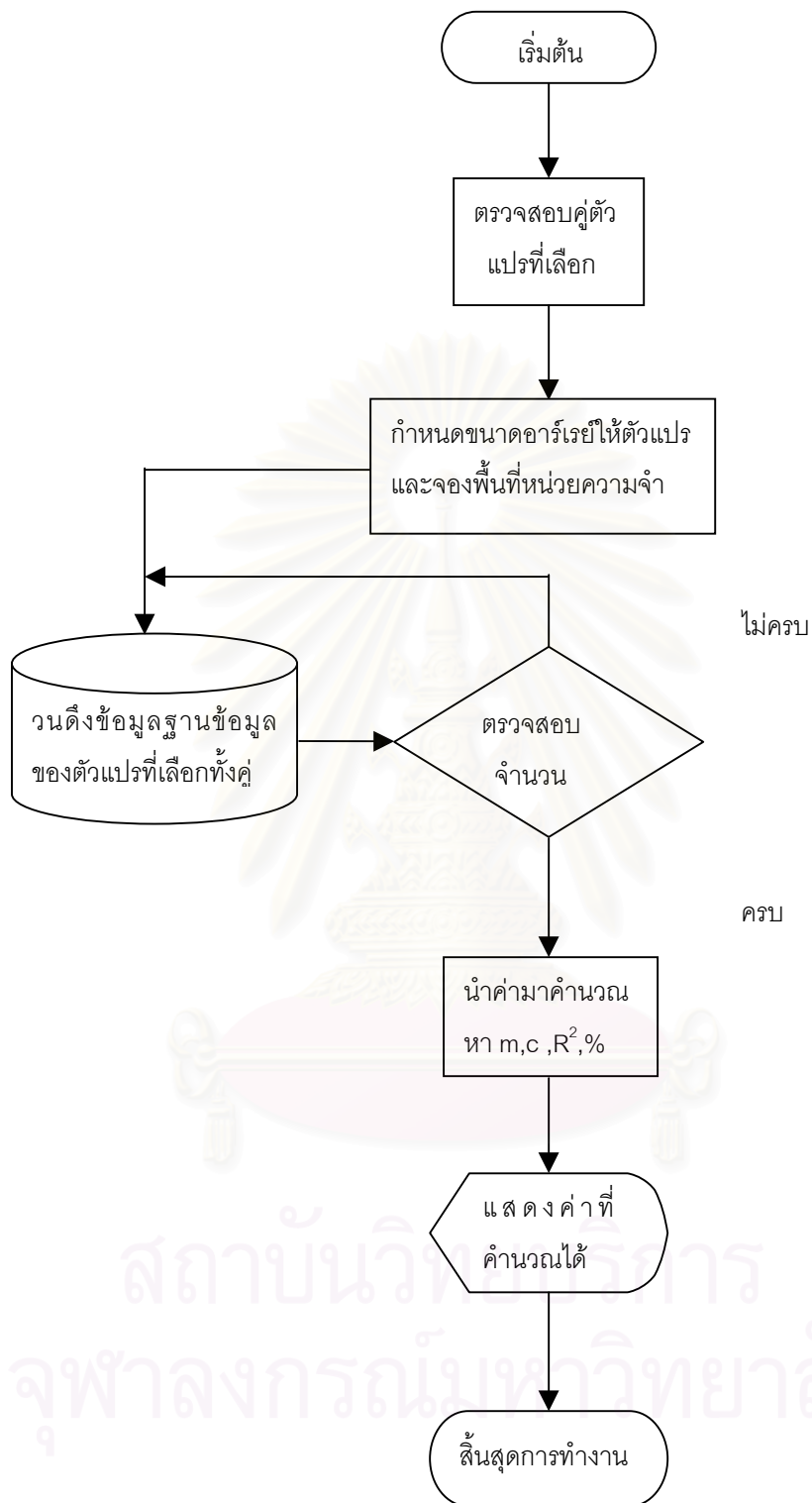
การทำงานเริ่มจากเลือกคู่ตัวแปรที่ต้องการทดสอบความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอย แล้วทำการกำหนดจำนวนข้อมูลโดยเลือกช่วงวันเวลาเริ่มต้นและสุดท้าย และตั้งค่า จากนั้นจึง

คำนวณหาค่า ความชันและจุดตัดแกน, ค่า R^2 และสุดท้ายทำการกรอกป้อนการสร้างกราฟ จากกราฟจะแสดงจุดข้อมูลที่สร้างจากความสัมพันธ์ตัวแปรคู่ นั้น และกราฟที่ทำการฟิตกลุ่มข้อมูลเป็นเส้นตรง หน้าต่างการวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยแสดงดังรูป 5.41 และโครงสร้างการทำงานซอฟต์แวร์แสดงดังรูปที่ 5.42 และ 5.43

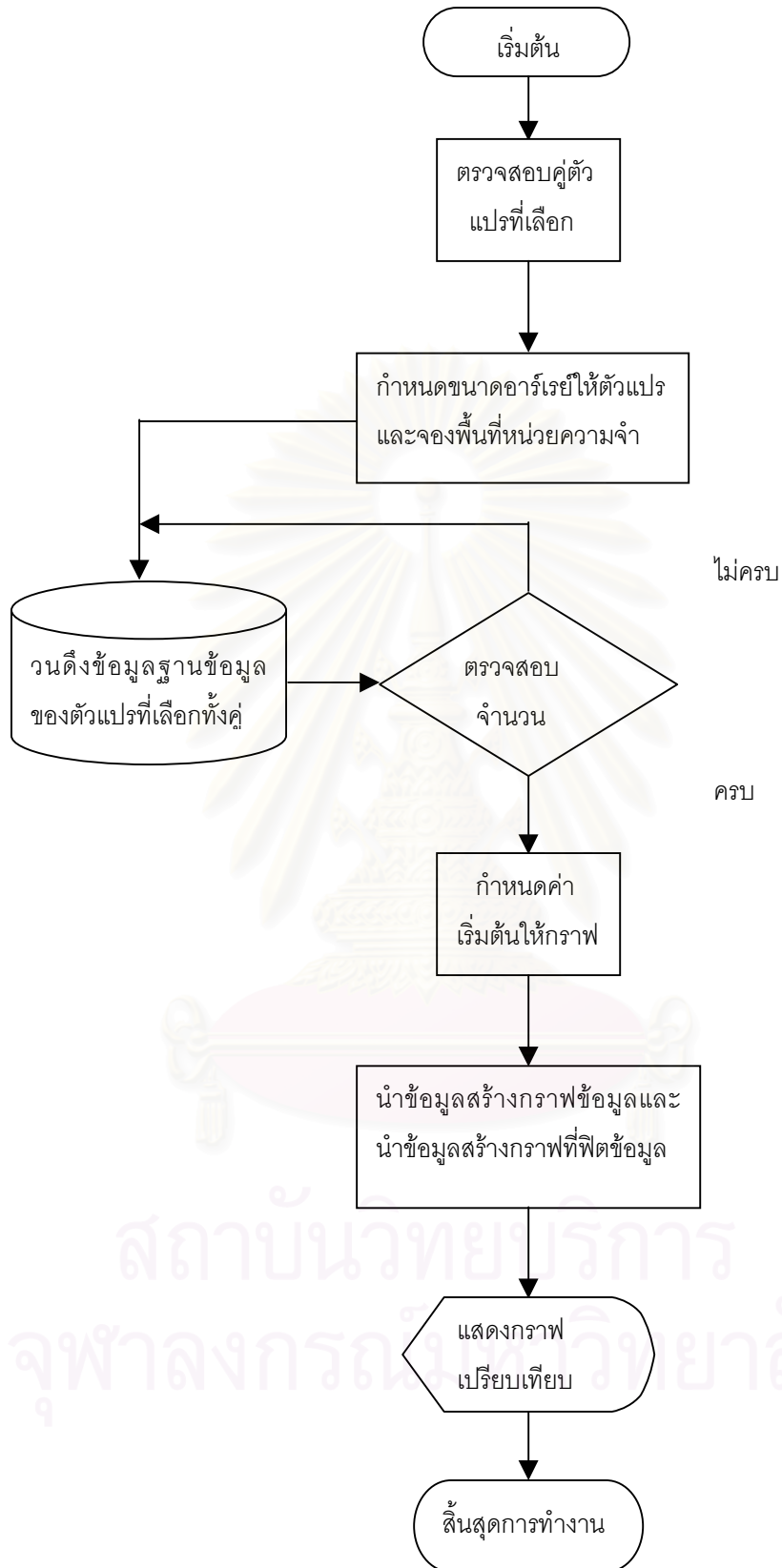


รูปที่ 5.41 หน้าต่างการวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.42 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างการวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการ
เชิงเส้นถดถอยเมื่อถดถอย



รูปที่ 5.43 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าตาต่างการวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอย
เมื่อกดสร้างกราฟ

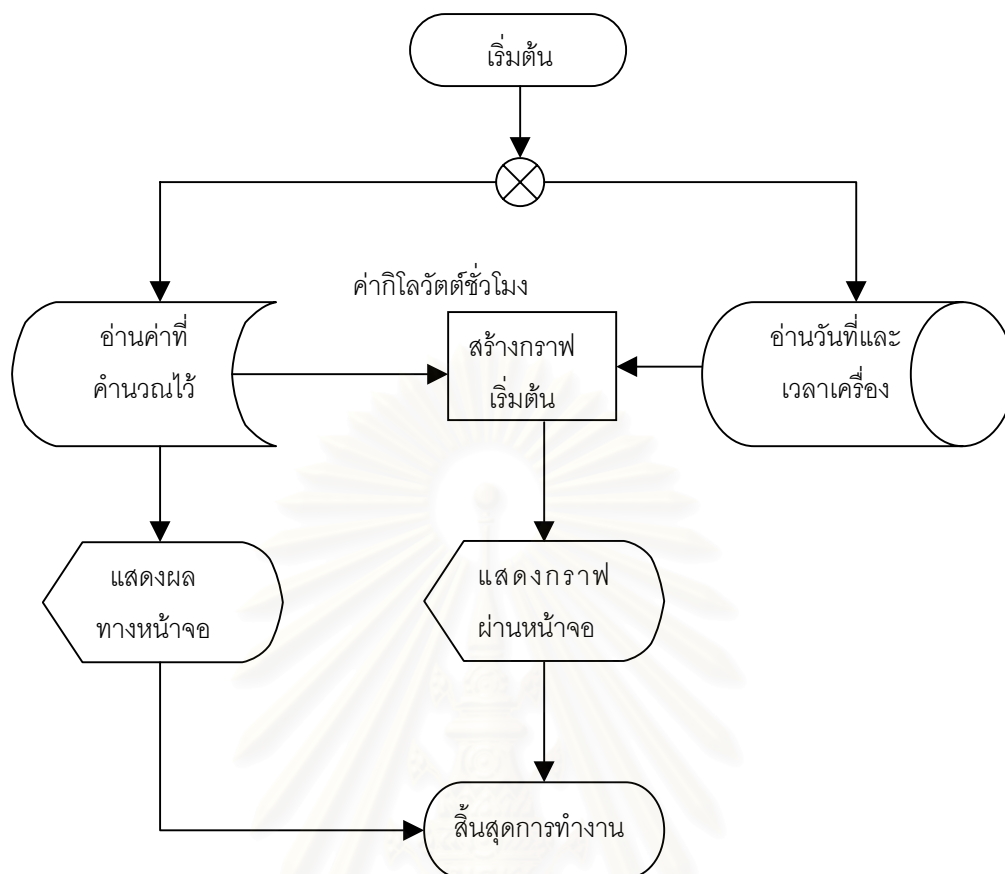
โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์พลังไฟฟ้า (Load Analysis)

หน้าต่างการวิเคราะห์พลังไฟฟ้าแบ่งเป็นสองส่วน ส่วนแรกเป็นกราฟแสดงกิโลวัตต์ ชั่วโมงกับเวลาปัจจุบันแบบเวลาจริงและมีมิเตอร์แสดงค่ากิโลวัตต์แบบเวลาจริง นอกจากนี้ยังมีการคำนวณหาค่ากิโลวัตต์เฉลี่ย, กิโลวัตต์สูงสุด และแสดงช่วงเวลาทั้งหมดตั้งแต่เริ่มการทำงานของซอฟต์แวร์

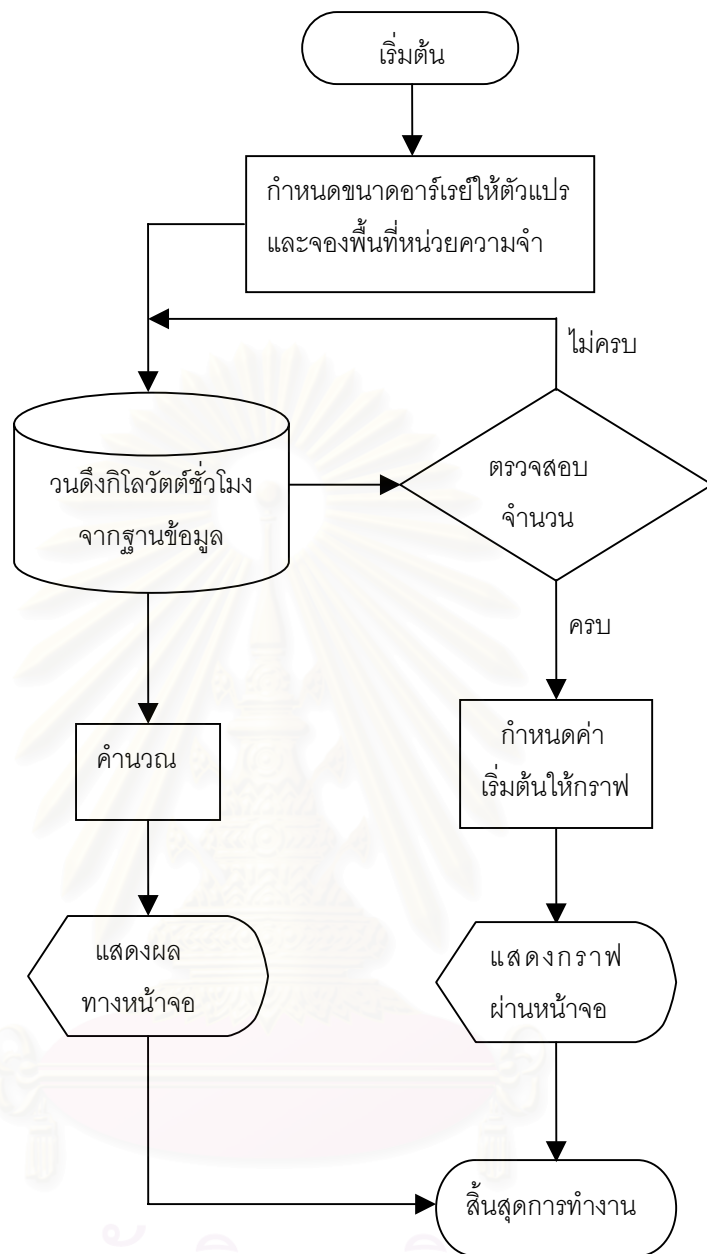
ส่วนที่สองเป็นส่วนการวิเคราะห์ค่าในอดีต กราฟกิโลวัตต์ชั่วโมงที่แสดงจะต้องทำการกำหนดช่วงวันเวลาเริ่มต้นและวันเวลาสุดท้ายของข้อมูลที่จะดูกราฟ นอกจากนี้มีการคำนวณค่ากิโลวัตต์เฉลี่ย, กิโลวัตต์สูงสุด, เปอร์เซ็นต์ตัวประกอบโหลด และช่วงข้อมูลมาคำนวณหาเวลาทั้งหมดที่ซอฟต์แวร์นำมาวิเคราะห์ หน้าต่างการวิเคราะห์พลังไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 5.44 และโครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างการวิเคราะห์พลังไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 5.45 และ 5.46



รูปที่ 5.44 หน้าต่างการวิเคราะห์พลังไฟฟ้า



รูปที่ 5.45 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าตาต่างการวิเคราะห์พลังไฟฟ้าเมื่อกดปุ่ม
เริ่มทำงานแบบเวลาจริง



รูปที่ 5.46 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างการวิเคราะห์พลังไฟฟ้าเมื่อกดปุ่มวิเคราะห์ค่าที่ดีที่สุด

โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามมาตรฐาน ARI 550/590[1]

หน้าต่างการวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามมาตรฐาน ARI 550/590 หน้าต่างนี้จะแสดงการวิเคราะห์ออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกเป็นการหาประสิทธิภาพที่โหลดบางส่วน IPLV ซึ่งการหาประสิทธิภาพนี้สามารถหาได้ทั้งสามอัตราส่วนตามที่กล่าวแล้วในบทที่สาม และมีส่วนที่สองเป็นการหาค่าผ่อนผันได้ของประสิทธิภาพ (Tolerance)

ในส่วนการวิเคราะห์ประสิทธิภาพที่โหลดบางส่วน (IPLV) ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ จะมีการหาประสิทธิภาพแยกเป็นสองส่วนได้แก่ กรณีที่ทราบประสิทธิภาพที่จุดพิกัด 25,50,75,100 ตามลำดับ และส่วนที่สองเป็นกรณีที่ทราบบางจุดประสิทธิภาพที่ไม่ตรงตามพิกัด 25,50,75,100 ก็จะสามารถวิเคราะห์เพื่อหาจุดพิกัดได้ หน้าต่างการวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามมาตรฐาน ARI 550/590 แสดงดังรูป 5.47 และโครงสร้างการทำงานซอฟต์แวร์แสดงดังรูปที่ 5.48, 5.49, 5.50, 5.51, 5.52 และ 5.53

EFFICIENCY ANALYSIS

Part Load (IPLV or NPLV)

Minimum possible unit capacity at load condition

Part Load Values Provided

Step	Capacity(tons)	Input(kw)	COP	EER
3(Full)				
2				
1*				

* Minimum possible unit capacity at load condition
** Performance at minimum step at 25%load condition

Part Load Values Adjusted

%Load	Capacity(tons)	COP	EER	KW/Ton
100%				
75%				
50%				

IPLV OR NPLV (EER) =
 IPLV OR NPLV (COP) =
 IPLV OR NPLV(KW/Ton) =

Tolerances

Allowable Tolerances

Part Load

Insert % Load =

Tolerance in percent = %

Min. Allowable Capacity =

COP

COP =

Min. Allowable COP =

EER

EER =

Min. Allowable EER =

KW/Ton

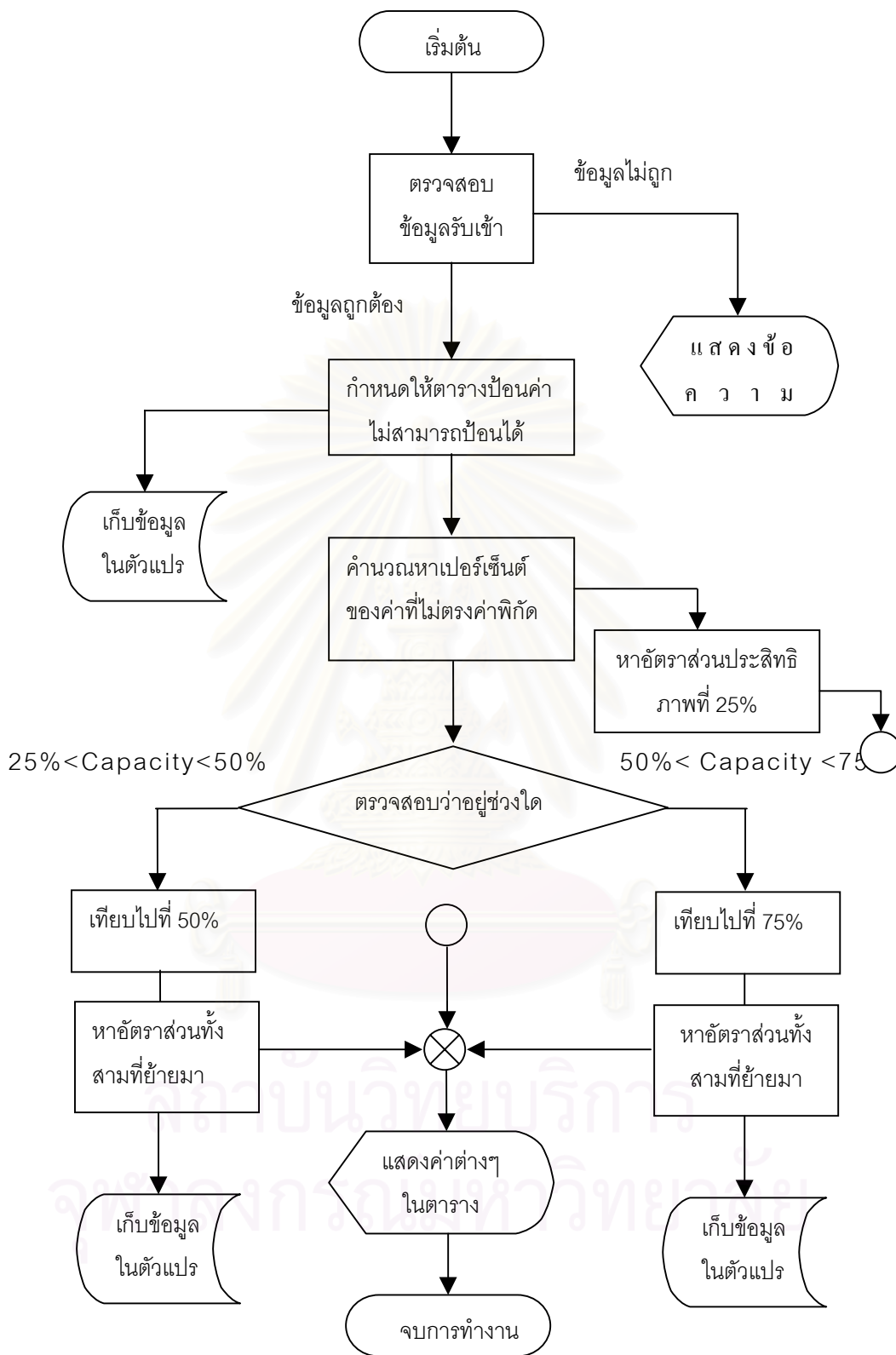
KW/Ton =

Max. Allowable KW/Ton =

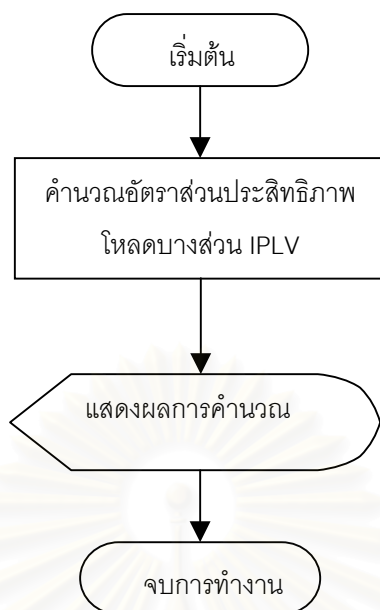
Calculate

Rate Load Condition Load Full Load Part Load Close

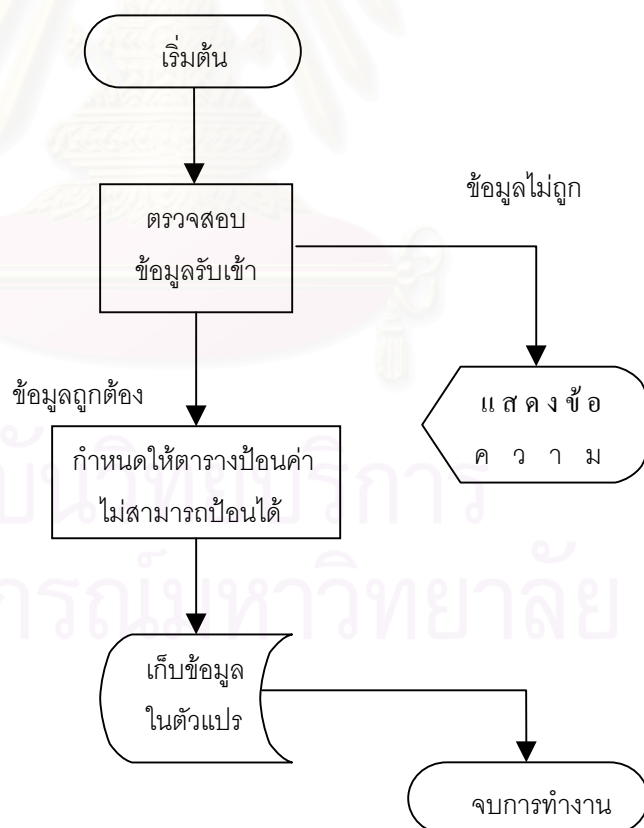
รูปที่ 5.47 หน้าต่างการวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามมาตรฐาน ARI 550/590



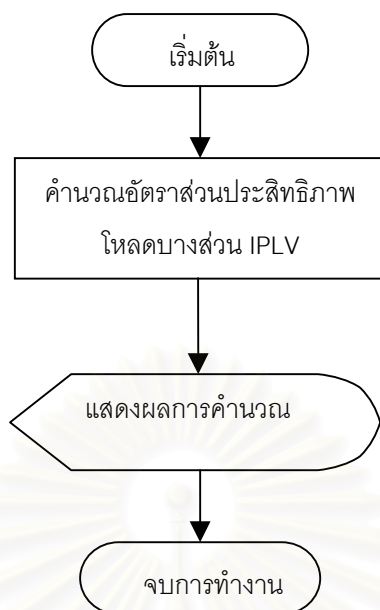
รูปที่ 5.48 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างการวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามมาตรฐาน ARI 550/590 เมื่อกดปุ่มปรับค่าที่ไหลดมีเงื่อนไข



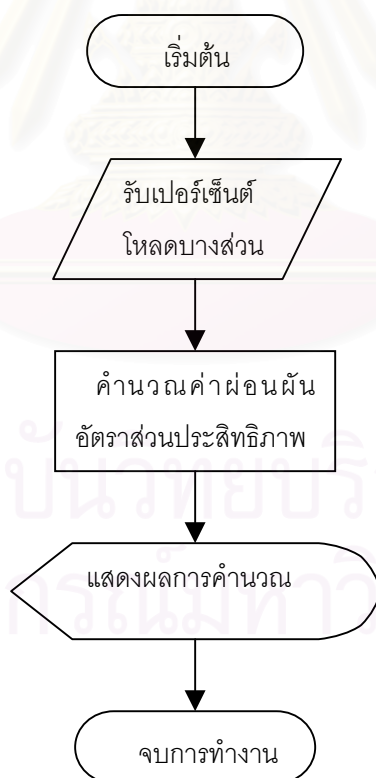
รูปที่ 5.49 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างการวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามมาตรฐาน ARI550/590 เมื่อคำนวณอัตราส่วนประสิทธิภาพไหลบางส่วนที่ไหลมีเงื่อนไข



