บทที่ 5
การทดลองและข้อมูลการทดสอบ

จุดประสงค์ของการทดสอบเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมาและศึกษาการทำงานของระบบภายหลังจากการปรับเปลี่ยนลักษณะการทำงานแบบเดิมของระบบให้เป็นไปตามค่าที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยจะพิจารณาจาก ประสิทธิภาพของระบบ, พลังงานที่ใช้และอุณหภูมิของน้ำเย็นที่จ่ายออกมาในแต่ละเครื่องโดยในการทดสอบจะประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

5.1 ระบบอุปกรณ์และเครื่องจักรของอาคาร

ระบบที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้จะประกอบด้วย

1) Water Chiller ชนิด Screw 1 เครื่อง และ Centrifugal 1 เครื่อง ซึ่งมีขนาดต่างกัน
2) Cooling Tower ขนาดเท่ากัน จำนวน 4 เครื่อง
3) Chiller Water Pump ขนาดเท่ากัน จำนวน 4 เครื่อง
4) Cooling Tower Pump ขนาดเท่ากันจำนวน 4 เครื่อง

ระบบจะเปิด Chiller พร้อมกันทีละ 2 เครื่อง และเปิด Cooling Tower พร้อมกันทั้ง 4 เครื่อง ซึ่งได้แสดงรายละเอียดของอุปกรณ์เอาไว้ในตารางที่ 5.1 , 5.2 และ 5.3

5.2 ระบบการทำความเย็นด้วยน้ำเย็นหมุนเวียน

ระบบที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้สามารถสร้างเป็นแผนภาพได้ดังรูป 5.1 และ 5.2 โดยที่สัญลักษณ์ต่างๆที่ปรากฏในแผนภาพจะมีความหมายดังต่อไปนี้

CH	:	Chiller	CT	:	Cooling Tower
CHP	:	Chiller Water Pump	CTP	:	Cooling Tower Water Pump
CHW	:	Chilled Water	CDW	:	Condenser Water
		- Supply			- Entering
		- Return			- Leaving
TS	:	Temperature Sensor	FM	:	Flow Meter

ตารางที่ 5.1 แสดงรายละเอียดการสำรวจของระบบเครื่องปรับอากาศแบบใช้น้ำเย็นหมุนเวียนของอาคารวิทยบริการ