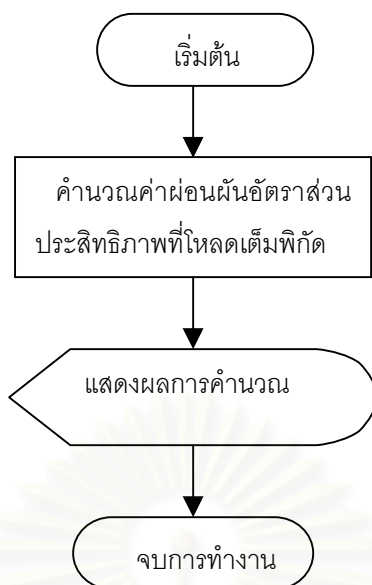
รูปที่ 5.50 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างการวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามมาตรฐาน ARI 550/590 เมื่อคำนวณตั้งค่าที่ค่าจุดพิกัด



รูปที่ 5.51 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างการวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามมาตรฐาน ARI 550/590 เมื่อกดปุ่มคำนวณหาอัตราส่วนประสิทธิภาพที่ไหลบางส่วนที่จุดพิกัด



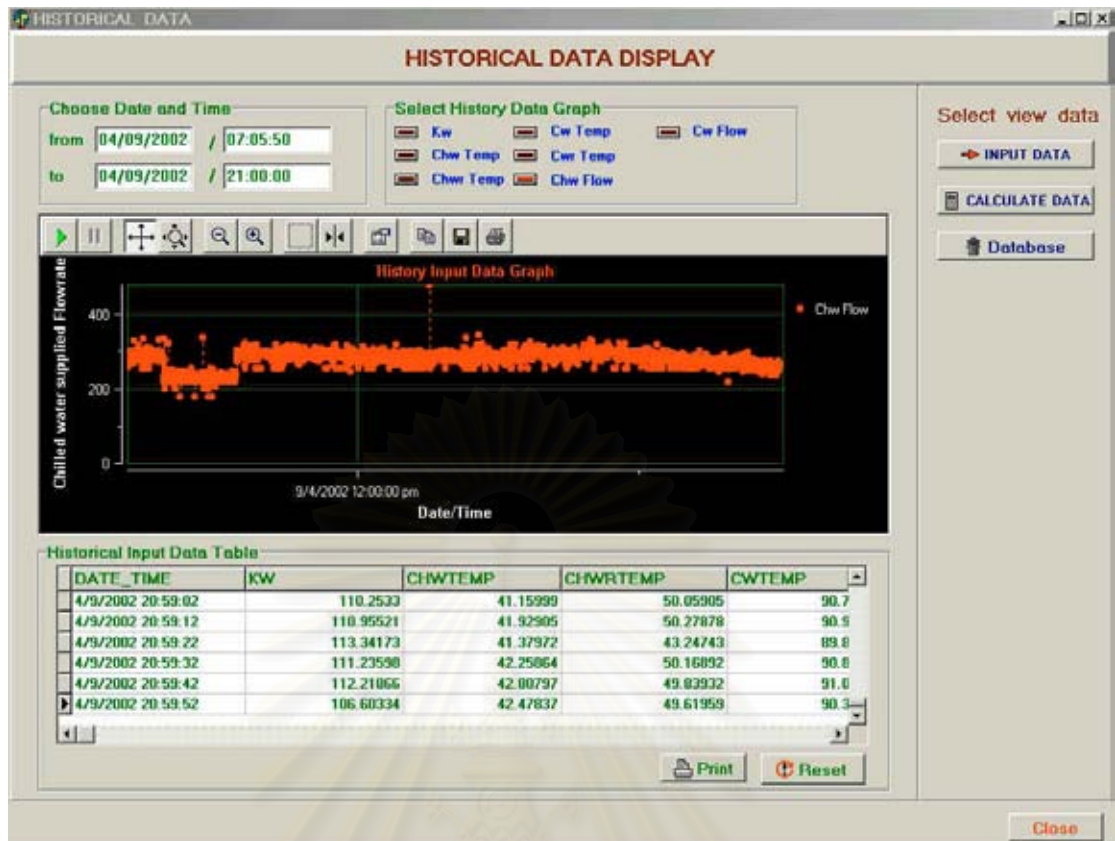
รูปที่ 5.52 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างการวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามมาตรฐาน ARI 550/590 เมื่อกดคำนวณหาค่าผ่อนผันที่ไหลบางส่วน



รูปที่ 5.53 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างการวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามมาตรฐาน
ARI 550/590 เมื่อกหนดคำนวณหาค่าผ่อนผันที่โหลดเต็มพิกัด

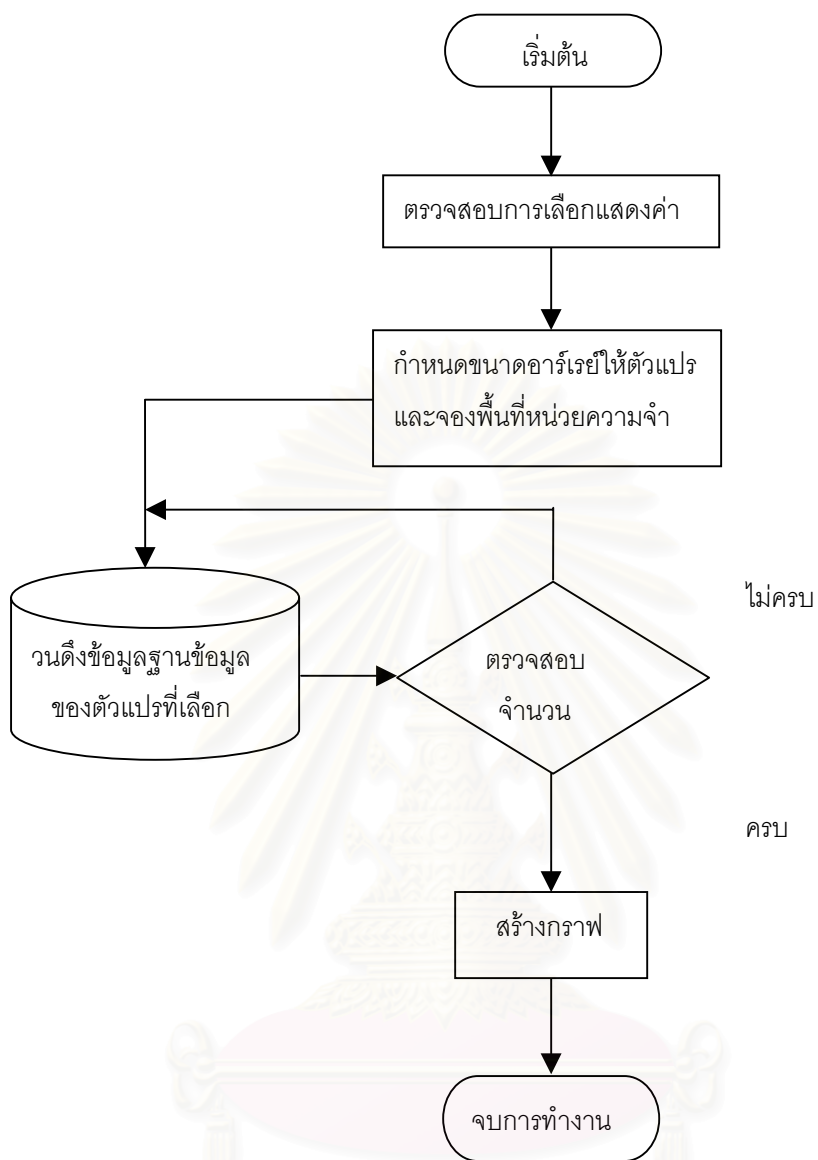
โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างแสดงค่าอดีต (History)

หน้าต่างการแสดงผลค่าอดีตจะประกอบด้วยสองส่วน ได้แก่ การเลือกแสดงข้อมูลในอดีตของตัวแปรจากอุปกรณ์ตรวจวัด ซึ่งเก็บอยู่ในตารางในฐานข้อมูลอินพุต การแสดงผลจะมีทั้งแสดงในรูปแบบกราฟและรูปแบบตาราง และส่วนที่สองเป็นการแสดงผลในอดีตของตัวแปรจากการคำนวณได้แก่ ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพทั้งสามอัตราส่วน, ค่าความแตกต่างอุณหภูมิน้ำเย็น ซึ่งเก็บอยู่ในตารางในฐานข้อมูลการคำนวณ การแสดงผลจะมีทั้งแสดงในรูปแบบกราฟและรูปแบบตารางและการแสดงในรูปแบบตาราง ในการแสดงกราฟทั้งสองส่วนจะสามารถเลือกดูตัวแปรใดก็ได้ที่กำหนดการแสดงผลต้องทำการเลือกช่วงวันเวลาเริ่มและสุดท้ายให้กับซอฟต์แวร์ก่อน ทุกส่วนถูกออกแบบให้สามารถสร้างรายงานออกทางเครื่องพิมพ์ได้ เนื่องจากรายงานเป็นส่วนสำคัญในการแสดงผลให้ผู้ดูแลสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์โดยวิธีอื่นได้ หน้าต่างการแสดงผลค่าอดีตแสดงดังรูปที่ 5.54 และโครงสร้างการทำงานของซอฟต์แวร์แสดงดังรูปที่ 5.55



รูปที่ 5.54 หน้าต่างการแสดงผลค่าอดีต

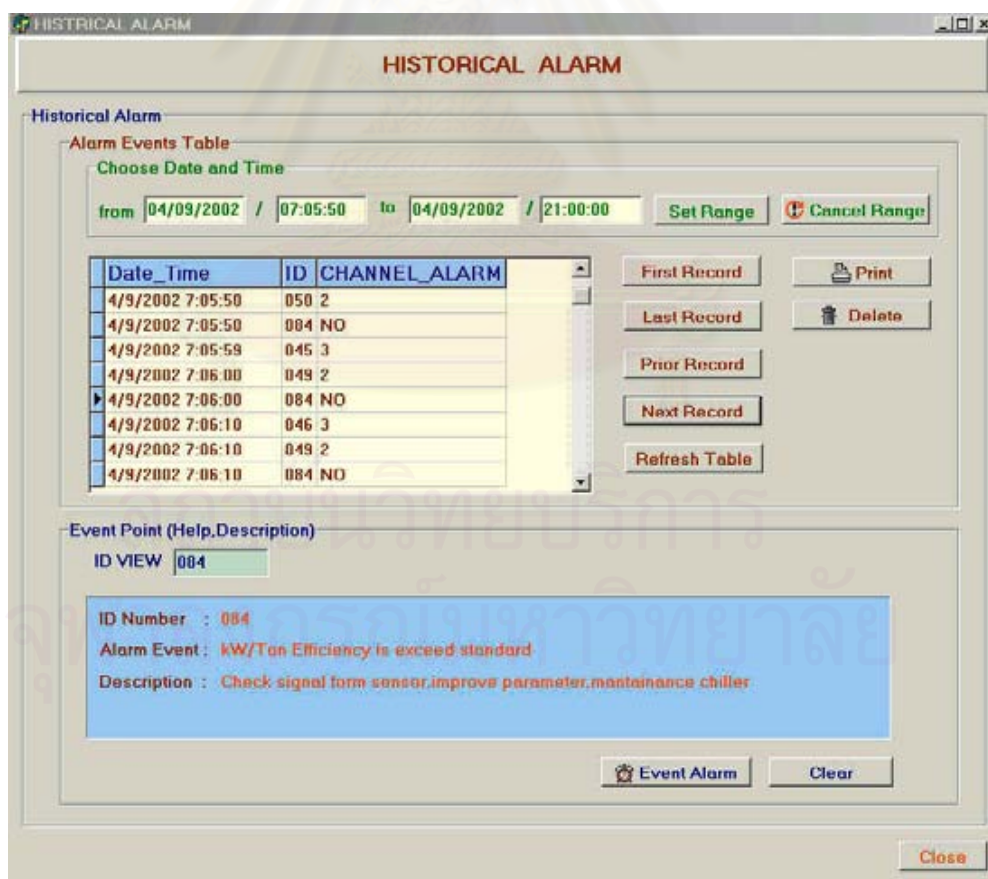
สถาบันวิทยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



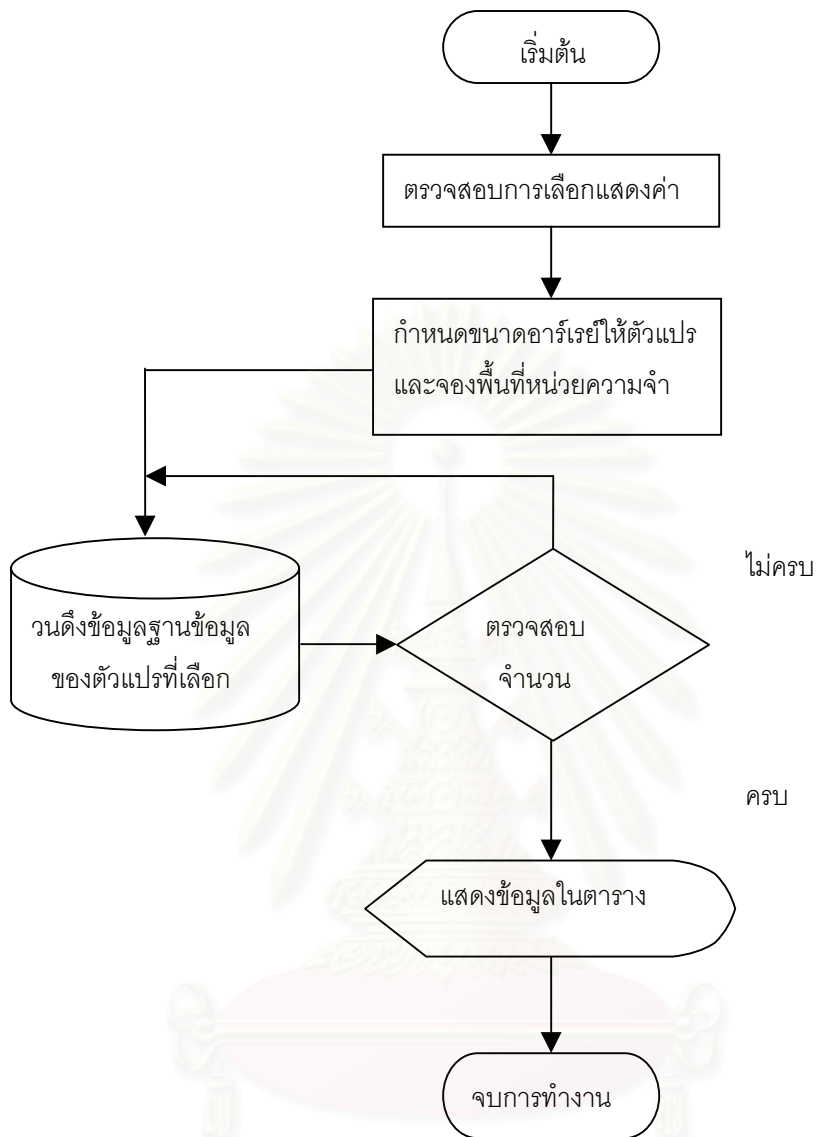
รูปที่ 5.55 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างการแสดงค่าอดีต
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างแสดงเหตุการณ์ผิดปกติ (Alarm)

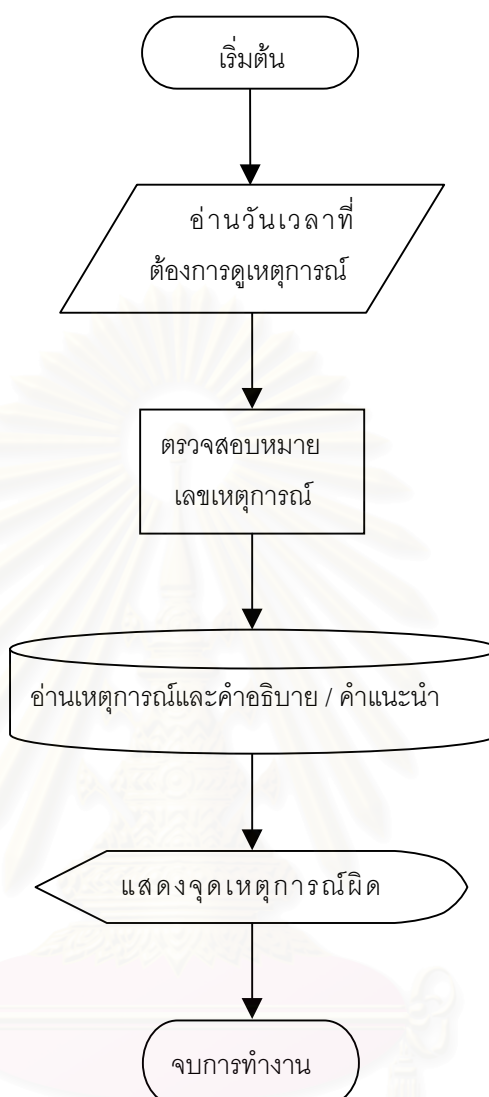
หน้าต่างการแสดงผลค่าเหตุการณ์ผิดปกติ (Alarm) จะแสดงในรูปแบบตารางซึ่งแสดงวันเวลาที่เกิดเหตุการณ์, หมายเลขเหตุการณ์ผิดปกติ (Alarm) ซึ่งมีตารางเก็บไว้ในฐานข้อมูล, แสดงช่องสัญญาณอินพุตที่เป็นสาเหตุของเหตุการณ์ผิดปกติ โดยต้องทำการกำหนดช่วงเวลาวันเวลาเริ่มและสุดท้ายให้กับซอฟต์แวร์ก่อน ส่วนที่สองจะแสดงเหตุการณ์ผิดปกติ โดยต้องทำการกำหนดวันและเวลาที่สนใจ ซอฟต์แวร์จะทำการแสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้แก่ หมายเลขเหตุการณ์ผิดปกติ ซึ่งมีตารางเก็บไว้ในฐานข้อมูล, แสดงช่องสัญญาณอินพุต และแสดงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นตัวอย่างเช่น ผลต่างอุณหภูมิน้ำเย็นเข้าและออกจากอิวาพอเรเตอร์เกินกว่าค่าที่ตั้งไว้จากหน้าต่างการตั้งค่า, ค่าอุณหภูมิน้ำเย็นออกจากอิวาพอเรเตอร์ต่ำกว่าค่าที่กำหนดจากหน้าต่างการตั้งค่า, ค่าที่ต่ำกว่าช่วงการวัดของอุปกรณ์ตรวจรู้ หรืออัตราส่วนประสิทธิภาพกิโลวัตต์ต่อตันความเย็นต่ำกว่าค่า มาตรฐานที่กำหนดจากกฎกระทรวง หน้าต่างการแสดงผลค่าเหตุการณ์ผิดปกติแสดงดังรูปที่ 5.56 และโครงสร้างการทำงานซอฟต์แวร์แสดงดังรูปที่ 5.57 และ 5.58



รูปที่ 5.56 หน้าต่างการแสดงผลค่าเหตุการณ์ผิดปกติ (Alarm)



รูปที่ 5.57 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าตาแสดงค่าเหตุการณ์ผิดปกติเมื่อกดเลือกตัวแปร



รูปที่ 5.58 โครงสร้างซอฟต์แวร์หน้าต่างแสดงค่าเหตุการณ์ผิดปกติเมื่อกดดูจุดเหตุการณ์

การออกแบบและโครงสร้างรายงาน

รายงานเป็นส่วนสำคัญในการแสดงข้อมูลที่ถูกเก็บไว้ในส่วนฐานข้อมูล เพื่อแสดงข้อมูลให้ผู้ใช้งานหรือผู้ที่เกี่ยวข้องทราบ เพราะฉะนั้นรายงานต้องสามารถแสดงรายละเอียดได้สมบูรณ์ครบถ้วน เช่น มีวันเวลาเพื่อบอกให้ทราบถึงตำแหน่งของข้อมูล นอกจากส่วนของข้อมูลต้องบอกถึงประเภทของข้อมูล การออกแบบรายงานมีส่วนประกอบดังนี้

1. ส่วนหัวข้อยางงาน บอกให้ทราบว่าข้อมูลมาจากตารางอะไร นอกจากนี้ยังแสดงวันที่ และเวลาที่แสดงรายงาน หน้ารายงาน
2. ส่วนหัวข้อยข้อมูล บอกให้ทราบประเภทข้อมูลหรือฟิลด์ข้อมูล
3. ส่วนรายละเอียดข้อมูล บอกรายละเอียดข้อมูลที่เวลาต่างๆ

การแสดงผลรายงานและพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์มีอยู่ในหน้าต่างแสดงข้อมูลอดีตและหน้าต่างแสดงเหตุการณ์ผิดปกติ ซึ่งต้องเลือกตารางที่ต้องการ และกำหนดช่วงของข้อมูลที่ ต้องการก่อนจึงสั่งพิมพ์ ลักษณะรายงานแสดงดังรูป 5.59

20/8/2002 10:24:20			Page1		
ALARM INFORMATION					
DATE/TIME	INDEX	CHANNEL NUMBER	DATE/TIME	INDEX	CHANNEL NUMBER
20/8/2002 3:49:03	056	5	20/8/2002 9:39:45	056	5
20/8/2002 3:49:13	056	5	20/8/2002 9:39:50	056	5
20/8/2002 3:49:23	056	5	20/8/2002 9:39:55	052	5
20/8/2002 3:49:28	056	5	20/8/2002 9:39:55	056	5
20/8/2002 3:49:33	056	5	20/8/2002 9:40:00	056	5
20/8/2002 4:13:03	052	5	20/8/2002 9:40:05	052	5
20/8/2002 4:13:18	052	5	20/8/2002 9:40:05	056	5
20/8/2002 4:13:23	052	5	20/8/2002 9:40:10	052	5
20/8/2002 4:14:23	052	5	20/8/2002 9:40:10	056	5
20/8/2002 4:14:59	052	5	20/8/2002 9:40:15	052	5
20/8/2002 4:15:04	052	5	20/8/2002 9:40:15	056	5
20/8/2002 4:15:19	052	5	20/8/2002 9:41:15	031	0
20/8/2002 4:15:39	052	5	20/8/2002 9:41:16	035	1
20/8/2002 4:15:44	052	5	20/8/2002 9:41:16	039	2
20/8/2002 4:16:14	052	5	20/8/2002 9:41:16	043	3
20/8/2002 4:16:24	052	5	20/8/2002 9:41:16	047	4
20/8/2002 4:16:29	052	5	20/8/2002 9:41:16	051	5
20/8/2002 4:18:14	052	5	20/8/2002 9:41:16	055	5
20/8/2002 4:18:54	052	5	20/8/2002 9:41:20	031	0

รูปที่ 3.59 รายงานข้อมูลที่ดึงมาจากรฐานข้อมูลในส่วนตารางข้อมูลอินพุต

บทที่ 6

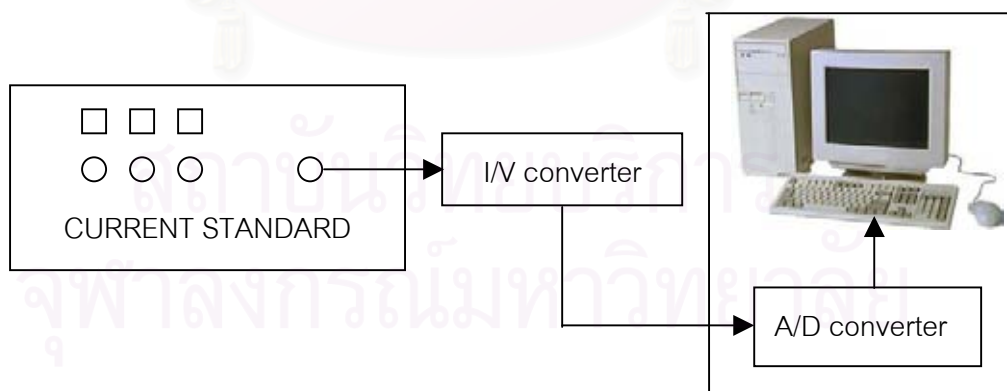
การทดสอบกับระบบจำลอง

ความนำ

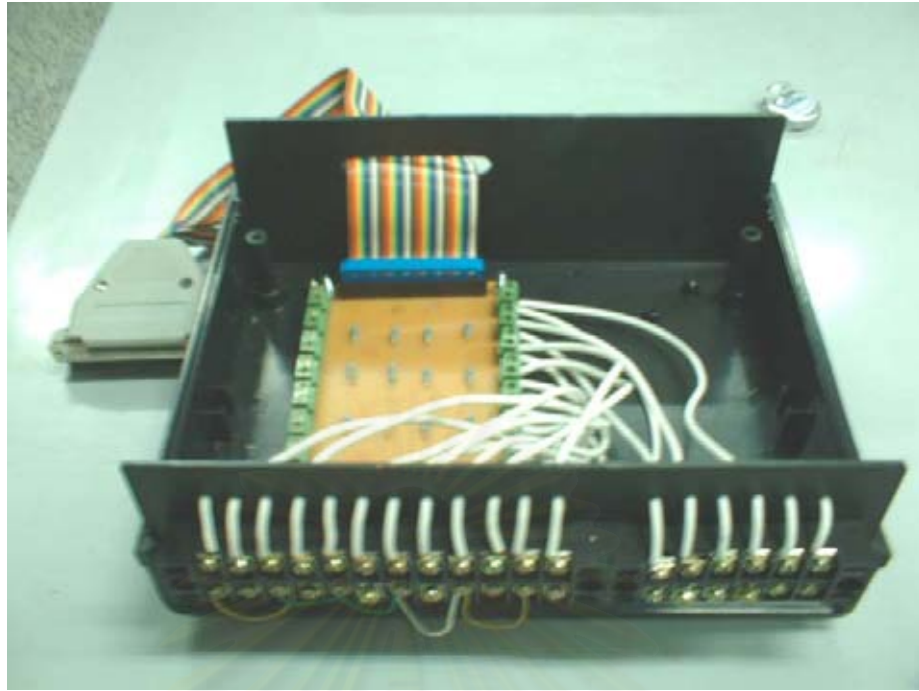
ในบทนี้กล่าวถึงการทดสอบการทำงานของซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้น ทำการทดสอบโดยสร้างระบบจำลอง มีวัตถุประสงค์ในการทดสอบ คือ สามารถรับสัญญาณที่ส่งเข้ามาคอมพิวเตอร์ได้ และสามารถนำข้อมูลที่ได้รับเข้ามาไปใช้ภายในซอฟต์แวร์ที่ออกแบบไว้ โดยทดสอบผ่านเครื่องกำเนิดสัญญาณมาตรฐานภายในห้องปฏิบัติการวิจัยวัดคุมทางอุตสาหกรรม ตึกไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยทำการสุ่มเลือกทดสอบการทำงานจากหน้าต่างๆ

การทดสอบกับระบบจำลอง

ในการทดสอบกับระบบจำลองได้ทำการทดสอบผ่านเครื่องกำเนิดสัญญาณมาตรฐาน (DC VOLTAGE CURRENT STANDARD) รุ่น 2553 ยี่ห้อ YEW โดยป้อนสัญญาณกระแสไฟฟ้ามาตรฐานเข้าสู่วงจรแปลงสัญญาณกระแสเป็นแรงดันแล้วส่งเข้ามาคอมพิวเตอร์ผ่านการ์ดแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล โดยมีโครงสร้างระบบจำลองดังรูป



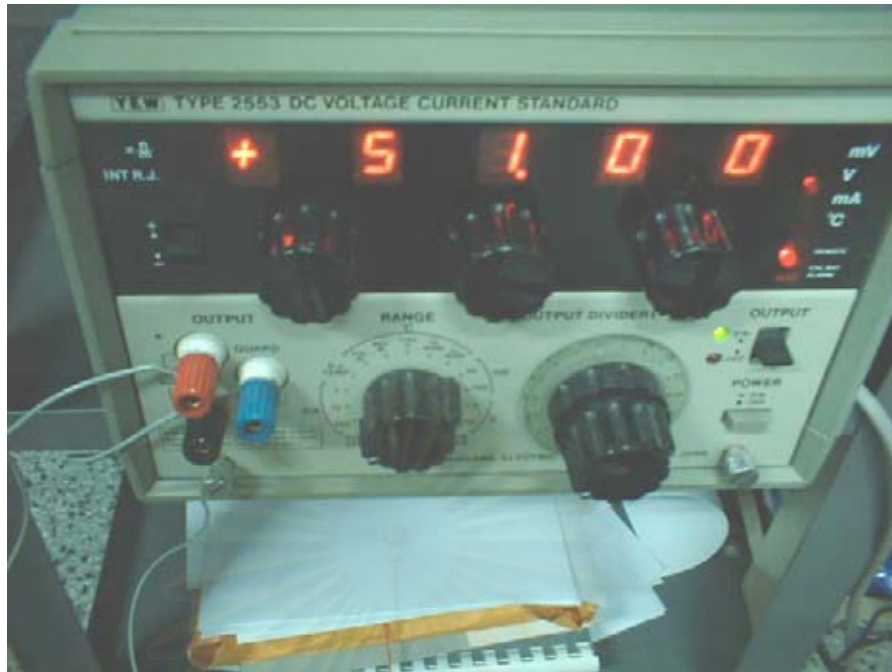
รูปที่ 6.1 โครงสร้างระบบจำลอง



รูปที่ 6.2 กล่องวงจรแปลงสัญญาณกระแสมาตรฐานเป็นแรงดัน

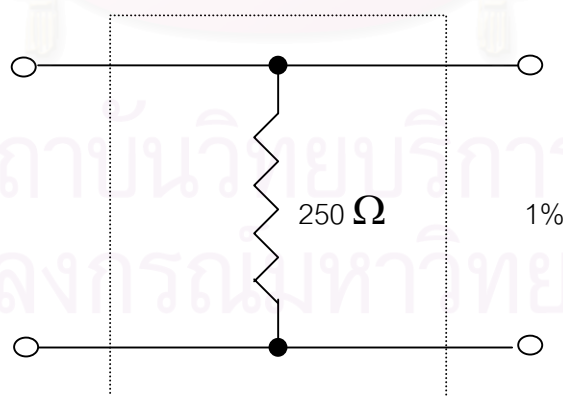


รูปที่ 6.3 การ์ดวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล



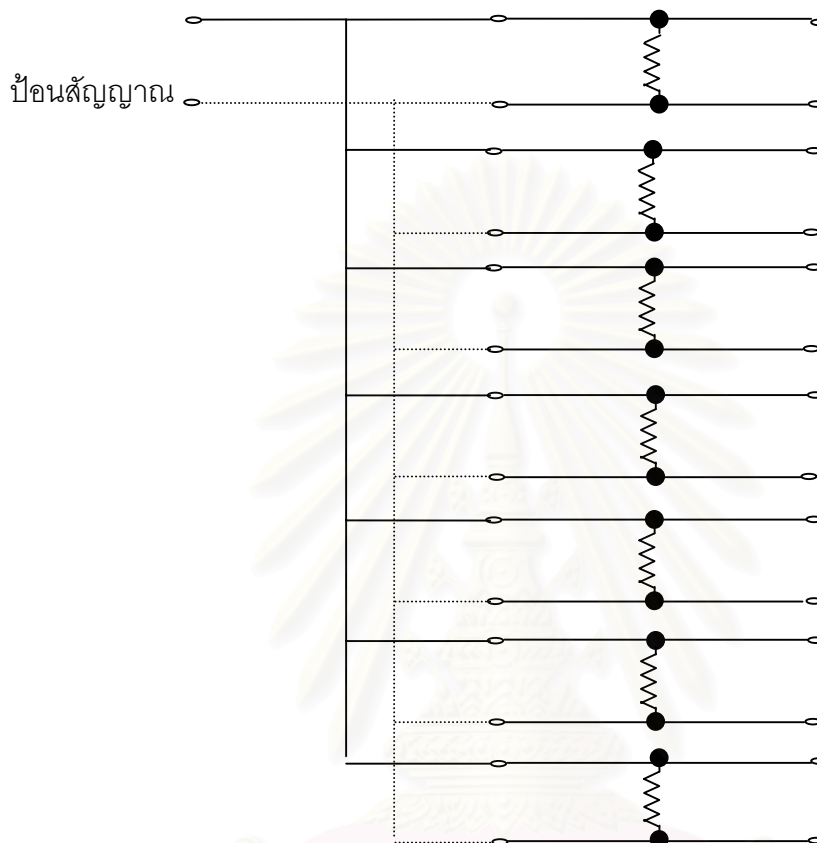
รูปที่ 6.4 เครื่องกำเนิดสัญญาณมาตรฐาน

การทดสอบมีข้อจำกัดคือ ช่องสัญญาณที่ออกจากเครื่องกำเนิดสัญญาณมาตรฐานมีเพียง 1 ช่องสัญญาณจึงทำให้สามารถป้อนสัญญาณให้กับวงจรแปลงกระแสเป็นแรงดันได้เพียง 1 ช่องสัญญาณ ซึ่งซอฟต์แวร์ต้องการทั้งสิ้น 7 ช่องสัญญาณ ดังนั้นจึงแก้ไขวงจรโดยแก้ไขฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ดังนี้



รูปที่ 6.5 วงจรแปลงสัญญาณกระแสเป็นแรงดันแบบเดิม

แก้ไขโดยต่อความต้านทานขนานกัน 7 ช่องสัญญาณ เพื่อให้ได้แรงดัน 1 ถึง 5 โวลต์ทั้ง 7 ช่องสัญญาณ และทำการป้อนสัญญาณกระแสเพิ่ม 7 เท่า ดังรูป



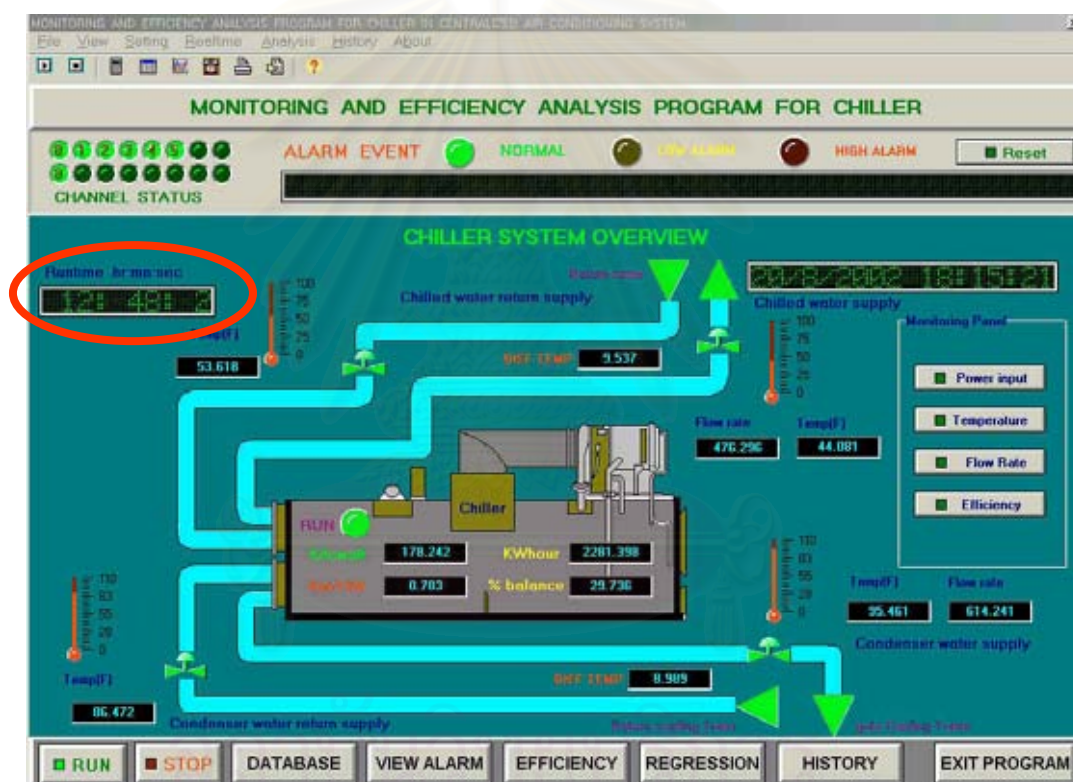
รูปที่ 6.6 วงจรแปลงสัญญาณกระแสเป็นแรงดันที่ใช้ในการทดสอบระบบจำลอง

จากนั้นสัญญาณที่ได้จะยังมีขนาดเท่ากันทั้ง 7 ช่องสัญญาณ จึงใช้วิธีการกำหนดผ่านทางซอฟต์แวร์เพื่อให้ค่าที่แสดงในจอคอมพิวเตอร์ผ่านซอฟต์แวร์เป็นค่าที่ใกล้เคียงย่านวัดจริง การกำหนดทำได้โดยใช้แท็บตั้งช่วงสัญญาณตัวตรวจรู้ โดยบังคับช่วงสัญญาณตัวตรวจรู้ เนื่องจากเครื่องกำเนิดสัญญาณมาตรฐานเมื่อหมุนปรับระดับสัญญาณจะให้ค่าสัญญาณทั้ง 7 ช่องสัญญาณเท่ากัน แต่การกำหนดช่วงตัวตรวจรู้ในซอฟต์แวร์จะทำให้ค่าทั้ง 7 แตกต่างกัน โดยสามารถกำหนดให้ต่างกันตามค่าวัดที่ควรจะเป็น ทั้งนี้เพื่อทดสอบการทำงานของซอฟต์แวร์ว่าสามารถรับค่าสัญญาณภายนอกแล้วซอฟต์แวร์ทำงานได้จริง

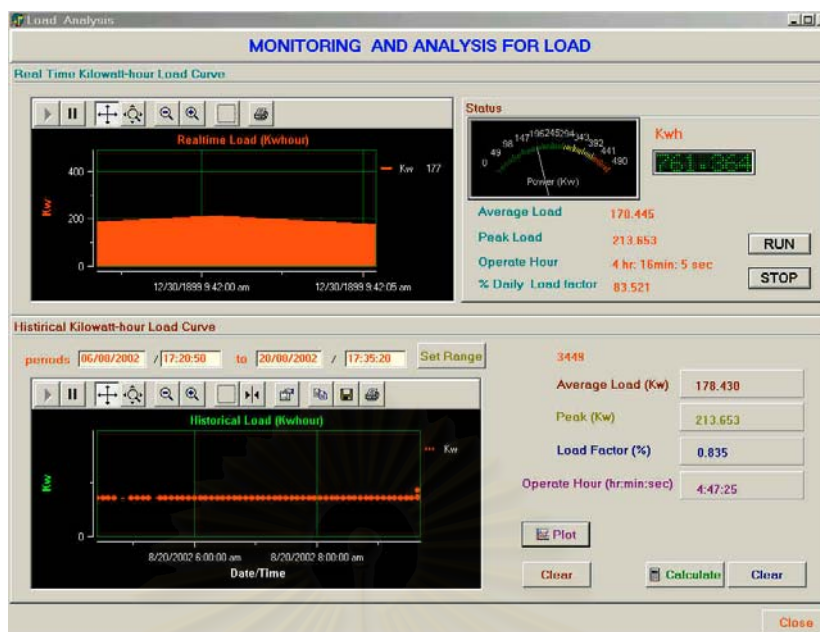
ผลการทดสอบและข้อสรุป

เมื่อทดสอบการกดปุ่มเริ่มทำงาน ซอฟต์แวร์ทำงานและรับค่าสัญญาณพร้อมทั้งแสดงสัญญาณตามที่ได้รับจากเครื่องกำเนิดสัญญาณมาตรฐานได้ โดยเมื่อทำการปรับระดับสัญญาณหมุนระดับขึ้นและลง ค่าที่แสดงก็เปลี่ยนแปลงตามการปรับระดับสัญญาณจากเครื่องกำเนิดสัญญาณมาตรฐาน

การทดสอบซอฟต์แวร์เป็นเวลานาน 13 ชั่วโมงอย่างต่อเนื่อง ปรากฏว่าไม่เกิดข้อผิดพลาด ดังรูป



รูปที่ 6.7 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์ขณะทำงานเป็นเวลา 12 ชั่วโมง 48 นาที 2 วินาที



รูปที่ 6.8 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์ขณะทำงานผ่านทางหน้าต่างวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าเมื่อทำงานไป 4 ชั่วโมง 16 นาที 5 วินาที

การทดสอบซอฟต์แวร์โดยเปิดการทำงานในหน้าต่างวิเคราะห์โหลดขณะซอฟต์แวร์ทำงานไป 4 ชั่วโมง 16 นาที 5 วินาที ได้ผลดังนี้

โหลดเฉลี่ย	478.445
โหลดสูงสุด	213.653
ชั่วโมงทำงาน	4 ชั่วโมง 16 นาที 5 วินาที
เปอร์เซ็นต์โหลดรายวัน	83.521
กิโลวัตต์ชั่วโมง	761.364

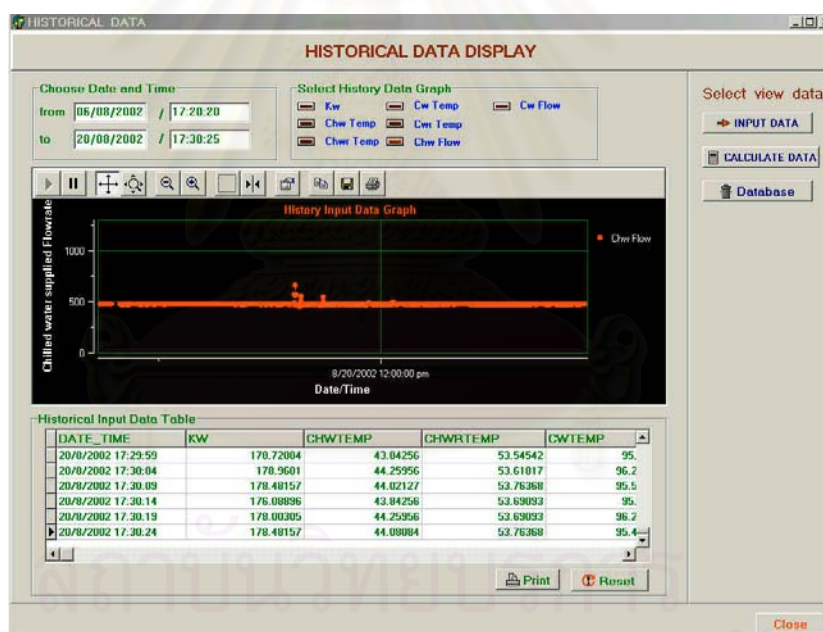
ตารางที่ 6.1 ค่าจากการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าขณะเวลาจริง

เมื่อเรียกดูค่าอดีต ช่วงข้อมูลตั้งแต่ 6/08/2002 เวลา 17:10:20 ถึง 20/08/2002 เวลา 17:35:20 ได้ข้อมูล 3449 จำนวน (มีข้อมูลเก่าอยู่เล็กน้อยก่อนทำการทดสอบ) แสดงดังนี้

โหลดเฉลี่ย	478.430
โหลดสูงสุด	213.653
ชั่วโมงทำงาน	4 ชั่วโมง 47 นาที 25 วินาที
เปอร์เซ็นต์โหลดรายวัน	83.5

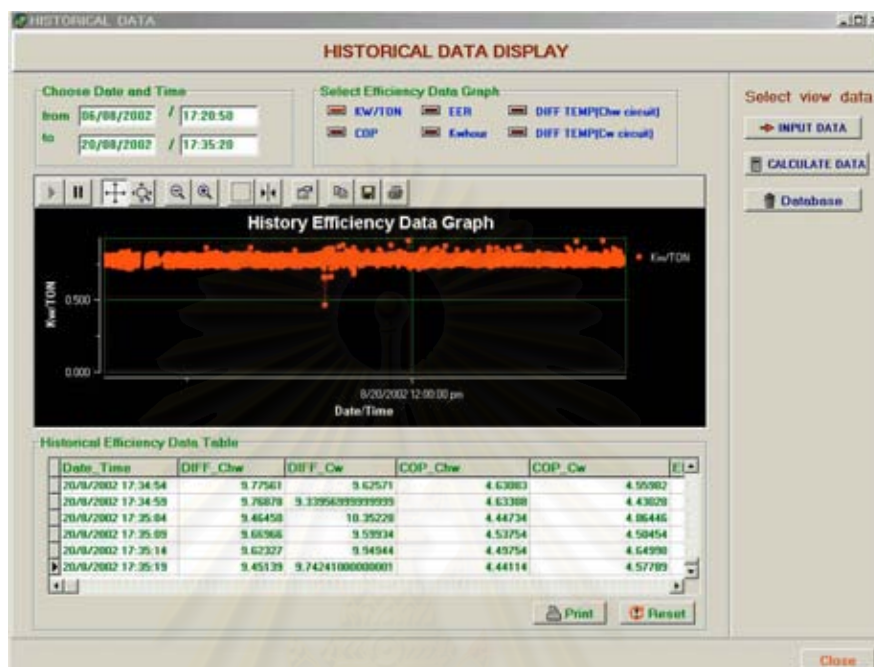
ตาราง 6.2 ค่าจากการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าขณะเวลาอดีต

การทดสอบซอฟต์แวร์ขณะทำงานผ่านทางหน้าต่างแสดงค่าอดีตเมื่อเรียกดูข้อมูลจากตารางอินพุต และเลือกกราฟอัตราการไหลน้ำเย็น ตั้งแต่ช่วง 6/08/2002 เวลา 17:20:20 ถึง 20/08/2002 เวลา 17:30:25 ได้ผลดังรูป



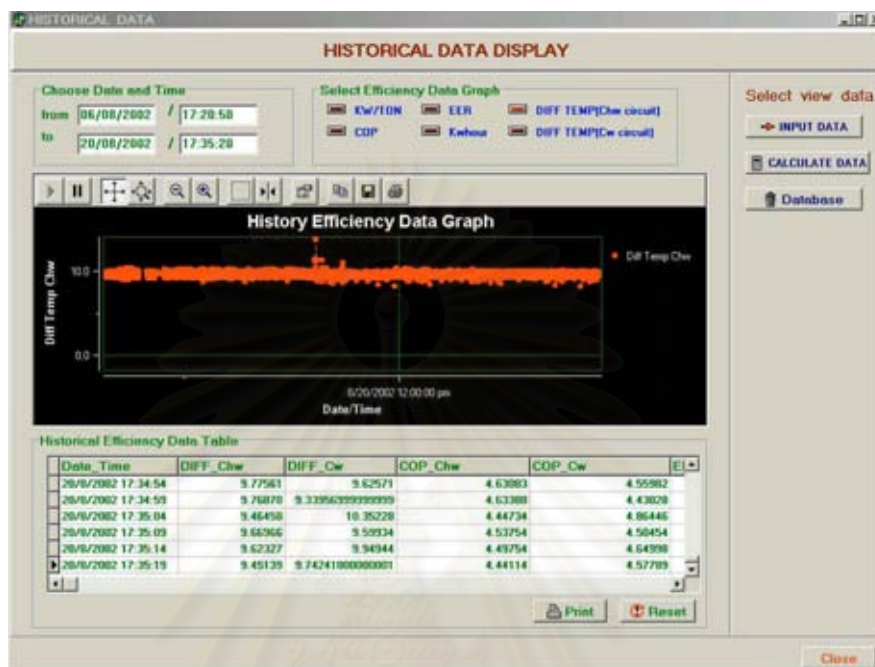
รูปที่ 6.9 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์ขณะทำงานผ่านทางหน้าต่างแสดงค่าอดีตเมื่อเรียกดูข้อมูลจากตารางอินพุตและเลือกกราฟอัตราการไหลน้ำเย็น

การทดสอบซอฟต์แวร์ขณะทำงานผ่านทางหน้าต่างแสดงค่าอดีตเมื่อเรียกดูข้อมูลจากตารางคำนวณและเลือกกราฟอัตราส่วนประสิทธิภาพกิโลวัตต์ต่อตัน ตั้งแต่ช่วง 6/08/2002 เวลา 17:20:50 ถึง 20/08/2002 เวลา 17:35:20 ได้ผลดังรูป



รูปที่ 6.10 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์ขณะทำงานผ่านทางหน้าต่างแสดงค่าอดีตเมื่อเรียกดูข้อมูลจากตารางคำนวณและเลือกกราฟอัตราส่วนประสิทธิภาพกิโลวัตต์ต่อตัน

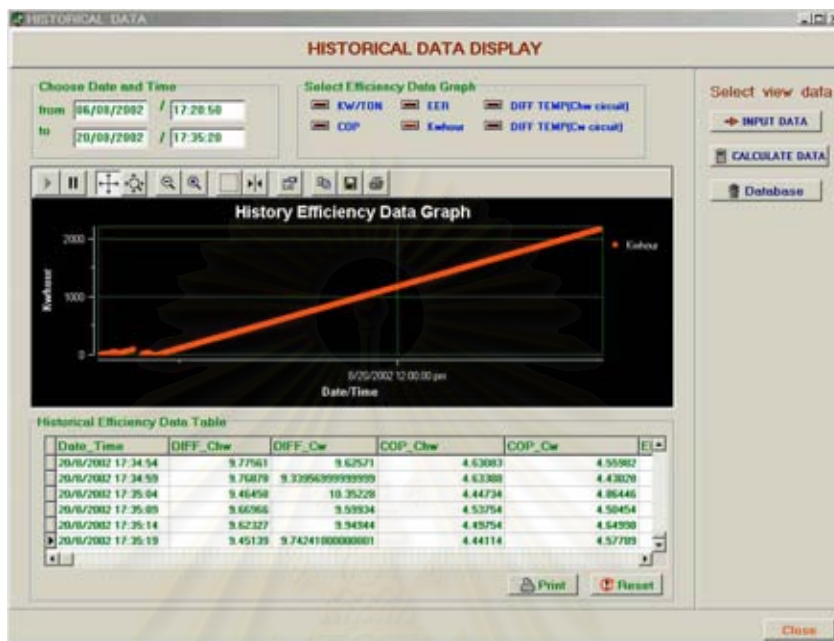
การทดสอบซอฟต์แวร์ขณะทำงานผ่านทางหน้าต่างแสดงค่าดีเมื่อเรียกดูข้อมูลจากตารางคำนวณ และเลือกกราฟผลต่างอุณหภูมิน้ำเย็น ตั้งแต่ช่วง 6/08/2002 เวลา 17:20:50 ถึง 20/08/2002 เวลา 17:35:20 ได้ผลดังรูป



รูปที่ 6.11 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์ขณะทำงานผ่านทางหน้าต่างแสดงค่าดีเมื่อเรียกดูข้อมูลจากตารางคำนวณ และเลือกกราฟผลต่างอุณหภูมิน้ำเย็น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดสอบซอฟต์แวร์ขณะทำงานผ่านทางหน้าต่างแสดงค่าอดีตเมื่อเรียกดูข้อมูลจากตารางคำนวณ และเลือกกราฟกิโลวัตต์ชั่วโมง ตั้งแต่ช่วง 6/08/2002 เวลา 17:20:50 ถึง 20/08/2002 เวลา 17:35:20 ได้ผลดังรูป

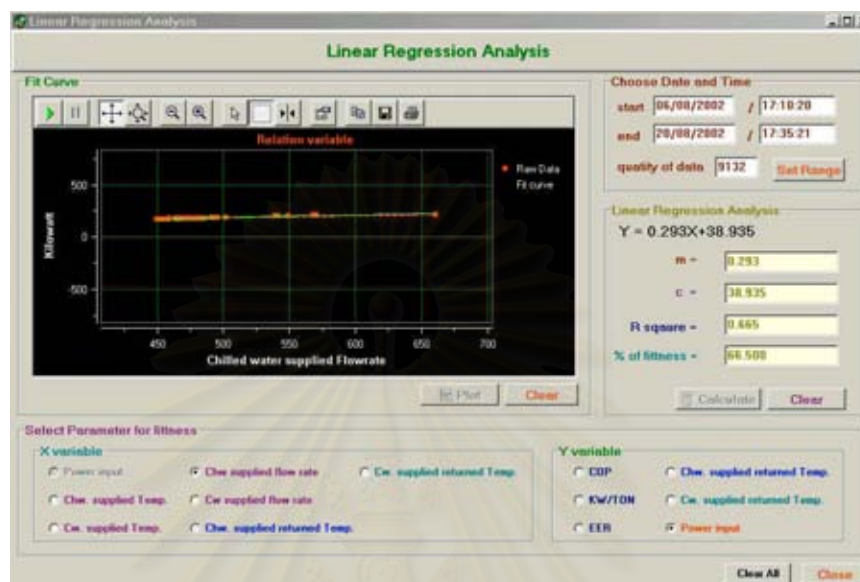


รูปที่ 6.12 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์ขณะทำงานผ่านทางหน้าต่างแสดงค่าอดีตเมื่อเรียกดูข้อมูลจากตารางคำนวณและเลือกกราฟกิโลวัตต์ชั่วโมง

จากกราฟเมื่อไม่ดูค่าเก่าที่มีอยู่เล็กน้อย พบว่ากราฟมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งตรงกับค่ากิโลวัตต์ชั่วโมงที่ควรเป็นที่เพิ่มขึ้นตามเวลา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดสอบซอฟต์แวร์ขณะทำงานผ่านทางหน้าต่างวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยโดยเลือกกราฟระหว่างอัตราการไหลน้ำเย็นกับกิโลวัตต์ ตั้งแต่ช่วง 6/08/2002 เวลา 17:10:20 ถึง 20/08/2002 เวลา 17:35:21 มีข้อมูลรวม 9132 ค่า