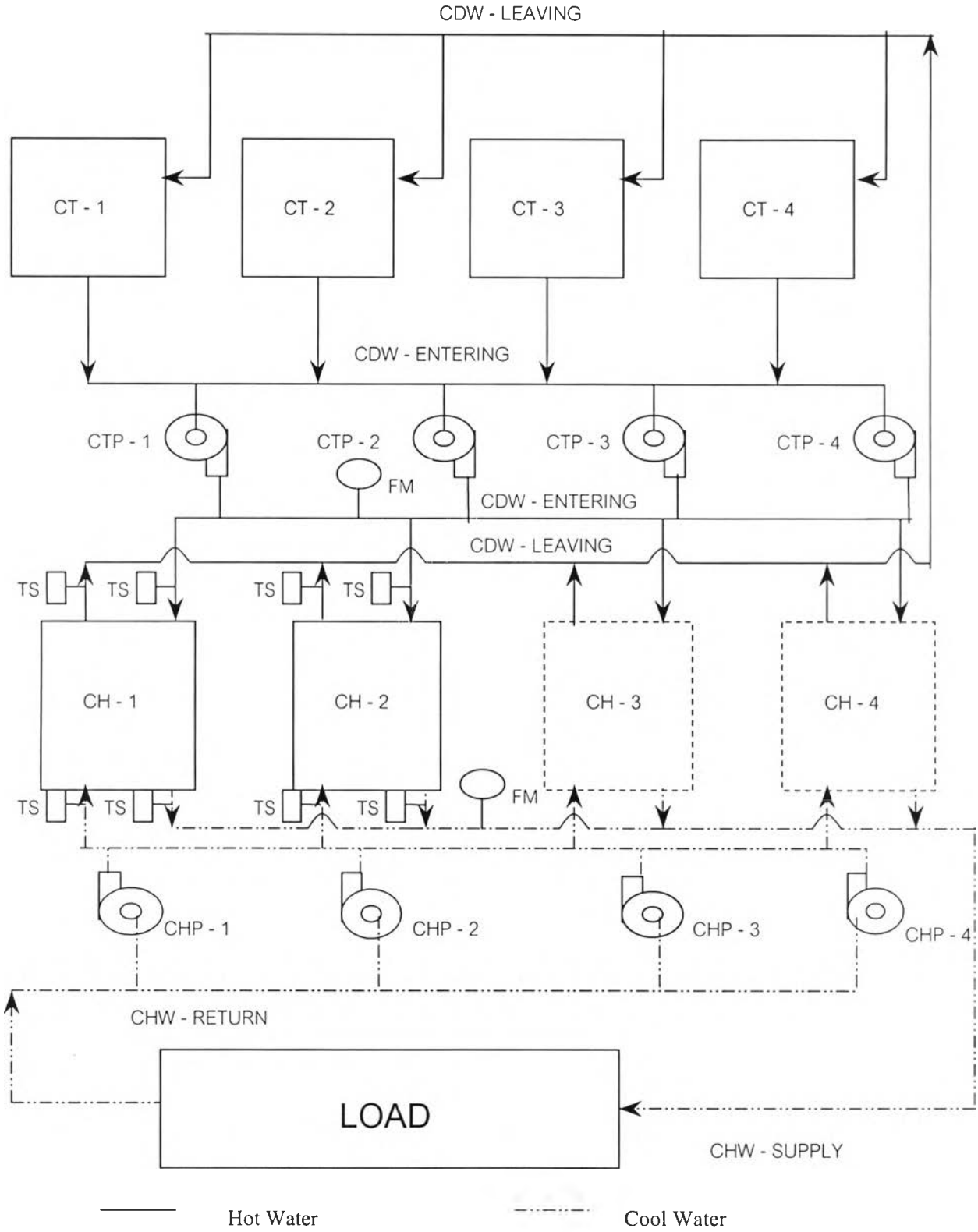
ลำดับ	ขนาด (ตัน)	TYPE	Model	Volt / Ph / Hz	Refrigerant
1	220	Screw Water Chiller	WCX290B	400/3/50	R-22
2	200	Centrifugal Water Chiller	HTA2 B2 B2 5B BC	380/3/50	R-12
TOTAL	420				

ตารางที่ 5.2 แสดงรายละเอียดของ Chiller Water Pump และ Cooling Tower Pump ของระบบเครื่องปรับอากาศแบบใช้น้ำเย็นหมุนเวียนของอาคารวิทยบริการ

ลำดับ	ชื่ออุปกรณ์	TYPE	Motor (kW)	Volt / Ph /Hz	Rev / min	จำนวน (เครื่อง)	รวม (kW)
1	Chiller Water Pump	HPER180L4	18.5	380/3/50	1465	4	74.0
2	Cooling Tower Pump	KPER180L4	18.5	380/3/50	1465	4	74.0
TOTAL							148.0

ตารางที่ 5.3 แสดงรายละเอียดการสำรวจ Cooling Tower ของระบบเครื่องปรับอากาศแบบใช้น้ำเย็นหมุนเวียนของอาคารวิทยบริการ

ลำดับ	ชื่ออุปกรณ์	Cooling Capacity (kcal/hr)	Water Flow (Liter/min)	Fan Motor (HP)	ยี่ห้อ	จำนวน(เครื่อง)	TYPE
1	Cooling Tower	877.5	23.25	7.5	Cooling Man	4	LBC225RC