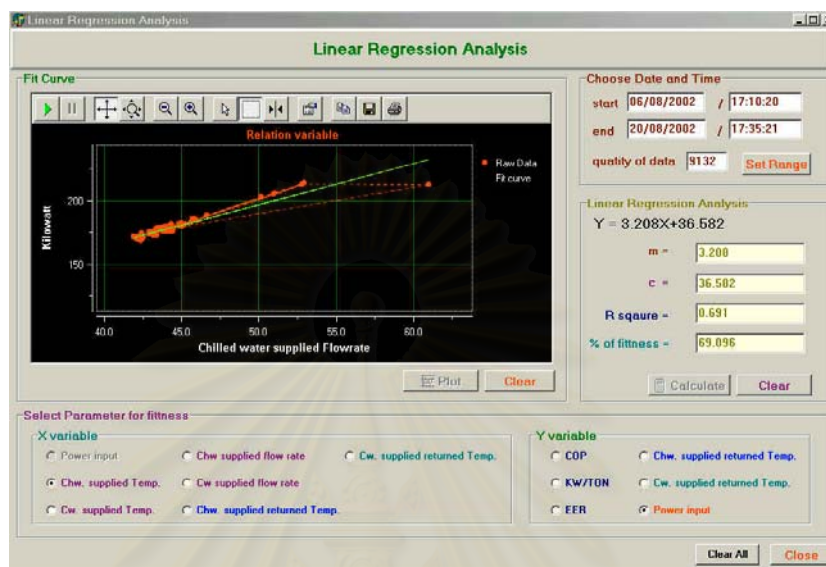
รูปที่ 6.13 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์ขณะทำงานผ่านทางหน้าต่างวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยโดยเลือกกราฟระหว่างอัตราการไหลน้ำเย็นกับกิโลวัตต์

จากรูปได้ผลดังนี้

m	0.293
c	38.935
R^2	0.665
% fitness	66.5

ตารางที่ 6.3 ผลการคำนวณจากหน้าต่างวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยโดยเลือกกราฟระหว่างอัตราการไหลน้ำเย็นกับกิโลวัตต์

การทดสอบซอฟต์แวร์ขณะทำงานผ่านทางหน้าต่างวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้น
ถดถอยโดยเลือกกราฟระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นกับกิโลวัตต์ ตั้งแต่ช่วง 6/08/2002 เวลา 17:10:20
ถึง 20/08/2002 เวลา 17:35:21 มีข้อมูลรวม 9132



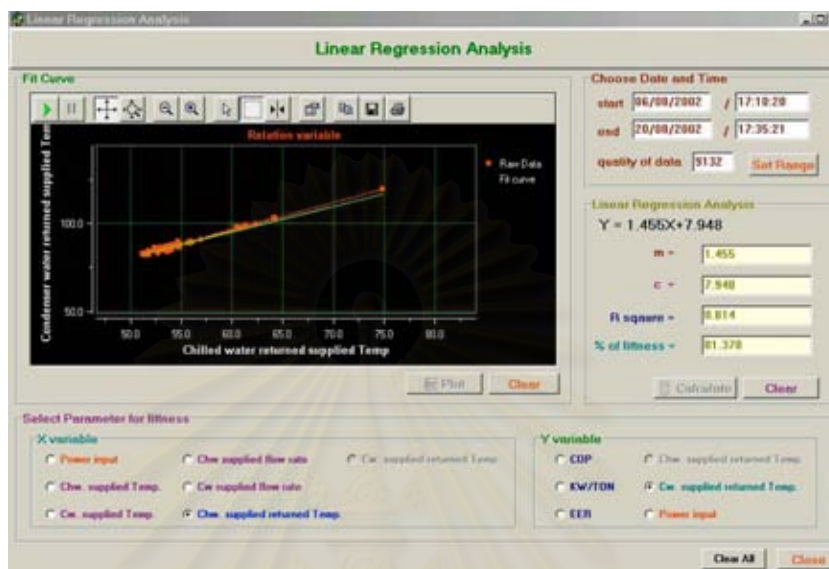
รูปที่ 6.14 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์ขณะทำงานผ่านทางหน้าต่างวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการ
เชิงเส้นถดถอยโดยเลือกกราฟระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นกับกิโลวัตต์

จากรูปได้ผลดังนี้

m	3.208
c	36.582
R^2	0.691
% fitness	69.096

ตารางที่ 6.4 ผลการคำนวณจากหน้าต่างวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยโดย
เลือกกราฟระหว่างระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นกับกิโลวัตต์

การทดสอบซอฟต์แวร์ขณะทำงานผ่านทางหน้าต่างวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยโดยเลือกกราฟระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับกับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นไหลกลับ ตั้งแต่วันที่ 6/08/2002 เวลา 17:10:20 ถึง 20/08/2002 เวลา 17:35:21 มีข้อมูลรวม 9,132



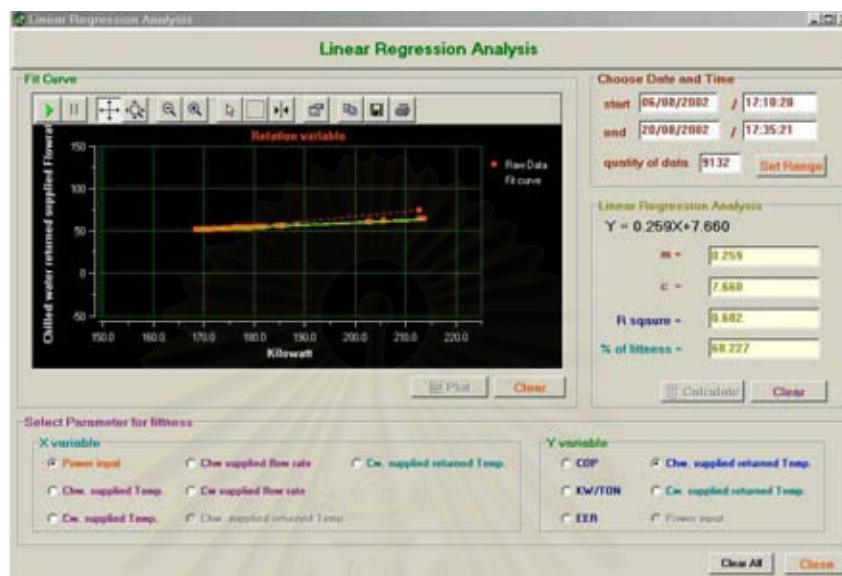
รูปที่ 6.15 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์ขณะทำงานผ่านทางหน้าต่างวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยโดยเลือกกราฟระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับกับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นไหลกลับ

จากรูปได้ผลดังนี้

m	1.455
c	7.948
R^2	0.814
% fitness	81.378

ตารางที่ 6.5 ผลการคำนวณจากหน้าต่างวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยโดยเลือกกราฟระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับกับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นไหลกลับ

การทดสอบซอฟต์แวร์ขณะทำงานผ่านทางหน้าต่างวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยโดยเลือกกราฟระหว่างกิโลวัตต์กับอุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับตั้งแต่ช่วง6/08/2002 เวลา 17:10:20 ถึง 20/08/2002 เวลา 17:35:21 มีข้อมูลรวม 9132 ค่า



รูปที่ 6.16 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์ขณะทำงานผ่านทางหน้าต่างวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยโดยเลือกกราฟระหว่างกิโลวัตต์กับอุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับ

จากรูปได้ผลดังนี้

m	0.259
c	7.660
R^2	0.682
% fitness	68.227

ตารางที่ 6.6 ผลการคำนวณจากหน้าต่างวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยโดยเลือกกราฟระหว่างกิโลวัตต์กับอุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับ

เมื่อทดสอบพิมพ์ข้อมูลจากตารางอินพุตที่เก็บในฐานะข้อมูลแสดงในหน้าที่ 146 ได้ผลดัง
รูป ช่วงเวลาตั้งแต่ 20/08/2002 เวลา 9:43:21 ถึง 20/08/2002 เวลา 9:45:16

20/8/2002 9:46:40							Page146
DATE/TIME	KILOWATT	CHW TEMP	CHWR TEMP	CWTEMP	CWR TEMP	CHWFLOW	CWFLOW
20/8/2002 9:43:21	176.00305	43.90213	53.76360	95.72103	86.35509	475.95118	614.24125
20/8/2002 9:43:26	176.00305	44.00084	53.83644	95.48126	86.23839	475.00664	611.75097
20/8/2002 9:43:31	177.20527	44.19938	53.76360	95.58008	86.47179	474.3621	610.09078
20/8/2002 9:43:36	176.00096	44.00004	53.76360	95.72103	86.23029	476.29572	610.92008
20/8/2002 9:43:41	176.00305	43.9017	53.76360	94.55207	85.00029	475.00064	614.24125
20/8/2002 9:43:46	177.76378	43.90213	53.89083	95.59115	86.00489	476.29572	611.75097
20/8/2002 9:43:51	178.72084	44.19938	53.81017	95.59115	86.00489	474.60437	611.75097
20/8/2002 9:43:56	178.72084	43.8056	53.54542	96.72103	86.12169	476.94026	613.41115
20/8/2002 9:44:01	178.72084	44.02427	53.61017	95.59115	85.00029	475.00064	611.75097
20/8/2002 9:44:06	178.24231	43.90213	53.69093	96.24057	86.12169	475.05118	611.75097
20/8/2002 9:44:11	177.62453	44.14041	53.76360	95.72103	86.23839	474.3621	611.75097
20/8/2002 9:44:16	177.52453	44.25056	53.80919	95.72103	84.95468	473.71756	611.75097
20/8/2002 9:44:21	174.17487	43.24885	52.52685	94.18242	84.60468	466.90308	588.40952
20/8/2002 9:44:26	174.09295	43.24885	52.74511	93.98265	84.13777	466.6276	588.95879
20/8/2002 9:44:31	174.41413	43.1277	52.67236	93.51299	84.48788	467.27214	587.63943
20/8/2002 9:44:36	178.00305	44.14041	53.81017	95.85092	85.77159	474.3621	614.24125
20/8/2002 9:44:41	174.17487	43.24885	52.5986	94.18242	84.37118	466.6276	588.4297
20/8/2002 9:44:46	176.34688	42.25413	51.58183	91.65461	82.73736	455.67041	586.04025
20/8/2002 9:44:51	171.54299	41.93628	51.43552	92.34403	82.62066	457.60403	588.16861
20/8/2002 9:44:56	171.54299	42.29371	51.85379	92.09426	82.97078	456.95348	588.04025
20/8/2002 9:45:01	171.00447	42.47242	51.58183	92.09426	82.73736	454.30132	586.01816
20/8/2002 9:45:06	176.82521	42.47242	51.58183	92.09426	82.62066	455.67041	584.35798
20/8/2002 9:45:11	176.82521	42.05642	51.43552	91.43484	82.30726	454.95949	588.50043
20/8/2002 9:45:16	176.68595	42.47242	51.58183	91.65461	82.50398	456.63722	588.50043

รูปที่ 6.17 ผลการสั่งพิมพ์ตารางอินพุตจากหน้าต่างแสดงค่าอดีต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อทดสอบพิมพ์เหตุการณ์ผิดปกติแสดงในหน้าที่ 1 แสดงช่วงเวลาตั้งแต่ 20/08/2002 เวลา 9:39:45 ถึง 20/08/2002 เวลา 9:41:20 ได้ดังรูป

20/8/2002 10:24:20			Page1		
ALARM INFORMATION					
DATE/TIME	INDEX	CHANNEL NUMBER	DATE/TIME	INDEX	CHANNEL NUMBER
20/8/2002 3:40:03	056	8	20/8/2002 9:39:45	056	8
20/8/2002 3:40:13	056	8	20/8/2002 9:39:50	056	8
20/8/2002 3:40:23	056	8	20/8/2002 9:39:55	052	5
20/8/2002 3:40:28	056	8	20/8/2002 9:39:55	056	8
20/8/2002 3:40:33	056	8	20/8/2002 9:40:00	056	8
20/8/2002 4:13:03	052	5	20/8/2002 9:40:05	052	5
20/8/2002 4:13:18	052	5	20/8/2002 9:40:05	056	8
20/8/2002 4:13:23	052	5	20/8/2002 9:40:10	052	5
20/8/2002 4:14:23	052	5	20/8/2002 9:40:10	056	8
20/8/2002 4:14:59	052	5	20/8/2002 9:40:15	052	5
20/8/2002 4:15:04	052	5	20/8/2002 9:40:15	056	8
20/8/2002 4:15:19	052	5	20/8/2002 9:41:15	031	0
20/8/2002 4:15:39	052	5	20/8/2002 9:41:16	035	1
20/8/2002 4:15:44	052	5	20/8/2002 9:41:16	039	2
20/8/2002 4:16:14	052	5	20/8/2002 9:41:16	043	3
20/8/2002 4:16:24	052	5	20/8/2002 9:41:16	047	4
20/8/2002 4:16:29	052	5	20/8/2002 9:41:16	051	5
20/8/2002 4:18:14	052	5	20/8/2002 9:41:16	055	8
20/8/2002 4:18:54	052	5	20/8/2002 9:41:20	031	0

รูปที่ 6.18 ผลการส่งพิมพ์จากหน้าต่างเหตุการณ์ผิดปกติ

จากรูปฝั่งขวาเป็นข้อมูลหน้าแรกที่ได้จากการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างค่าเหตุการณ์ผิดปกติ (ฝั่งซ้ายเป็นค่าเก่าที่มีอยู่เดิมก่อนทดสอบซอฟต์แวร์)

จากการทดสอบซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ระบบจำลอง โดยเปิดการทำงานเป็นเวลาต่อเนื่อง 13 ชั่วโมง สามารถสรุปได้ว่าซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ตรงกับความต้องการในการออกแบบแต่ต้น นอกจากนี้ยังไม่พบข้อผิดพลาดในการทำงานเมื่อทดสอบด้วยระบบจำลอง

บทที่ 7

การทดสอบกับระบบจริง

ความนำ

บทนี้จะกล่าวถึงการติดตั้งและทดสอบการทำงานของซอฟต์แวร์ที่ถูกออกแบบและพัฒนาสำหรับตรวจตราการทำงานและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์ ได้แก่ การปรับเทียบตัวตรวจรู้, การติดตั้งตัวตรวจรู้, การเดินสายนำสัญญาณ จากนั้นจึงทำการทดสอบซอฟต์แวร์กับเครื่องทำน้ำเย็นผ่านทางจอคอมพิวเตอร์

ผลการทดสอบซอฟต์แวร์ถูกใช้ในการวิเคราะห์และสรุปผลเพื่อรายงานให้กับผู้รับผิดชอบเครื่องทำน้ำเย็นของอาคาร

โครงสร้างระบบทำน้ำเย็นของอาคารที่ติดตั้งและทดสอบการทำงาน (อาคารวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

ระบบทำน้ำเย็นของอาคารวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประกอบด้วยอาคารที่อยู่บริเวณพื้นเดียวกันรวม 2 อาคาร อาคารหลักเป็นอาคาร 7 ชั้น มีชั้นลอยอีกหนึ่งชั้น อาคารหลักทำหน้าที่ให้บริการห้องสมุด, ห้องโสตศึกษา, ห้องประชุม, และส่วนสำนักผู้อำนวยการ และอาคารที่แยกออกมาเป็นส่วนของห้องเครื่อง ซึ่งเป็นที่ตั้งของเครื่องทำน้ำเย็นอยู่แยกออกมาจากอาคารหลัก ทำความเย็นให้กับอาคารหลักทั้งหมด

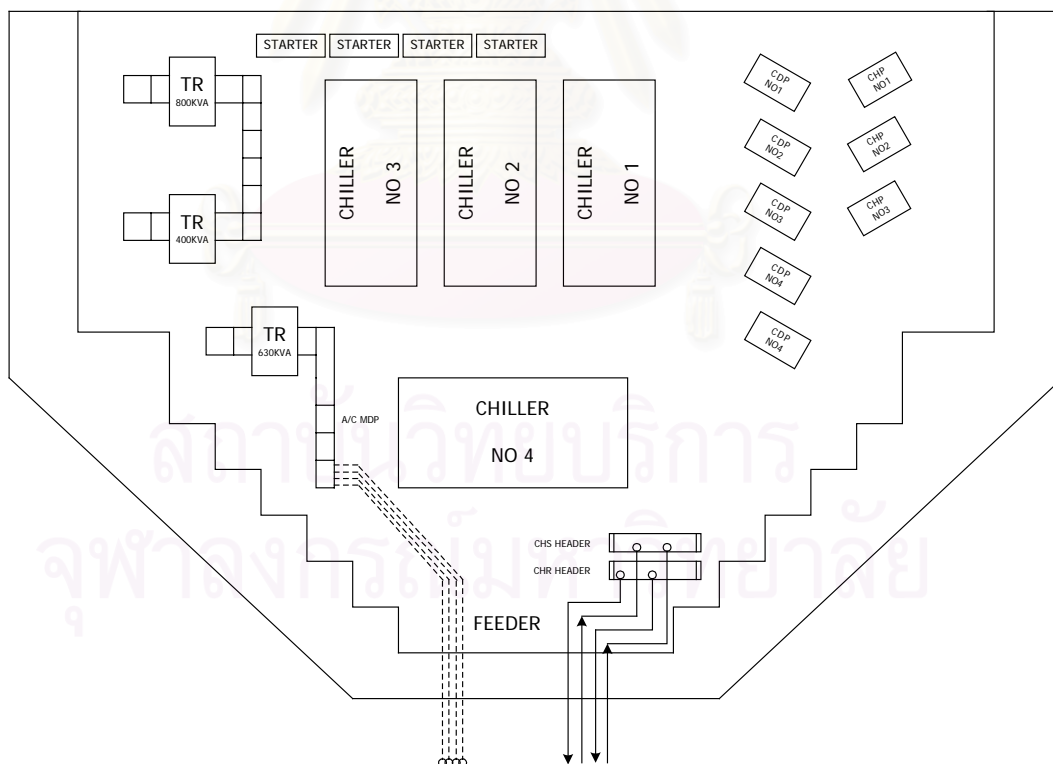
อาคารวิทยบริการให้บริการห้องสมุดเป็นหลักทำให้มีผู้ใช้บริการเข้าออกตัวอาคารเป็นจำนวนมากและเป็นจำนวนหลายชั่วโมงในหนึ่งวันทำให้เกิดโหลดความร้อนเป็นจำนวนมาก จึงทำให้ต้องมีระบบทำความเย็นแบบรวมศูนย์ขนาดใหญ่เพื่อให้ความสบายกับผู้มาใช้บริการห้องสมุด

เครื่องทำความเย็นที่ใช้สร้างความเย็นให้อาคารวิทยบริการมีทั้งสิ้น 4 เครื่อง ขณะทำงานเดินเครื่องพร้อมกัน 2 เครื่อง แต่ละเครื่องทำงานที่เต็มพิกัดความเย็น (Full Load) เริ่มเดินเครื่องตั้งแต่เวลา 6.30 น. และปิดเครื่องเวลา 20.30 น. ในวันทำการจันทร์ถึงศุกร์ รวม 14 ชั่วโมง และ

เวลา 9.00 น. ถึง 16.00 น. สำหรับวันเสาร์ รูปที่ 7.1 แสดงตำแหน่งเครื่องจักรและอุปกรณ์ภายในห้องเครื่องของอาคารวิทยบริการ



รูปที่ 7.1 ภาพถ่ายห้องเครื่องของอาคารวิทยบริการ



รูปที่ 7.2 ตำแหน่งเครื่องทำน้ำเย็นภายในห้องเครื่องของอาคารวิทยบริการ

คุณลักษณะเครื่องทำน้ำเย็นของอาคารวิทยบริการ

เครื่องทำน้ำเย็นมีหลักการพื้นฐานตามที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 ฉะนั้นจะกล่าวถึงแต่เพียงเครื่องทำน้ำเย็นที่ถูกเลือกเพื่อทำการทดสอบซอฟต์แวร์ เครื่องทำน้ำเย็นที่เลือกใช้มีคุณลักษณะดังนี้ เครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้เป็นของบริษัท Carrier International รุ่น 19DH คอมเพรสเซอร์เป็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal compressor) แบบระบายความร้อนด้วยน้ำ พิกัดของเครื่องตามแผ่นป้ายพิกัดเครื่อง (nameplate) มีรายละเอียดดังนี้ เครื่องทำน้ำเย็นขนาด 200 ตันความเย็น กิโลวัตต์ที่กำหนด 200 กิโลวัตต์ แรงดันที่กำหนด 380 โวลต์ กระแสที่กำหนด 308 แอมแปร์ ระบบไฟ 3 เฟส



รูปที่ 7.3 เครื่องทำน้ำเย็นที่ทำการทดสอบ



รูปที่ 7.4 ตู้ควบคุมที่ใช้สำหรับการปรับโหลดไฟฟ้า

การแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลที่เลือกใช้

การแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลรุ่น PA-CP12 ของบริษัท Acqutek ใช้แปลงสัญญาณที่รับมาจากวงจรแปลงสัญญาณกระแสเป็นแรงดัน เสียบทางสลอต ISA ที่อยู่ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

การ์ดที่ใช้มีคุณลักษณะที่เลือกใช้ดังนี้ มีความละเอียด 12 บิต รับสัญญาณอินพุตได้ 16 ช่องสัญญาณ โดยได้ทำการปรับสัญญาณอินพุตเข้าเป็น 0 ถึง 5 โวลต์ ความผิดพลาด 2 บิต ใช้เวลาในการแปลงสัญญาณ 200 ไมโครวินาที ความถี่การรับสัญญาณ 50 กิโลเฮิรตซ์ คอนเนกเตอร์ 37 พิน โครงสร้างการ์ดแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลรุ่น PA-CP12 แสดงดังรูป



รูปที่ 7.5 การ์ดแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลรุ่น PA-CP12 ที่เลือกใช้

คุณลักษณะอุปกรณ์วัดและการสอบเทียบ

1. คุณลักษณะอุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิ[14]

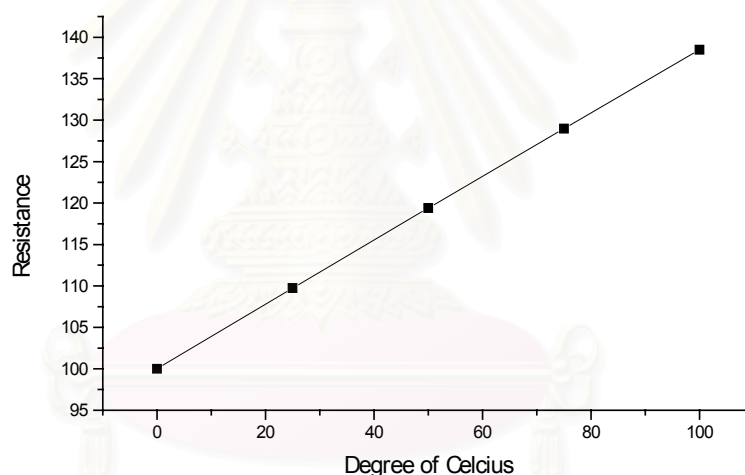
อุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิประกอบด้วย Pt 100 และเครื่องส่ง (Transmitter) สำหรับ Pt 100 ที่ใช้เป็นของบริษัท Primus ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางก้านวัด 6.35 มิลลิเมตร ความยาวก้านวัด 100 มิลลิเมตร ขนาดเกลียว 8 หุน จำนวนทั้งหมด 4 ตัว วัดอุณหภูมิทั้ง 4 จุด ส่วนเครื่องส่ง Pt 100 ใช้รุ่น TM-003 ของบริษัทเดียวกัน ใช้แปลงสัญญาณความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิจาก Pt 100 เป็นสัญญาณกระแสไฟตรงแอนะล็อกมาตรฐาน 4 ถึง 20 มิลลิแอมแปร์ สัญญาณอินพุตเป็นสัดส่วนกับสัญญาณเอาต์พุตในแบบเชิงเส้น ตั้งช่วงอุณหภูมิย่านอินพุตที่ 0 ถึง 100 องศาเซลเซียส ความเที่ยงตรงร้อยละ ± 1

เมื่อจะทำการวัดอุณหภูมิโดยใช้ Pt 100 ก่อนการใช้งานควรทำการสอบเทียบก่อนทุกครั้ง เนื่องจากป้องกันไม่ให้เกิดผิดพลาดจากความเป็นจริง วิธีการสอบเทียบทำโดยการสอบเทียบกับเครื่องปรับเทียบ Pt 100 มาตรฐาน ซึ่งก่อนที่จะติดตั้งได้นำ Pt 100 ไปสอบเทียบกับห้องปฏิบัติการสอบเทียบของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยทำการปรับเทียบทั้งสิ้น 5

จุดวัดได้แก่จุดร้อยละ 0,25,50,75,100 ตามลำดับ โดย Pt 100 ที่ใช้วัดอุณหภูมิมีช่วงการใช้งานในย่าน 0 องศาเซลเซียสถึง 100 องศาเซลเซียส ตารางการปรับเทียบแสดงตามตารางที่ 7.1

ระดับ	ร้อยละ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความต้านทาน (โอห์ม)	ค่ามาตรฐาน (โอห์ม)
1	0	0	100.000	100.00
2	25	25	109.737	109.73
3	50	50	119.399	119.40
4	75	75	128.986	128.98
5	100	100	138.500	138.50

ตาราง 7.1 แสดงลักษณะสมบัติของ Pt 100 ที่ใช้งาน



รูปที่ 7.6 กราฟแสดงลักษณะสมบัติของ Pt 100 ที่ใช้งาน

2. คุณลักษณะอุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำ

อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำที่เลือกใช้เป็นแบบอัลตราโซนิก รุ่น PT868 ของบริษัท Panametrics ข้อดีของมาตรวัดการไหลอัลตราโซนิกคือไม่ต้องรบกวนการไหลของน้ำภายในท่อ คุณลักษณะที่สำคัญดังนี้ ขนาด 5x9x2.3 นิ้ว มีความแม่นยำร้อยละ $\pm 0.5\%$ ถึง $\pm 2\%$ ของค่าอ่าน ที่อุณหภูมิไม่เกิน 500 องศาฟาเรนไฮต์ ใช้กับขนาดท่อ 0.5 ถึง 192 นิ้ว ส่งสัญญาณเอาต์พุต 4 ถึง 20 มิลลิแอมแปร์ หรือส่งทาง RS-232