รูปที่ 5.1 แสดงแผนภาพของระบบที่ใช้ในอาคาร

* * Chiller ตัวที่ 3 และ 4 จะไม่ถูกนำมาใช้งานเนื่องจากในขณะนี้เสียหายและยังไม่ได้รับการซ่อมแซม ดังนั้น Chiller Pump ตัวที่ 3 และ 4 จึงไม่ได้เปิดใช้งาน

5.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้การทำวิจัยในครั้งนี้ จะประกอบด้วยอุปกรณ์หลักๆ ดังต่อไปนี้

1) Temperature Sensor จำนวน 8 ชุด
2) kW Transmitter จำนวน 2 เครื่อง
3) กล่องรวบรวมข้อมูล Network 8000 จำนวน 1 ชุด
4) สายเคเบิลเชื่อมสัญญาณ RS-232 จำนวน 1 เส้น
5) คอมพิวเตอร์แบบพกพา (NoteBook) จำนวน 1 เครื่อง

5.4 สภาวะการทดสอบของระบบ

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้จะแบ่งการทดสอบระบบออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1) ทดสอบระบบเพื่อทำการหาสมการความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นจริงระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ใช้กับ ภาระการทำความเย็น และ อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลกลับเข้ามาในคอนเดนเซอร์ของเครื่องทำน้ำเย็นในแต่ละตัว ตามสภาพการเดินเครื่องในปัจจุบัน

2) ทดสอบระบบเพื่อหาสภาพที่เหมาะสมของลำดับการเดินเครื่องทำน้ำเย็น ตามข้อมูลการเดินเครื่องที่เก็บได้จริงในช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ

สำหรับการทดสอบระบบในลักษณะแรกจะเริ่มต้นจากการเดินเครื่องทำน้ำเย็นทั้งสองเครื่อง และทำการวัดปริมาณต่างๆ ของเครื่องทำน้ำเย็นในแต่ละเครื่องดังต่อไปนี้

1) อุณหภูมิของน้ำเย็นที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็น (CHWTS) (^{o}F)
2) อุณหภูมิของน้ำเย็นที่ไหลกลับเข้ามาในเครื่องทำน้ำเย็น (CHWTR) (^{o}F)
3) อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลกลับเข้ามายังคอนเดนเซอร์ (ECDWT) (^{o}F)
4) อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลออกจากคอนเดนเซอร์ (LCDWT) (^{o}F)
5) กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นแต่ละตัว (kW)
6) คำนวณภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นแต่ละตัว โดยการแทนค่าของข้อมูลจากข้อ (1) , (2) ลงในสมการ (5.1) และนำค่าที่ได้มารวมกันเพื่อจะทำให้ได้ค่าของภาระการทำความเย็นทั้งหมดของระบบ
7) คำนวณประสิทธิภาพ (kW/TON)ของเครื่องทำน้ำเย็นแต่ละตัว รวมทั้งประสิทธิภาพของทั้งระบบด้วย โดยการแทนค่าของภาระการทำความเย็นและกำลังไฟฟ้าจากข้อมูลข้อที่ (5) และ (6) ลงในสมการที่ (5.2)
8) คำนวณร้อยละของการเดินเครื่องของเครื่องทำน้ำเย็น แต่ละตัว โดยการแทนค่าของข้อมูลจากข้อ (5) ลงในสมการ (5.3) และ (5.4)
9) คำนวณร้อยละของการรับภาระของเครื่องทำน้ำเย็นแต่ละตัว เทียบกับภาระการทำความเย็นทั้งหมดของระบบ

โดยจะทำการตรวจวัดและคำนวณปริมาณต่างๆ ในทุกๆ 1 ชั่วโมงตั้งแต่เวลา 8:00 – 17:00 น. ของวันที่ 17 – 21 มี.ค. 2546 รวมเป็นเวลา 5 วัน หลังจากนั้นจะได้นำข้อมูลต่างๆที่ตรวจวัดและคำนวณได้มาทำการวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณต่างๆที่สนใจ เพื่อนำสมการที่หาได้นั้นไปใช้ในการทดสอบระบบในลักษณะที่ 2 ต่อไป