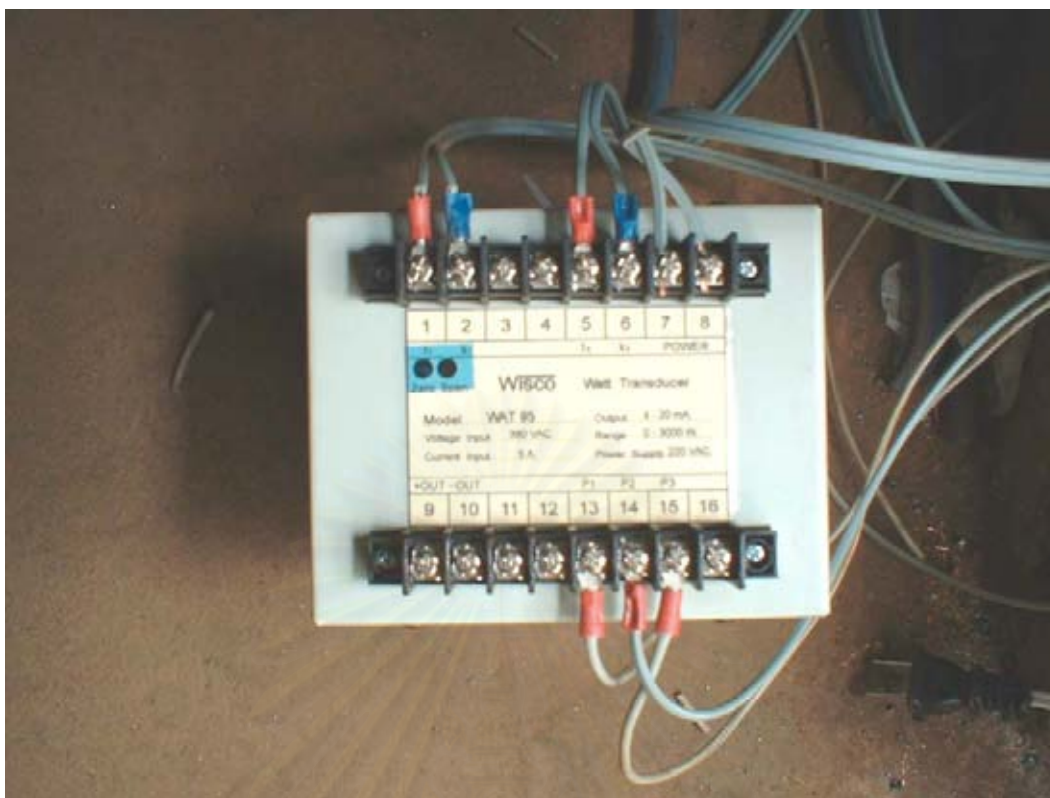
ก่อนใช้งานต้องมีการปรับตั้งมาตรฐานการไหลแบบอัลตราโซนิก ขณะไม่มีการไหลของน้ำในท่อ เข้าสู่เมนูการปรับเทียบที่มาตรฐานการไหลแบบอัลตราโซนิก จากนั้นทำการปรับค่าอัตราการไหลให้เป็นค่าศูนย์แกลลอนต่อนาที โดยเลือกตรงกับสัญญาณ 4 มิลลิแอมแปร์ จากนั้นกำหนดค่าอัตราการไหลเป็น 480 แกลลอนต่อนาที โดยเลือกให้ตรงกับสัญญาณ 20 มิลลิแอมแปร์



รูปที่ 7.7 มาตรฐานวัดอัตราการไหลแบบอัลตราโซนิกที่ใช้วัดอัตราการไหลน้ำในท่อน้ำเย็น

3. คุณลักษณะของอุปกรณ์วัดกำลังงานไฟฟ้าที่เลือกใช้

อุปกรณ์วัดกำลังงานไฟฟ้าที่เลือกใช้เป็น Watt Transducer ของบริษัท Wisco Industrial Instruments รุ่น Watt 95 ซึ่งมีคุณลักษณะดังนี้ ใช้วัดกับระบบแบบ 3 เฟส 3 สาย แรงดันอินพุต 380 โวลต์ กระแสอินพุต 5 แอมแปร์ ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ มีความเป็นเชิงเส้นต่ำกว่าร้อยละ $\pm 0.5\%$ ของช่วงวัด ใช้กับระบบไฟแรงดัน 220 โวลต์ คุณหมุมิทำงานช่วง 0-50 องศาเซลเซียส ดึงกระแสโดยใช้หม้อแปลงกระแส มี Ratio 400/5



รูปที่ 7.8 อุปกรณ์วัดกำลังไฟฟ้าที่เลือกใช้

การติดตั้งอุปกรณ์

การติดตั้งอุปกรณ์เริ่มจากการติดตั้งเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ทำงานด้วยระบบปฏิบัติการวินโดวส์มิลลิเนียม (Window millinium) ซึ่งมีการ์ดแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลติดตั้งอยู่ที่สล็อต ISA ของเครื่อง การติดต่อจากการ์ดแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลเชื่อมด้วยคอนเนกเตอร์ 37 ขา ผ่านสายนำสัญญาณแบบสายนำสัญญาณ 40 เส้น (ใช้ 37 เส้น) ต่อเข้ากับกล่องวงจรแปลงสัญญาณกระแสเป็นแรงดัน

กล่องวงจรแปลงสัญญาณกระแสเป็นแรงดันรับสัญญาณที่ส่งมาจากอุปกรณ์วัดที่ติดตั้งเพื่อวัดค่าอุณหภูมิของน้ำเย็นและน้ำหล่อเย็นทั้งขาเข้าและขาออกจำนวน 4 ค่า และอัตราการไหลของน้ำเย็นจำนวน 1 ค่า



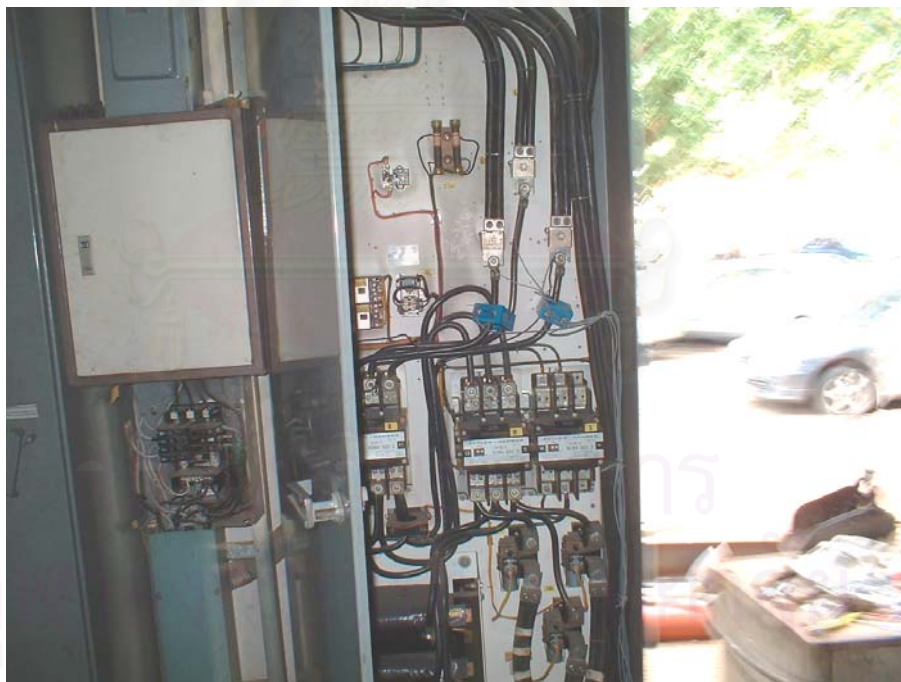
รูปที่ 7.9 การติดตั้งคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบซอฟต์แวร์

การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจรู้กับเครื่องทำน้ำเย็นมีดังนี้

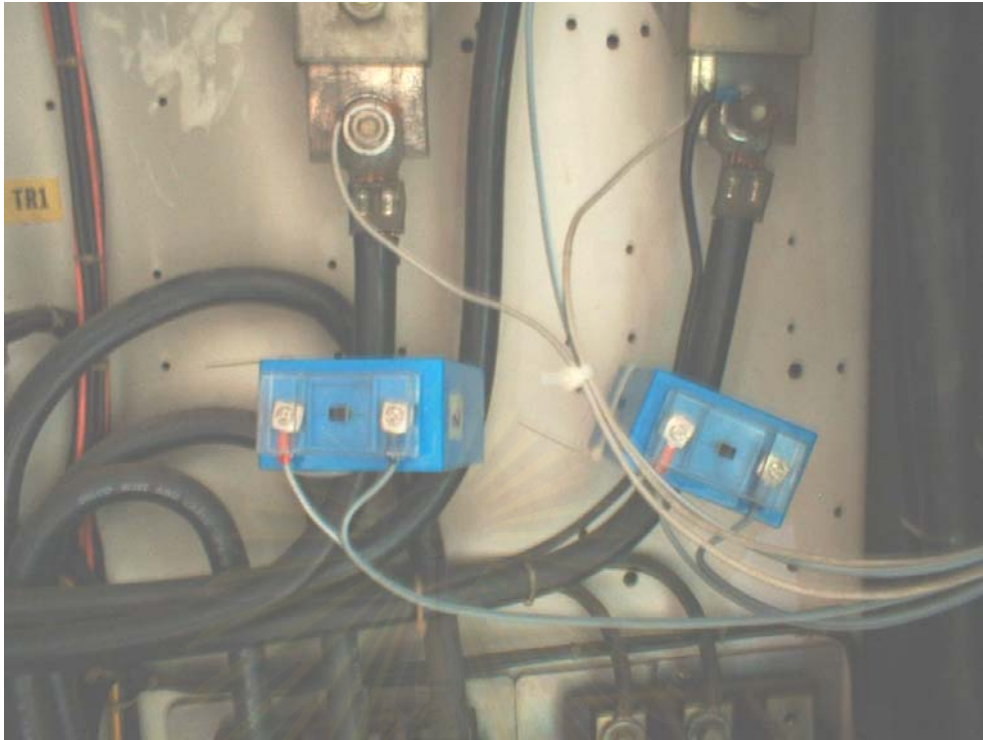
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7.10 การติดตั้ง Pt 100 และเครื่องส่ง



รูปที่ 7.11 ตู้ไฟฟ้าที่ป้องกันกำลังไฟฟ้าให้เครื่องทำน้ำเย็นที่ทดสอบ



รูปที่ 7.12 การติดตั้งหม้อแปลงกระแสไฟฟ้า



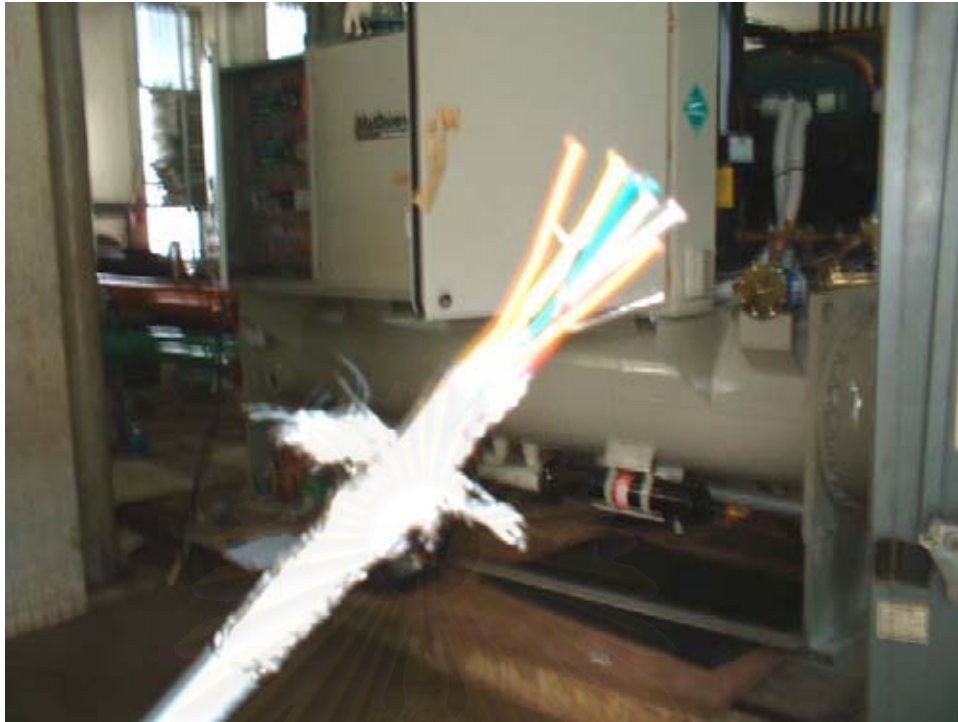
รูปที่ 7.13 การติดตั้งอุปกรณ์วัดกำลังไฟฟ้า



รูปที่ 7.14 การติดตั้งหัววัดของมาตรอัตราการไหลแบบอัลตราโซนิก



รูปที่ 7.15 มาตรวัดการไหลแบบอัลตราโซนิกที่ติดตั้งอยู่ในห้องควบคุม



รูปที่ 7.16 สายนำสัญญาณแบบรวมหลายคู่ (Multipair) และมีชีลด์ป้องกัน



รูปที่ 7.17 กล่องเชื่อมต่อสัญญาณ (Junction Box)



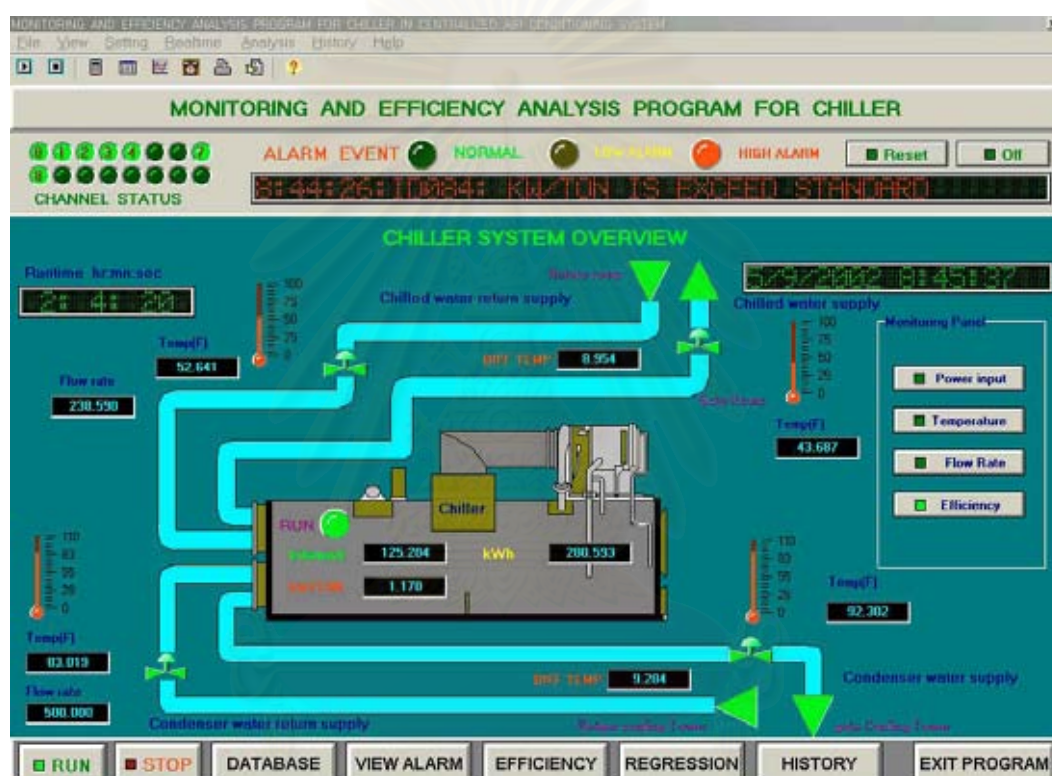
รูปที่ 7.18 การเดินสายนำสัญญาณ



รูปที่ 7.19 การเดินสายนำสัญญาณเข้าห้องควบคุม

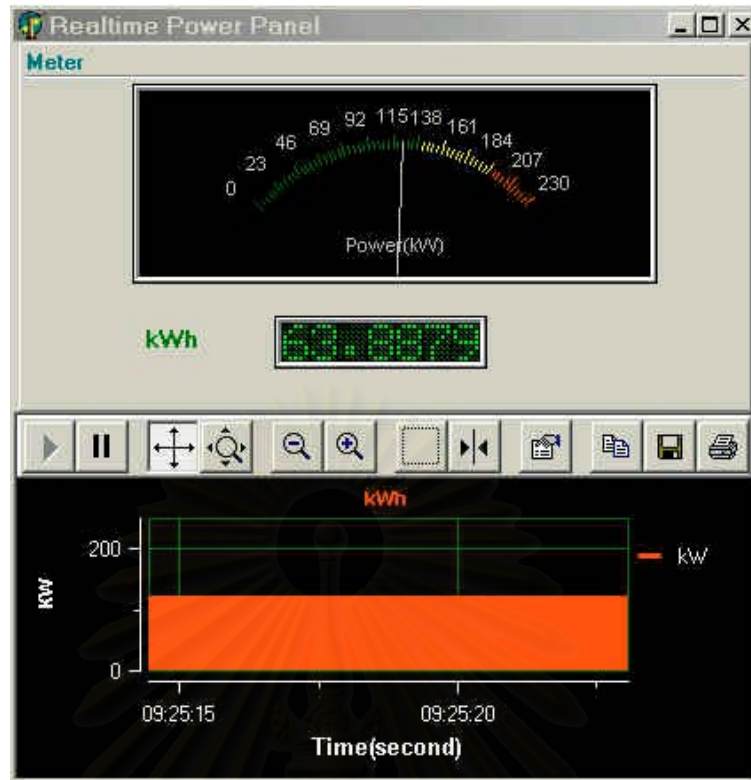
ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างหลัก

การเริ่มทดสอบซอฟต์แวร์กับระบบจริงทำหลังจากติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดที่กล่าวไปแล้ว ได้ผลดังนี้การทดสอบการทำงานของโปรแกรมได้ทำการทดสอบทั้งสิ้น 7 วันโดยเปิดเพื่อทดสอบการตรวจตราการทำงานและการเก็บข้อมูล พบว่าการทำงานของโปรแกรมเป็นไปอย่างราบรื่น ไม่มีอาการหยุดทำงาน ซึ่งตรงกับการทดสอบในห้องปฏิบัติการ การทดสอบทั้งการตรวจตราการทำงานของหน้าต่างต่างๆ และหน้าต่างวิเคราะห์ต่างๆ แสดงดังนี้

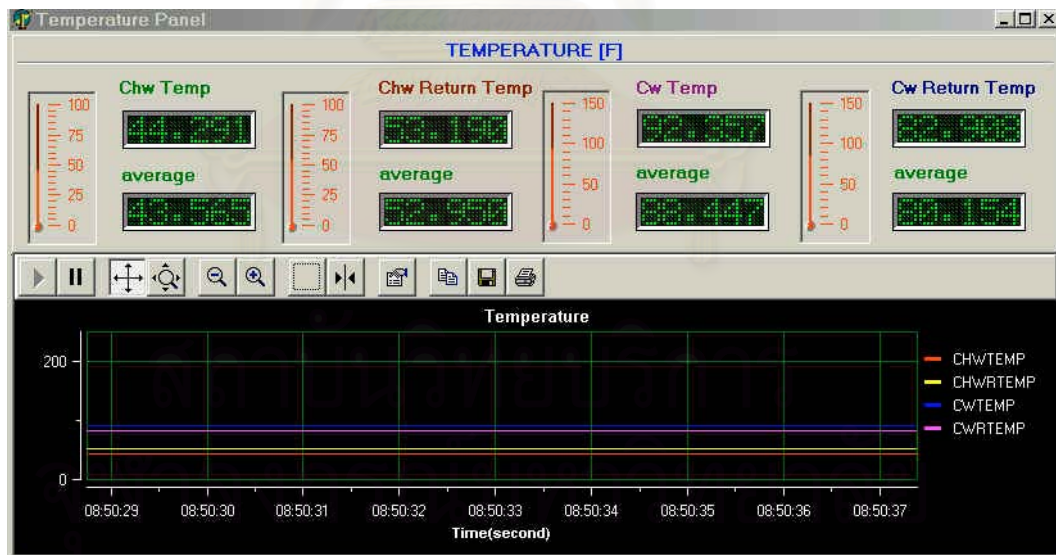


รูปที่ 7.20 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์ขณะทำงานเป็นเวลา 2 ชั่วโมง 4 นาที 28 วินาที

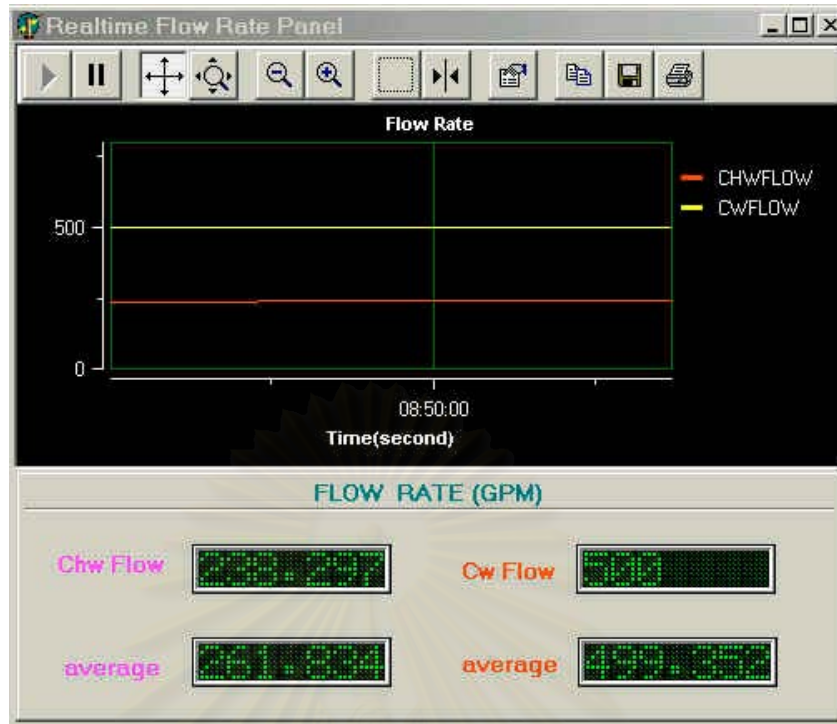
นอกจากนั้นการตรวจตราการทำงานเวลาจริงจะช่วยให้ผู้ควบคุมเห็นเหตุการณ์เบื้องต้น ทำให้ตัดสินใจได้ทันทีทันใด เช่น เมื่ออุณหภูมิน้ำเย็นสูงขึ้น ผู้ควบคุมอาจทำการปรับปรุงโดยการเปิดเครื่องสูบน้ำเย็น (Chilled Water Pump) เพื่อรักษาอุณหภูมิให้คงที่



รูปที่ 7.21 ผลการทำงานหน้าต่างย่อยกลุ่มกำลังงาน



รูปที่ 7.22 ผลการทำงานหน้าต่างกลุ่มอุณหภูมิ



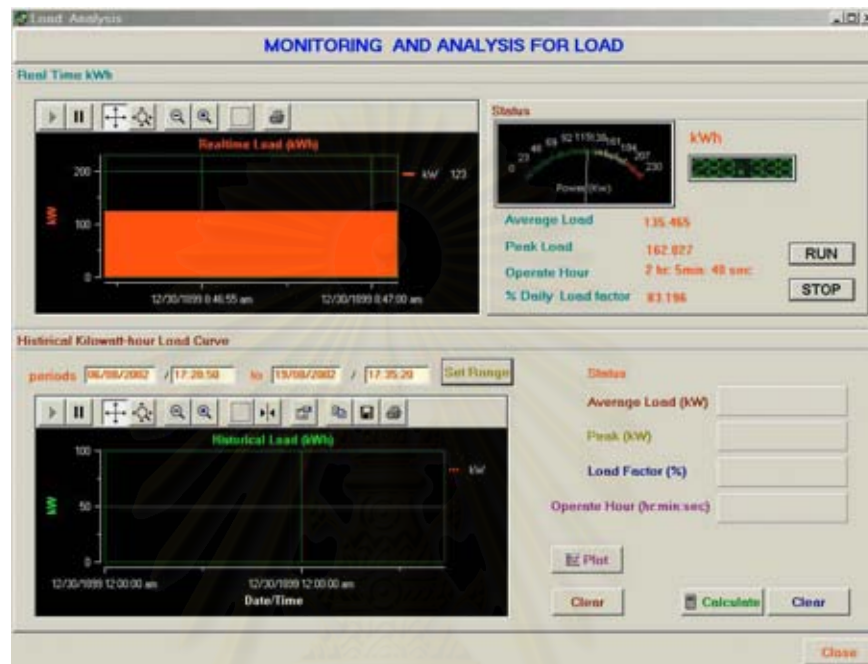
รูปที่ 7.23 ผลการทำงานหน้าต่างย่อยกลุ่มอัตราการไหล



รูปที่ 7.24 ผลการทดสอบการทำงานหน้าต่างย่อยกลุ่มประสิทธิภาพ

ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้า

ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าเป็นแบ่งได้สองส่วนคือ ขณะเวลาจริงและส่วนแสดงค่าอดีต



รูปที่ 7.25 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าขณะทำงานเป็นเวลา 2 ชั่วโมง 4 นาที 40 วินาที



รูปที่ 7.26 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าส่วนแสดงค่าอดีตสำหรับวันที่ 4/9/2545 เวลา 7:05:50 ถึงเวลา 21:00:20 น.

มีข้อมูลดังนี้

โหลดเฉลี่ย (กิโลวัตต์)	140.749
โหลดสูงสุด (กิโลวัตต์)	168.653
ชั่วโมงทำงาน	13 ชั่วโมง 53 นาที 30 วินาที
เปอร์เซ็นต์โหลดรายวัน	83.521

ตารางที่ 7.2 ผลการคำนวณจากหน้าต่างวิเคราะห์พลังไฟฟ้า

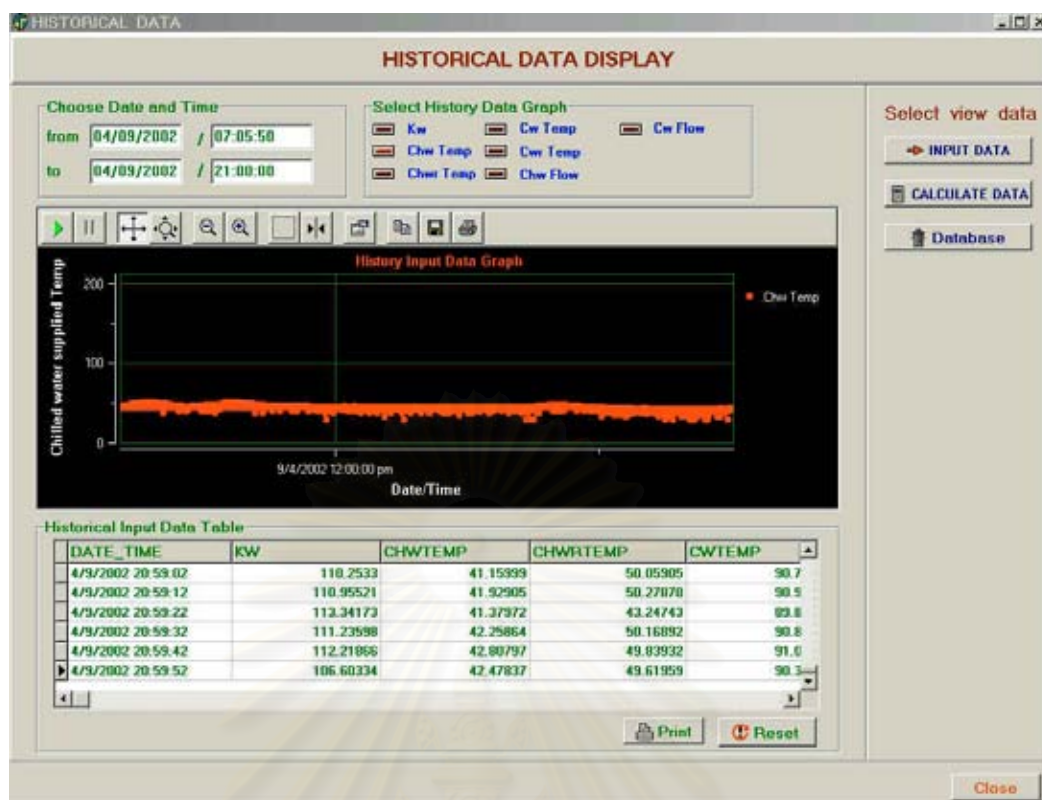
จากตารางพบว่าการใช้โหลดไม่คงที่ เนื่องมาจากช่วงเวลาทำงานในหนึ่งวันมีอุณหภูมิไม่คงที่ ตัวอย่างเช่น ในตอนเริ่มเดินเครื่องเวลาก่อน 7 นาฬิกา จะปรับโหลดที่ผู้ควบคุมไว้ที่ 100 เปอร์เซ็นต์ เพื่อทำน้ำเย็นให้ได้อุณหภูมิตามต้องการที่ 44-46 องศาฟาเรนไฮต์ เมื่อถึงเวลา 7 นาฬิกา จะทำการเปิดเครื่องส่งลมเย็นภายในอาคาร

เมื่อทำความเย็นแล้วอาจทำการปรับโหลดต่ำลง บั๊จจ่ายอื่นได้แก่ จำนวนโหลดความร้อน (คน, รังสีความร้อนจากหลอดไฟฟ้า), จำนวนเครื่องสูบน้ำที่เปิด, จำนวนห้องฝักบัวที่เปิด, อุณหภูมิบรรยากาศซึ่งขึ้นกับสภาพอากาศในแต่ละวัน ทั้งหมดที่กล่าวมาล้วนเป็นผลต่อพฤติกรรมการใช้กระแสไฟฟ้าในแต่ละวัน

ค่าตัวประกอบโหลดมีผลต่อค่าไฟฟ้า ถ้าปรับปรุงตัวประกอบโหลดให้มีค่าสูงค่าไฟฟ้าเฉลี่ยจะต่ำลง สิ่งที่มีผลต่อค่าตัวประกอบโหลดได้แก่ ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand) ถ้าสามารถควบคุมได้ก็จะลดค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนลง

ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างแสดงค่าอดีต

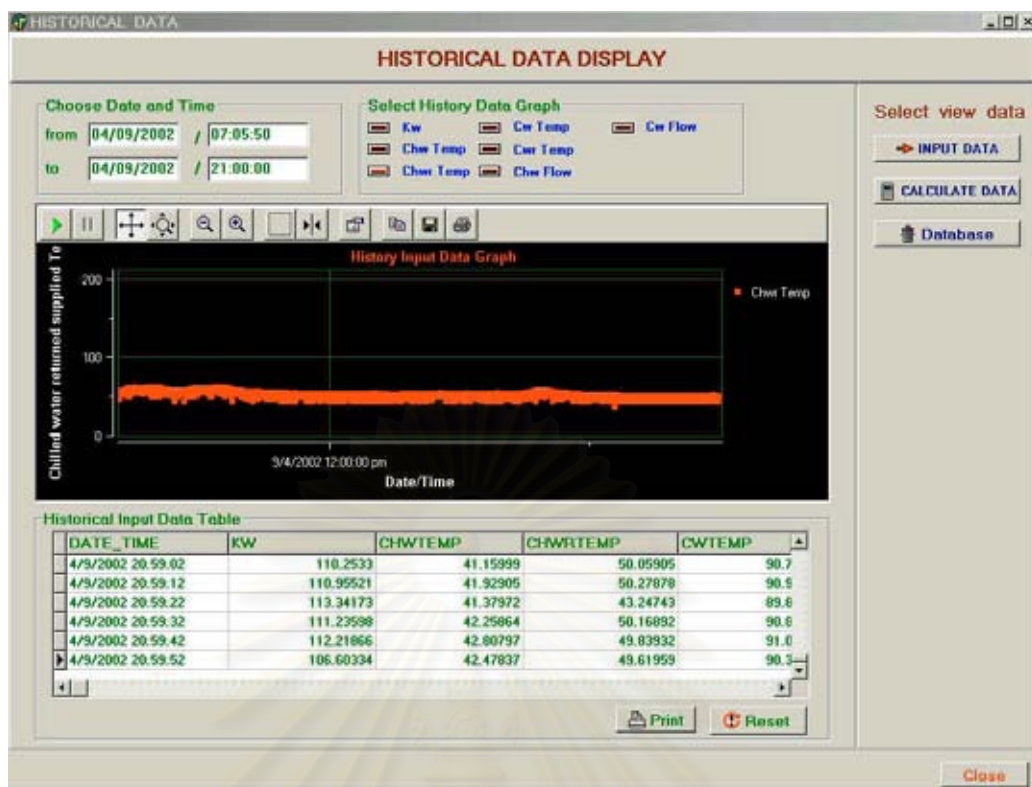
การทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างแสดงค่าอดีตโดยทำการเลือกดูค่าต่างๆ โดยทดสอบกับวันที่ 4/9/2002 เวลาตั้งแต่ 7:05:50 ถึง 21:00:00 แสดงได้ดังนี้



รูปที่ 7.27 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างแสดงค่าอดีตโดยเลือกค่าอุณหภูมิน้ำเย็น

จากการเรียกดูค่าอดีตของค่าอุณหภูมิน้ำเย็นในช่วงวันเวลาดังกล่าว พบว่าค่าค่อนข้างคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากนักอยู่ในช่วง 43.25-50.61 องศาฟาเรนไฮต์ โดยขึ้นกับการปรับโหลดไฟฟ้าและอุณหภูมิภายในอาคาร

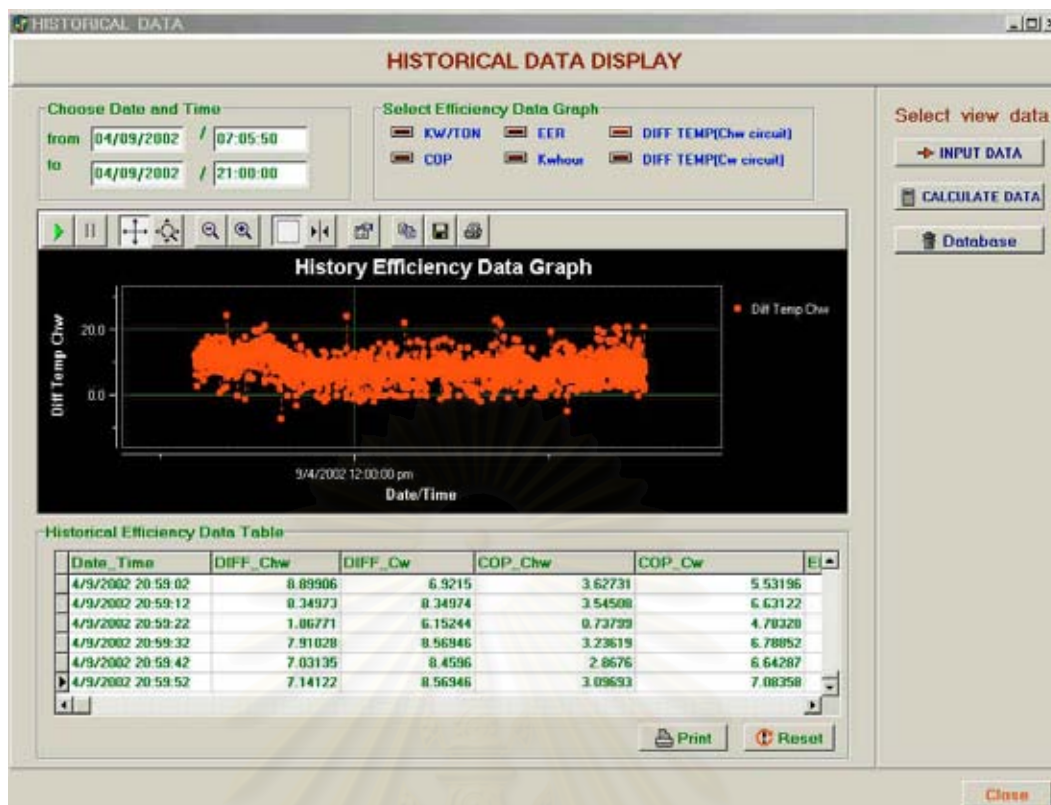
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7.28 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างแสดงค่าอดีตโดยเลือกค่าอุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับ

จากการเรียกดูค่าอดีตของค่าอุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับในช่วงวันเวลาดังกล่าว พบว่าค่าค่อนข้างคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากนักอยู่ในช่วง 48.08-61.38 องศาฟาเรนไฮต์ โดยขึ้นกับอุณหภูมิภายในอาคารซึ่งแปรตามโหลดความร้อนในอาคาร

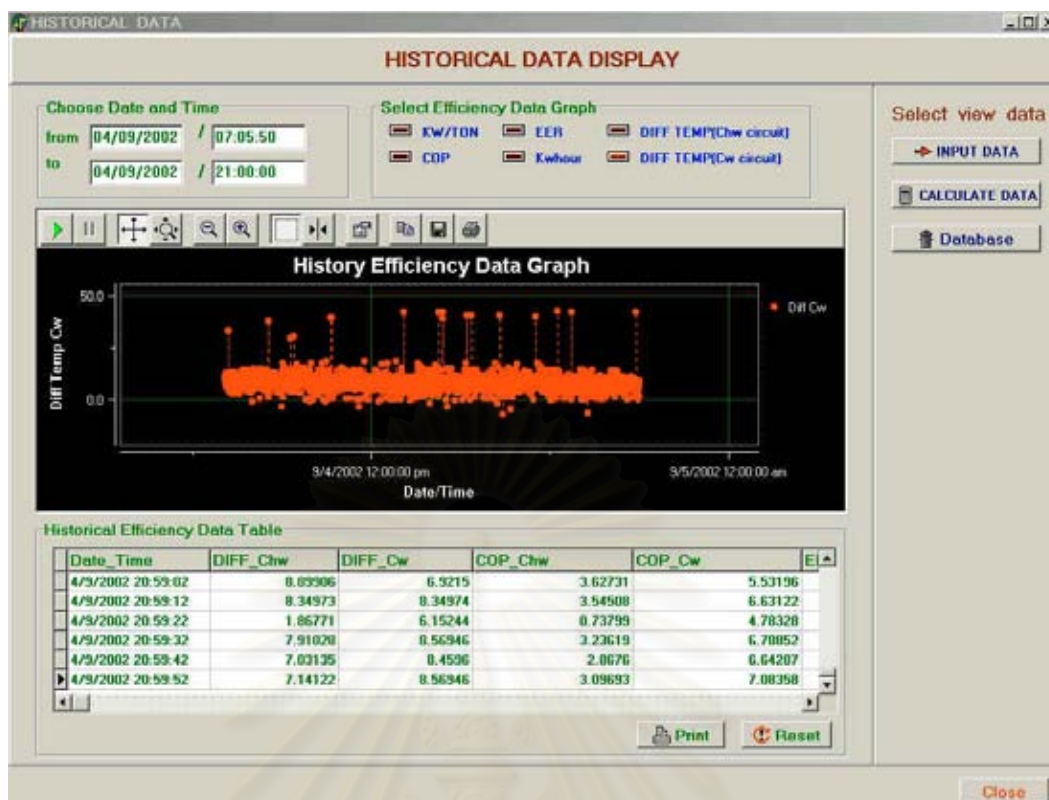
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7.29 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์แสดงค่าอดีตโดยเลือกค่าผลต่างอุณหภูมิน้ำเย็นเข้าและออก
อิวาพอเรเตอร์

เมื่อเรียกดูผลต่างอุณหภูมิน้ำเย็นเข้าและออกอิวาพอเรเตอร์ ค่าผลต่างอยู่ระหว่าง 6.04-14.61 องศาฟาเรนไฮต์ ค่าผลต่างอุณหภูมิน้ำเย็นเข้าและออกอิวาพอเรเตอร์มีผลต่อความสามารถในการทำความเย็นที่ผลิตจากเครื่องทำน้ำเย็น

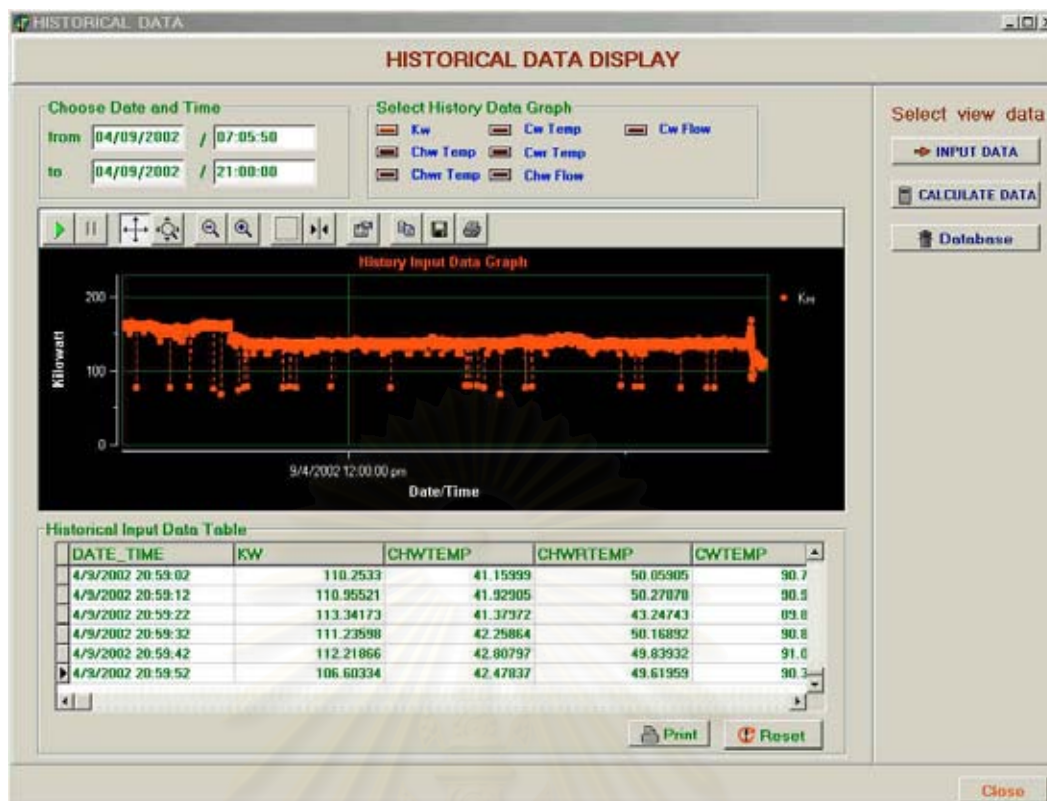
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7.30 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างแสดงค่าอดีตโดยเลือกค่าผลต่างอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น
เข้าและออกคอนเดนเซอร์

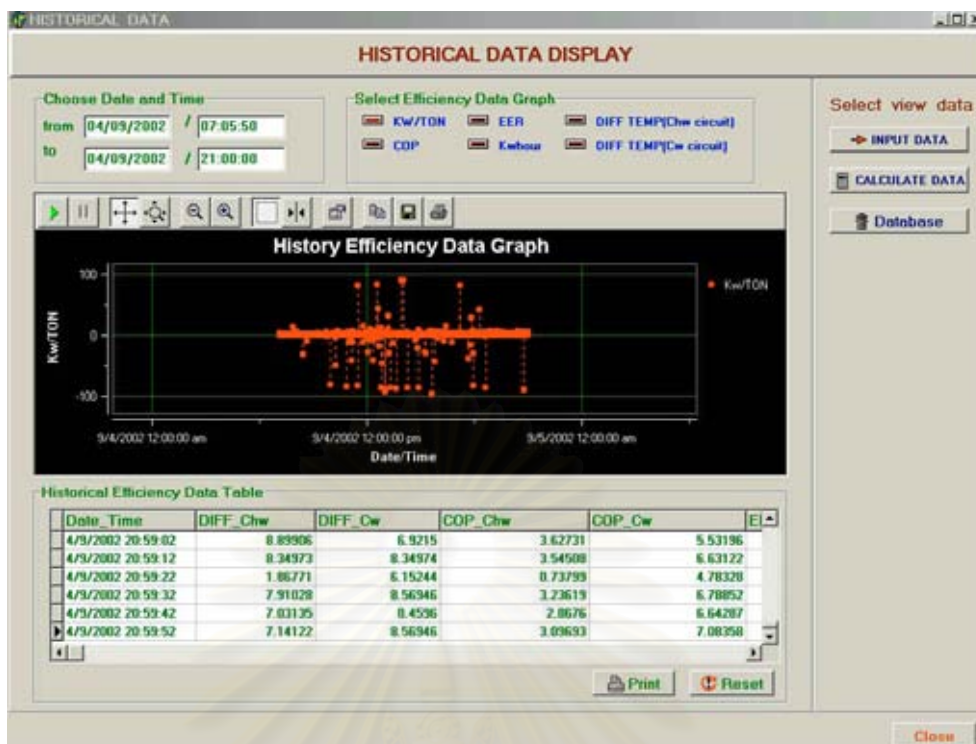
เมื่อเรียกดูผลต่างอุณหภูมิน้ำเย็นเข้าและออกคอนเดนเซอร์ ค่าผลต่างอยู่ระหว่าง 6.04-14.61 องศาฟาเรนไฮต์ ค่าผลต่างอุณหภูมิน้ำเย็นเข้าและออกคอนเดนเซอร์มีผลต่อความสามารถในการทำความเย็นที่ผลิตจากเครื่องทำน้ำเย็น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7.31 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างแสดงค่าอดีตโดยเลือกค่ากำลังไฟฟ้า

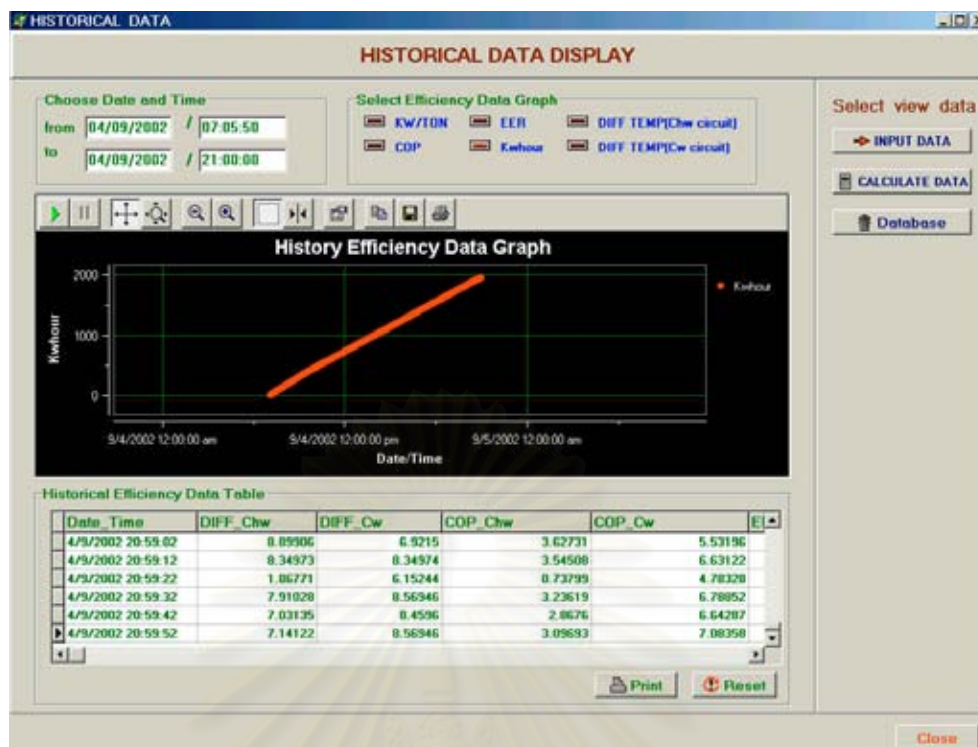
เมื่อเรียกดูค่าอดีตของกำลังงานอินพุตที่ป้อนให้เครื่องทำน้ำเย็น สังเกตได้ว่ามีบางช่วงเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงและเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแล้วก็จะคงที่อยู่ช่วงเวลาหนึ่ง ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงเกิดจากการปรับโหลดไฟฟ้า ซึ่งการปรับโหลดไฟฟ้าขึ้นกับอุณหภูมิภายในอาคาร การปรับโหลดไฟฟ้าอาศัยการปรับจากผู้ควบคุม เนื่องจากเครื่องทำน้ำเย็นไม่สามารถปรับอย่างอัตโนมัติ ค่ากำลังงานไฟฟ้าสูงสุดคือ 168.65 ขณะปรับโหลดไฟฟ้าอยู่ที่ 100 เปอร์เซ็นต์และต่ำสุดที่ 59.01 กิโลวัตต์ ขณะปรับโหลดไฟฟ้าอยู่ที่ 40 เปอร์เซ็นต์ซึ่งเป็นโหลดไฟฟ้าต่ำสุดที่สามารถปรับได้



รูปที่ 7.32 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างแสดงค่าอดีตโดยเลือกค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ
กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น

เมื่อเรียกดูค่าอดีตของอัตราส่วนประสิทธิภาพกิโลวัตต์ต่อตันความเย็นพบว่า มีค่าเฉลี่ย
อยู่ระหว่าง 0.90-1.05 ในการทำงานปกติ ซึ่งค่ามาตรฐานของกฎกระทรวงอยู่ที่ 0.90 โดยส่วนใหญ่
แล้วพบว่าการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นที่ทดสอบเกินค่ามาตรฐานของกฎกระทรวง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



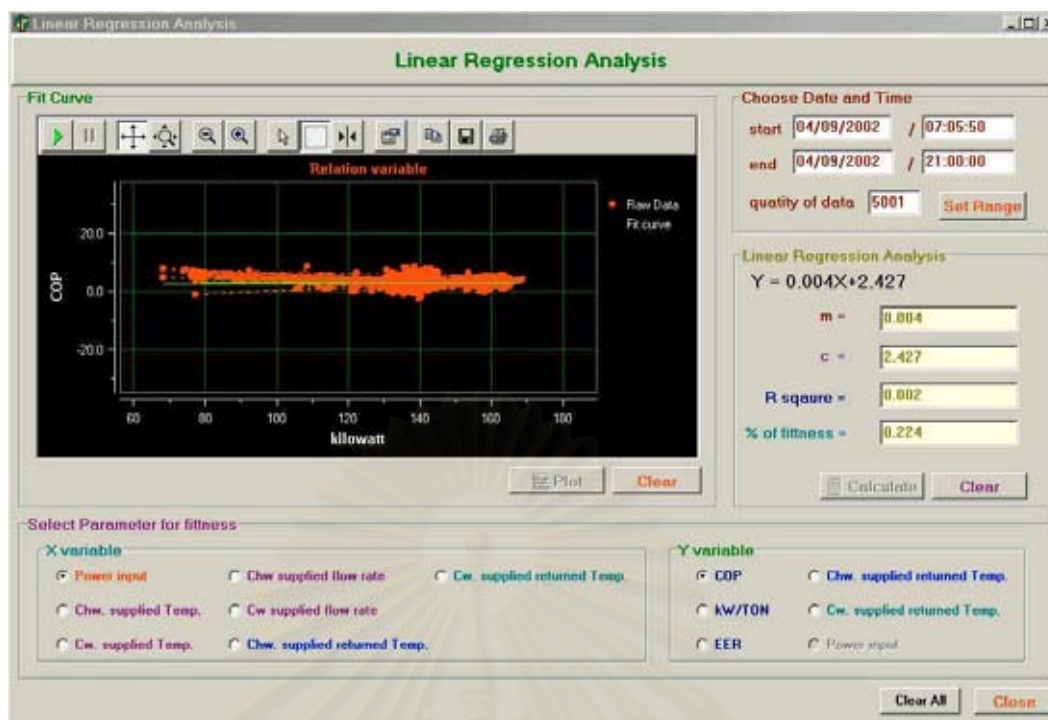
รูปที่ 7.33 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างแสดงค่าอดีตโดยเลือกค่ากิโลวัตต์ชั่วโมง

เมื่อเรียกดูค่าอดีตของกิโลวัตต์ชั่วโมง มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนสิ้นสุดที่ 1,975.66 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของค่าไฟฟ้า

โดยสรุปแล้วหน้าต่างเรียกดูค่าอดีตเป็นเครื่องมือสำคัญในการนำข้อมูลไปวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุที่ผิดปกติ หรือใช้เป็นมาตรการในการปรับปรุงการใช้พลังงานเพื่อลดค่าไฟฟ้า

ผลการทดสอบซอฟต์แวร์ในหน้าต่างวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอย

ผลการทดสอบซอฟต์แวร์ในหน้าต่างวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยโดยเลือกจับคู่เพื่อตัวแปรที่ต้องการดูความสัมพันธ์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์แนวโน้มในอนาคต โดยทำการทดสอบโดยใช้ข้อมูลวันที่ 4 กันยายน 2545 ตั้งแต่เวลา 7:05:50 มีข้อมูลทั้งสิ้น 5001 ค่า ได้ผลดังนี้