สำหรับการทดสอบระบบในลักษณะที่ 2 นั้น จะเริ่มทำ ข้อ (1) ถึง (9) เช่นเดียวกับการทดสอบในลักษณะที่ 1 แต่จะเพิ่มข้อ (10) และ (11) เข้ามาดังนี้

10) คำนวณหาค่าของสภาพที่เหมาะสมที่สุดของระบบจากข้อมูลทั้งหมดที่ตรวจวัดและคำนวณได้จากข้อ (1) ถึง (9) โดยใช้โปรแกรม MS ACCESS 2000 และโปรแกรมย่อย [OPTIMIZATION] ที่ได้สร้างขึ้นไว้แล้ว

11) นำค่าที่ได้จากข้อ (10) ไปทำการปรับเปลี่ยนการเดินเครื่องของเครื่องทำน้ำเย็น แต่ละตัว และหลังจากนั้นจะทำการวิเคราะห์ถึงผลลัพธ์ที่ได้เกิดขึ้นภายหลังจากการปรับเปลี่ยนแล้ว

การทดสอบในลักษณะที่ 2 นั้นจะทำการตรวจวัด, คำนวณปริมาณต่างๆ และปรับเปลี่ยนการเดินเครื่องทำน้ำเย็น ในทุกๆชั่วโมงตั้งแต่เวลา 9:00 - 16:00 รวมวันละ 8 ชั่งโมง ตั้งแต่วันที่ 24 – 26 มี.ค. 2546 และเมื่อเสร็จสิ้นการทดสอบในแต่ละวันแล้ว จะได้นำค่าของข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดและคำนวณในวันดังกล่าว ไปรวมเพิ่มกับข้อมูลที่ได้มาจากการทดสอบในลักษณะที่ 1 เพื่อที่จะทำการหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณต่างๆที่สนใจใหม่อีกครั้งเพื่อที่จะทำให้ได้สมการที่ใกล้เคียงกับสภาวะการเดินเครื่องในปัจจุบันมากที่สุด และจะได้นำสมการที่หาได้ใหม่ดังกล่าวนั้นไปใช้ในการทดสอบระบบในวันถัดไป

5.5 วิธีการคำนวณผลการทดลอง

5.5.1 วิธีการคำนวณภาระการทำความเย็น

$$TON = \frac{m_c C_p (CHWTR - CHWTS)}{3.516} \qquad \text{---------- (5.1)}$$

TON = ภาระการทำความเย็น (tons)

m_c = อัตราการไหลของน้ำเย็น : (คงที่) (kg/s)

C_p = ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (kJ/kg $^{\circ}$C)

5.5.2 วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ (kW/TON)

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{kW}{TON} \text{ ; kW = กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็น} \qquad \text{---------- (5.2)}$$

5.5.3 วิธีการคำนวณร้อยละของการรับภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นแต่ละตัว

ตัวที่ 1 : ร้อยละของการรับภาระการทำความเย็น (%LOAD1) = $\frac{TON_1}{TON_1 + TON_2} \times 100\%$ -- (5.3)

ตัวที่ 2 : ร้อยละของการรับภาระการทำความเย็น (%LOAD2) = $\frac{TON_2}{TON_1 + TON_2} \times 100\%$ -- (5.4)

5.5.4 วิธีการคำนวณร้อยละของการเดินเครื่องทำน้ำเย็นแต่ละตัว

ตัวที่ 1 : ร้อยละของการเดินเครื่อง(%OPER1) = $\frac{kW_1}{170} \times 100\%$ ------- (5.5)

ตัวที่ 2 : ร้อยละของการเดินเครื่อง(%OPER2) = $\frac{kW_2}{178} \times 100\%$ ------ (5.6)

5.6 วิธีการปรับการเดินเครื่องทำน้ำเย็นในแต่ละตัว

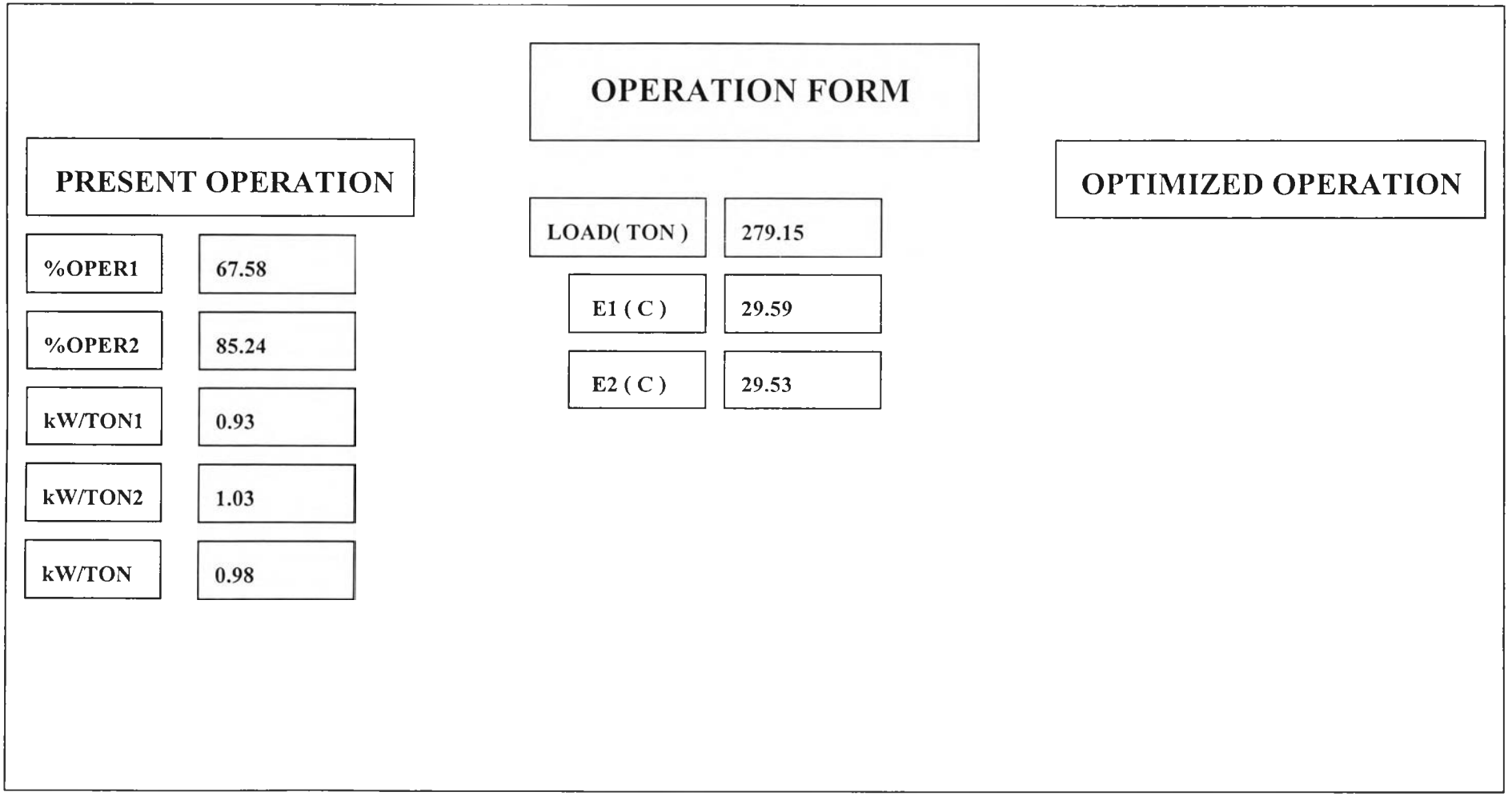
ภายหลังจากที่ได้ทำการคำนวณร้อยละของการเดินเครื่องทำน้ำเย็นแต่ละตัวจากหัวข้อ 5.5.3 แล้วจะได้นำค่าดังกล่าวมาทำการปรับการเดินเครื่องของเครื่องทำน้ำเย็นแต่ละตัวดังต่อไปนี้

สำหรับเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 การปรับเปลี่ยนการเดินเครื่องจะทำได้โดยการตั้งค่าของกระแสไฟฟ้าที่ใช้ภายในเครื่อง โดยความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าที่ใช้กับ (% OPER 1) ได้แสดงไว้ในสมการที่ (5.5) ดังนี้

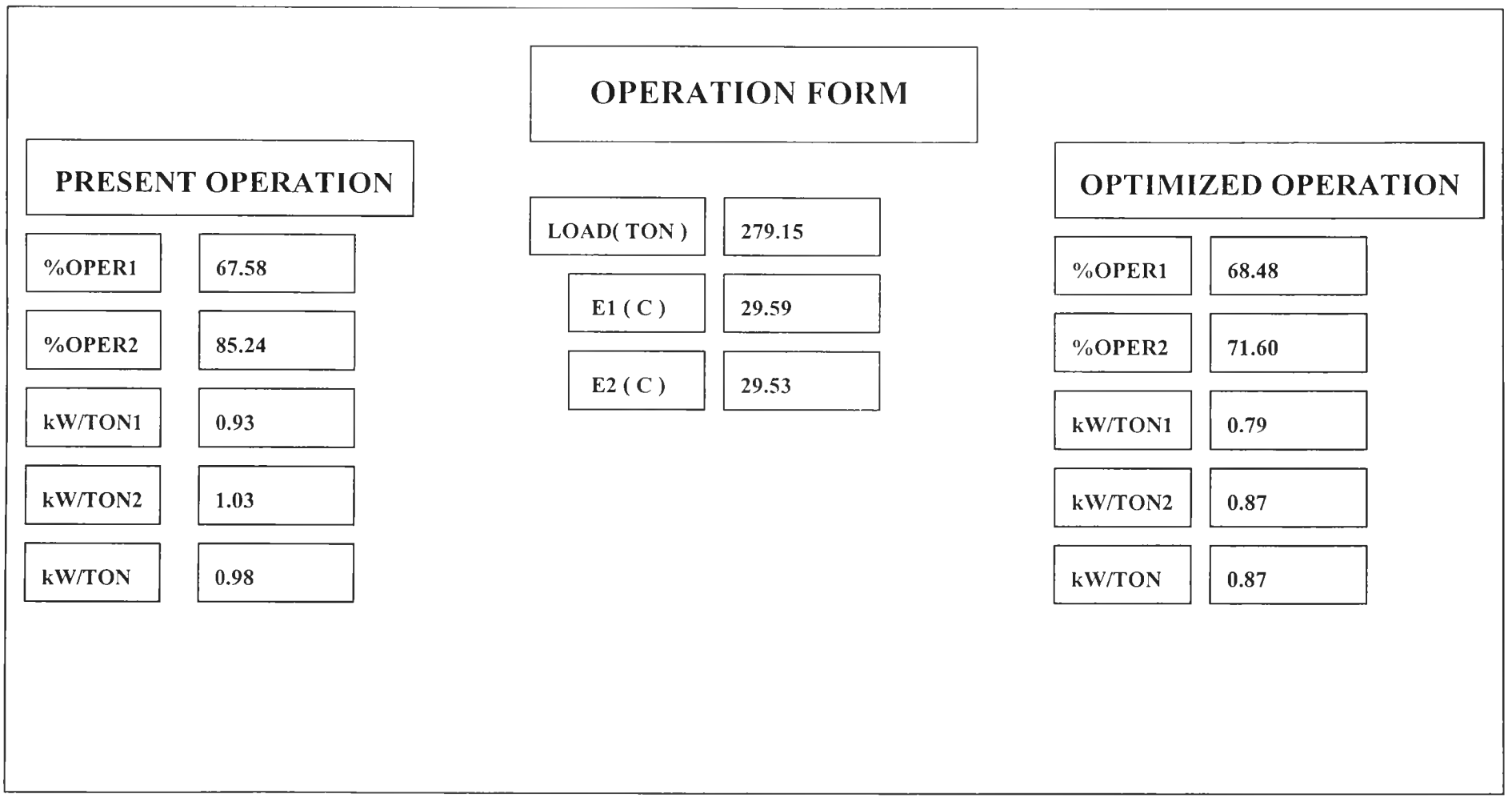
Amp. = 1.754 (% OPER 1) ---------- (5.7)