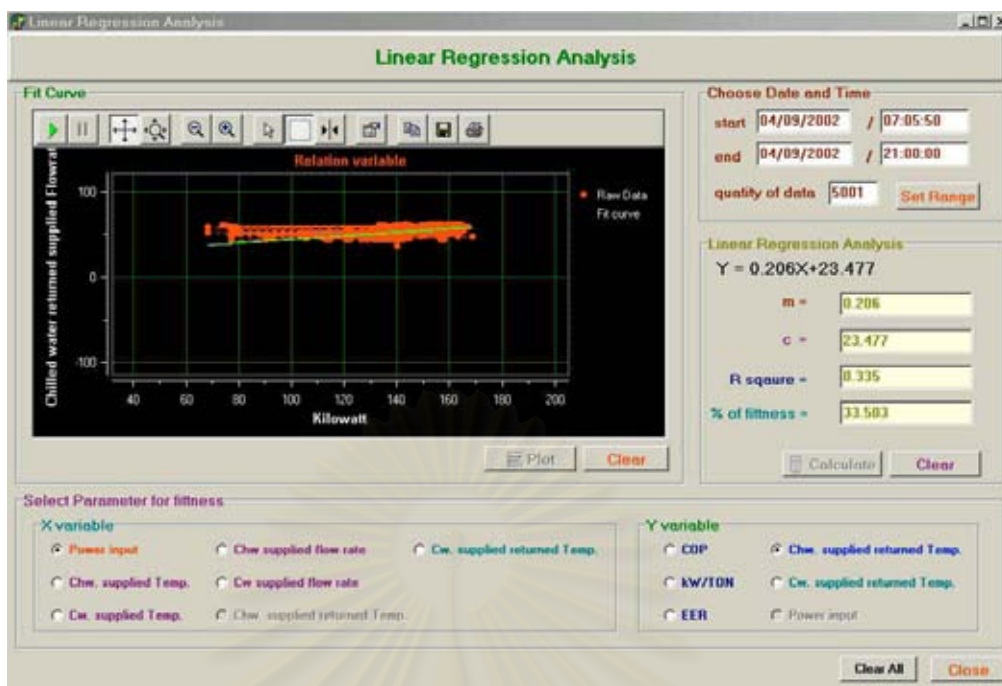


รูปที่ 7.34 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์หสัมภารถดถอยโดยจับคู่ระหว่าง
กำลังงานกับสัมประสิทธิ์เชิงสมรณะ COP

m	0.004
c	2.427
R^2	0.002
% fitness	0.224

ตารางที่ 7.3 ผลการคำนวณจากหน้าต่างวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยโดย
เลือกกราฟระหว่างกำลังงานกับสัมประสิทธิ์เชิงสมรณะ COP

เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้นเป็นกำลังไฟฟ้าและเลือกสัมประสิทธิ์เชิงสมรณะ COP เป็น
ตัวแปรตาม พบว่าตัวแปรทั้งสองไม่ขึ้นต่อกัน เนื่องจากค่า R^2 มีค่าเป็นศูนย์

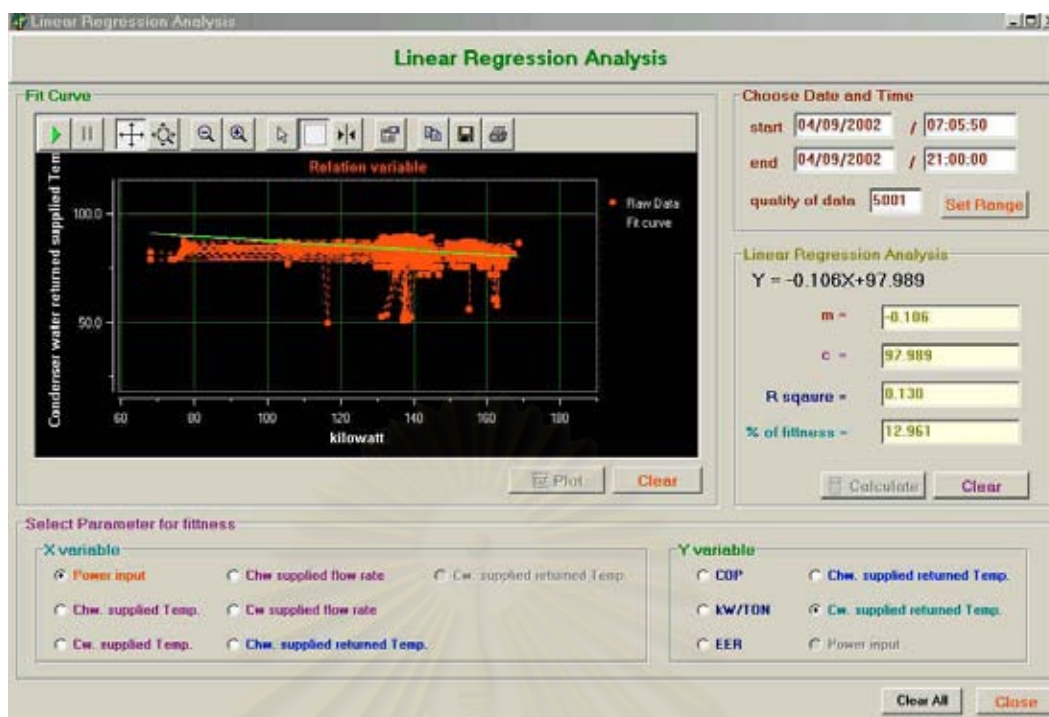


รูปที่ 7.35 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์สัมพรรคถดถอยโดยจับคู่ระหว่าง
กำลังงานกับอุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับ

m	0.206
c	23.477
R^2	0.335
% fitness	33.503

ตารางที่ 7.4 ผลการคำนวณจากหน้าต่างวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยโดย
เลือกกราฟระหว่างกำลังงานกับอุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับ

เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้นเป็นกำลังไฟฟ้าและเลือกอุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับเป็นตัวแปรตาม พบว่าตัวแปรทั้งสองเกี่ยวพันกันโดยมีค่า R^2 มีค่าเท่ากับ 0.335 ซึ่งจากการทดลองปรับไหลดกระแส จะมีผลต่ออุณหภูมิน้ำเย็น ส่วนอุณหภูมิน้ำเย็นจะมีผลกับอุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับ

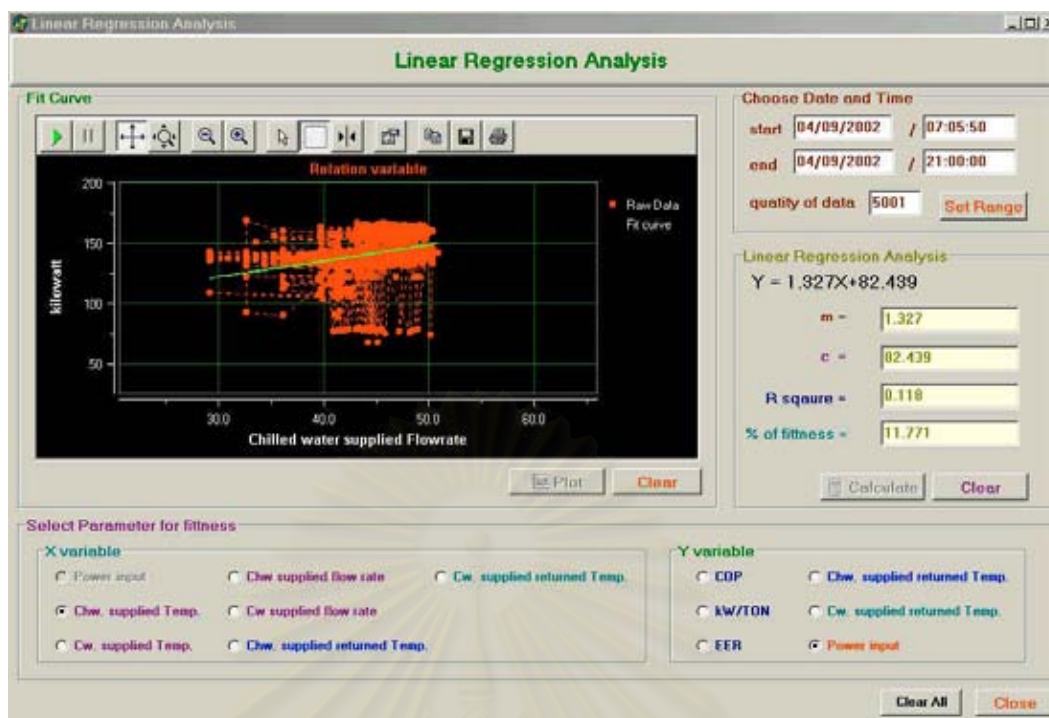


รูปที่ 7.36 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์สมการถดถอยโดยจับคู่ระหว่างกำลังงานกับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นไหลกลับ

m	-0.106
c	97.989
R^2	0.130
% fitness	12.961

ตารางที่ 7.5 ผลการคำนวณจากหน้าต่างวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยโดยเลือกกราฟระหว่างกำลังงานกับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นไหลกลับ

เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้นเป็นกำลังไฟฟ้าและเลือกอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นไหลกลับเป็นตัวแปรตาม พบว่าตัวแปรทั้งสองเกี่ยวพันกันโดยมีค่า R^2 มีค่าเท่ากับ 0.13 ซึ่งจากการทดลองปรับโหลดกระแสข้างต้นและดูข้อมูลจากฐานข้อมูล พบว่าการปรับโหลดกระแสมีผลต่ออุณหภูมิน้ำหล่อเย็นไหลกลับแต่ไม่มากนัก

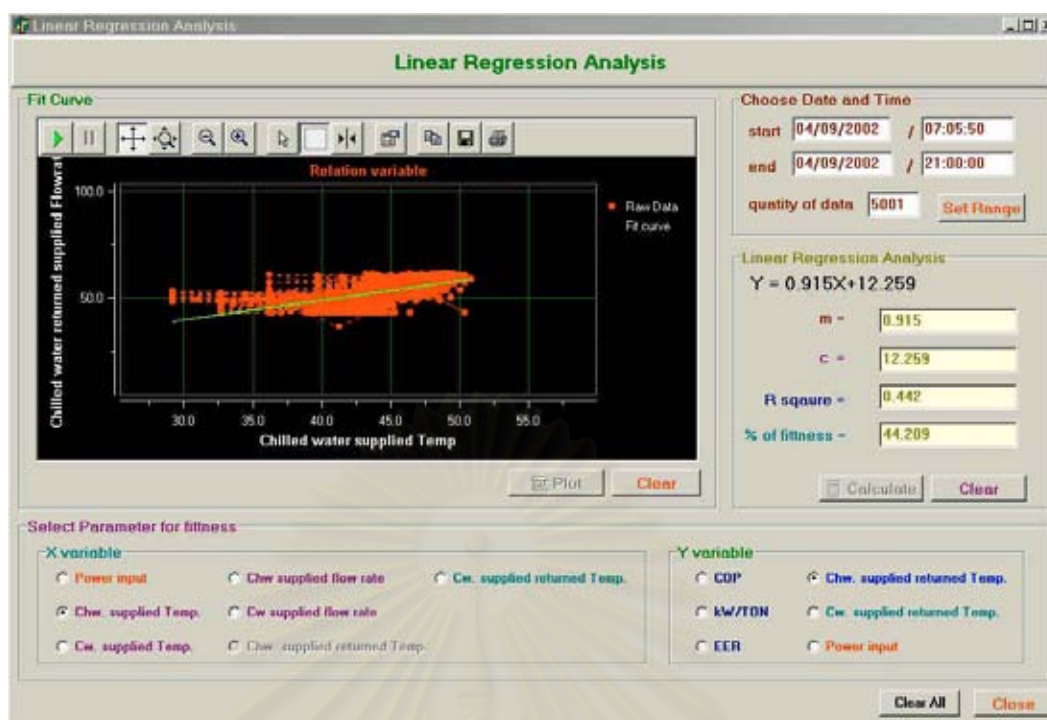


รูปที่ 7.37 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์สมการถดถอยโดยจับคู่ระหว่าง
อุณหภูมิน้ำเย็นกับกำลังงาน

m	1.327
c	82.439
R^2	0.118
% fitness	11.771

ตารางที่ 7.6 ผลการคำนวณจากหน้าต่างวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยโดย
เลือกกราฟระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นกับกำลังงาน

เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้นเป็นอุณหภูมิน้ำเย็นและกำลังไฟฟ้าเป็นตัวแปรตาม พบว่าตัวแปรทั้งสองเกี่ยวพันกันโดยมีค่า R^2 มีค่าเท่ากับ 0.118 ซึ่งไม่มากนัก การเกี่ยวพันจะขึ้นกับการปรับของผู้ควบคุม เนื่องจากผู้ควบคุมเป็นผู้รับโหลดไฟฟ้า

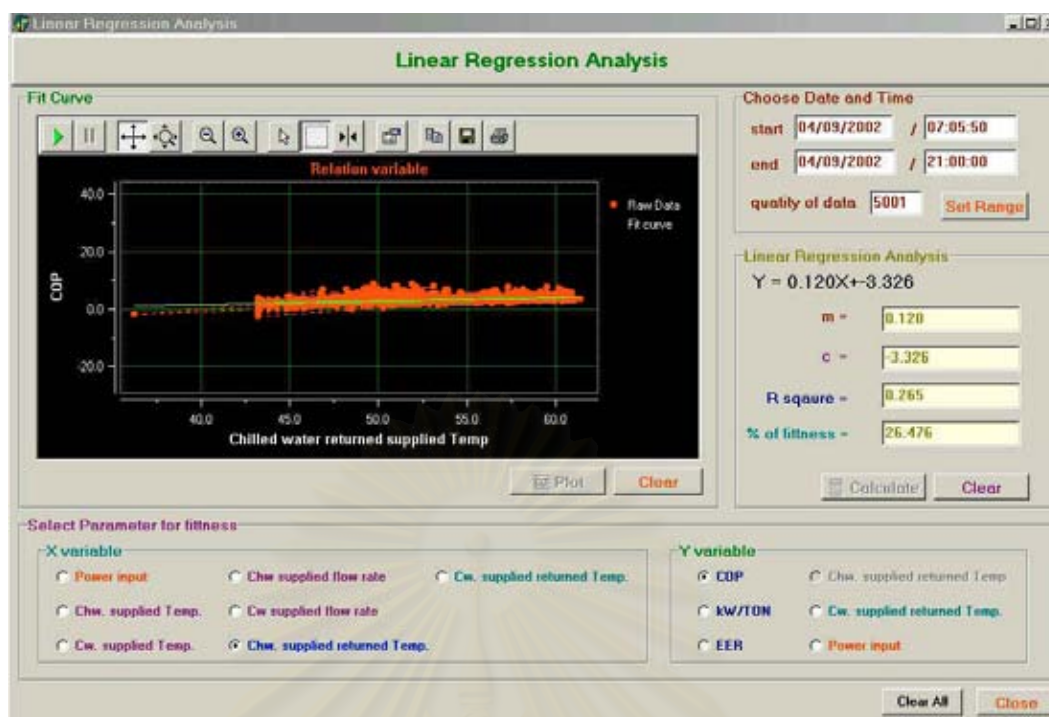


รูปที่ 7.38 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์สมการถดถอยโดยจับคู่ระหว่าง
อุณหภูมิน้ำเย็นกับอุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับ

m	0.915
c	12.259
R^2	0.442
% fitness	44.209

ตารางที่ 7.7 ผลการคำนวณจากหน้าต่างวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยโดย
เลือกกราฟระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นกับอุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับ

เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้นเป็นอุณหภูมิน้ำเย็นและเลือกอุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับเป็นตัวแปรตาม พบว่าตัวแปรทั้งสองเกี่ยวพันกันโดยมีค่า R^2 มีค่าเท่ากับ 0.442 ซึ่งหมายถึงอุณหภูมิน้ำเย็นมีผลต่ออุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับ แต่อยู่ในระดับปานกลาง

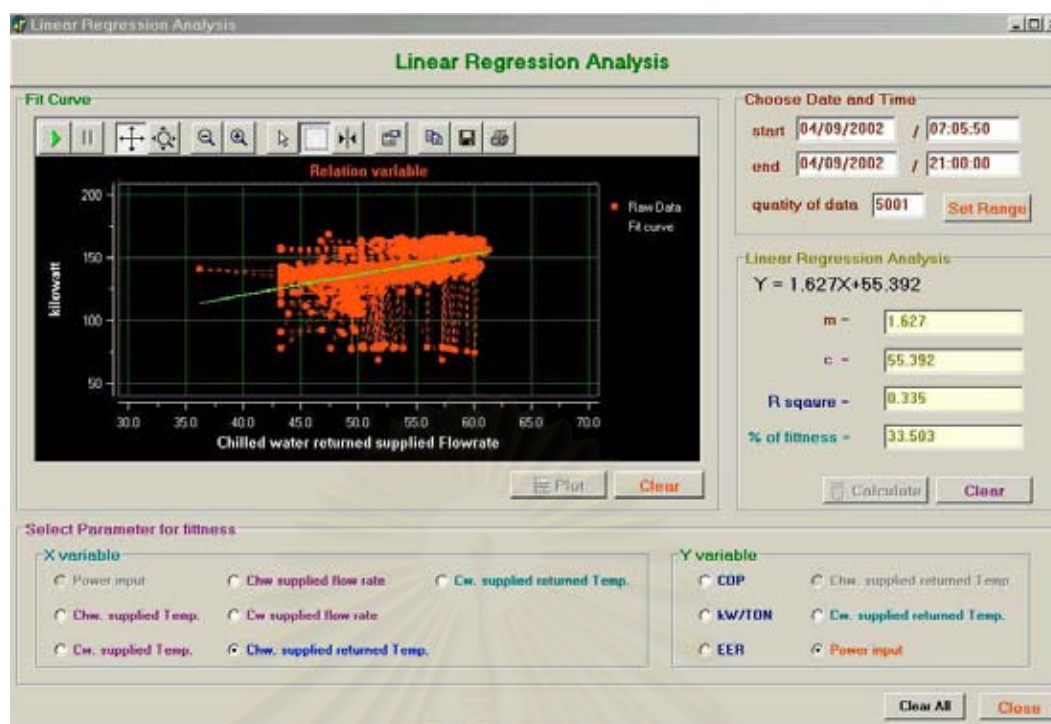


รูปที่ 7.39 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สมการถดถอยโดยจับคู่ระหว่าง
อุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับกับสัมประสิทธิ์เชิงสมรณะ COP

m	0.12
c	-3.326
R^2	0.265
% fitness	26.476

ตารางที่ 7.8 ผลการคำนวณจากหน้าต่างวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สมการเชิงเส้นถดถอยโดย
เลือกกราฟระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับกับสัมประสิทธิ์เชิงสมรณะ COP

เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้นเป็นอุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับและเลือกสัมประสิทธิ์เชิงสมรณะ COP เป็นตัวแปรตาม พบว่าตัวแปรทั้งสองเกี่ยวพันกันโดยมีค่า R^2 มีค่าเท่ากับ 0.265 ซึ่งหมายถึงอุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับมีผลต่อสัมประสิทธิ์เชิงสมรณะ COP แต่ไม่มากนัก

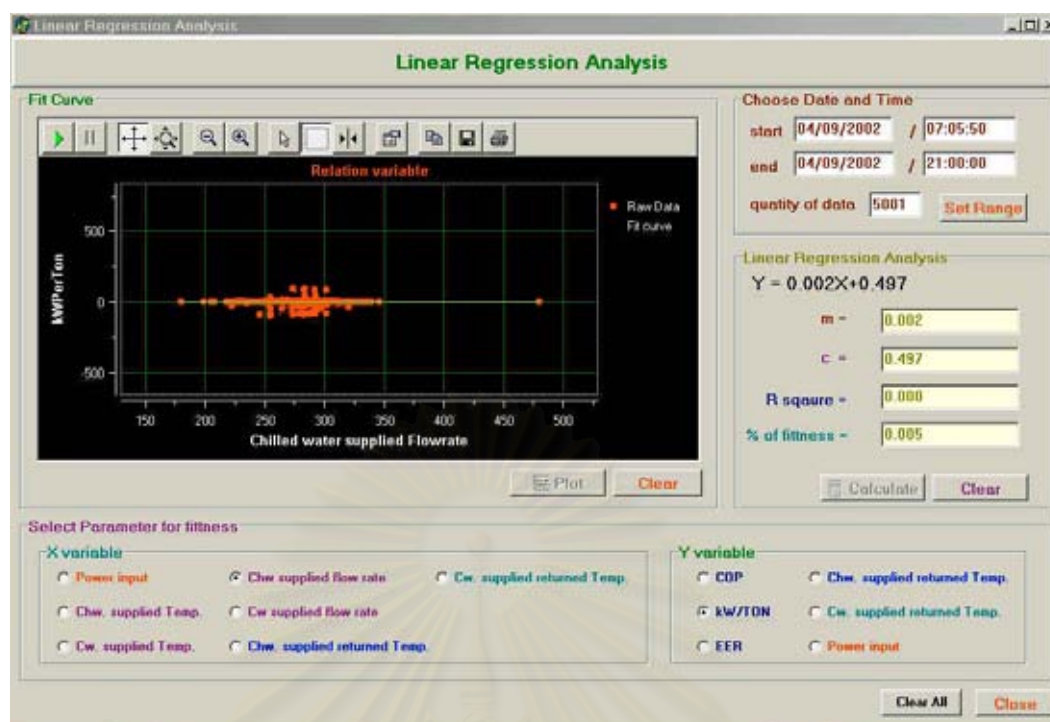


รูปที่ 7.40 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์สมการถดถอยโดยจับคู่ระหว่าง
อุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับกับกำลังงาน

m	1.627
c	55.392
R^2	0.335
% fitness	33.503

ตารางที่ 7.9 ผลการคำนวณจากหน้าต่างวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยโดย
เลือกกราฟระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับกับกำลังงาน

เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้นเป็นอุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับและเลือกกำลังงานเป็นตัวแปรตามพบว่าตัวแปรทั้งสองเกี่ยวพันกันโดยมีค่า R^2 มีค่าเท่ากับ 0.335 ซึ่งหมายถึงอุณหภูมิน้ำเย็นไหลกลับมีผลต่อกำลังไฟฟ้าแต่ไม่มากนัก เนื่องจากการปรับไหลไฟฟ้าปรับโดยผู้ควบคุม

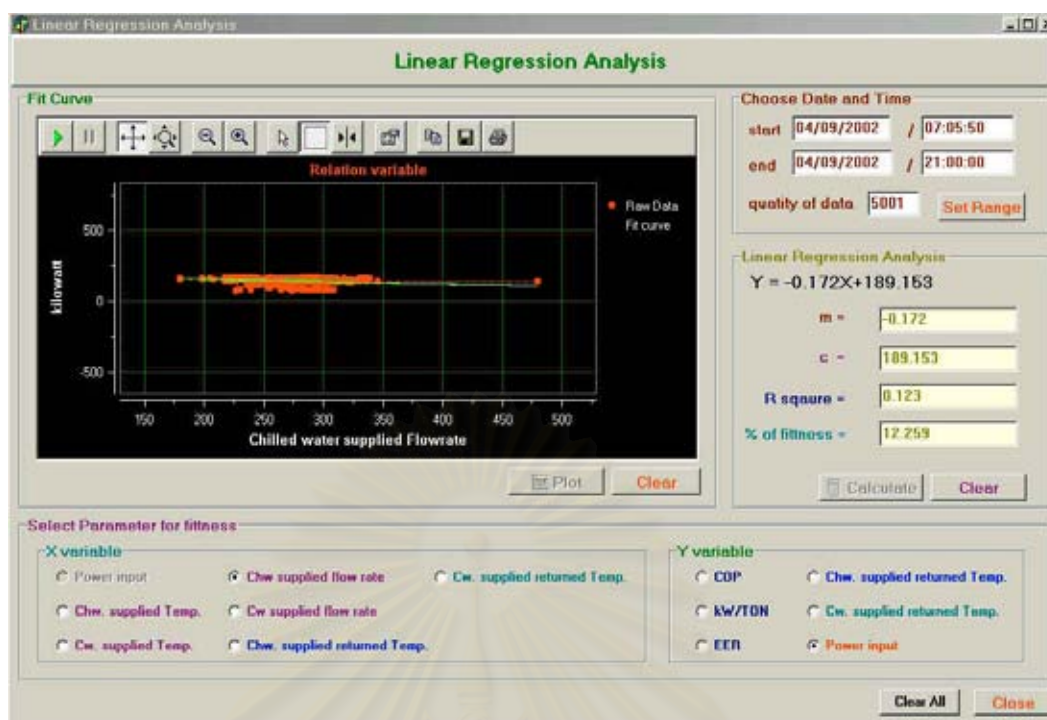


รูปที่ 7.41 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์หสัมถการถดถอยโดยจับคู่ระหว่าง อัตราการไหลน้ำเย็นกับอัตราส่วนประสิทธิภาพกิโลวัตต์ต่อตัน

m	0.002
c	0.497
R^2	0.00
% fitness	0.005

ตารางที่ 7.10 ผลการคำนวณจากหน้าต่างวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยโดยเลือกกราฟระหว่างอัตราการไหลน้ำเย็นกับอัตราส่วนประสิทธิภาพกิโลวัตต์ต่อตัน

เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้นเป็นอัตราการไหลน้ำเย็นและอัตราส่วนประสิทธิภาพกิโลวัตต์ต่อตันเป็นตัวแปรตาม พบว่าตัวแปรทั้งสองไม่ขึ้นต่อกัน เนื่องจากค่า R^2 มีค่าเป็นศูนย์



รูปที่ 7.42 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์หสัมภารถดถอยโดยจับคู่ระหว่าง อัตราการไหลน้ำเย็นกับกำลังงาน

m	-0.172
c	189.153
R^2	0.123
% fitness	12.259

ตารางที่ 7.11 ผลการคำนวณจากหน้าต่างวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยโดย เลือกรูประหว่างอัตราการไหลน้ำเย็นกับกำลังงาน

เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้นเป็นอัตราการไหลน้ำเย็นและกำลังงานเป็นตัวแปรตาม พบว่า ตัวแปรทั้งสองเกี่ยวพันกันโดยมีค่า R^2 มีค่าเท่ากับ 0.123 เมื่ออุณหภูมิภายในอาคารสูงขึ้นผู้ควบคุมอาจปรับไหลดกระแสดำต้องการให้น้ำเย็นมีอุณหภูมิลดต่ำลงหรืออาจเปิดปั้มน้ำเย็นเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำเย็นให้ไหลมากขึ้น

ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์สมการเชิงเส้นถดถอยทั้งหมดอยู่ในภาคผนวก ข.