เพราะฉะนั้นจากสมการที่ (5.7) ถ้าคำนวณค่าของ % OPER 1 ได้ 68 % ก็จะได้ว่าค่าของกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการเดินเครื่องจะถูกตั้งอยู่ที่ประมาณ 120 แอมแปร์ ในส่วนของการนำค่าของกระแสไฟฟ้าไปตั้งให้กับเครื่องจะทำได้โดยการเลือกฟังก์ชันการตั้งค่ากระแสไฟฟ้าที่แผงควบคุมการทำงานของเครื่องที่อยู่บริเวณด้านหน้าของเครื่อง หลังจากนั้นให้พิมพ์ค่าของกระแสไฟฟ้าที่ต้องการเข้าไปในเครื่องดังแสดงในรูปที่ภาคผนวก จ-9 และเมื่อตั้งค่าเสร็จ แล้วก็ให้ออกจากฟังก์ชันการตั้งค่าให้มาอยู่ที่หน้าจอปกติก็เป็นอันเสร็จขั้นตอนการปรับเปลี่ยนการเดินเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1

สำหรับเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 นั้น การปรับเปลี่ยนการเดินเครื่องจะทำได้ง่ายกว่าเครื่องแรก กล่าวคือ เมื่อทำการคำนวณค่าของร้อยละของการเดินเครื่องตัวที่ 2 (% OPER 2) ได้แล้วก็จะนำค่าดังกล่าวไปปรับโดยการหมุนปุ่มที่ควบคุมร้อยละของการเดินเครื่องที่ติดตั้งอยู่ที่แผงควบคุมการทำงานของเครื่องให้ได้ค่าตามที่ต้องการก็เป็นอันเสร็จสิ้นขั้นตอนการปรับเปลี่ยนการเดินเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2



รูปที่ 5.2 หน้าจอของโปรแกรม [OPTIMIZATION] ก่อนที่จะสั่งให้โปรแกรมทำงาน



รูปที่ 5.3 หน้าจอของโปรแกรม [OPTIMIZATION] ที่แสดงสภาพที่เหมาะสมของระบบ

5.7 ข้อมูลการทดสอบ

ในการทดสอบระบบเพื่อหาค่าภาระการทำความเย็นและประสิทธิภาพของระบบจะ ต้องบันทึกค่าต่างๆตามข้อ 5.4 ซึ่งได้แสดงค่าต่างๆที่ได้จากการทดลองไว้ในตารางของภาคผนวก ก.และตัวอย่างการคำนวณจะได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข. สำหรับโปรแกรมทั้งหมดที่ได้สร้างขึ้นในการทำวิจัยครั้งนี้จะแสดงไว้ในส่วนของภาคผนวก ค. ในส่วนของลักษณะของเครื่องทำน้ำเย็นทั้ง 2 ตัวและอุปกรณ์ ตลอดจนการติดตั้ง, การเดินสายไฟ ที่ใช้ในการวิจัยจะได้แสดงไว้ในภาคผนวก ง. และ ภาคผนวก จ. ตามลำดับ