โดยสรุปแล้วหน้าต่างวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอยจะเป็นเครื่องมือสำคัญในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ว่าเกี่ยวข้องกันมากน้อยเพียงใด ทำให้สามารถกำหนดมาตรการและวางแผนปรับปรุงการทำงานให้เหมาะสม

ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างแสดงเหตุการณ์ผิดปกติ

ทำการทดสอบโดยเลือกดูเหตุการณ์ผิดปกติในวันที่ 4/9/2002 เวลา 7:05:50 ถึง 21:00:00 ได้ผลดังนี้

HISTORICAL ALARM

Historical Alarm

Alarm Events Table

Choose Date and Time

from 04/09/2002 / 07:05:50 to 04/09/2002 / 21:00:00 Set Range Cancel Range

Date_Time	ID	CHANNEL_ALARM
4/9/2002 7:05:50	050	2
4/9/2002 7:05:50	084	NO
4/9/2002 7:05:59	045	3
4/9/2002 7:06:00	049	2
4/9/2002 7:06:00	084	NO
4/9/2002 7:06:10	046	3
4/9/2002 7:06:10	049	2
4/9/2002 7:06:10	084	NO

Event Point (Help, Description)

ID VIEW 084

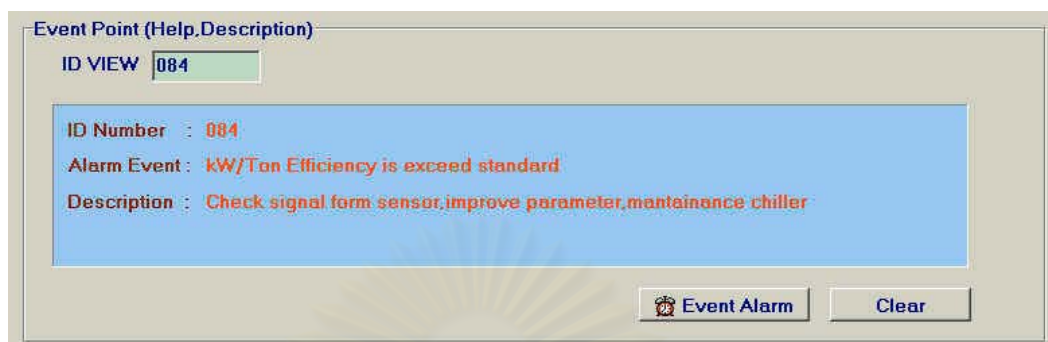
ID Number : 084
 Alarm Event : KW/Ton Efficiency is exceed standard
 Description : Check signal form sensor, improve parameter, mantainance chiller

Event Alarm Clear

Close

รูปที่ 7.43 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างแสดงเหตุการณ์ผิดปกติ

เมื่อเรียกดูเหตุการณ์โดยการเลือกหมายเลขเหตุการณ์ 084 ซึ่งเป็นการเตือนให้ทราบถึงอัตราส่วนประสิทธิภาพกิโลวัตต์ต่อตันที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดโดยกฎกระทรวง



รูปที่ 7.44 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างแสดงเหตุการณ์ผิดปกติ

โดยสรุปแล้วหน้าต่างดูเหตุการณ์ผิดปกติมีประโยชน์ในการตรวจสอบเหตุการณ์ที่ผิดปกติที่เกิดขึ้นในระบบ ซึ่งเมื่อใช้คู่กับหน้าต่างดูค่าอดีตและหน้าต่างอื่นๆ จะสามารถวิเคราะห์ถึงความผิดปกติ และหามาตรการแก้ไขต่อไป

ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามมาตรฐาน ARI

ในการทดสอบซอฟต์แวร์ต่างวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามมาตรฐาน ARI นี้ ไม่สามารถทำการทดสอบกับเครื่องทำน้ำเย็นที่ทำการทดสอบได้ เนื่องจากข้อจำกัดด้านเงื่อนไขในการทดสอบตามมาตรฐาน ARI (ดูภาคผนวก ก) แต่ได้ทำการทดสอบตามตัวอย่างของมาตรฐานปรากฏว่าได้ผลที่ถูกต้องตามมาตรฐาน ARI

ผลการทดสอบสร้างรายงาน

เมื่อทำการสร้างรายงานได้ผลดังนี้

5/9/2002 3:19:48		Page1090					
DATE/TIME	KILOWATT	CHWTEMP	CHWR TEMP	CWTEMP	CWR TEMP	CHWFLOW	CWFLOW
4/9/2002 7:42:01	162.75654	48.50973	68.16663	91.47814	78.83246	289.5285	508
4/9/2002 7:42:11	163.46346	48.63081	57.42	85.06111	78.84367	308.70039	509
4/9/2002 7:42:21	165.00267	49.10613	57.31914	98.70989	83.78758	283.122	508
4/9/2002 7:42:31	158.26429	46.7831	57.42	85.43657	74.88853	291.01822	509
4/9/2002 7:42:41	159.66812	48.63081	59.63703	98.92882	81.2007	282.40714	509
4/9/2002 7:42:51	161.21233	46.7831	59.04798	88.83017	80.82124	291.91119	509
4/9/2002 7:43:01	161.46846	49.29	68.16663	91.9176	82.13062	278.43442	508
4/9/2002 7:43:11	161.91424	48.63081	59.50744	98.92882	79.72259	281.9501	509
4/9/2002 7:43:21	161.91424	49.29	68.16663	92.02747	79.380	285.75875	508
4/9/2002 7:43:31	162.40578	48.63081	58.72717	88.99125	79.61273	289.27443	509
4/9/2002 7:43:41	161.46846	43.90661	68.30636	92.02747	81.84097	288.10254	508
4/9/2002 7:43:51	163.21807	43.24743	53.79446	92.02747	82.02976	288.15339	509
4/9/2002 7:44:01	163.21807	49.18013	68.30636	91.9176	79.61273	288.10254	508
4/9/2002 7:44:11	163.87961	49.07027	68.49622	98.70989	80.27192	291.01822	508
4/9/2002 7:44:21	164.16037	49.50973	68.05676	92.13733	79.380	294.54795	609
4/9/2002 7:44:31	162.33539	49.50973	68.60809	91.9176	81.13057	282.40714	508
4/9/2002 7:44:41	164.16037	49.29	59.9409	92.02747	88.08219	287.80957	609
4/9/2002 7:44:51	164.16037	48.52094	68.49622	92.35286	79.61273	285.46578	509
4/9/2002 7:45:01	163.87961	48.30121	68.16663	98.92882	78.0834	286.05173	609
4/9/2002 7:45:11	162.75654	46.87917	58.84825	88.95125	83.23027	286.75875	509
4/9/2002 7:45:21	161.91424	46.80918	57.31914	92.13733	79.72259	285.17281	609
4/9/2002 7:45:31	162.75654	48.52094	68.30636	92.242	79.83246	286.3447	509
4/9/2002 7:45:41	158.68544	48.61959	57.31914	91.36828	83.58786	274.3328	508
4/9/2002 7:45:52	158.1239	48.63081	68.27649	91.47814	82.48921	284.58688	509

รูปที่ 7.45 ผลการทดสอบสร้างรายงานตารางอินพุตจากหน้าต่างแสดงค่าอดีต

5/9/2002 2:13:43		ALARM INFORMATION		Page1	
DATE/TIME	INDEX	CHANNEL NUMBER	DATE/TIME	INDEX	CHANNEL NUMBER
4/9/2002 7:06:00	000	1	4/9/2002 13:06:00	004	NO
4/9/2002 7:06:00	004	NO	4/9/2002 14:02:31	004	NO
4/9/2002 7:06:09	046	3	4/9/2002 14:12:11	004	NO
4/9/2002 7:06:00	009	1	4/9/2002 14:03:03	004	NO
4/9/2002 7:06:00	004	NO	4/9/2002 14:07:34	004	NO
4/9/2002 7:06:10	046	3	4/9/2002 15:29:15	004	NO
4/9/2002 7:06:10	009	1	4/9/2002 15:41:56	004	NO
4/9/2002 7:06:10	004	NO	4/9/2002 16:47:26	004	NO
4/9/2002 7:06:20	046	3	4/9/2002 15:56:36	004	NO
4/9/2002 7:06:20	009	1	4/9/2002 16:21:18	002	0
4/9/2002 7:06:20	004	NO	4/9/2002 16:22:38	004	NO
4/9/2002 7:06:12	004	NO	4/9/2002 16:24:28	004	NO
4/9/2002 7:07:32	004	NO	4/9/2002 16:26:28	002	0
4/9/2002 8:03:02	004	NO	4/9/2002 16:31:42	002	0
4/9/2002 9:43:33	004	NO	4/9/2002 17:00:10	004	NO
4/9/2002 10:38:49	004	NO	4/9/2002 17:11:20	004	NO
4/9/2002 11:11:42	004	NO	4/9/2002 17:47:42	004	NO
4/9/2002 11:12:02	004	NO	4/9/2002 17:00:02	004	NO

รูปที่ 7.46 ผลการทดสอบสร้างรายงานตารางเหตุการณ์ผิดปกติจากหน้าต่างแสดงเหตุการณ์ผิดปกติ

บทที่ 8

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปงานวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับตรวจตราการทำงานและวิเคราะห์ประสิทธิภาพสำหรับเครื่องทำน้ำเย็นในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน ARI STANDARD 550-590-98 (AIRCONDITIONING & REFRIGERATION INSTITUTE) และจากกฎกระทรวงซึ่งออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.๒๕๓๕ นอกจากนี้ยังปรับให้ตรงตามความต้องการทั้งจากผู้ดูแลระบบและจากผู้ตรวจวัดการใช้พลังงาน โดยซอฟต์แวร์ที่พัฒนามีคุณสมบัติดังนี้

- สามารถใช้งานกับเครื่องทำน้ำเย็นได้ทั้งแบบระบายความร้อนด้วยน้ำและอากาศ
- การรับอินพุตสามารถจับคู่เลือกอินพุตกับช่องสัญญาณได้ตามความต้องการ
- สามารถใช้กับตัวตรวจรู้ได้ทุกชนิดที่ส่งสัญญาณมาตรฐาน 4-20 มิลลิแอมป์ เพียงแต่รู้ช่วงสัญญาณของตัวตรวจรู้
- สามารถตั้งการแจ้งเตือนเหตุการณ์ผิดปกติ ได้ถึง 4 ระดับ และสามารถปิดการทำงานของ การแจ้งเตือนเหตุการณ์ผิดปกติ
- การเชื่อมต่อระหว่างซอฟต์แวร์กับฐานข้อมูลทำได้ง่าย โดยสามารถเก็บข้อมูลที่วัดได้ ,เก็บค่าการคำนวณต่างๆ และเก็บค่าเหตุการณ์ที่ผิดปกติ โดยผู้ใช้โปรแกรมไม่จำเป็นต้องมีความรู้ด้านฐานข้อมูลมาก่อน
- ซอฟต์แวร์มีการแสดงผลทั้งแอนะล็อก, ดิจิตอลและกราฟ
- สามารถเก็บข้อมูลในฐานข้อมูลได้ตามขนาดความจุฮาร์ดดิสก์ และสามารถลบข้อมูลตามจำนวนที่ต้องการผ่านทางซอฟต์แวร์
- สามารถหาประสิทธิภาพได้ถึงสามอัตราส่วน และสามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพที่ไหลดบางส่วนได้
- สามารถวิเคราะห์การใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นได้
- สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับเครื่องทำน้ำเย็นในระบบสมการเชิงเส้นถดถอย เพื่อดูแนวโน้มในอนาคตได้

- พิมพ์รายงานจากตารางทั้งสามได้อย่างง่ายดายโดยเพียงแต่กำหนดช่วงข้อมูลที่ต้องการ
- ในการตั้งค่าเริ่มต้น เมื่อกดปุ่มเซฟ ซอฟต์แวร์จะเก็บข้อมูลที่เซฟไว้ในรูปไฟล์นามสกุล ini เมื่อทำการเปิดโปรแกรมใหม่ จะสามารถใช้ค่าเดิมในการทำงาน

ผลที่ได้จากการทดสอบกับเครื่องทำน้ำเย็นของอาคารวิทยบริการพบว่าเครื่องทำน้ำเย็นที่ทดสอบทำงานที่ค่ามาตรฐานต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดโดยกฎกระทรวง ซึ่งได้ทำรายงานให้ผู้ดูแลรับทราบ โดยรายงานในลักษณะเสนอแนะข้อวิเคราะห์และข้อสรุป เพื่อพิจารณาปรับปรุงต่อไป

จากการทดสอบการทำงานซอฟต์แวร์ผ่านทางระบบจำลองและระบบจริง ซึ่งเห็นได้ว่าซอฟต์แวร์สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง และทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ทำให้สามารถนำซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้งานในระบบจริงได้

ข้อเสนอแนะ

- การนำซอฟต์แวร์ไปใช้กับเครื่องทำน้ำเย็นที่เป็นแบบเก่า คือควบคุมด้วยมือจากผู้ควบคุมได้แก่ การปรับโหลดกระแส, เปิดปิดเครื่องสูบน้ำ, เปิดปิดหอยฉลุม ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ในหน้าต่างวิเคราะห์โหลดและหน้าต่างวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอย อาจต้องวิเคราะห์โดยพิจารณาถึงการทำงานในแต่ละวันของเครื่องจักรทั้งหมดประกอบด้วย จึงจะสามารถวิเคราะห์การทำงานและวิเคราะห์การใช้พลังงานได้อย่างถูกต้อง

- ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นเหมาะสำหรับระบบทำความเย็นแบบเดี่ยว ได้แก่ ระบบที่มีเครื่องทำน้ำเย็น, เครื่องสูบน้ำเย็น, เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น, หอยฉลุม อย่างละหนึ่งเครื่อง การนำซอฟต์แวร์ที่พัฒนานี้ไปใช้กับระบบที่มีเครื่องทำน้ำเย็นมากกว่าหนึ่งเครื่องหรือมีเครื่องจักรอื่นมากกว่าหนึ่งเครื่อง ผู้ใช้ต้องมีความรู้เกี่ยวกับระบบที่นำไปใช้เป็นอย่างดี จึงจะสามารถวิเคราะห์ผลได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากการใช้ซอฟต์แวร์กับเครื่องทำน้ำเย็นหนึ่งเครื่องซึ่งอยู่ในระบบทำความเย็นที่มีเครื่องทำน้ำเย็นหรือเครื่องจักรอื่นมากกว่าหนึ่งเครื่อง ตัวแปรที่วัดอาจขึ้นกับเครื่องทำน้ำเย็นหรือเครื่องจักรอื่นได้

รายการอ้างอิง

1. AIR-CONDITIONING&REFRIGERATION INSTITUTE. ARI STANDARD 550/580.1998
STANDARD for WATER CHILLING PACKAGES USING THE VAPOR
COMPRESSION CYCLE: AIR-CONDITIONING&REFRIGERATION
INSTITUTE, 1998.
2. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. กฎกระทรวงออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการ
อนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.๒๕๓๕. 5000 เล่ม. ครั้งที่ 2. รหัส A7. โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์
ทหารผ่านศึก, 2540.
3. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. กฎกระทรวงออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการ
อนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.๒๕๓๕. 5000 เล่ม. ครั้งที่ 5. รหัส A2. โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์
ทหารผ่านศึก, 2540.
4. สุรวล พุกษพานิช. การปรับอากาศ. สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, 2529.
5. บริษัท ทีเอ็ม เอ็นเนอร์ยี แมเนจเม้นท์. โครงการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อมาตรฐานการทำงาน
ของบริษัทที่ปรึกษาด้านการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานควบคุม. รุ่นที่3, 2543.
6. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน ระบบปรับอากาศ. ชุดความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการใช้พลังงาน,
2544.
7. มนต์วี พิรุณเกษตร. เทอร์โมไดนามิกส์2. สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์
8. ชีระ มนัสธรรม, ประมวล จันทรพงษ์, อาจณรงค์ คุปตะบุตร, บรรพต ดิสกุล. การควบคุมความ
ต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด. 6000 เล่ม. ครั้งที่ 2. รหัส I12. โรงพิมพ์
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2536.
9. Noppadon Muangkroot. AN ENERGY COMSUMPTION MODEL FOR THE AIT
CHILLER PLANT/AIR-CONDITIONING SYSTEM. The degree of Master of
Engineering of Asian Institute of Technology, 1980.
10. Dr.Holly Peters Hirst. Goodness of Fit .[Online]. Available from:
<http://www.mathsci.appstate.edu/~hph/3310/linreg/reg3.pdf>. [2002, June 21]
11. Dr.Harvey Motulsky. Linear regression. [Online]. Available from:
http://www.curvefit.com/linear_regression.htm. [2002, June 21].
12. Ernest O. Doebelin. MEASUREMENT SYSTEMS APPLICATION AND DESIGN. Fourth
Edition. McGRAW-HILL INTERNATIONAL EDITIONS, 1990.

13. Acqutek Corporation. PA-CP12 A/D D/A and Digital I/O card Manual. Acqutek Corporation, 1994.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก

ตารางเงื่อนไขพิกัดตามมาตรฐาน ARI 550/590

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	Water-Cooled	Evaporatively-Cooled	Air-Cooled
Condenser Water			
Entering	85°F [29.4°C]		
Flow Rate	3.0 gpm/ton [0.054 L/s per kW]		
Condenser Fouling Factor Allowance			
Water-Side	0.00025 h · ft ² · °F/Btu [0.000044 m ² · °C/W]		
Air-Side		0.000 h · ft ² · °F/Btu [0.000 m ² · °C/W]	0.000 h · ft ² · °F/Btu [0.000 m ² · °C/W]
Entering Air			
Dry Bulb			95°F [35.0°C]
Wet Bulb		75°F [23.9°C]	
Evaporator Water			
Leaving	44°F [6.7°C]		
Flow Rate	2.4 gpm/ton [0.043 L/s per kW]		
Evaporator Fouling Factor Allowance			
Water-Side	0.0001 h · ft ² · °F/Btu [0.000018 m ² · °C/W]		
Condenserless			
		Water or Evaporatively Cooled	Air Cooled
Saturated Discharge		105°F [40.6°C]	125°F [51.7°C]
Liquid Refrigerant		98°F [36.6°C]	105°F [40.6°C]
Barometric Pressure - 29.92 in. of Hg [101 kPa]			

ตารางที่ ก.1 ตารางเงื่อนไขพิกัดตามมาตรฐาน ARI 550/590

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	IPLV	NPLV
<i>Evaporator (All Types)</i> 100% load LWT 0% load LWT Flow rate (gpm) Field fouling allowance (F.F.A.)	+ 44°F [6.7°C] 44°F [6.7°C] # 2.4 gpm/ton [0.043 L/s per kW] 0.0001	+ Selected LWT Same as 100% load # Selected gpm/ton [L/s per kW] As specified
<i>*Condenser (Water-Cooled)</i> 100% load EWT 75% load EWT 50% load EWT 25% load EWT 0% load EWT Flow rate (gpm) [L/s] F.F.A.	+ 85°F [29.4°C] 75°F [23.9°C] 65°F [18.3°C] 65°F [18.3°C] 65°F [18.3°C] # 3.0 gpm/ton [0.054L/s per kW] 0.00025	+ Selected EWT ‡ ‡ ‡ 65F [18.3°C] # Selected gpm/ton [L/s per kW] As specified
<i>*Condenser (Air-Cooled) Use Figure 2</i> 100% load EDB 75% load EDB 50% load EDB 25% load EDB 0% load EDB F.F.A.	95°F [35.0°C] 80°F [26.7°C] 65°F [18.3°C] 55°F [12.8°C] 55°F [12.8°C] 0.000	No Rating Requirements
<i>*Condenser (Evaporatively-Cooled)</i> 100% load EWB 0% load EWB F.F.A.	75°F [23.9°C] 50°F [10.0°C] 0.000	No Rating Requirements
<i>Condenserless (Air-Cooled)</i> 100% load SDT 0% load SDT	125°F [51.7°C] 55°F [12.8°C]	No Rating Requirements
<i>Condenserless (Water- and Evaporatively-Cooled)</i> 100% load SDT 0% load SDT	105°F [40.6°C] 65°F [18.3°C]	No Rating Requirements
<p>* If the unit manufacturer's recommended minimum temperatures are greater than those specified in Table 3, then those may be used in lieu of the specified temperatures.</p> <p>+ Corrected for fouling factor allowance by using the calculation method described in C6.3</p> <p># The flow rates are to be held constant at full load values for all part load conditions.</p> <p>‡ For part load entering condenser water temperatures, the temperature should vary linearly from the selected EWT to 65°F for 100% to 50% loads, and fixed at 65°F for 50% to 0% loads.</p> <p>SDT - saturated discharge temperature LWT - leaving water (liquid) temperature EWT - entering water (liquid) temperature EDB - entering air dry bulb temperature EWB - entering air wet bulb temperature F.F.A. - fouling factor allowance</p>		

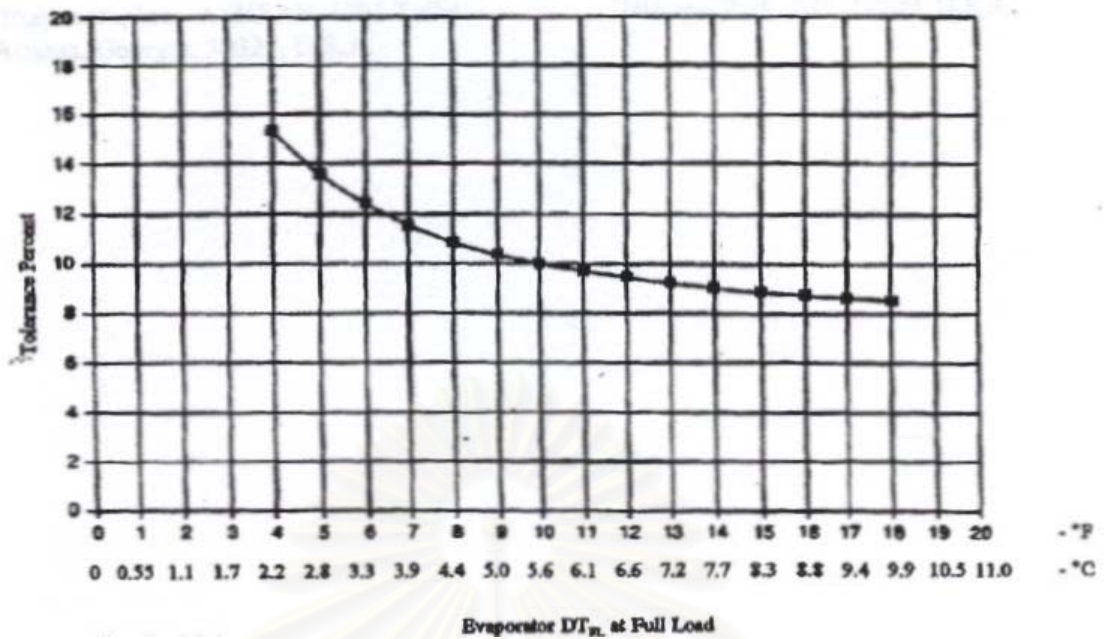
ตารางที่ ก.2 ตารางเงื่อนไขพิกัดโหลดบางส่วนมาตรฐาน ARI 550/590

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Temperature	Water-Cooled	Evaporatively-Cooled	Air-Cooled
Condenser Water			
Entering	75°F [23.9°C]		
Flow Rate	Flow rate same as in standard cooling ratings		
Entering Air			
Dry Bulb		—	40°F [4.4°C]
Wet Bulb		38°F [3.3°C]	—
Evaporator Water Leaving	44°F [6.7°C]		
Heat Reclaim Condenser			
Entering	105°F [40.6°C] or 95°F [35°C]		70°F [21.1°C]
Leaving	120°F [48.9°C] or 105°F [40.6°C]		95°F [35°C]
Barometric Pressure - 29.92 in. of Hg [101 kPa]			

ตารางที่ ก.3 ตารางเงื่อนไขพิกัด Heat Reclaim มาตรฐาน ARI 550/590

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก.1 กราฟผลต่างอุณหภูมิเข้าออกอีวาพอเรเตอร์กับร้อยละค่าผ่อนผัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ข

ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์สมการเชิงเส้นถดถอย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คู่ความสัมพันธ์	m	c	R ²	%Fitness
kW-COP	0.004	2.427	0.002	0.224
kW-kW/ton	0.001	-0.479	0.000	0.037
kW-EER	0.013	8.281	0.002	0.224
kW-ChwrTemp	0.206	23.477	0.335	33.503
kW-CwrTemp	-0.106	97.989	0.130	12.961
ChwTemp-COP	-0.056	5.447	0.031	3.050
ChwTemp-kW/ton	-0.001	1.056	0.000	0.000
ChwTemp-EER	-0.192	18.585	0.031	3.050
ChwTemp-ChwrTemp	0.915	12.259	0.442	44.209
ChwTemp-CwrTemp	-0.335	97.712	0.086	8.562
CwTemp-COP	-0.015	4.388	0.002	0.166
CwTemp-EER	-0.052	14.973	0.002	0.166
CwTemp-kW/ton	-0.018	2.698	0.000	0.005
CwTemp-ChwrTemp	-0.228	73.438	0.020	2.005
CwTemp-CwrTemp	0.453	41.306	0.115	11.460
CwTemp-kW	-0.919	225.212	0.041	4.112
ChwFlow-COP	0.001	2.609	0.001	0.104
ChwFlow-EER	0.004	8.903	0.001	0.104
ChwFlow-kW/ton	0.002	0.497	0.000	0.005

ตารางที่ ข.1 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอย

ChwFlow-ChwrTemp	-0.031	61.161	0.031	3.133
ChwFlow-CwrTemp	0.030	74.700	0.041	4.126
ChwFlow-kW	-0.172	189.153	0.123	12.259
ChwrTemp-COP	0.120	-3.326	0.265	26.476
ChwrTemp-EER	0.410	-11.349	0.265	26.476
ChwrTemp-kW/ton	0.088	-3.625	0.003	0.318
ChwrTemp-CwrTemp	-0.349	101.320	0.176	17.639
ChwrTemp-kW	1.627	55.392	0.335	33.503
CwrTemp-COP	-0.038	6.150	0.018	1.847
CwrTemp-EER	-0.130	20.984	0.018	1.847
CwrTemp-kW/ton	-0.018	2.698	0.000	0.005
CwrTemp-ChwrTemp	-0.505	94.389	0.176	17.639

ตารางที่ ข.1 ผลการทดสอบซอฟต์แวร์หน้าต่างวิเคราะห์ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นถดถอย(ต่อ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายพิสุทธิ ชัยอมฤต สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า (ไฟฟ้ากำลัง) จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อปี พ.ศ.2541 ทำงานในตำแหน่งเจ้าหน้าที่ตรวจวัดที่สถาบันวิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สังกัดห้องปฏิบัติการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ระหว่างศึกษาระดับปริญญาโทได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย