รายการอ้างอิง

1. ฤชากร จิรกาลวสาน. การออกแบบและการนำเครื่องสูบน้ำไปใช้ในระบบปรับอากาศ. สัมมนาทางวิชาการสมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทยร่วมกับ ASHRAE Thailand Chapter (ม.ท.ป., ม.ป.ป)
2. วริทธิ์ อึ้งภากรณ์. หลักการออกแบบระบบปรับอากาศขนาดใหญ่เพื่อการประหยัดพลังงาน. กรุงเทพมหานคร : สถาบันวิจัยและพัฒนาของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525.
3. สุรพล พฤกษพานิช. การปรับอากาศ. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, 2529.
4. วรชาติ จิรัฐิติเจริญ. การจำลองระบบทำความเย็นสำหรับระบบทำความเย็นส่วนกลางแบบมหภาค. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.
5. ปราโมทย์ เดชะอำไพ. ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขในงานวิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.
6. กิตติ ภักดีวัฒนะกุล และ จำลอง ครูอุตสาหะ. Visual Basic 6 ฉบับโปรแกรมเมอร์. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพมหานคร : ไทยเจริญการพิมพ์, 2543.
7. Steocker W.F. Design of thermal system. 3rd ed. Malaysia : McGraw – Hill Book, 1989.
8. Rishel, J.B. HVAC pump handbook. New York : McGraw – Hill Book, 1996.
9. ASHRAE. Chapter 12 : Hydronic heating and cooling system design. 1996 HVAC systems and equipment. Atlanta, GA : 1996.
10. ASHRAE. Chapter 38 : Centrifugal Pumps. 1996 HVAC systems and equipment. Atlanta, GA : 1996.
11. ASHRAE. Chapter 41 : Valves. 1996 HVAC systems and equipment. Atlanta, GA : 1996.
12. ASHRAE. Chapter 33 : Pipe Sizing. 1997 Fundamentals. Atlanta, GA : 1997.
13. Carrier Air Conditioning Company. Handbook of air conditioning system design. New York : McGraw – Hill Book, 1965.
14. Fox, R.W. and McDonald, A.T. Introduction to fluid mechanics. 4th ed. New York : John Wiley & Sons, 1994.

15. Wang, S.K. Handbook of air conditioning and refrigeration. New York : McGraw – Hill Book, 1994.

16. Hodge, B.K. and Taylor, R.P. Analysis and design of energy systems. 3rd ed. Englewood Cliffs, NJ : Prentice Hall, 1998.

17. Hanson, E.G. Hydronic system design and operation : A guide to heating and cooling with water. New York : McGraw – Hill Book, 1985.

18. Chapra, S.C. and Canale, R.P. Numerical methods for engineerings : with programming and software applications. 3rd ed. Boston : McGraw – Hill Book, 1998.

19. Rishel, J.B. Wire-to-water efficiency of pumping systems. ASHRAE Journal (April 2001) : 40, 42, 44-46

20. Coad, W.J. Variable flow chilled-water system. ASHRAE Journal (October 1990) : 31, 40-44.

21. Paarporn, S. Local pumping system. ASHRAE Journal (September 2000) : 26-32.

22. Kilkis, B.I. An analytical algorithm for hydronic circuit analysis and assessement of equipment performance. ASHRAE Trans (2000) : 368-384.

23. Hegberg, R.A. Converting constant-speed hydronic pumping system to variable-speed pumping. ASHRAE Trans (1991) : 739-745.

24. Waller, B. Pipe size selection. ASHRAE Journal (1988) : 31-34.

25. Hegberg, R.A. Selecting control and balnacing valves in a variable flow system. ASHRAE Journal (June 1997) : 53-62.

26. Stethem, W.C. Single-pipe hydronic system design and load-matched pumping. ASHRAE Trans (1994) : 1507-1515.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

คุณสมบัติของน้ำตามอุณหภูมิ

ก.1 หน่วย SI

อุณหภูมิ ($^{\circ}C$)	ความหนาแน่น (kg / m^3)	ความหนืด (mPa•s)
0	999.84	1.790
10	999.70	1.310
20	998.21	1.008
30	995.65	0.803
40	992.22	0.656
50	988.04	0.552
60	983.19	0.476
70	977.71	0.406
80	971.63	0.358
90	965.16	0.319
100	958.13	0.282

ก.2 หน่วยอังกฤษ

อุณหภูมิ ($^{\circ}F$)	ความหนาแน่น ($slug / ft^3$)	ความหนืด ($lb•s / ft^2$)
32	1.939	3.727×10^{-5}
40	1.939	3.217×10^{-5}
50	1.937	2.733×10^{-5}
60	1.936	2.329×10^{-5}
70	1.934	2.019×10^{-5}
80	1.931	1.081×10^{-5}
90	1.929	1.584×10^{-5}
100	1.925	1.429×10^{-5}
120	1.917	1.180×10^{-5}

(ที่มา : Principles for Air Conditioning Practice by W.F. Stoecker)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

อัตราค่าไฟฟ้า

อัตราค่าไฟฟ้าที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นแบบ TOU Tariff 2 ซึ่งได้ข้อมูลมาจากเว็บไซท์ของการไฟฟ้านครหลวง (www.mea.org) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

ระดับแรงดันไฟฟ้า	อัตราค่าไฟฟ้าที่เรียกเก็บ			
	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท / kW)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท / หน่วย)		ค่าบริการ (บาท / เดือน)
	1*	1*	2*	
69 kV ขึ้นไป	74.17	2.6136	1.1726	228.17
12 –24 kV	132.93	2.6950	1.1914	228.17
ต่ำกว่า 12 kV	210.00	2.8408	1.2246	228.17

1* Onpeak : เวลา 09.00 – 22.00 น. วันจันทร์ – ศุกร์

2* Offpeak : เวลา 22.00 – 09.00 น. วันจันทร์ – ศุกร์

: เวลา 00.00 – 24.00 น. วันเสาร์ – อาทิตย์

วันหยุดราชการปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย)

สำหรับค่าไฟฟ้าแปรผัน (F_t Factor) ณ วันที่เก็บข้อมูล (1 มกราคม 2546) มีค่าเป็น 21.95 สตางค์ต่อหน่วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากข้อมูลด้านบน จะได้ว่า ค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายต่อเดือนมีค่าเป็น

$$EC = (NR \cdot KwN) + (OnPR \cdot OnPU) + (OffPR \cdot OffU) + (F_t \cdot [OnPU + OffPU]) + SERV + Vat$$

เมื่อ EC = ค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่าย (บาทต่อเดือน)

NR = ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า

KwN = ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดในแต่ละเดือน (ความต้องการกำลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในช่วงเวลา OnPeak ในรอบเดือน เศษของกิโลวัตต์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวัตต์)

OnPR = ค่าพลังงานไฟฟ้าในช่วง Onpeak

OnPU = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในช่วง Onpeak

OffPR = ค่าพลังงานไฟฟ้าในช่วง Offpeak

OffPU = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในช่วง Offpeak

F_t = ค่าอัตราไฟฟ้าแปรผัน

SERV = ค่าบริการรายเดือน

Vat = ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ภาระการทำความเย็นของระบบ

โดยปกติแล้วระบบหนึ่ง ๆ จะมีความต้องการความเย็นไม่สม่ำเสมอเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของเวลากลางวัน – กลางคืน และฤดูกาล ดังจะเห็นว่าตอนบ่ายซึ่งอากาศร้อนนั้นระบบคงต้องการใช้ความเย็นมากกว่าในช่วงเวลากลางคืนซึ่งอากาศได้เย็นลงบ้างแล้ว นอกจากนี้แล้วความแตกต่างกันของประเภทผู้ใช้ระบบปรับอากาศ เช่น บ้านพักอาศัย อาคารสำนักงาน โรงแรม โรงภาพยนตร์ ศูนย์การค้า ก็เป็นตัวกำหนดลักษณะความต้องการใช้ความเย็นด้วยให้มีความแตกต่างกันด้วยเช่นกัน เช่น ในโรงแรมอาจต้องการใช้ความเย็นอยู่ตลอดทั้งวัน ในขณะที่ศูนย์การค้าจะต้องการใช้ความเย็นเพียงแค่ช่วงเวลาที่เปิดทำการเท่านั้น เป็นต้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องสร้างกราฟแสดงภาระการทำความเย็นขึ้นเพื่อเป็นตัวช่วยให้เข้าใจลักษณะความต้องการใช้ความเย็นของระบบที่กำลังออกแบบอยู่

กราฟแสดงภาระการทำความเย็น

กราฟแสดงภาระการทำความเย็น (Cooling Load Curve) เป็นกราฟที่แสดงให้เห็นถึงความต้องการใช้ความเย็นของระบบเทียบกับเวลา หากเทียบกับจำนวนชั่วโมงภายในหนึ่งวันก็จะเรียกว่ากราฟแสดงภาระการทำความเย็นรายวัน (Daily Load Curve) หากเทียบกับจำนวนวันในหนึ่งเดือนก็จะเรียกว่ากราฟแสดงภาระการทำความเย็นรายเดือน (Monthly Load Curve) หรืออาจเทียบเป็นรายเดือนในเวลาหนึ่งปีก็จเรียกว่ากราฟแสดงภาระการทำความเย็นรายปี (Yearly Load Curve)

ในการศึกษาเรื่องภาระการทำความเย็นนั้นมีนิยามที่ควรรู้จักที่สำคัญ ๆ ดังนี้

1) <u>ความต้องการภาระความเย็นสูงสุด</u>

ความต้องการภาระความเย็นสูงสุด (Peak Load) คือ ความต้องการใช้ความเย็นสูงสุดของระบบ ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง ค่าความต้องการภาระความเย็นสูงสุดนี้ขึ้นอยู่กับเวลาและประเภทการใช้งานของระบบเองว่าเป็นแบบใด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2) ภาระการทำความเย็นเฉลี่ย

ภาระการทำความเย็นโดยเฉลี่ย (Average Load) คือ ภาระการทำความเย็นเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาหนึ่งที่สนใจ ทั้งนี้มักเป็นเวลาที่ระบบถูกใช้งาน เช่น ถ้าระบบมีการใช้งานตลอดทั้ง 24 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยของภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นจะมีค่าเป็น

$$\text{Average Load} = \frac{\text{Area under Cooling Load Curve within 24 hours}}{24 \text{ hours}}$$

3) ตัวประกอบภาระ

ตัวประกอบภาระ (Load Factor : LF) คือ อัตราส่วนระหว่างภาระการทำความเย็นโดยเฉลี่ยกับค่าความต้องการภาระความเย็นสูงสุดที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่สนใจ นั่นคือ

$$\text{Load Factor} = \frac{\text{Average Load}}{\text{Peak Load}}$$

ตัวประกอบภาระจะมีค่าสูงสุดเป็น 1 หรือ 100% นั่นหมายความว่าระบบมีการใช้งานความเย็นเต็มภาระตลอดเวลา ซึ่งเป็นไปไม่ได้ในทางปฏิบัติ ระบบที่มีค่าตัวประกอบภาระต่ำ ๆ จะแสดงให้เห็นว่าระบบนั้นมีช่วงการทำงานอยู่ในภาระบางส่วนมากกว่าช่วงเวลาที่ระบบต้องทำงานเต็มภาระมาก คือระบบไม่ได้ทำงานเท่ากับกำลังความเย็นสูงสุดที่มันสามารถทำได้จึงทำให้ค่าใช่จ่ายต่อหน่วยความเย็นที่ผลิตได้สูง จึงต้องมีการจัดการการเปิด – ปิดอุปกรณ์ภายในระบบ เช่น เครื่องทำน้ำเย็นและเครื่องสูบน้ำให้สอดคล้องกับภาระความเย็นที่เกิดขึ้นตลอดเพื่อการประหยัดพลังงาน

ปัญหาในการออกแบบระบบทำความเย็นให้ประหยัดพลังงานนั้นไม่ใช่อยู่ที่การทราบปริมาณของความเย็นสูงสุดที่ถูกต้องที่ระบบต้องการเพียงเท่านั้น แต่ว่าปัญหาที่แท้จริงคือลักษณะการใช้ความเย็นของระบบที่แปรเปลี่ยนไปตามเวลา ระบบที่มีความต้องการความเย็นสูงสุดเท่ากันแต่มีความต้องการการใช้ความเย็นในแต่ละเวลาที่แตกต่างกันก็ส่งผลให้ระบบมีความแตกต่างกันในด้านประสิทธิภาพของการใช้พลังงาน จากกราฟภาระการทำความเย็นที่ได้นอกจากจะทำให้ผู้ออกแบบระบบสามารถทราบค่าความต้องการความเย็นสูงสุดของระบบว่ามีค่าเท่าไรและเกิดขึ้น ณ เวลาใด ยัง

ทำให้ทราบถึงลักษณะการใช้ความเย็นของระบบอีกด้วย ดังนั้นจึงสามารถวางแผนการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศได้ดีมากขึ้นด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

ระเบียบวิธีกำจัดแบบเกาส์

ระเบียบวิธีกำจัดแบบเกาส์ (Gauss Elimination Method) เป็นกระบวนการแก้ระบบสมการเชิงเส้นโดยอาศัยระเบียบวิธีเชิงเลข (Numerical Methods) ซึ่งเป็นวิธีที่เป็นที่นิยมใช้มากในการแก้ปัญหาในด้านวิศวกรรม เนื่องจากหลักการไม่ซับซ้อนและสามารถประดิษฐ์โปรแกรมได้ไม่ยาก ทั้งยังไม่ไม่ข้อกำหนดเหมือนระเบียบวิธีการอื่น ๆ อีกด้วย สามารถใช้แก้ระบบสมการเชิงเส้นได้ทุกรูปแบบไม่ขึ้นกับลำดับของสมการที่นำมาแก้หาคำตอบ เงื่อนไขเพียงอย่างเดียวก็คือระบบสมการนั้นต้องเป็นระบบสมการที่มีคำตอบ

หลักการของระเบียบวิธีการกำจัดแบบเกาส์อธิบายเป็นสังเขปได้ดังนี้

1) การกำจัดไปข้างหน้า (Forward Elimination)

เป็นขั้นตอนการเปลี่ยนสัมประสิทธิ์ของระบบสมการให้อยู่ในรูปของเมตริกซ์จัตุรัสที่ประกอบด้วยค่าศูนย์ตลอดแถบล่างซ้ายของเมตริกซ์นั้น

ถ้ามีระบบสมการ

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \ldots + a_{1n}x_n = b_1 \qquad (\text{ง.1a})$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \ldots + a_{2n}x_n = b_2 \qquad (\text{ง.1b})$$

$$a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 + \ldots + a_{3n}x_n = b_3 \qquad (\text{ง.1c})$$

$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots$$

$$a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + a_{n3}x_3 + \ldots + a_{nn}x_n = b_n \qquad (\text{ง.1n})$$

เริ่มต้นกำจัดไปข้างหน้าด้วยการหารสมการ (ง.1a) ด้วยสัมประสิทธิ์ของ x_1 ได้เป็น

$$x_1 + \frac{a_{12}}{a_{11}}x_2 + \frac{a_{13}}{a_{11}}x_3 + \ldots + \frac{a_{1n}}{a_{11}}x_n = \frac{b_1}{a_{11}}$$

จากนั้นคูณสมการที่ได้นี้ด้วยสัมประสิทธิ์ของ x_1 ในสมการ (1b)

$$a_{21}x_1 + a_{21}\frac{a_{12}}{a_{11}}x_2 + a_{21}\frac{a_{13}}{a_{11}}x_3 + \ldots + a_{21}\frac{a_{1n}}{a_{11}}x_n = a_{21}\frac{b_1}{a_{11}}$$

แล้วนำสมการที่ได้ใหม่นี้ลบออกจากสมการ (ง.1b) ซึ่งจะได้

$$\left(a_{22} - a_{21}\frac{a_{12}}{a_{11}}\right)x_2 + \left(a_{23} - a_{21}\frac{a_{13}}{a_{11}}\right)x_3 + \ldots + \left(a_{2n} - a_{21}\frac{a_{1n}}{a_{11}}\right)x_n = b_2 - a_{21}\frac{b_1}{a_{11}}$$

หรือเขียนใหม่ได้ว่า

$$a'_{22}x_2 + a'_{23}x_3 + \ldots + a'_{2n}x_n = b'_2 \qquad (\text{ง.1b'})$$

เช่นเดียวกันนี้กับสมการ (1c) จนถึง (1n) จะได้ระบบสมการ (1) เปลี่ยนมาอยู่ในรูป

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \ldots + a_{1n}x_n = b_1 \qquad (ง.2a)$$
$$a'_{22}x_2 + a'_{23}x_3 + \ldots + a'_{2n}x_n = b'_2 \qquad (ง.2b)$$
$$a'_{32}x_2 + a'_{33}x_3 + \ldots + a'_{3n}x_n = b'_3 \qquad (ง.2c)$$
$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots$$
$$a'_{n2}x_2 + a'_{n3}x_3 + \ldots + a'_{nn}x_n = b'_n \qquad (ง.2n)$$

จะเห็นว่าผลจากการกำจัดไปข้างหน้าในรอบแรกนี้ทุก ๆ ค่าของสัมประสิทธิ์ของ x_1 จะหายไปจากนั้นจะทำการกำจัดไปข้างหน้าอีกซ้ำเป็นรอบที่สอง โดยเริ่มจากสมการ (ง.2b) ระบบสมการ (ง.1) จะเปลี่ยนมาอยู่ในรูป

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \ldots + a_{1n}x_n = b_1 \qquad (ง.3a)$$
$$a'_{22}x_2 + a'_{23}x_3 + \ldots + a'_{2n}x_n = b'_2 \qquad (ง.3b)$$
$$a''_{33}x_3 + \ldots + a''_{3n}x_n = b''_3 \qquad (ง.3c)$$
$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots$$
$$a''_{n3}x_3 + \ldots + a''_{nn}x_n = b''_n \qquad (ง.3n)$$

และทำการกำจัดไปข้างหน้าในรอบถัดไปเรือย ๆ จนถึงรอบที่ n-1 ซึ่งการทำการกำจัดไปข้างหน้าทั้ง n-1 ครั้งนี้จะเปลี่ยนระบบสมการ (ง.1) ให้อยู่ในรูป

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \ldots + a_{1n}x_n = b_1 \qquad (ง.4a)$$
$$a'_{22}x_2 + a'_{23}x_3 + \ldots + a'_{2n}x_n = b'_2 \qquad (ง.4b)$$
$$a''_{33}x_3 + \ldots + a''_{3n}x_n = b''_3 \qquad (ง.4c)$$
$$\vdots \quad \vdots$$
$$a_{nn}^{n-1}x_n = b_n^{n-1} \qquad (ง.4n)$$

2) การแทนค่าย้อนกลับ (Back Substitution)

เมื่อกำจัดสัมประสิทธิ์ของระบบสมการจนได้รูปแบบดังในระบบสมการ (ง.4) ก็จะสามารถหาค่าคำตอบของ x_n ได้นั่นคือ

$$x_n = \frac{b_n^{n-1}}{a_{nn}^{n-1}} \qquad (ง.5a)$$

และหาค่าของ $x_{n-1}, x_{n-2}, \ldots, x_2$ และ x_1 ได้โดยการแทนค่าย้อนกลับไปทีละสมการ โดยใช้ความสัมพันธ์

$$x_i = \frac{b_i^{i-1} - \sum_{j=i+1}^{n} a_{ij}^{i-1}}{a_{ii}^{i-1}} \qquad (ง.5b)$$

โปรแกรมที่ประดิษฐ์ขึ้นเพื่อใช้ในงานวิจัยนี้ใช้ระเบียบวิธีกำจัดของเกาส์เป็นโปรแกรมย่อย เพื่อแก้ระบบสมการเชิงเส้นที่เกิดขึ้นระหว่างการคำนวณทุกครั้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

การถดถอยแบบกำลังสองน้อยสุด

ระเบียบวิธีถดถอยแบบกำลังสองน้อยสุด (Least Square Method) เป็นวิธีการที่ใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างจุดข้อมูลดิบที่เรามีอยู่เพื่อที่จะได้นำความสัมพันธ์นั้นมาใช้ประโยชน์ต่อไป โดยสร้างความสัมพันธ์จากชุดของข้อมูลโดยให้มีค่าความเบี่ยงเบนรวมระหว่างจุดข้อมูลทุกข้อมูลกับฟังก์ชันที่สร้างขึ้นให้มีค่าน้อยที่สุด

สำหรับข้อมูลของเครื่องสูบน้ำ เครื่องทำน้ำเย็น และอุปกรณ์ส่งลมเย็นที่ได้จากคะตะล็อกของผู้ผลิตนั้น เมื่อโปรแกรมได้รับข้อมูลเข้าจากผู้ใช้แล้วจะนำข้อมูลเหล่านั้นมาสร้างความสัมพันธ์เพื่อใช้ความสัมพันธ์เหล่าในการจำลองระบบส่งจ่ายน้ำเย็นต่อไป ซึ่งวิธีการที่ใช้ในโปรแกรมย่อยเพื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลของอุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านี้ก็คือระเบียบวิธีถดถอยแบบกำลังสองน้อยสุด

จ.1 การถดถอยแบบเชิงเส้น (Linear Regression)

การหาความสัมพันธ์ระหว่างจุดข้อมูลแบบเชิงเส้นนั้นจำเป็นต้องทราบค่าของข้อมูลอย่างน้อย 2 ชุดเพื่อใช้ในการสร้างความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น

$$y = a + bx \qquad (จ.1)$$

ถ้ามีชุดข้อมูลอยู่ของ (x,y) อยู่ m ข้อมูล ค่าเบียงเบนของข้อมูลดิบกับค่าที่ได้จากความสัมพันธ์ (จ.1) คือ $a + bx_i - y_i$ แต่ต้องการให้ค่าความเบี่ยงเบนรวมทั้งหมดมีค่าน้อยที่สุด นั่นคือ

$$\sum_{i=1}^{m} \left(a + bx_i - y_i\right)^2 \rightarrow \text{minimum}$$

นั่นคือค่าของสัมประสิทธิ์ a และ b ต้องสอดคล้องกับเงื่อนไข

$$\frac{\partial \sum_{i=1}^{m} \left(a + bx_i - y_i\right)^2}{\partial a} = \sum 2(a + bx_i - y_i) = 0$$

และ

$$\frac{\partial \sum_{i=1}^{m} \left(a + bx_i - y_i\right)^2}{\partial b} = \sum 2(a + bx_i - y_i)x_i = 0$$

นั่นคือค่า a และ b เป็นคำตอบของระบบสมการ

$$ma + b\sum x_i = \sum y_i \qquad (จ.2)$$

$$a\sum x_i + b\sum x_i^2 = \sum x_i y_i \qquad (จ.3)$$

จากนั้นก็ใช้ระเบียบวิธีกำจัดแบบเกาส์เพื่อแก้ระบบสมการ (จ.2) และ (จ.3) เพื่อหาค่าของ a และ b

จ.2 การประยุกต์การถดถอยแบบเชิงเส้นกับข้อมูลไม่เชิงเส้น

ถ้าการกระจายของข้อมูลเป็นในรูปแบบของสมการกำลัง (Power Equation) ดังเช่น ข้อมูลอัตราการไหลกับเฮดสูญเสียของเครื่องทำความเย็นกับอุปกรณ์ส่งลมเย็นนั้น ความสัมพันธ์จะอยู่ในรูป

$$\overline{y} = a\,\overline{x}^b \qquad (จ.4)$$

สมการลอการิทึมที่สืบเนื่องจากสมการ (จ.4) คือ

$$\log \overline{y} = \log a + b \log \overline{x} \qquad (จ.5)$$

หรือเขียนใหม่ได้เป็น $y = a_0 + a_1 x \qquad (จ.6)$

โดยที่ $x = \log \overline{x} \qquad (จ.7)$

$$y = \log \overline{y} \qquad (จ.8)$$

$$a_0 = \log a \qquad (จ.9)$$

$$a_1 = b \qquad (จ.10)$$

จะเห็นว่าเราสามารถเปลี่ยนการกระจายตัวแบบไม่เชิงเส้นของข้อมูลแบบยกกำลังให้เป็นการกระจายของข้อมูลแบบเชิงเส้นได้ ดังนั้นเราสามารถใช้การถดถอยแบบเชิงเส้นคำนวณหาค่าของ a_0 และ a_1 ได้ จากนั้นอาศัยความสัมพันธ์ (จ.9) และ (จ.10) เพื่อหาค่าของสัมประสิทธิ์ a และ b ได้

จ.3 การถดถอยแบบพหุนาม (Polynomial Regression)

เป็นระเบียบวิธีที่ใช้สร้างฟังก์ชันพหุนามสำหรับข้อมูลที่มีการกระจายไม่อยู่ในแบบเชิงเส้นหรือยกกำลัง วิธีการในการกำหนดฟังก์ชันยังคงเหมือนกับวิธีการถดถอยแบบเชิงเส้น นั่นคือถ้าต้องการหาความสัมพันธ์แบบพหุนามอันดับ m ให้กับข้อมูล n ข้อมูลเป็น

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \ldots + a_m x^m \qquad (จ.11)$$

โดย เป็นค่าคงตัวที่ไม่รู้ค่าโดยมีเงื่อนไขว่าฟังก์ชันพหุนามที่ต้องการนั้นจะทำให้เกิดค่าความผิดพลาดโดยฉลี่ยที่น้อยที่สุดจากชุดข้อมูลทั้งหมดนี้ นั้นคือ

$$Error = \sum_{i=1}^{n}\left(a_0 + a_1x_i + a_2x_i^2 + \ldots + a_mx_i^m - y_i\right)^2 \rightarrow \text{minimum}$$

นั่นคือค่าของ $a_0, a_1, a_2, \ldots, a_m$ ทั้งหมด m+1 ค่านั้นต้องสอดคล้องกับเงื่อนไข

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial Error}{\partial a_0} &= 0 \\ \frac{\partial Error}{\partial a_1} &= 0 \\ \frac{\partial Error}{\partial a_2} &= 0 \\ &\vdots \\ \frac{\partial Error}{\partial a_m} &= 0 \end{aligned}\right\} \; m+1 \text{ equaions}$$

นั่นคือค่าของ $a_0, a_1, a_2, \ldots, a_m$ ต้องเป็นคำตอบของระบบสมการ (จ.12)

$$\begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^{n}x_i & \sum_{i=1}^{n}x_i^2 & \cdots & \sum_{i=1}^{n}x_i^m \\ \sum_{i=1}^{n}x_i & \sum_{i=1}^{n}x_i^2 & \sum_{i=1}^{n}x_i^3 & \cdots & \sum_{i=1}^{n}x_i^{m+1} \\ \sum_{i=1}^{n}x_i^2 & \sum_{i=1}^{n}x_i^3 & \sum_{i=1}^{n}x_i^4 & \cdots & \sum_{i=1}^{n}x_i^{m+2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ \sum_{i=1}^{n}x_i^m & \sum_{i=1}^{n}x_i^{m+1} & \sum_{i=1}^{n}x_i^{m+2} & \cdots & \sum_{i=1}^{n}x_i^{2m} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_m \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \sum_{i=1}^{n}y_i \\ \sum_{i=1}^{n}x_iy_i \\ \sum_{i=1}^{n}x_i^2y_i \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^{n}x_i^my_i \end{Bmatrix} \qquad (\text{จ.12})$$

โปรแกรมจะใช้โปรแกรมย่อยการกำจัดแบบเกาส์แก้หาคำตอบของระบบสมการ (จ.12) เพื่อหาค่าของสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ที่ต้องการ ข้อมูลสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำรวมที่ใช้ในการจำลองระบบส่งจ่ายน้ำเย็นจำเป็นต้องอาศัยการถดถอยแบบพหุนามในการสร้างความสัมพันธ์เพื่อใช้ในการคำนวณต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ

ฐานข้อมูลของอุปกรณ์ที่ใช้ในโปรแกรม

ฉ.1 เครื่องสูบน้ำ

เครื่องสูบน้ำที่ใช้เป็นฐานข้อมูลในโปรแกรมเป็นดังแสดงในตาราง ฉ.1

ตาราง ฉ.1 รายละเอียดของเครื่องสูบน้ำ Grundfos ISO Line

Model	Speed (rpm)	Diameter (mm)	Flow Range (Gpm)		Head Range (ft)	
			Min	Max	Min	Max
GF : 50x32-160	1450	146	26.95	63.41	10.49	22.29
GF : 50x32-160	1450	155	25.36	65.00	13.11	24.91
GF : 50x32-160	1450	160	25.36	66.58	14.42	27.54
GF : 50x32-160	1450	164	24.57	68.17	15.73	28.85
GF : 50x32-160	1450	173	23.78	71.34	17.05	31.47
GF : 50x32-160	1450	182	30.12	74.51	19.67	36.71
GF : 50x32-200	1450	182	23.78	63.41	26.22	36.06
GF : 50x32-200	1450	194	23.94	69.75	29.50	42.61
GF : 50x32-200	1450	200	24.57	72.92	31.14	44.91
GF : 50x32-200	1450	205	24.73	76.09	31.47	47.53
GF : 50x32-200	1450	217	25.36	82.44	34.75	54.09
GF : 50x32-200	1450	228	25.52	85.61	37.37	59.66
GF : 65x50-160	1450	146	39.63	95.12	9.18	22.29
GF : 65x50-160	1450	155	36.46	101.46	13.11	24.91
GF : 65x50-160	1450	160	34.88	104.63	14.42	26.22
GF : 65x50-160	1450	164	34.88	107.80	15.73	27.54
GF : 65x50-160	1450	173	34.88	114.14	18.36	31.47
GF : 65x50-160	1450	182	38.05	123.65	20.98	34.09
GF : 65x40-200	1450	182	38.05	110.97	21.31	39.34
GF : 65x40-200	1450	194	38.05	114.14	26.22	40.98
GF : 65x40-200	1450	200	38.05	117.31	29.50	44.25
GF : 65x40-200	1450	205	38.05	118.90	31.14	45.89
GF : 65x40-200	1450	217	39.63	123.65	34.42	52.45
GF : 65x40-200	1450	228	41.22	126.82	39.34	57.37
GF : 65x40-250	1450	222	38.05	91.95	40.98	52.45
GF : 65x40-250	1450	236	38.05	98.29	45.89	59.00

Model	Speed	Diameter	Flow Range (Gpm)		Head Range (ft)	
	(rpm)	(mm)	Min	Max	Min	Max
GF : 65x40-250	1450	250	38.05	107.80	52.45	68.84
GF : 65x40-250	1450	264	38.05	110.97	57.37	91.78
GF : 65x40-250	1450	278	41.22	120.48	65.56	85.23
GF : 65x40-315	1450	274	38.05	95.12	55.73	78.67
GF : 65x40-315	1450	291	38.05	101.46	62.28	88.51
GF : 65x40-315	1450	308	41.22	107.80	72.12	101.62
GF : 65x40-315	1450	315	41.22	110.97	75.39	108.17
GF : 65x40-315	1450	325	42.80	114.14	85.23	114.73
GF : 65x40-315	1450	342	42.80	123.65	95.06	131.12
GF : 80x65-160	1450	146	71.34	170.42	10.49	23.60
GF : 80x65-160	1450	155	68.17	185.48	13.11	26.22
GF : 80x65-160	1450	160	66.58	194.20	14.42	28.85
GF : 80x65-160	1450	164	66.58	198.16	15.73	30.16
GF : 80x65-160	1450	173	68.17	214.02	18.36	34.09
GF : 80x65-160	1450	182	71.34	233.83	20.98	36.71
GF : 80x50-200	1450	182	53.90	174.38	24.59	39.34
GF : 80x50-200	1450	194	50.73	190.24	27.86	44.25
GF : 80x50-200	1450	200	50.73	194.99	31.14	47.53
GF : 80x50-200	1450	205	50.73	202.92	32.78	50.81
GF : 80x50-200	1450	217	53.90	218.77	37.70	55.73
GF : 80x50-200	1450	228	57.07	231.45	40.98	62.28
GF : 80x50-250	1450	222	76.09	215.60	32.78	59.00
GF : 80x50-250	1450	236	76.09	228.28	39.34	65.56
GF : 80x50-250	1450	250	82.44	244.14	45.89	72.12
GF : 80x50-250	1450	264	82.44	253.65	52.45	81.95
GF : 80x50-250	1450	278	88.78	272.67	59.00	88.51
GF : 80x50-315	1450	274	55.49	170.42	65.56	88.51
GF : 80x50-315	1450	291	55.49	182.31	72.12	101.62
GF : 80x50-315	1450	308	55.49	190.24	85.23	114.73
GF : 80x50-315	1450	315	55.49	198.16	88.51	118.01
GF : 80x50-315	1450	325	60.24	210.05	95.06	127.84
GF : 80x50-315	1450	342	63.41	221.94	104.90	140.95
GF : 100x80-160	1450	146	95.12	348.77	9.18	20.98
GF : 100x80-160	1450	155	95.12	380.47	10.49	24.91
GF : 100x80-160	1450	160	87.19	396.33	10.49	26.22
GF : 100x80-160	1450	164	87.19	412.18	11.80	28.85
GF : 100x80-160	1450	173	87.19	443.88	13.11	31.47
GF : 100x80-160	1450	182	95.12	475.59	15.73	34.09
GF : 100x65-200	1450	182	126.82	332.91	19.67	34.42

Model	Speed (rpm)	Diameter (mm)	Flow Range (Gpm)		Head Range (ft)	
			Min	Max	Min	Max
GF : 100x65-200	1450	194	118.90	356.69	22.95	39.34
GF : 100x65-200	1450	200	118.90	364.62	24.59	42.61
GF : 100x65-200	1450	205	118.90	380.47	26.22	45.89
GF : 100x65-200	1450	217	126.82	412.18	29.50	50.81
GF : 100x65-200	1450	228	142.68	435.96	34.42	55.73
GF : 100x65-250	1450	222	134.75	348.77	36.06	55.73
GF : 100x65-250	1450	236	126.82	380.47	42.61	62.28
GF : 100x65-250	1450	250	126.82	412.18	49.17	72.12
GF : 100x65-250	1450	264	126.82	443.88	55.73	81.95
GF : 100x65-250	1450	278	126.82	475.59	62.28	88.51
GF : 100x65-315	1450	274	118.90	380.47	62.28	85.23
GF : 100x65-315	1450	291	118.90	412.18	55.73	95.06
GF : 100x65-315	1450	308	126.82	428.03	65.56	108.17
GF : 100x65-315	1450	315	126.82	443.88	78.67	111.45
GF : 100x65-315	1450	325	126.82	459.74	75.39	121.29
GF : 100x65-315	1450	342	134.75	475.59	81.95	134.40
GF : 125x100-200	1450	182	221.94	681.68	16.39	34.42
GF : 125x100-200	1450	194	209.26	745.09	19.67	40.98
GF : 125x100-200	1450	200	206.09	776.80	21.31	44.25
GF : 125x100-200	1450	205	206.09	824.36	22.95	47.53
GF : 125x100-200	1450	217	206.09	856.06	26.22	52.45
GF : 125x100-200	1450	228	209.26	887.77	29.50	59.00
GF : 125x100-250	1450	222	318.65	792.65	26.22	52.45
GF : 125x100-250	1450	236	317.06	863.99	29.50	62.28
GF : 125x100-250	1450	250	324.99	935.33	36.06	68.84
GF : 125x100-250	1450	264	332.91	1014.59	42.61	78.67
GF : 125x100-250	1450	278	348.77	1062.15	45.89	88.51
GF : 125x100-315	1450	274	221.94	634.12	59.00	85.23
GF : 125x100-315	1450	291	221.94	697.53	65.56	98.34
GF : 125x100-315	1450	308	229.87	729.24	75.39	108.17
GF : 125x100-315	1450	315	237.80	776.80	81.95	114.73
GF : 125x100-315	1450	325	237.80	808.50	85.23	121.29
GF : 125x100-315	1450	342	239.38	871.92	91.78	134.40
GF : 125x80-400	1450	350	221.94	428.03	98.34	131.12
GF : 125x80-400	1450	372	225.11	459.74	111.45	150.79
GF : 125x80-400	1450	394	234.62	499.37	124.56	170.46
GF : 125x80-400	1450	400	237.80	507.30	131.12	177.01
GF : 125x80-400	1450	416	237.80	523.15	144.23	193.40
GF : 125x80-400	1450	438	245.72	554.86	163.90	216.35

Model	Speed (rpm)	Diameter (mm)	Flow Range (Gpm)		Head Range (ft)	
			Min	Max	Min	Max
GF : 125x100-400	1450	350	198.16	713.39	91.78	144.23
GF : 125x100-400	1450	372	206.09	792.65	104.90	163.90
GF : 125x100-400	1450	394	209.26	840.21	118.01	183.57
GF : 125x100-400	1450	400	214.02	856.06	124.56	190.12
GF : 125x100-400	1450	416	221.94	887.77	137.68	203.24
GF : 125x100-400	1450	438	229.87	951.18	150.79	229.46
GF : 125x100-500	1450	447	309.13	887.77	108.17	229.46
GF : 125x100-500	1450	467	313.89	951.18	108.17	255.68
GF : 125x100-500	1450	487	317.06	967.03	131.12	278.63
GF : 125x100-500	1450	507	332.91	998.74	137.68	301.58
GF : 125x100-500	1450	527	356.69	998.74	163.90	327.80
GF : 125x100-500	1450	547	388.40	1014.59	180.29	354.02
GF : 150x125-250	1450	222	396.33	1268.24	19.67	52.45
GF : 150x125-250	1450	236	380.47	1331.65	26.22	60.64
GF : 150x125-250	1450	250	380.47	1490.18	26.22	68.84
GF : 150x125-250	1450	264	396.33	1553.59	32.78	78.67
GF : 150x125-250	1450	278	412.18	1617.01	42.61	86.87
GF : 150x125-315	1450	274	364.62	1268.24	39.34	85.23
GF : 150x125-315	1450	291	380.47	1363.36	49.17	98.34
GF : 150x125-315	1450	308	380.47	1490.18	55.73	113.09
GF : 150x125-315	1450	315	380.47	1553.59	59.00	114.73
GF : 150x125-315	1450	325	396.33	1585.30	68.84	122.93
GF : 150x125-315	1450	342	412.18	1680.42	78.67	136.04
GF : 150x125-400	1450	350	380.47	1268.24	91.78	147.51
GF : 150x125-400	1450	372	396.33	1395.06	98.34	163.90
GF : 150x125-400	1450	394	412.18	1490.18	111.45	183.57
GF : 150x125-400	1450	416	428.03	1585.30	131.12	206.51
GF : 150x125-400	1450	438	443.88	1712.12	137.68	229.46
GF : 150x125-500	1450	447	523.15	1426.77	91.78	222.90
GF : 150x125-500	1450	467	570.71	1506.04	108.17	252.41
GF : 150x125-500	1450	487	586.56	1545.67	118.01	272.07
GF : 150x125-500	1450	507	618.27	1585.30	131.12	288.46
GF : 150x125-500	1450	527	634.12	1664.57	137.68	311.41
GF : 150x125-500	1450	547	665.83	1712.12	140.95	344.19
GF : 200x150-315	1450	282	824.36	1870.65	49.17	78.67
GF : 200x150-315	1450	294	760.94	1981.63	50.81	86.87
GF : 200x150-315	1450	306	713.39	2092.60	52.45	93.42
GF : 200x150-315	1450	318	713.39	2219.42	54.09	104.90
GF : 200x150-315	1450	330	713.39	2298.69	62.28	116.37

Model	Speed (rpm)	Diameter (mm)	Flow Range (Gpm)		Head Range (ft)	
			Min	Max	Min	Max
GF : 200x150-315	1450	342	760.94	2425.51	72.12	124.56
GF : 200x150-400	1450	363	760.94	1823.10	114.73	177.01
GF : 200x150-400	1450	378	697.53	1902.36	121.29	163.90
GF : 200x150-400	1450	398	697.53	1981.63	121.29	177.01
GF : 200x150-400	1450	410	729.24	2140.16	131.12	190.12
GF : 200x150-400	1450	425	792.65	2219.42	147.51	206.51
GF : 200x150-400	1450	438	919.47	2298.69	157.34	216.35
GF : 200x150-500	1450	447	919.47	2298.69	88.51	222.90
GF : 200x150-500	1450	467	903.62	2457.22	98.34	242.57
GF : 200x150-500	1450	487	887.77	2568.19	108.17	268.80
GF : 200x150-500	1450	507	871.92	2695.01	121.29	295.02
GF : 200x150-500	1450	527	887.77	2853.54	137.68	317.97
GF : 200x150-500	1450	547	951.18	3012.07	163.90	344.19
GF : 250x200-315	1450	282	1109.71	3012.07	42.61	75.39
GF : 250x200-315	1450	294	1109.71	3170.60	45.89	85.23
GF : 250x200-315	1450	306	1141.42	3329.13	49.17	93.42
GF : 250x200-315	1450	318	1188.98	3408.40	55.73	103.26
GF : 250x200-315	1450	330	1236.53	3519.37	62.28	111.45
GF : 250x200-315	1450	342	1299.95	3646.19	65.56	118.01

ฉ.2 เครื่องทำน้ำเย็นและอุปกรณ์ส่งลมเย็น

คุณสมบัติของเครื่องทำน้ำเย็นและอุปกรณ์จ่ายลมเย็นที่เป็นข้อมูลเข้าสำหรับโปรแกรมก็คือจุดบนเส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับเฮดสูญเสียของอุปกรณ์จากคะตะลอกของผู้ผลิต Trane และที่ได้จาก Selection Program ของบริษัท ซึ่งผู้เขียนใช้เป็นฐานข้อมูลของโปรแกรมนั้นเป็นดังแสดงในตาราง ฉ.3 ถึง ฉ.6 โดยมาตรฐานสำหรับการออกแบบและเลือกเครื่องทำน้ำเย็นเป็นดังแสดงในตารางที่ ฉ.2 และเครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้เป็นแบบหอยโข่งทั้งหมด

ตาราง ฉ.2 มาตรฐานกิโลวัตต์ต่อตันความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

ชนิดส่วนทำความเย็น / เครื่องทำน้ำเย็น	อาคารใหม่ kW / Ton	อาคารเก่า kW / Ton
ส่วนทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง		
- ขนาดไม่เกิน 250 ตันความเย็น	0.75	0.90
- ขนาดเกินกว่า 250 ตันความเย็น ถึง 500 ตันความเย็น	0.70	0.84
- ขนาดเกินกว่า 500 ตันความเย็น	0.67	0.80

ตาราง ฉ.2 มาตรฐานกิโลวัตต์ต่อตันความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (ต่อ)

ชนิดส่วนทำความเย็น / เครื่องทำน้ำเย็น	อาคารใหม่ kW / Ton	อาคารเก่า kW / Ton
ส่วนทำน้ำเย็นแบบลูกสูบ		
- ขนาดไม่เกิน 35 ตันความเย็น	0.98	1.18
- ขนาดเกินกว่า 35 ตันความเย็น	0.91	1.10
เครื่องทำน้ำเย็นแบบเป็นชุด	0.88	1.06
ส่วนทำน้ำเย็นแบบสกรู	0.70	0.84

ตาราง ฉ.3 รายละเอียดของเครื่องทำน้ำเย็นจากคะตะล็อกผู้ผลิต

Model	Capcity (Tons)	kW / Ton	Model	Capcity (Tons)	kW / Ton
RTHB 130	130	0.74	RTHB 255	255	0.70
RTHB 150	150	0.71	RTHB 300	300	0.68
RTHB 180	180	0.75	RTHB 380	380	0.69
RTHB 215	215	0.71	RTHB 450	450	0.69

ตาราง ฉ.4 รายละเอียดของเครื่องทำน้ำเย็นจาก Selection Program

Model	Capacity (Tons)	kW / Ton	Model	Capacity (Tons)	kW / Ton
CVHE 170	170	0.656	CVHG 700	700	0.557
CVHE 200	200	0.645	CVHG 750	750	0.607
CVHE 250	250	0.595	CVHG 800	800	0.603
CVHE 300	300	0.625	CVHG 850	850	0.569
CVHE 350	350	0.575	CVHG 900	900	0.585
CVHE 400	400	0.659	CVHG 950	950	0.595
CVHE 450	450	0.557	CVHG 1000	1000	0.587
CVHG 500	500	0.655	CVHG 1100	1100	0.598
CVHG 500	500	0.605	CVHG 1150	1150	0.605
CVHG 550	550	0.548	CVHG 1200	1200	0.606
CVHG 600	600	0.589	CVHG 1250	1250	0.627
CVHG 650	650	0.604	CVHG 1300	1300	0.632

ตาราง ฉ.5 รายละเอียดของอุปกรณ์ส่งลมเย็นจากคะตะล็อกผู้ผลิต

Model	Rated Air Flow (cfm)	Capacity (Tons)	Model	Rated Air Flow (cfm)	Capacity (Tons)
VFWB 20E	2200	5.5	VFWB 100E	11000	27.5
VFWB 30E	3300	8.25	VFWB 120E	13000	32.5
VFWB 40E	4400	11	VFWB 160E	17500	43.75
VFWB 60E	6600	16.5	VFWB 200E	24000	60
VFWB 80E	8800	22			

ตาราง ฉ.6 รายละเอียดของอุปกรณ์ส่งลมเย็นจาก Selcetion Program

Model	Rated Air Flow (cfm)	Capacity (Tons)	Model	Rated Air Flow (cfm)	Capacity (Tons)
CLCP 240	24000	60	CLCP 440	44000	110
CLCP 280	28000	70	CLCP 480	48000	120
CLCP 320	32000	80	CLCP 520	52000	130
CLCP 360	36000	90	CLCP 560	56000	140
CLCP 400	40000	100	CLCP 600	60000	150

ฉ.3 วาล์วควบคุมแบบ 2 ทาง

ตาราง ฉ.7 ค่า Cv จากผู้ผลิตวาล์วต่าง ๆ

ขนาด (in)	ผู้ผลิต 1	ผู้ผลิต 2	ผู้ผลิต 3	ผู้ผลิต 4	ผู้ผลิต 5	ผู้ผลิต 6	ผู้ผลิต 7
1/2	2.7	1.8	4	3.6	4.7	4.62	6.0
3/4	6	3.8	6.3	6.2	7	7.28	8.5
1	10	7	10	11	12	11.56	13.3
1 1/4	16	12	16	16	19	18.50	30.0
1 1/2	20	20	25	25	25	28.96	32.0
2	38	26	40	40	40	46.24	54.0
2 1/2	65	51	63	56	75	72.83	85.0
3	94	83	100	85	94	115.61	115.0
4	174	150	160	145	146	184.98	200.0
5	-	-	-	-	-	289.03	-
6	-	-	-	-	-	416.20	460.0

(ที่มา : ผู้ผลิต 1 ถึง 5 เอกสารอ้างอิง [24]

ผู้ผลิต 6 : บ. โรจน์ไพบูลย์อิควิปเมนต์

ผู้ผลิต 7 : บ. สหพีร์ เอ็นจิเนียริง จำกัด)

ตาราง ฉ.8 ข้อมูลพื้นฐานของวาล์วควบคุม 2 ทิศทางและ Actuator ของผู้ผลิต 6

Model		Type	Size (in)	Material	C_v
Valve	Actuator				
V2BM-15	M400	On / Off Control	0.5	Bronze	4.62
V2BM-20	M400	On / Off Control	0.75	Bronze	7.28
V2BM-25	M400	On / Off Control	1	Bronze	11.56
V2BM-32	M800	On / Off Control	1.25	Bronze	18.50
V2BM-40	M800	On / Off Control	1.5	Bronze	28.96
V2BM-50	M800	On / Off Control	2	Bronze	46.24
V221-65	M800	Proportional Control	2.5	Cast Iron	72.83
V221-80	M800	Proportional Control	3	Cast Iron	115.61
V221-100	M800	Proportional Control	4	Cast Iron	184.98
V221-125	M800	Proportional Control	5	Cast Iron	289.03
V221-150	M800	Proportional Control	6	Cast Iron	416.20

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ช

ผลที่ได้จากการทดสอบโปรแกรม

ผลที่ได้จากการทดสอบโปรแกรมสำหรับระบบทดสอบที่ 1 ทั้ง 12 กรณี ได้แสดงไว้ในตาราง ช.1 ถึง ช.12 ส่วนผลจากการทดสอบระบบทดสอบที่ 2 ทั้ง 4 กรณี ได้แสดงไว้ในตาราง ช.13 ถึง ช.16

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ช.1 ผลการจำลองระบบทดสอบที่ 1 สำหรับภาระความเย็นที่มีค่าตัวประกอบภาระเท่ากับ 0.455 รูปแบบที่ 1

Hr		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
เวลา		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22
Loads (Tons)		75	75	87.5	150	285	435	500	500	435	310	200	125	87.5	75	75
Flow (Gpm)		180	180	210	360	684	1044	1200	1200	1044	744	480	300	210	180	180
Pump Gpm	Primary	1196.269	1196.269	1205.406	1235.402	1256.261	1269.616	1273.206	1273.206	1269.616	1260.231	1244.938	1225.127	1205.406	1196.269	1196.269
	Secondary	189.298	189.298	219.372	369.064	690.739	1048.123	1206.197	1206.197	1048.123	749.313	488.323	310.476	219.372	189.298	189.2984
จำนวนเครื่องสูบน้ำที่ทำงาน		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pump Head	Primary	43.818	43.818	43.341	41.746	40.608	39.868	39.667	39.667	39.868	40.389	41.229	42.298	43.341	43.818	43.818
	Secondary	113.088	113.088	113.486	114.446	110.779	97.531	88.591	88.591	97.531	109.269	113.999	114.272	113.486	113.088	113.088
Pump Eff	Primary	0.765	0.765	0.761	0.745	0.734	0.726	0.724	0.724	0.726	0.732	0.740	0.751	0.761	0.765	0.765
	Secondary	0.429	0.429	0.459	0.591	0.780	0.835	0.808	0.808	0.835	0.800	0.676	0.543	0.459	0.429	0.429
WWE		0.364	0.364	0.390	0.502	0.663	0.710	0.687	0.687	0.710	0.680	0.575	0.461	0.390	0.364	0.364
Pump kW	Primary	15.185	15.185	15.221	15.332	15.403	15.445	15.456	15.456	15.445	15.416	15.365	15.296	15.221	15.185	15.185
	Secondary	11.070	11.070	12.031	15.838	21.753	27.124	29.301	29.301	27.124	22.688	18.244	14.491	12.031	11.070	11.070
AHU Gpm	1	18.944	18.944	21.958	36.999	69.255	104.409	120.409	120.409	104.409	75.147	48.737	31.104	21.958	18.944	18.944
	2	18.941	18.941	21.954	36.981	69.140	105.236	121.119	121.119	105.236	74.998	48.696	31.093	21.954	18.941	18.941
	3	18.939	18.939	21.951	36.966	69.048	104.901	120.489	120.489	104.901	74.878	48.664	31.084	21.951	18.939	18.939
	4	18.937	18.937	21.948	36.955	68.976	104.577	120.003	120.003	104.577	74.785	48.639	31.077	21.948	18.937	18.937
	5	18.935	18.935	21.946	36.944	68.902	104.403	120.936	120.936	104.403	74.689	48.613	31.070	21.946	18.935	18.935
	6	18.930	18.930	21.937	36.906	68.658	104.687	120.562	120.562	104.687	75.498	48.528	31.048	21.937	18.930	18.930
	7	18.923	18.923	21.927	36.860	69.402	104.811	121.183	121.183	104.811	75.102	49.186	31.020	21.927	18.923	18.923
	8	18.920	18.920	21.922	36.837	69.249	105.585	120.064	120.064	105.585	74.906	49.132	31.006	21.922	18.920	18.920
	9	18.914	18.914	21.914	36.801	69.013	104.584	121.104	121.104	104.584	74.601	49.049	30.984	21.914	18.914	18.914
	10	18.916	18.916	21.916	36.814	69.097	104.929	120.328	120.328	104.929	74.709	49.079	30.992	21.916	18.916	18.916

Hr		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
เวลา		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22
Loads (Tons)		75	75	87.5	150	285	435	500	500	435	310	200	125	87.5	75	75
Flow (Gpm)		180	180	210	360	684	1044	1200	1200	1044	744	480	300	210	180	180
	1	0.970	0.970	0.970	0.950	0.820	0.530	0.160	0.160	0.530	0.790	0.910	0.960	0.970	0.970	0.970
	2	0.234	0.234	0.281	0.448	0.662	0.836	0.917	0.917	0.836	0.693	0.539	0.392	0.281	0.234	0.234
	3	0.234	0.234	0.281	0.448	0.662	0.841	0.922	0.922	0.841	0.693	0.539	0.392	0.281	0.234	0.234
	4	0.234	0.234	0.281	0.448	0.662	0.841	0.922	0.922	0.841	0.693	0.539	0.392	0.281	0.234	0.234
% Stroke	5	0.234	0.234	0.281	0.448	0.662	0.841	0.923	0.923	0.841	0.693	0.539	0.392	0.281	0.234	0.234
	6	0.234	0.234	0.281	0.448	0.662	0.841	0.927	0.927	0.841	0.693	0.539	0.392	0.281	0.234	0.234
	7	0.234	0.234	0.281	0.448	0.662	0.846	0.932	0.932	0.846	0.698	0.539	0.392	0.281	0.234	0.234
	8	0.234	0.234	0.281	0.448	0.667	0.851	0.942	0.942	0.851	0.698	0.544	0.392	0.281	0.234	0.234
	9	0.234	0.234	0.281	0.448	0.667	0.856	0.942	0.942	0.856	0.698	0.544	0.392	0.281	0.234	0.234
	10	0.234	0.234	0.281	0.448	0.667	0.856	0.952	0.952	0.856	0.698	0.544	0.392	0.281	0.234	0.234
	11	0.234	0.234	0.281	0.448	0.667	0.856	0.947	0.947	0.856	0.698	0.544	0.392	0.281	0.234	0.234

ตาราง ช.2 ผลการจำลองระบบทดสอบที่ 1 สำหรับภาระความเย็นที่มีค่าตัวประกอบภาระเท่ากับ 0.455 รูปแบบที่ 2

Hr		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
เวลา		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22
Loads (Tons)		75	75	87.5	150	285	435	500	500	435	310	200	125	87.5	75	75
Flow (Gpm)		180	180	210	360	684	1044	1200	1200	1044	744	480	300	210	180	180
จำนวนเครื่องสูบน้ำที่ทำงาน		1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
Pump Gpm	Primary	1196.401	1196.401	1205.405	1235.086	1256.695	1270.108	1274.230	1274.230	1270.108	1260.128	1242.707	1232.104	1205.405	1196.401	1196.401
	Secondary	189.729	189.729	219.367	367.978	691.968	524.502	602.647	602.647	524.502	374.518	481.056	310.961	219.367	189.729	189.729
Pump Head	Primary	43.811	43.811	43.341	41.763	40.584	39.841	39.610	39.610	39.841	40.395	41.350	41.924	43.341	43.811	43.811
	Secondary	109.526	109.526	109.348	105.862	83.266	97.512	91.548	91.548	97.512	105.609	100.311	107.711	109.348	109.526	109.526
Pump Eff	Primary	0.765	0.765	0.761	0.746	0.734	0.726	0.724	0.724	0.726	0.732	0.742	0.747	0.761	0.765	0.765
	Secondary	0.523	0.523	0.564	0.720	0.758	0.784	0.781	0.781	0.784	0.722	0.781	0.671	0.564	0.523	0.523
WWE		0.443	0.443	0.478	0.606	0.616	0.611	0.588	0.588	0.611	0.590	0.651	0.566	0.478	0.443	0.443
Pump kW	Primary	15.186	15.186	15.221	15.331	15.404	15.447	15.459	15.459	15.447	15.416	15.358	15.321	15.221	15.186	15.186
	Secondary	8.808	8.808	9.419	11.983	16.851	14.458	15.663	15.663	14.458	12.140	13.700	11.064	9.419	8.808	8.808
AHU Gpm	1	18.987	18.987	21.958	36.896	69.561	105.535	120.773	120.773	105.535	75.036	48.001	30.713	21.958	18.987	18.987
	2	18.984	18.984	21.954	36.877	69.431	105.078	120.001	120.001	105.078	74.883	48.281	31.194	21.954	18.984	18.984
	3	18.982	18.982	21.951	36.862	69.320	104.713	120.804	120.804	104.713	74.759	48.246	31.184	21.951	18.982	18.982
	4	18.980	18.980	21.948	36.850	69.225	104.432	120.363	120.363	104.432	74.663	48.219	31.177	21.948	18.980	18.980
	5	18.979	18.979	21.945	36.837	69.139	105.518	120.000	120.000	105.518	74.564	48.191	31.169	21.945	18.979	18.979
	6	18.973	18.973	21.937	36.798	68.747	104.512	121.094	121.094	104.512	75.357	48.107	31.145	21.937	18.973	18.973
	7	18.966	18.966	21.926	36.749	69.418	104.635	120.295	120.295	104.635	74.947	48.002	31.115	21.926	18.966	18.966
	8	18.962	18.962	21.921	36.724	69.229	105.408	120.643	120.643	105.408	74.743	48.006	31.100	21.921	18.962	18.962
	9	18.957	18.957	21.912	36.686	68.847	104.409	120.348	120.348	104.409	75.547	48.001	31.077	21.912	18.957	18.957
	10	18.959	18.959	21.915	36.700	69.050	104.767	120.972	120.972	104.767	74.536	48.002	31.085	21.915	18.959	18.959

Hr		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
เวลา		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22
Loads (Tons)		75	75	87.5	150	285	435	500	500	435	310	200	125	87.5	75	75
Flow (Gpm)		180	180	210	360	684	1044	1200	1200	1044	744	480	300	210	180	180
	1	0.970	0.970	0.970	0.950	0.820	0.530	0.170	0.170	0.530	0.790	0.910	0.970	0.970	0.970	0.970
	2	0.239	0.239	0.286	0.458	0.707	0.841	0.912	0.912	0.841	0.698	0.552	0.397	0.286	0.239	0.239
	3	0.239	0.239	0.286	0.458	0.707	0.841	0.913	0.913	0.841	0.698	0.554	0.402	0.286	0.239	0.239
	4	0.239	0.239	0.286	0.458	0.707	0.841	0.917	0.917	0.841	0.698	0.554	0.402	0.286	0.239	0.239
% Stroke	5	0.239	0.239	0.286	0.458	0.707	0.841	0.917	0.917	0.841	0.698	0.554	0.402	0.286	0.239	0.239
	6	0.239	0.239	0.286	0.458	0.707	0.846	0.918	0.918	0.846	0.698	0.554	0.402	0.286	0.239	0.239
	7	0.239	0.239	0.286	0.458	0.707	0.846	0.927	0.927	0.846	0.703	0.554	0.402	0.286	0.239	0.239
	8	0.239	0.239	0.286	0.458	0.712	0.851	0.932	0.932	0.851	0.703	0.554	0.402	0.286	0.239	0.239
	9	0.239	0.239	0.286	0.458	0.712	0.856	0.937	0.937	0.856	0.703	0.555	0.402	0.286	0.239	0.239
	10	0.239	0.239	0.286	0.458	0.712	0.856	0.942	0.942	0.856	0.708	0.555	0.402	0.286	0.239	0.239
	11	0.239	0.239	0.286	0.458	0.712	0.856	0.942	0.942	0.856	0.703	0.555	0.402	0.286	0.239	0.239

ตาราง ช.3 ผลการจำลองระบบทดสอบที่ 1 สำหรับภาระความเย็นที่มีค่าตัวประกอบภาระเท่ากับ 0.455 รูปแบบที่ 3

Hr		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
เวลา		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22
Loads (Tons)		75	75	87.5	150	285	435	500	500	435	310	200	125	87.5	75	75
Flow (Gpm)		180	180	210	360	684	1044	1200	1200	1044	744	480	300	210	180	180
จำนวนเครื่องสูบน้ำที่ทำงาน		1	1	1	1	2	3	3	3	3	3	2	1	1	1	1
Pump Gpm	Primary	1204.490	1204.490	1205.378	1239.458	1255.740	1270.168	1272.568	1272.568	1270.168	1260.710	1244.701	1231.706	1205.378	1204.490	1204.490
	Secondary	190.675	190.675	219.277	360.348	344.633	349.704	401.801	401.801	349.704	250.203	243.776	309.551	219.277	190.675	190.675
Pump Head	Primary	43.389	43.389	43.343	41.526	40.637	39.837	39.703	39.703	39.837	40.363	41.241	41.945	43.343	43.389	43.389
	Secondary	115.769	115.769	113.380	93.880	96.688	95.799	85.710	85.710	95.799	110.204	110.915	102.381	113.380	115.769	115.769
Pump Eff	Primary	0.761	0.761	0.761	0.743	0.734	0.726	0.725	0.725	0.726	0.731	0.740	0.747	0.761	0.761	0.761
	Secondary	0.584	0.584	0.615	0.648	0.654	0.666	0.637	0.637	0.666	0.647	0.635	0.659	0.615	0.584	0.584
WWE		0.495	0.495	0.521	0.544	0.535	0.520	0.476	0.476	0.520	0.529	0.531	0.556	0.521	0.495	0.495
Pump kW	Primary	15.218	15.218	15.221	15.347	15.401	15.447	15.454	15.454	15.447	15.417	15.365	15.319	15.221	15.218	15.218
	Secondary	8.382	8.382	8.958	11.577	11.291	11.142	11.979	11.979	11.142	9.447	9.432	10.653	8.958	8.382	8.382
AHU Gpm	1	19.081	19.081	21.948	36.097	69.079	104.609	121.149	121.149	104.609	75.387	48.892	31.017	21.948	19.081	19.081
	2	19.079	19.079	21.944	36.077	68.949	105.579	120.304	120.304	105.579	75.239	48.851	31.005	21.944	19.079	19.079
	3	19.076	19.076	21.941	36.061	68.845	105.206	121.108	121.108	105.206	75.119	48.818	30.995	21.941	19.076	19.076
	4	19.075	19.075	21.939	36.054	68.764	104.875	120.600	120.600	104.875	75.026	48.792	30.988	21.939	19.075	19.075
	5	19.073	19.073	21.936	36.041	68.680	104.565	120.049	120.049	104.565	74.930	48.766	30.980	21.936	19.073	19.073
	6	19.067	19.067	21.928	36.005	69.443	104.936	121.062	121.062	104.936	74.615	48.679	30.955	21.928	19.067	19.067
	7	19.061	19.061	21.917	36.005	69.098	105.041	120.157	120.157	105.041	75.346	48.572	30.924	21.917	19.061	19.061
	8	19.057	19.057	21.912	36.002	68.938	104.412	120.387	120.387	104.412	75.149	48.519	30.909	21.912	19.057	19.057
	9	19.052	19.052	21.904	36.001	68.693	104.767	120.008	120.008	104.767	74.844	49.199	30.885	21.904	19.052	19.052
	10	19.054	19.054	21.907	36.004	68.776	105.123	120.579	120.579	105.123	74.952	48.465	30.894	21.907	19.054	19.054

Hr		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
เวลา		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22
Loads (Tons)		75	75	87.5	150	285	435	500	500	435	310	200	125	87.5	75	75
Flow (Gpm)		180	180	210	360	684	1044	1200	1200	1044	744	480	300	210	180	180
	1	0.980	0.980	0.970	0.960	0.820	0.530	0.160	0.160	0.530	0.790	0.910	0.970	0.970	0.980	0.980
	2	0.234	0.234	0.281	0.468	0.682	0.841	0.927	0.927	0.841	0.693	0.544	0.407	0.281	0.234	0.234
	3	0.234	0.234	0.281	0.468	0.682	0.846	0.927	0.927	0.846	0.693	0.544	0.407	0.281	0.234	0.234
	4	0.234	0.234	0.281	0.468	0.682	0.846	0.932	0.932	0.846	0.693	0.544	0.407	0.281	0.234	0.234
% Stroke	5	0.234	0.234	0.281	0.468	0.682	0.846	0.932	0.932	0.846	0.693	0.544	0.407	0.281	0.234	0.234
	6	0.234	0.234	0.281	0.468	0.682	0.846	0.932	0.932	0.846	0.693	0.544	0.407	0.281	0.234	0.234
	7	0.234	0.234	0.281	0.469	0.687	0.851	0.942	0.942	0.851	0.693	0.544	0.407	0.281	0.234	0.234
	8	0.234	0.234	0.281	0.469	0.687	0.856	0.947	0.947	0.856	0.698	0.544	0.407	0.281	0.234	0.234
	9	0.234	0.234	0.281	0.469	0.687	0.856	0.952	0.952	0.856	0.698	0.544	0.407	0.281	0.234	0.234
	10	0.234	0.234	0.281	0.470	0.687	0.861	0.958	0.958	0.861	0.698	0.549	0.407	0.281	0.234	0.234
	11	0.234	0.234	0.281	0.469	0.687	0.861	0.957	0.957	0.861	0.698	0.544	0.407	0.281	0.234	0.234

ตาราง ช.4 ผลการจำลองระบบทดสอบที่ 1 สำหรับภาระความเย็นที่มีค่าตัวประกอบภาระเท่ากับ 0.655 รูปแบบที่ 1

Hr		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
เวลา		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22
Loads (Tons)		87.5	237.5	387.5	412.5	412.5	362.5	375	462.5	495	482.5	425	325	225	137.5	87.5
Flow (Gpm)		210	570	930	990	990	870	900	1110	1188	1158	1020	780	540	330	210
จำนวนเครื่องสูบน้ำที่ทำงาน		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pump Gpm	Primary	1205.461	1248.095	1264.319	1265.979	1265.979	1262.161	1265.754	1270.674	1273.065	1272.380	1269.111	1262.683	1251.011	1233.664	1205.461
	Secondary	219.555	577.869	935.477	994.918	994.918	875.543	906.661	1115.118	1194.344	1163.622	1025.166	785.328	548.338	339.966	219.5552
Pump Head	Primary	43.338	41.056	40.163	40.071	40.071	40.282	40.083	39.809	39.675	39.714	39.896	40.253	40.897	41.839	43.338
	Secondary	113.488	112.957	102.749	100.115	100.115	105.134	103.930	93.973	89.327	91.185	98.672	108.212	113.368	114.392	113.488
Pump Eff	Primary	0.761	0.739	0.729	0.728	0.728	0.731	0.729	0.726	0.724	0.725	0.727	0.730	0.737	0.746	0.761
	Secondary	0.459	0.728	0.835	0.837	0.837	0.829	0.833	0.828	0.811	0.819	0.837	0.810	0.712	0.568	0.459
WWE		0.390	0.619	0.710	0.712	0.712	0.704	0.708	0.704	0.690	0.696	0.711	0.689	0.605	0.482	0.390
Pump kW	Primary	15.221	15.376	15.429	15.434	15.434	15.422	15.433	15.448	15.456	15.454	15.444	15.424	15.386	15.326	15.221
	Secondary	12.036	19.861	25.506	26.367	26.367	24.621	25.083	28.059	29.142	28.725	26.799	23.250	19.341	15.186	12.036
AHU Gpm	1	21.976	57.328	93.716	99.714	99.714	87.324	91.093	111.321	119.713	115.805	103.096	78.854	54.449	33.693	21.976
	2	21.972	58.155	93.406	99.343	99.343	87.078	90.814	112.180	118.903	116.513	102.678	78.680	54.393	33.679	21.972
	3	21.969	58.101	93.157	99.033	99.033	88.155	90.590	111.760	119.728	115.915	102.332	78.541	55.198	33.668	21.969
	4	21.967	58.059	93.002	100.170	100.170	87.999	90.415	111.341	119.291	116.993	102.061	78.433	55.162	34.197	21.967
	5	21.964	58.016	94.098	99.919	99.919	87.838	90.235	111.002	118.812	116.503	103.184	78.321	55.125	34.188	21.964
	6	21.955	57.876	93.428	99.087	99.087	87.309	90.941	111.134	119.969	116.458	102.251	79.123	55.004	34.158	21.955
	7	21.945	57.703	93.921	99.439	99.439	87.919	90.191	111.011	119.220	115.936	102.485	78.661	54.855	34.121	21.945
	8	21.940	57.617	93.501	99.012	99.012	87.589	91.117	111.546	119.564	116.404	102.010	78.433	54.781	34.103	21.940
	9	21.932	57.483	94.174	99.454	99.454	87.076	90.528	111.677	119.227	116.267	102.370	78.078	54.666	34.074	21.932
	10	21.935	57.531	93.074	99.748	99.748	87.257	90.736	112.146	119.918	116.829	102.700	78.204	54.707	34.084	21.935

Hr		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
เวลา		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22
Loads (Tons)		87.5	237.5	387.5	412.5	412.5	362.5	375	462.5	495	482.5	425	325	225	137.5	87.5
Flow (Gpm)		210	570	930	990	990	870	900	1110	1188	1158	1020	780	540	330	210
	1	0.970	0.870	0.650	0.590	0.590	0.700	0.680	0.420	0.210	0.310	0.560	0.770	0.890	0.960	0.970
	2	0.281	0.594	0.783	0.812	0.812	0.753	0.771	0.870	0.913	0.894	0.828	0.711	0.577	0.418	0.281
	3	0.281	0.599	0.783	0.812	0.812	0.753	0.771	0.875	0.912	0.898	0.828	0.711	0.577	0.418	0.281
	4	0.281	0.599	0.783	0.812	0.812	0.758	0.771	0.875	0.917	0.898	0.828	0.711	0.582	0.418	0.281
% Stroke	5	0.281	0.599	0.784	0.817	0.817	0.758	0.771	0.875	0.917	0.903	0.828	0.711	0.582	0.423	0.281
	6	0.281	0.599	0.788	0.817	0.817	0.758	0.771	0.875	0.918	0.903	0.833	0.711	0.582	0.423	0.281
	7	0.281	0.599	0.788	0.817	0.817	0.758	0.776	0.880	0.927	0.908	0.833	0.716	0.582	0.423	0.281
	8	0.281	0.599	0.793	0.822	0.822	0.763	0.776	0.885	0.932	0.913	0.838	0.716	0.582	0.423	0.281
	9	0.281	0.599	0.793	0.822	0.822	0.763	0.781	0.890	0.937	0.918	0.839	0.716	0.582	0.423	0.281
	10	0.281	0.599	0.798	0.827	0.827	0.763	0.781	0.895	0.942	0.923	0.843	0.716	0.582	0.423	0.281
	11	0.281	0.599	0.793	0.827	0.827	0.763	0.781	0.895	0.942	0.923	0.843	0.716	0.582	0.423	0.281

ตาราง ช.5 ผลการจำลองระบบทดสอบที่ 1 สำหรับภาระความเย็นที่มีค่าตัวประกอบภาระเท่ากับ 0.655 รูปแบบที่ 2

Hr		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
เวลา		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22
Loads (Tons)		87.5	237.5	387.5	412.5	412.5	362.5	375	462.5	495	482.5	425	325	225	137.5	87.5
Flow (Gpm)		210	570	930	990	990	870	900	1110	1188	1158	1020	780	540	330	210
จำนวนเครื่องสูบน้ำที่ทำงาน		1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1
Pump Gpm	Primary	1205.459	1252.756	1264.176	1266.916	1266.916	1262.386	1265.573	1271.617	1273.026	1272.172	1268.981	1262.794	1249.224	1233.368	1205.459
	Secondary	219.546	573.243	467.586	498.369	498.369	438.030	453.129	558.294	597.147	581.665	512.462	392.809	542.641	338.933	219.546
Pump Head	Primary	43.339	40.801	40.171	40.018	40.018	40.270	40.093	39.756	39.677	39.725	39.903	40.247	40.995	41.855	43.339
	Secondary	109.346	93.933	101.104	99.240	99.240	102.718	101.915	95.080	92.007	93.267	98.325	104.857	96.234	106.883	109.346
Pump Eff	Primary	0.761	0.736	0.729	0.728	0.728	0.731	0.729	0.725	0.724	0.725	0.727	0.730	0.738	0.747	0.761
	Secondary	0.565	0.792	0.771	0.780	0.780	0.759	0.766	0.786	0.782	0.784	0.782	0.734	0.792	0.697	0.565
WWE		0.478	0.655	0.614	0.614	0.614	0.610	0.612	0.605	0.590	0.597	0.613	0.597	0.657	0.587	0.478
Pump kW	Primary	15.221	15.392	15.428	15.437	15.437	15.423	15.433	15.451	15.456	15.453	15.443	15.424	15.380	15.325	15.221
	Secondary	9.422	15.062	13.587	14.058	14.058	13.133	13.366	14.976	15.578	15.337	14.274	12.429	14.610	11.522	9.422
AHU Gpm	1	21.976	57.006	93.002	99.118	99.118	87.543	90.169	111.786	119.774	116.895	102.808	78.800	54.003	33.755	21.976
	2	21.972	57.696	93.929	100.120	100.120	87.290	91.192	111.124	119.061	116.238	102.390	78.621	54.006	33.741	21.972
	3	21.969	57.643	93.674	99.803	99.803	87.087	90.962	112.188	119.945	115.805	102.042	78.477	54.601	33.729	21.969
	4	21.966	57.594	93.476	99.555	99.555	88.200	90.783	111.784	119.507	116.735	103.171	78.365	54.560	33.719	21.966
	5	21.963	57.544	93.272	99.301	99.301	88.035	90.599	111.371	118.983	116.301	102.889	78.250	54.527	33.710	21.963
	6	21.955	57.399	93.925	99.840	99.840	87.489	90.004	111.570	118.873	116.242	102.010	79.035	54.400	33.678	21.955
	7	21.944	57.216	93.073	100.154	100.154	88.077	90.524	111.398	119.587	115.807	102.179	78.557	54.241	34.177	21.944
	8	21.938	57.116	93.973	99.618	99.618	87.737	90.142	112.030	119.964	116.308	102.989	78.320	54.166	34.158	21.938
	9	21.930	57.004	93.305	100.157	100.157	87.208	90.834	112.165	119.716	116.204	102.060	79.114	54.045	34.127	21.930
	10	21.933	57.024	93.542	99.073	99.073	87.395	91.049	111.172	118.885	116.796	102.389	78.079	54.091	34.138	21.933

Hr		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
เวลา		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22
Loads (Tons)		87.5	237.5	387.5	412.5	412.5	362.5	375	462.5	495	482.5	425	325	225	137.5	87.5
Flow (Gpm)		210	570	930	990	990	870	900	1110	1188	1158	1020	780	540	330	210
	1	0.970	0.880	0.650	0.590	0.590	0.700	0.680	0.420	0.210	0.310	0.560	0.770	0.890	0.960	0.970
	2	0.286	0.620	0.784	0.812	0.812	0.758	0.771	0.870	0.907	0.893	0.828	0.716	0.598	0.428	0.286
	3	0.286	0.624	0.788	0.817	0.817	0.758	0.776	0.870	0.907	0.893	0.828	0.716	0.598	0.428	0.286
	4	0.286	0.624	0.788	0.817	0.817	0.758	0.776	0.875	0.912	0.894	0.828	0.716	0.602	0.428	0.286
% Stroke	5	0.286	0.624	0.788	0.817	0.817	0.763	0.776	0.875	0.913	0.898	0.833	0.716	0.602	0.428	0.286
	6	0.286	0.624	0.788	0.817	0.817	0.763	0.776	0.875	0.912	0.898	0.833	0.716	0.602	0.428	0.286
	7	0.286	0.624	0.793	0.822	0.822	0.763	0.776	0.880	0.918	0.903	0.834	0.721	0.602	0.428	0.286
	8	0.286	0.625	0.793	0.827	0.827	0.768	0.781	0.885	0.927	0.908	0.838	0.721	0.602	0.433	0.286
	9	0.286	0.625	0.798	0.827	0.827	0.768	0.781	0.890	0.932	0.913	0.843	0.721	0.602	0.433	0.286
	10	0.286	0.625	0.798	0.832	0.832	0.768	0.786	0.895	0.937	0.918	0.843	0.726	0.602	0.433	0.286
	11	0.286	0.625	0.798	0.827	0.827	0.768	0.786	0.890	0.932	0.918	0.843	0.721	0.602	0.433	0.286

ตาราง ช.6 ผลการจำลองระบบทดสอบที่ 1 สำหรับภาระความเย็นที่มีค่าตัวประกอบภาระเท่ากับ 0.655 รูปแบบที่ 3

Hr		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
เวลา		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22
Loads (Tons)		87.5	237.5	387.5	412.5	412.5	362.5	375	462.5	495	482.5	425	325	225	137.5	87.5
Flow (Gpm)		210	570	930	990	990	870	900	1110	1188	1158	1020	780	540	330	210
จำนวนเครื่องสูบน้ำที่ทำงาน		1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1
Pump Gpm	Primary	1205.428	1248.103	1264.268	1266.235	1266.235	1262.488	1264.934	1270.637	1272.787	1272.335	1269.646	1262.859	1250.914	1233.493	1205.428
	Secondary	219.445	288.947	311.789	331.805	331.805	292.099	301.609	371.686	397.996	387.853	342.055	261.929	274.014	339.367	219.445
Pump Head	Primary	43.340	41.056	40.166	40.056	40.056	40.264	40.129	39.811	39.691	39.716	39.866	40.244	40.902	41.849	43.340
	Secondary	113.365	105.355	102.042	98.862	98.862	104.918	103.560	91.756	86.506	88.583	97.133	108.839	107.338	97.593	113.365
Pump Eff	Primary	0.761	0.739	0.729	0.728	0.728	0.730	0.729	0.726	0.724	0.725	0.726	0.730	0.737	0.746	0.761
	Secondary	0.615	0.657	0.671	0.670	0.670	0.667	0.669	0.657	0.640	0.648	0.668	0.654	0.652	0.656	0.615
WWE		0.521	0.544	0.534	0.528	0.528	0.536	0.535	0.503	0.479	0.490	0.524	0.533	0.542	0.552	0.521
Pump kW	Primary	15.221	15.376	15.429	15.435	15.435	15.423	15.431	15.448	15.455	15.453	15.445	15.424	15.386	15.326	15.221
	Secondary	8.962	10.275	10.514	10.848	10.848	10.181	10.343	11.498	11.919	11.757	11.017	9.656	10.000	11.195	8.962
AHU Gpm	1	21.965	58.156	93.321	99.004	99.004	87.153	90.909	111.282	118.971	116.756	102.138	79.015	54.775	34.020	21.965
	2	21.961	58.085	93.010	99.977	99.977	88.182	90.631	112.102	119.622	116.046	103.115	78.842	54.715	34.004	21.961
	3	21.958	58.028	94.096	99.660	99.660	87.981	90.407	111.653	118.966	116.898	102.787	78.703	54.667	33.991	21.958
	4	21.956	57.984	93.897	99.413	99.413	87.824	90.232	111.254	119.963	116.481	102.481	78.594	54.630	33.981	21.956
	5	21.953	57.938	93.695	99.159	99.159	87.664	90.053	111.006	119.431	115.979	102.196	78.483	54.591	33.970	21.953
	6	21.944	57.789	93.023	99.697	99.697	87.133	90.757	111.004	119.052	115.886	102.650	78.117	54.465	33.937	21.944
	7	21.934	57.605	93.508	100.009	100.009	87.737	90.008	112.162	119.665	116.704	102.847	78.826	55.156	33.895	21.934
	8	21.929	57.514	93.086	99.474	99.474	87.404	90.932	111.309	119.972	115.807	102.243	78.597	55.077	33.874	21.929
	9	21.921	57.372	93.746	100.012	100.012	88.153	90.345	111.396	119.533	116.917	102.684	78.242	54.954	33.842	21.921
	10	21.924	57.422	93.984	99.012	99.012	87.066	90.552	111.891	118.811	116.086	103.024	78.368	54.998	33.853	21.924

Hr		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
เวลา		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22
Loads (Tons)		87.5	237.5	387.5	412.5	412.5	362.5	375	462.5	495	482.5	425	325	225	137.5	87.5
Flow (Gpm)		210	570	930	990	990	870	900	1110	1188	1158	1020	780	540	330	210
	1	0.970	0.870	0.650	0.590	0.590	0.700	0.680	0.420	0.210	0.310	0.560	0.770	0.890	0.960	0.970
	2	0.281	0.609	0.783	0.812	0.812	0.753	0.771	0.875	0.917	0.903	0.828	0.711	0.587	0.443	0.281
	3	0.281	0.609	0.783	0.817	0.817	0.758	0.771	0.880	0.922	0.903	0.833	0.711	0.587	0.443	0.281
	4	0.281	0.609	0.788	0.817	0.817	0.758	0.771	0.880	0.922	0.908	0.833	0.711	0.587	0.443	0.281
% Stroke	5	0.281	0.609	0.788	0.817	0.817	0.758	0.771	0.880	0.927	0.908	0.833	0.711	0.587	0.443	0.281
	6	0.281	0.609	0.788	0.817	0.817	0.758	0.771	0.880	0.927	0.908	0.833	0.711	0.587	0.443	0.281
	7	0.281	0.609	0.788	0.822	0.822	0.758	0.776	0.885	0.932	0.913	0.838	0.711	0.587	0.443	0.281
	8	0.281	0.609	0.793	0.827	0.827	0.763	0.776	0.895	0.942	0.923	0.843	0.716	0.592	0.443	0.281
	9	0.281	0.609	0.793	0.827	0.827	0.763	0.781	0.895	0.947	0.923	0.843	0.716	0.592	0.443	0.281
	10	0.281	0.609	0.798	0.832	0.832	0.768	0.781	0.900	0.952	0.933	0.848	0.716	0.592	0.443	0.281
	11	0.281	0.609	0.798	0.827	0.827	0.763	0.781	0.900	0.947	0.928	0.848	0.716	0.592	0.443	0.281

ตาราง ช.7 ผลการจำลองระบบทดสอบที่ 1 สำหรับภาระความเย็นที่มีค่าตัวประกอบภาระเท่ากับ 0.860 รูปแบบที่ 1

Hr		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
เวลา		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22
Loads (Tons)		362.5	387.5	412.5	437.5	460	485	500	500	485	460	435	410	390	370	355
Flow (Gpm)		870	930	990	1050	1104	1164	1200	1200	1164	1104	1044	984	936	888	852
จำนวนเครื่องสูบน้ำที่ทำงาน		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pump Gpm	Primary	1261.939	1264.431	1266.026	1268.800	1269.467	1270.942	1273.206	1273.206	1270.942	1269.467	1269.616	1267.733	1266.867	1265.060	1265.036
	Secondary	875.032	935.714	995.010	1053.585	1108.175	1168.403	1206.197	1206.197	1168.403	1108.175	1048.123	989.737	940.908	893.838	858.0089
Pump Head	Primary	40.295	40.157	40.068	39.914	39.876	39.794	39.667	39.667	39.794	39.876	39.868	39.973	40.021	40.122	40.123
	Secondary	105.153	102.739	100.111	97.253	94.357	90.900	88.591	88.591	90.900	94.357	97.531	100.355	102.519	104.435	105.781
Pump Eff	Primary	0.731	0.729	0.728	0.727	0.726	0.726	0.724	0.724	0.726	0.726	0.726	0.727	0.728	0.729	0.729
	Secondary	0.829	0.835	0.837	0.835	0.829	0.818	0.808	0.808	0.818	0.829	0.835	0.837	0.836	0.831	0.826
WWE		0.704	0.710	0.712	0.710	0.704	0.695	0.687	0.687	0.695	0.704	0.710	0.712	0.710	0.706	0.702
Pump kW	Primary	15.421	15.429	15.434	15.443	15.445	15.449	15.456	15.456	15.449	15.445	15.445	15.439	15.437	15.431	15.431
	Secondary	24.613	25.510	26.368	27.201	27.963	28.790	29.301	29.301	28.790	27.963	27.124	26.293	25.586	24.893	24.358
AHU Gpm	1	87.270	93.604	99.586	105.021	110.677	116.410	120.409	120.409	116.410	110.677	104.409	98.764	94.283	89.491	86.019
	2	87.025	93.294	99.201	105.973	111.549	117.020	121.119	121.119	117.020	111.549	105.236	98.401	93.966	89.226	85.788
	3	88.102	93.045	99.002	105.617	111.140	116.414	120.489	120.489	116.414	111.140	104.901	99.470	93.711	89.013	85.602
	4	87.946	94.188	100.040	105.301	110.731	117.456	120.003	120.003	117.456	110.731	104.577	99.230	93.606	88.846	85.456
	5	87.786	93.986	99.789	105.008	110.402	117.005	120.936	120.936	117.005	110.402	104.403	98.984	94.649	89.969	85.307
	6	87.258	93.318	99.012	105.379	110.566	116.923	120.562	120.562	116.923	110.566	104.687	99.550	93.963	89.395	86.062
	7	87.869	93.812	99.304	105.485	110.427	116.402	121.183	121.183	116.402	110.427	104.811	98.520	94.442	89.972	85.440
	8	87.539	93.393	100.146	105.001	111.043	116.827	120.064	120.064	116.827	111.043	105.585	99.382	94.012	89.613	86.380
	9	87.028	94.067	99.319	105.217	111.232	116.695	121.104	121.104	116.695	111.232	104.584	98.575	94.675	89.057	85.891
	10	87.209	93.007	99.612	105.584	110.408	117.251	120.328	120.328	117.251	110.408	104.929	98.861	93.602	89.254	86.064

Hr		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
เวลา		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22
Loads (Tons)		362.5	387.5	412.5	437.5	460	485	500	500	485	460	435	410	390	370	355
Flow (Gpm)		870	930	990	1050	1104	1164	1200	1200	1164	1104	1044	984	936	888	852
	1	0.700	0.650	0.590	0.520	0.430	0.290	0.160	0.160	0.290	0.430	0.530	0.600	0.650	0.690	0.720
	2	0.753	0.783	0.812	0.839	0.866	0.896	0.917	0.917	0.896	0.866	0.836	0.808	0.786	0.763	0.747
	3	0.753	0.783	0.812	0.844	0.871	0.901	0.922	0.922	0.901	0.871	0.841	0.808	0.786	0.763	0.747
	4	0.758	0.783	0.812	0.844	0.871	0.900	0.922	0.922	0.900	0.871	0.841	0.813	0.786	0.763	0.747
% Stroke	5	0.758	0.788	0.817	0.844	0.871	0.905	0.923	0.923	0.905	0.871	0.841	0.813	0.787	0.763	0.747
	6	0.758	0.788	0.817	0.844	0.871	0.905	0.927	0.927	0.905	0.871	0.841	0.813	0.791	0.768	0.747
	7	0.758	0.788	0.817	0.849	0.876	0.910	0.932	0.932	0.910	0.876	0.846	0.818	0.791	0.768	0.752
	8	0.763	0.793	0.822	0.854	0.881	0.915	0.942	0.942	0.915	0.881	0.851	0.818	0.796	0.773	0.752
	9	0.763	0.793	0.827	0.854	0.886	0.920	0.942	0.942	0.920	0.886	0.856	0.823	0.796	0.773	0.757
	10	0.763	0.798	0.827	0.859	0.891	0.925	0.952	0.952	0.925	0.891	0.856	0.823	0.801	0.773	0.757
	11	0.763	0.793	0.827	0.859	0.887	0.925	0.947	0.947	0.925	0.887	0.856	0.823	0.797	0.773	0.757

ตาราง ช.8 ผลการจำลองระบบทดสอบที่ 1 สำหรับภาระความเย็นที่มีค่าตัวประกอบภาระเท่ากับ 0.860 รูปแบบที่ 2

Hr		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
เวลา		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22
Loads (Tons)		362.5	387.5	412.5	437.5	460	485	500	500	485	460	435	410	390	370	355
Flow (Gpm)		870	930	990	1050	1104	1164	1200	1200	1164	1104	1044	984	936	888	852
จำนวนเครื่องสูบน้ำที่ทำงาน		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Pump Gpm	Primary	1262.158	1264.281	1266.513	1268.997	1270.552	1271.035	1274.230	1274.230	1271.035	1270.552	1270.108	1268.138	1267.204	1265.115	1265.065
	Secondary	437.768	467.698	497.978	526.966	554.942	584.265	602.647	602.647	584.265	554.942	524.502	495.270	470.815	446.981	429.040
Pump Head	Primary	40.283	40.165	40.041	39.903	39.816	39.789	39.610	39.610	39.789	39.816	39.841	39.950	40.002	40.119	40.121
	Secondary	102.732	101.097	99.265	97.342	95.331	93.058	91.548	91.548	93.058	95.331	97.512	99.436	100.917	102.247	103.175
Pump Eff	Primary	0.731	0.729	0.728	0.727	0.726	0.725	0.724	0.724	0.725	0.726	0.726	0.727	0.728	0.729	0.729
	Secondary	0.759	0.771	0.780	0.784	0.786	0.784	0.781	0.781	0.784	0.786	0.784	0.779	0.772	0.763	0.755
WWE		0.604	0.614	0.614	0.611	0.625	0.623	0.588	0.588	0.623	0.625	0.611	0.614	0.614	0.611	0.608
Pump kW	Primary	15.422	15.429	15.436	15.443	15.448	15.450	15.459	15.459	15.450	15.448	15.447	15.441	15.438	15.431	15.431
	Secondary	13.129	13.589	14.052	14.496	14.925	15.377	15.663	15.663	15.377	14.925	14.458	14.011	13.637	13.271	12.994
AHU Gpm	1	87.488	94.136	99.034	105.000	111.019	117.443	120.773	120.773	117.443	111.019	105.535	99.577	94.798	89.798	86.184
	2	87.236	93.820	100.037	105.864	110.400	116.789	120.001	120.001	116.789	110.400	105.078	99.192	94.473	89.526	85.946
	3	87.033	93.566	99.721	105.492	111.471	116.407	120.804	120.804	116.407	111.471	104.713	98.883	94.213	89.308	85.755
	4	88.146	93.368	99.474	105.205	111.076	117.258	120.363	120.363	117.258	111.076	104.432	98.641	94.010	89.137	85.606
	5	87.981	93.165	99.221	105.011	110.687	116.803	120.000	120.000	116.803	110.687	105.518	98.407	93.801	88.962	85.453
	6	87.437	93.819	99.761	105.262	110.897	116.752	121.094	121.094	116.752	110.897	104.512	98.943	94.444	89.668	86.194
	7	88.026	93.009	100.078	105.375	110.760	116.405	120.295	120.295	116.405	110.760	104.635	99.272	93.613	88.937	85.557
	8	87.686	93.870	99.544	106.139	111.408	116.761	120.643	120.643	116.761	111.408	105.408	98.747	94.468	89.856	85.240
	9	87.159	93.204	100.085	105.116	111.570	116.649	120.348	120.348	116.649	111.570	104.409	99.290	93.785	89.283	85.984
	10	87.345	93.439	99.000	105.469	110.598	117.264	120.972	120.972	117.264	110.598	104.767	99.586	94.026	89.486	86.162

Hr		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
เวลา		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22
Loads (Tons)		362.5	387.5	412.5	437.5	460	485	500	500	485	460	435	410	390	370	355
Flow (Gpm)		870	930	990	1050	1104	1164	1200	1200	1164	1104	1044	984	936	888	852
	1	0.700	0.650	0.590	0.520	0.430	0.290	0.170	0.170	0.290	0.430	0.530	0.600	0.650	0.690	0.720
	2	0.758	0.788	0.812	0.839	0.866	0.895	0.912	0.912	0.895	0.866	0.841	0.813	0.791	0.768	0.752
	3	0.758	0.788	0.817	0.844	0.866	0.896	0.913	0.913	0.896	0.866	0.841	0.813	0.791	0.768	0.752
	4	0.758	0.788	0.817	0.844	0.871	0.896	0.917	0.917	0.896	0.871	0.841	0.813	0.791	0.768	0.752
% Stroke	5	0.763	0.788	0.817	0.844	0.871	0.901	0.917	0.917	0.901	0.871	0.841	0.813	0.791	0.768	0.752
	6	0.763	0.788	0.817	0.844	0.871	0.901	0.918	0.918	0.901	0.871	0.846	0.813	0.791	0.768	0.752
	7	0.763	0.793	0.822	0.849	0.876	0.905	0.927	0.927	0.905	0.876	0.846	0.818	0.796	0.773	0.757
	8	0.768	0.793	0.827	0.854	0.881	0.911	0.932	0.932	0.911	0.881	0.851	0.823	0.797	0.773	0.757
	9	0.768	0.798	0.827	0.859	0.886	0.915	0.937	0.937	0.915	0.886	0.856	0.823	0.801	0.778	0.757
	10	0.768	0.798	0.832	0.859	0.891	0.920	0.942	0.942	0.920	0.891	0.856	0.828	0.801	0.778	0.762
	11	0.768	0.798	0.827	0.859	0.886	0.921	0.942	0.942	0.921	0.886	0.856	0.828	0.801	0.778	0.762

ตาราง ช.9 ผลการจำลองระบบทดสอบที่ 1 สำหรับภาระความเย็นที่มีค่าตัวประกอบภาระเท่ากับ 0.860 รูปแบบที่ 3

Hr		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
เวลา		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22
Loads (Tons)		362.5	387.5	412.5	437.5	460	485	500	500	485	460	435	410	390	370	355
Flow (Gpm)		870	930	990	1050	1104	1164	1200	1200	1164	1104	1044	984	936	888	852
จำนวนเครื่องสูบน้ำที่ทำงาน		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Pump Gpm	Primary	1262.272	1265.170	1266.692	1269.267	1269.603	1271.198	1272.568	1272.568	1271.198	1269.603	1270.168	1267.693	1267.905	1264.802	1264.825
	Secondary	291.933	312.428	332.101	351.470	369.463	389.585	401.801	401.801	389.585	369.463	349.704	329.886	314.376	297.750	285.834
Pump Head	Primary	40.276	40.116	40.031	39.887	39.869	39.780	39.703	39.703	39.780	39.869	39.837	39.975	39.963	40.136	40.135
	Secondary	104.941	101.944	98.813	95.486	92.179	88.233	85.710	85.710	88.233	92.179	95.799	99.178	101.645	104.118	105.780
Pump Eff	Primary	0.731	0.729	0.728	0.727	0.726	0.725	0.725	0.725	0.725	0.726	0.726	0.727	0.727	0.729	0.729
	Secondary	0.667	0.671	0.670	0.666	0.658	0.646	0.637	0.637	0.646	0.658	0.666	0.670	0.671	0.669	0.665
WWE		0.530	0.533	0.527	0.519	0.506	0.488	0.476	0.476	0.488	0.506	0.520	0.529	0.533	0.535	0.536
Pump kW	Primary	15.422	15.431	15.436	15.444	15.445	15.450	15.454	15.454	15.450	15.445	15.447	15.439	15.440	15.430	15.430
	Secondary	10.178	10.525	10.853	11.171	11.462	11.785	11.979	11.979	11.785	11.462	11.142	10.816	10.558	10.277	10.073
AHU Gpm	1	87.102	93.123	100.193	105.316	110.653	117.158	121.149	121.149	117.158	110.653	104.609	99.479	93.740	89.304	85.968
	2	88.131	94.147	99.798	105.002	111.514	116.509	120.304	120.304	116.509	111.514	105.579	99.095	94.762	89.038	85.737
	3	87.930	93.893	99.482	105.885	111.063	117.293	121.108	121.108	117.293	111.063	105.206	98.785	94.501	88.838	85.551
	4	87.773	93.694	99.235	105.561	110.673	116.883	120.600	120.600	116.883	110.673	104.875	98.544	94.297	89.951	85.406
	5	87.613	93.490	99.009	105.245	110.406	116.402	120.049	120.049	116.402	110.406	104.565	98.407	94.089	89.778	85.257
	6	87.083	94.147	99.516	105.598	110.451	116.411	121.062	121.062	116.411	110.451	104.936	98.846	94.733	89.205	86.012
	7	3.295	99.838	105.678	110.412	117.042	120.157	120.157	117.042	110.412	105.041	99.174	93.860	89.780	85.389	
	8	87.356	94.199	99.300	105.034	110.834	117.436	120.387	120.387	117.436	110.834	104.412	98.649	94.758	89.423	86.329
	9	88.106	93.531	99.814	105.357	110.950	117.222	120.008	120.008	117.222	110.950	104.767	99.192	94.073	88.868	85.840
	10	87.018	93.767	100.117	105.735	111.434	116.401	120.579	120.579	116.401	111.434	105.123	99.487	94.316	89.064	86.013

Hr		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
เวลา		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22
Loads (Tons)		362.5	387.5	412.5	437.5	460	485	500	500	485	460	435	410	390	370	355
Flow (Gpm)		870	930	990	1050	1104	1164	1200	1200	1164	1104	1044	984	936	888	852
	1	0.700	0.650	0.590	0.520	0.430	0.290	0.160	0.160	0.290	0.430	0.530	0.600	0.650	0.690	0.720
	2	0.753	0.783	0.817	0.844	0.871	0.905	0.927	0.927	0.905	0.871	0.841	0.813	0.786	0.763	0.747
	3	0.758	0.788	0.817	0.844	0.876	0.906	0.927	0.927	0.906	0.876	0.846	0.813	0.791	0.763	0.747
	4	0.758	0.788	0.817	0.849	0.876	0.910	0.932	0.932	0.910	0.876	0.846	0.813	0.791	0.764	0.747
% Stroke	5	0.758	0.788	0.817	0.849	0.876	0.911	0.932	0.932	0.911	0.876	0.846	0.813	0.791	0.768	0.747
	6	0.758	0.788	0.817	0.849	0.877	0.911	0.932	0.932	0.911	0.877	0.846	0.814	0.791	0.768	0.747
	7	0.758	0.793	0.822	0.854	0.881	0.916	0.942	0.942	0.916	0.881	0.851	0.818	0.796	0.768	0.752
	8	0.763	0.793	0.827	0.859	0.887	0.925	0.947	0.947	0.925	0.887	0.856	0.823	0.796	0.773	0.752
	9	0.763	0.798	0.827	0.859	0.891	0.930	0.952	0.952	0.930	0.891	0.856	0.823	0.801	0.773	0.757
	10	0.768	0.798	0.832	0.864	0.896	0.935	0.958	0.958	0.935	0.896	0.861	0.828	0.801	0.773	0.757
	11	0.763	0.798	0.832	0.864	0.896	0.931	0.957	0.957	0.931	0.896	0.861	0.828	0.801	0.773	0.757

ตาราง ช.10 ผลการจำลองระบบทดสอบที่ 1 สำหรับภาระความเย็นที่มีค่าตัวประกอบภาระเท่ากับ 1.000 รูปแบบที่ 1

Hr		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
เวลา		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22
Loads (Tons)		500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Flow (Gpm)		1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
จำนวนเครื่องสูบน้ำที่ทำงาน		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pump Gpm	Primary	1273.206	1273.206	1273.206	1273.206	1273.206	1273.206	1273.206	1273.206	1273.206	1273.206	1273.206	1273.206	1273.206	1273.206	1273.206
	Secondary	1206.197	1206.197	1206.197	1206.197	1206.197	1206.197	1206.197	1206.197	1206.197	1206.197	1206.197	1206.197	1206.197	1206.197	1206.197
Pump Head	Primary	39.667	39.667	39.667	39.667	39.667	39.667	39.667	39.667	39.667	39.667	39.667	39.667	39.667	39.667	39.667
	Secondary	88.591	88.591	88.591	88.591	88.591	88.591	88.591	88.591	88.591	88.591	88.591	88.591	88.591	88.591	88.591
Pump Eff	Primary	0.724	0.724	0.724	0.724	0.724	0.724	0.724	0.724	0.724	0.724	0.724	0.724	0.724	0.724	0.724
	Secondary	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808
WWE		0.687	0.687	0.687	0.687	0.687	0.687	0.687	0.687	0.687	0.687	0.687	0.687	0.687	0.687	0.687
Pump kW	Primary	15.456	15.456	15.456	15.456	15.456	15.456	15.456	15.456	15.456	15.456	15.456	15.456	15.456	15.456	15.456
	Secondary	29.301	29.301	29.301	29.301	29.301	29.301	29.301	29.301	29.301	29.301	29.301	29.301	29.301	29.301	29.301
AHU Gpm	1	120.409	120.409	120.409	120.409	120.409	120.409	120.409	120.409	120.409	120.409	120.409	120.409	120.409	120.409	120.409
	2	121.119	121.119	121.119	121.119	121.119	121.119	121.119	121.119	121.119	121.119	121.119	121.119	121.119	121.119	121.119
	3	120.489	120.489	120.489	120.489	120.489	120.489	120.489	120.489	120.489	120.489	120.489	120.489	120.489	120.489	120.489
	4	120.003	120.003	120.003	120.003	120.003	120.003	120.003	120.003	120.003	120.003	120.003	120.003	120.003	120.003	120.003
	5	120.936	120.936	120.936	120.936	120.936	120.936	120.936	120.936	120.936	120.936	120.936	120.936	120.936	120.936	120.936
	6	120.562	120.562	120.562	120.562	120.562	120.562	120.562	120.562	120.562	120.562	120.562	120.562	120.562	120.562	120.562
	7	121.183	121.183	121.183	121.183	121.183	121.183	121.183	121.183	121.183	121.183	121.183	121.183	121.183	121.183	121.183
	8	120.064	120.064	120.064	120.064	120.064	120.064	120.064	120.064	120.064	120.064	120.064	120.064	120.064	120.064	120.064
	9	121.104	121.104	121.104	121.104	121.104	121.104	121.104	121.104	121.104	121.104	121.104	121.104	121.104	121.104	121.104
	10	120.328	120.328	120.328	120.328	120.328	120.328	120.328	120.328	120.328	120.328	120.328	120.328	120.328	120.328	120.328

Hr		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
เวลา		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22
Loads (Tons)		500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Flow (Gpm)		1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
	1	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160
	2	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917
	3	0.922	0.922	0.922	0.922	0.922	0.922	0.922	0.922	0.922	0.922	0.922	0.922	0.922	0.922	0.922
	4	0.922	0.922	0.922	0.922	0.922	0.922	0.922	0.922	0.922	0.922	0.922	0.922	0.922	0.922	0.922
% Stroke	5	0.923	0.923	0.923	0.923	0.923	0.923	0.923	0.923	0.923	0.923	0.923	0.923	0.923	0.923	0.923
	6	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927
	7	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932
	8	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942
	9	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942
	10	0.952	0.952	0.952	0.952	0.952	0.952	0.952	0.952	0.952	0.952	0.952	0.952	0.952	0.952	0.952
	11	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947

ตาราง ช.11 ผลการจำลองระบบทดสอบที่ 1 สำหรับภาระความเย็นที่มีค่าตัวประกอบภาระเท่ากับ 1.000 รูปแบบที่ 2

Hr		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
เวลา		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22
Loads (Tons)		500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Flow (Gpm)		1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
จำนวนเครื่องสูบน้ำที่ทำงาน		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Pump Gpm	Primary	1274.230	1274.230	1274.230	1274.230	1274.230	1274.230	1274.230	1274.230	1274.230	1274.230	1274.230	1274.230	1274.230	1274.230	1274.230
	Secondary	602.647	602.647	602.647	602.647	602.647	602.647	602.647	602.647	602.647	602.647	602.647	602.647	602.647	602.647	602.647
Pump Head	Primary	39.610	39.610	39.610	39.610	39.610	39.610	39.610	39.610	39.610	39.610	39.610	39.610	39.610	39.610	39.610
	Secondary	91.548	91.548	91.548	91.548	91.548	91.548	91.548	91.548	91.548	91.548	91.548	91.548	91.548	91.548	91.548
Pump Eff	Primary	0.724	0.724	0.724	0.724	0.724	0.724	0.724	0.724	0.724	0.724	0.724	0.724	0.724	0.724	0.724
	Secondary	0.781	0.781	0.781	0.781	0.781	0.781	0.781	0.781	0.781	0.781	0.781	0.781	0.781	0.781	0.781
WWE		0.588	0.588	0.588	0.588	0.588	0.588	0.588	0.588	0.588	0.588	0.588	0.588	0.588	0.588	0.588
Pump kW	Primary	15.459	15.459	15.459	15.459	15.459	15.459	15.459	15.459	15.459	15.459	15.459	15.459	15.459	15.459	15.459
	Secondary	15.663	15.663	15.663	15.663	15.663	15.663	15.663	15.663	15.663	15.663	15.663	15.663	15.663	15.663	15.663
AHU Gpm	1	120.773	120.773	120.773	120.773	120.773	120.773	120.773	120.773	120.773	120.773	120.773	120.773	120.773	120.773	120.773
	2	120.001	120.001	120.001	120.001	120.001	120.001	120.001	120.001	120.001	120.001	120.001	120.001	120.001	120.001	120.001
	3	120.804	120.804	120.804	120.804	120.804	120.804	120.804	120.804	120.804	120.804	120.804	120.804	120.804	120.804	120.804
	4	120.363	120.363	120.363	120.363	120.363	120.363	120.363	120.363	120.363	120.363	120.363	120.363	120.363	120.363	120.363
	5	120.000	120.000	120.000	120.000	120.000	120.000	120.000	120.000	120.000	120.000	120.000	120.000	120.000	120.000	120.000
	6	121.094	121.094	121.094	121.094	121.094	121.094	121.094	121.094	121.094	121.094	121.094	121.094	121.094	121.094	121.094
	7	120.295	120.295	120.295	120.295	120.295	120.295	120.295	120.295	120.295	120.295	120.295	120.295	120.295	120.295	120.295
	8	120.643	120.643	120.643	120.643	120.643	120.643	120.643	120.643	120.643	120.643	120.643	120.643	120.643	120.643	120.643
	9	120.348	120.348	120.348	120.348	120.348	120.348	120.348	120.348	120.348	120.348	120.348	120.348	120.348	120.348	120.348
	10	120.972	120.972	120.972	120.972	120.972	120.972	120.972	120.972	120.972	120.972	120.972	120.972	120.972	120.972	120.972

Hr		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
เวลา		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22
Loads (Tons)		500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Flow (Gpm)		1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
	1	0.170	0.170	0.170	0.170	0.170	0.170	0.170	0.170	0.170	0.170	0.170	0.170	0.170	0.170	0.170
	2	0.912	0.912	0.912	0.912	0.912	0.912	0.912	0.912	0.912	0.912	0.912	0.912	0.912	0.912	0.912
	3	0.913	0.913	0.913	0.913	0.913	0.913	0.913	0.913	0.913	0.913	0.913	0.913	0.913	0.913	0.913
	4	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917
% Stroke	5	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917
	6	0.918	0.918	0.918	0.918	0.918	0.918	0.918	0.918	0.918	0.918	0.918	0.918	0.918	0.918	0.918
	7	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927
	8	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932
	9	0.937	0.937	0.937	0.937	0.937	0.937	0.937	0.937	0.937	0.937	0.937	0.937	0.937	0.937	0.937
	10	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942
	11	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942

ตาราง ช.12 ผลการจำลองระบบทดสอบที่ 1 สำหรับภาระความเย็นที่มีค่าตัวประกอบภาระเท่ากับ 1.000 รูปแบบที่ 3

Hr		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
เวลา		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22
Loads (Tons)		500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Flow (Gpm)		1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
จำนวนเครื่องสูบน้ำที่ทำงาน		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Pump Gpm	Primary	1272.568	1272.568	1272.568	1272.568	1272.568	1272.568	1272.568	1272.568	1272.568	1272.568	1272.568	1272.568	1272.568	1272.568	1272.568
	Secondary	401.801	401.801	401.801	401.801	401.801	401.801	401.801	401.801	401.801	401.801	401.801	401.801	401.801	401.801	401.801
Pump Head	Primary	39.703	39.703	39.703	39.703	39.703	39.703	39.703	39.703	39.703	39.703	39.703	39.703	39.703	39.703	39.703
	Secondary	85.710	85.710	85.710	85.710	85.710	85.710	85.710	85.710	85.710	85.710	85.710	85.710	85.710	85.710	85.710
Pump Eff	Primary	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725
	Secondary	0.637	0.637	0.637	0.637	0.637	0.637	0.637	0.637	0.637	0.637	0.637	0.637	0.637	0.637	0.637
WWE		0.476	0.476	0.476	0.476	0.476	0.476	0.476	0.476	0.476	0.476	0.476	0.476	0.476	0.476	0.476
Pump kW	Primary	15.454	15.454	15.454	15.454	15.454	15.454	15.454	15.454	15.454	15.454	15.454	15.454	15.454	15.454	15.454
	Secondary	11.979	11.979	11.979	11.979	11.979	11.979	11.979	11.979	11.979	11.979	11.979	11.979	11.979	11.979	11.979
AHU Gpm	1	121.149	121.149	121.149	121.149	121.149	121.149	121.149	121.149	121.149	121.149	121.149	121.149	121.149	121.149	121.149
	2	120.304	120.304	120.304	120.304	120.304	120.304	120.304	120.304	120.304	120.304	120.304	120.304	120.304	120.304	120.304
	3	121.108	121.108	121.108	121.108	121.108	121.108	121.108	121.108	121.108	121.108	121.108	121.108	121.108	121.108	121.108
	4	120.600	120.600	120.600	120.600	120.600	120.600	120.600	120.600	120.600	120.600	120.600	120.600	120.600	120.600	120.600
	5	120.049	120.049	120.049	120.049	120.049	120.049	120.049	120.049	120.049	120.049	120.049	120.049	120.049	120.049	120.049
	6	121.062	121.062	121.062	121.062	121.062	121.062	121.062	121.062	121.062	121.062	121.062	121.062	121.062	121.062	121.062
	7	120.157	120.157	120.157	120.157	120.157	120.157	120.157	120.157	120.157	120.157	120.157	120.157	120.157	120.157	120.157
	8	120.387	120.387	120.387	120.387	120.387	120.387	120.387	120.387	120.387	120.387	120.387	120.387	120.387	120.387	120.387
	9	120.008	120.008	120.008	120.008	120.008	120.008	120.008	120.008	120.008	120.008	120.008	120.008	120.008	120.008	120.008
	10	120.579	120.579	120.579	120.579	120.579	120.579	120.579	120.579	120.579	120.579	120.579	120.579	120.579	120.579	120.579

Hr		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
เวลา		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22
Loads (Tons)		500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Flow (Gpm)		1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
	1	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160
	2	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927
	3	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927
	4	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927
% Stroke	5	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932
	6	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932
	7	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942
	8	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947
	9	0.952	0.952	0.952	0.952	0.952	0.952	0.952	0.952	0.952	0.952	0.952	0.952	0.952	0.952	0.952
	10	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958
	11	0.957	0.957	0.957	0.957	0.957	0.957	0.957	0.957	0.957	0.957	0.957	0.957	0.957	0.957	0.957

ตาราง ช.13 ผลการจำลองระบบทดสอบที่ 2 ภาระความเย็นมีค่าตัวประกอบภาระเท่ากับ 0.555 รูปแบบที่ 1

Hr		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
เวลา		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22
Loads (Tons)		130	240	435	620	655	560	675	925	975	910	795	635	425	225	125
Flow (Gpm)		312	576	1044	1488	1572	1344	1620	2220	2340	2184	1908	1524	1020	540	300
จำนวนเครื่องสูบน้ำที่ทำงาน		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pump Gpm	Primary (1)	1204.621	1209.243	1215.649	1220.215	1220.911	1218.900	1221.225	1224.207	1224.414	1224.113	1223.026	1220.461	1215.291	1208.723	1204.637
	Primary (2)	1178.381	1182.913	1189.196	1193.674	1194.356	1192.384	1194.664	1197.588	1197.792	1197.496	1196.430	1193.915	1188.845	1182.403	1178.396
	Secondary	303.334	583.223	1050.897	1498.711	1584.444	1352.968	1625.761	2229.027	2351.508	2191.234	1912.497	1528.190	1021.157	549.855	304.211
Pump Head	Primary (1)	43.382	43.140	42.802	42.560	42.523	42.629	42.506	42.347	42.336	42.352	42.410	42.546	42.82077	43.167	43.382
	Primary (2)	44.738	44.507	44.184	43.953	43.917	44.019	43.901	43.749	43.739	43.754	43.810	43.940	44.202	44.533	44.738
	Secondary	111.510	115.101	118.119	117.510	117.003	118.084	116.714	109.177	106.888	109.831	113.906	117.350	118.038	114.743	111.523
Pump Eff	Primary (1)	0.761	0.759	0.756	0.753	0.753	0.754	0.753	0.751	0.751	0.751	0.752	0.753	0.756	0.759	0.761
	Primary (2)	0.773	0.771	0.768	0.766	0.766	0.767	0.766	0.764	0.764	0.764	0.765	0.766	0.768	0.771	0.773
	Secondary	0.220	0.354	0.542	0.680	0.701	0.640	0.711	0.815	0.826	0.810	0.770	0.687	0.532	0.339	0.220
WWE		0.187	0.301	0.461	0.578	0.596	0.544	0.605	0.692	0.702	0.689	0.654	0.584	0.452	0.288	0.187
Pump kW	Primary (1)	15.218	15.236	15.260	15.277	15.280	15.273	15.281	15.292	15.293	15.292	15.288	15.278	15.259	15.234	15.218
	Primary (2)	15.112	15.131	15.157	15.175	15.178	15.170	15.179	15.191	15.191	15.190	15.186	15.176	15.155	15.129	15.112
	Secondary	34.105	42.011	50.734	57.419	58.582	55.360	59.131	66.208	67.409	65.820	62.719	57.823	50.248	41.250	34.138
AHU Gpm	1	31.611	57.452	140.629	228.350	230.731	158.643	192.395	318.615	351.777	328.781	283.477	222.634	156.233	87.686	41.117
	2	25.755	25.624	31.511	51.165	68.817	87.651	165.747	259.396	286.145	272.712	242.726	195.967	122.431	57.826	31.568
	3	25.531	55.270	111.817	168.872	192.626	192.926	192.120	180.224	156.626	133.209	105.808	76.845	52.873	35.451	23.368
	4	40.848	92.505	133.486	145.257	144.465	144.467	145.988	144.210	145.164	145.036	144.344	138.181	96.346	48.030	28.128
	5	25.527	55.240	111.803	168.361	192.199	192.489	193.629	180.981	157.657	132.688	105.612	76.856	52.803	35.436	23.365
	6	27.968	60.277	108.138	155.020	155.983	92.515	116.440	211.483	235.886	216.371	180.070	130.998	82.856	45.704	27.970

Hr		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
เวลา		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22
Loads (Tons)		130	240	435	620	655	560	675	925	975	910	795	635	425	225	125
Flow (Gpm)		312	576	1044	1488	1572	1344	1620	2220	2340	2184	1908	1524	1020	540	300
AHU Gpm	7	31.587	58.231	140.734	228.510	230.579	158.706	192.346	319.537	352.973	327.808	282.058	222.626	156.181	87.647	41.088
	8	40.823	92.461	132.824	145.811	144.903	145.372	144.341	145.727	145.749	144.593	145.047	138.228	96.086	48.025	28.112
	9	25.729	25.955	31.751	51.166	68.702	87.677	166.227	258.309	285.278	272.896	243.250	194.777	122.461	57.666	31.537
	10	27.956	60.208	108.204	156.199	155.440	92.523	116.530	210.545	234.252	217.141	180.106	131.078	82.887	46.383	27.958
% Stroke	1	0.121	0.305	0.588	0.757	0.762	0.630	0.699	0.908	0.959	0.919	0.847	0.748	0.623	0.438	0.203
	2	0.112	0.107	0.170	0.326	0.420	0.493	0.703	0.878	0.922	0.895	0.841	0.757	0.597	0.361	0.175
	3	0.251	0.492	0.724	0.884	0.942	0.937	0.942	0.941	0.889	0.816	0.721	0.603	0.477	0.351	0.223
	4	0.500	0.761	0.889	0.927	0.927	0.922	0.932	0.952	0.962	0.952	0.937	0.909	0.774	0.548	0.382
	5	0.251	0.492	0.725	0.884	0.943	0.937	0.947	0.946	0.895	0.817	0.722	0.604	0.477	0.351	0.223
	6	0.203	0.441	0.626	0.751	0.755	0.579	0.659	0.887	0.937	0.894	0.815	0.695	0.541	0.354	0.203
	7	0.121	0.310	0.591	0.762	0.767	0.634	0.704	0.923	0.978	0.932	0.854	0.753	0.625	0.439	0.203
	8	0.500	0.762	0.889	0.932	0.932	0.927	0.932	0.967	0.977	0.962	0.947	0.914	0.775	0.549	0.382
	9	0.112	0.112	0.175	0.331	0.425	0.497	0.710	0.894	0.943	0.913	0.854	0.762	0.600	0.361	0.175
	10	0.203	0.441	0.627	0.755	0.756	0.581	0.662	0.893	0.944	0.903	0.820	0.699	0.542	0.359	0.203

ตาราง ช.14 ผลการจำลองระบบทดสอบที่ 2 ภาระความเย็นมีค่าตัวประกอบภาระเท่ากับ 0.555 รูปแบบที่ 2

Hr		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
เวลา		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22
Loads (Tons)		130	240	435	620	655	560	675	925	975	910	795	635	425	225	125
Flow (Gpm)		312	576	1044	1488	1572	1344	1620	2220	2340	2184	1908	1524	1020	540	300
จำนวนเครื่องสูบน้ำที่ทำงาน		1	1	1	1	2	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1
Pump Gpm	Primary (1)	1204.698	1209.367	1215.752	1220.180	1220.921	1218.884	1221.257	1224.212	1224.411	1224.105	1223.057	1220.465	1215.308	1208.759	1204.636
	Primary (2)	1178.457	1183.035	1189.296	1193.640	1194.366	1192.368	1194.695	1197.593	1197.788	1197.488	1196.460	1193.919	1188.861	1182.438	1178.396
	Secondary	307.741	591.307	1059.515	1494.590	792.882	1351.247	815.000	1115.648	1174.043	1094.118	959.287	764.359	1022.529	552.144	304.198
Pump Head	Primary (1)	43.378	43.133	42.796	42.561	42.522	42.630	42.504	42.347	42.336	42.352	42.408	42.546	42.81989	43.165	43.382
	Primary (2)	44.735	44.501	44.179	43.954	43.917	44.020	43.900	43.749	43.739	43.755	43.808	43.940	44.201	44.531	44.738
	Secondary	135.425	134.442	120.649	94.244	130.362	104.389	129.744	117.978	114.967	119.028	124.877	131.110	122.290	134.909	135.402
Pump Eff	Primary (1)	0.761	0.759	0.756	0.753	0.753	0.754	0.753	0.751	0.751	0.751	0.752	0.753	0.756	0.759	0.761
	Primary (2)	0.773	0.771	0.768	0.766	0.766	0.767	0.766	0.764	0.764	0.764	0.765	0.766	0.768	0.771	0.773
	Secondary	0.521	0.709	0.843	0.771	0.794	0.816	0.801	0.845	0.843	0.845	0.833	0.784	0.841	0.688	0.519
WWE		0.443	0.603	0.717	0.655	0.675	0.693	0.681	0.718	0.716	0.718	0.708	0.667	0.715	0.585	0.441
Pump kW	Primary (1)	15.219	15.237	15.261	15.277	15.280	15.273	15.281	15.292	15.293	15.292	15.288	15.278	15.259	15.234	15.218
	Primary (2)	15.113	15.132	15.157	15.175	15.178	15.170	15.179	15.191	15.191	15.190	15.186	15.176	15.156	15.129	15.112
	Secondary	17.714	24.838	33.593	40.486	28.853	38.320	29.267	34.536	35.499	34.176	31.867	28.314	32.963	23.989	17.604
AHU Gpm	1	32.115	58.318	141.895	228.026	230.515	158.469	193.586	318.225	352.518	328.114	283.640	222.356	156.112	88.923	41.111
	2	27.018	26.848	31.528	50.981	69.134	87.637	166.744	259.669	284.498	272.673	244.109	194.955	122.447	57.942	31.557
	3	25.948	55.574	112.731	168.142	192.986	192.043	192.401	180.732	156.221	132.225	106.907	76.895	52.874	35.538	23.369
	4	40.833	93.924	133.911	145.217	144.984	144.257	144.555	145.184	144.704	144.157	144.828	138.519	97.208	48.038	28.136
	5	25.945	55.547	113.208	168.095	192.428	192.585	192.083	181.772	157.331	132.921	106.775	76.936	52.808	35.526	23.366
	6	27.964	61.216	109.449	154.905	155.508	92.515	117.697	210.281	235.203	216.797	181.918	130.982	82.859	45.802	27.963

Hr		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
เวลา		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22
Loads (Tons)		130	240	435	620	655	560	675	925	975	910	795	635	425	225	125
Flow (Gpm)		312	576	1044	1488	1572	1344	1620	2220	2340	2184	1908	1524	1020	540	300
	7	32.094	58.192	142.237	228.042	230.531	158.581	193.925	319.876	353.402	327.867	282.450	222.486	156.106	88.770	41.087
AHU Gpm	8	40.876	93.763	133.260	145.376	145.669	145.002	145.058	145.546	144.343	144.425	144.131	138.846	96.683	48.045	28.122
	9	26.994	26.771	31.772	50.805	69.176	87.681	166.397	258.304	285.668	272.794	243.804	194.902	122.527	57.806	31.531
	10	27.954	61.155	109.524	155.002	154.833	92.475	117.554	211.708	234.197	216.263	180.013	131.843	82.906	45.754	27.954
	1	0.096	0.285	0.586	0.792	0.737	0.647	0.678	0.879	0.928	0.889	0.821	0.724	0.615	0.417	0.173
	2	0.097	0.097	0.165	0.356	0.400	0.510	0.682	0.853	0.893	0.869	0.819	0.732	0.589	0.336	0.145
	3	0.226	0.468	0.721	0.925	0.912	0.960	0.912	0.911	0.858	0.787	0.701	0.581	0.469	0.326	0.193
	4	0.469	0.740	0.884	0.967	0.902	0.942	0.902	0.927	0.932	0.922	0.912	0.884	0.769	0.522	0.352
% Stroke	5	0.226	0.468	0.723	0.927	0.912	0.962	0.913	0.916	0.864	0.791	0.702	0.582	0.469	0.326	0.193
	6	0.173	0.421	0.625	0.786	0.731	0.596	0.640	0.859	0.907	0.868	0.794	0.672	0.533	0.329	0.173
	7	0.096	0.285	0.589	0.798	0.742	0.651	0.683	0.892	0.943	0.900	0.827	0.728	0.617	0.417	0.173
	8	0.470	0.740	0.884	0.972	0.907	0.947	0.907	0.937	0.942	0.932	0.917	0.889	0.769	0.523	0.352
	9	0.097	0.097	0.170	0.361	0.405	0.514	0.687	0.866	0.912	0.884	0.829	0.738	0.592	0.336	0.145
	10	0.173	0.421	0.626	0.788	0.731	0.598	0.642	0.867	0.913	0.873	0.795	0.677	0.535	0.329	0.173

ตาราง ช.15 ผลการจำลองระบบทดสอบที่ 2 ภาระความเย็นมีค่าตัวประกอบภาระเท่ากับ 0.555 รูปแบบที่ 3

Hr		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
เวลา		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22
Loads (Tons)		130	240	435	620	655	560	675	925	975	910	795	635	425	225	125
Flow (Gpm)		312	576	1044	1488	1572	1344	1620	2220	2340	2184	1908	1524	1020	540	300
จำนวนเครื่องสูบน้ำที่ทำงาน		1	1	2	2	3	2	3	3	3	3	3	3	2	1	1
Pump Gpm	Primary (1)	1205.057	1209.484	1215.687	1220.225	1220.933	1218.981	1221.243	1224.207	1224.412	1224.112	1223.059	1220.503	1215.427	1208.782	1204.653
	Primary (2)	1178.808	1183.150	1189.233	1193.683	1194.378	1192.463	1194.682	1197.588	1197.790	1197.495	1196.462	1193.956	1188.978	1182.461	1178.412
	Secondary	328.275	598.901	527.055	749.924	529.109	680.716	542.740	742.999	783.245	730.271	639.647	511.116	516.173	553.626	305.152
Pump Head	Primary (1)	43.360	43.127	42.800	42.559	42.521	42.625	42.505	42.347	42.336	42.352	42.408	42.544	42.8136	43.164	43.381
	Primary (2)	44.717	44.495	44.182	43.952	43.916	44.015	43.900	43.749	43.739	43.754	43.808	43.938	44.195	44.530	44.737
	Secondary	179.165	158.296	165.340	139.948	165.154	148.953	163.895	140.895	135.253	142.608	153.819	166.755	166.312	162.862	180.234
Pump Eff	Primary (1)	0.761	0.759	0.756	0.753	0.753	0.754	0.753	0.751	0.751	0.751	0.752	0.753	0.756	0.759	0.761
	Primary (2)	0.773	0.771	0.768	0.766	0.766	0.767	0.766	0.764	0.764	0.764	0.765	0.766	0.768	0.771	0.773
	Secondary	0.538	0.699	0.684	0.668	0.684	0.693	0.689	0.671	0.649	0.677	0.699	0.678	0.680	0.692	0.512
WWE		0.457	0.594	0.581	0.567	0.582	0.589	0.585	0.570	0.552	0.575	0.594	0.576	0.578	0.588	0.435
Pump kW	Primary (1)	15.220	15.237	15.261	15.278	15.280	15.273	15.281	15.292	15.293	15.292	15.288	15.279	15.260	15.234	15.218
	Primary (2)	15.114	15.132	15.157	15.175	15.178	15.170	15.179	15.191	15.191	15.190	15.186	15.176	15.156	15.129	15.113
	Secondary	24.219	30.048	28.247	34.839	28.295	32.430	28.621	34.577	36.179	34.109	31.183	27.876	27.993	28.887	23.830
Coil Gpm	1	36.862	58.373	141.497	228.852	231.085	159.451	193.068	318.332	353.154	327.877	283.862	222.763	157.421	88.767	40.976
	2	31.012	29.107	31.939	50.571	68.580	89.340	166.098	258.110	285.170	272.562	242.463	195.231	122.495	57.784	31.955
	3	25.790	57.043	112.531	169.213	193.061	193.016	192.223	180.267	157.629	133.023	107.264	77.904	53.961	35.458	23.296
	4	42.280	93.067	132.766	144.616	144.722	145.599	144.103	145.303	145.778	144.394	144.835	138.199	97.710	48.889	28.058
	5	25.787	57.109	112.408	168.796	192.623	192.675	192.042	181.632	156.731	132.397	107.065	77.869	54.768	35.447	23.294
	6	28.231	61.305	109.151	156.556	155.680	93.806	117.072	211.739	234.471	216.906	180.720	131.007	84.300	45.683	28.320

Hr		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
เวลา		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22
Loads (Tons)		130	240	435	620	655	560	675	925	975	910	795	635	425	225	125
Flow (Gpm)		312	576	1044	1488	1572	1344	1620	2220	2340	2184	1908	1524	1020	540	300
	7	36.842	58.264	140.808	228.997	231.811	159.890	193.999	319.209	352.886	327.992	283.174	223.886	156.704	88.639	40.958
	8	42.261	94.347	132.303	145.506	145.764	144.819	144.999	144.466	144.290	145.422	144.726	138.940	97.318	48.908	28.047
	9	30.989	29.035	31.748	50.722	68.849	88.481	166.396	258.087	285.567	273.418	243.392	195.409	123.629	57.671	31.935
	10	28.221	61.250	108.962	156.019	155.150	94.356	118.220	211.852	234.060	216.824	181.441	132.140	84.040	46.379	28.312
	1	0.096	0.260	0.534	0.722	0.697	0.590	0.638	0.843	0.893	0.852	0.782	0.683	0.567	0.387	0.128
	2	0.097	0.097	0.120	0.291	0.360	0.459	0.642	0.818	0.862	0.835	0.780	0.692	0.540	0.306	0.105
	3	0.181	0.451	0.666	0.844	0.862	0.882	0.862	0.871	0.828	0.755	0.666	0.545	0.427	0.296	0.148
	4	0.437	0.710	0.824	0.887	0.857	0.877	0.857	0.892	0.902	0.887	0.872	0.839	0.719	0.498	0.307
% Stroke	5	0.181	0.451	0.666	0.844	0.862	0.882	0.863	0.876	0.828	0.755	0.666	0.546	0.432	0.296	0.148
	6	0.133	0.396	0.573	0.720	0.691	0.543	0.600	0.827	0.873	0.833	0.755	0.632	0.490	0.299	0.133
	7	0.096	0.260	0.534	0.726	0.701	0.594	0.643	0.853	0.904	0.861	0.787	0.688	0.567	0.387	0.128
	8	0.437	0.715	0.824	0.892	0.862	0.877	0.862	0.897	0.907	0.897	0.877	0.844	0.719	0.499	0.307
	9	0.097	0.097	0.120	0.296	0.365	0.459	0.647	0.830	0.877	0.848	0.789	0.697	0.545	0.306	0.105
	10	0.133	0.396	0.573	0.720	0.691	0.546	0.605	0.832	0.879	0.838	0.760	0.637	0.490	0.304	0.133

ตาราง ช.16 ผลการจำลองระบบทดสอบที่ 2 ภาระความเย็นมีค่าตัวประกอบภาระเท่ากับ 0.555 รูปแบบที่ 4

Hr		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
เวลา		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22
Loads (Tons)		130	240	435	620	655	560	675	925	975	910	795	635	425	225	125
Flow (Gpm)		312	576	1044	1488	1572	1344	1620	2220	2340	2184	1908	1524	1020	540	300
จำนวนเครื่องสูบน้ำที่ทำงาน		1	1	2	2	3	2	3	3	4	3	3	2	2	1	1
Pump Gpm	Primary (1)	1204.714	1209.396	1215.720	1220.205	1220.928	1218.911	1221.251	1224.210	1224.410	1224.116	1223.061	1220.440	1215.307	1208.748	1204.663
	Primary (2)	1178.472	1183.064	1189.265	1193.663	1194.373	1192.395	1194.689	1197.592	1197.787	1197.499	1196.464	1193.894	1188.861	1182.428	1178.422
	Secondary	308.618	593.183	528.426	748.729	528.896	677.063	543.082	743.500	586.906	730.799	639.803	762.794	511.244	551.467	305.717
Pump Head	Primary (1)	43.378	43.132	42.798	42.560	42.522	42.629	42.504	42.347	42.336	42.352	42.408	42.548	42.81992	43.166	43.380
	Primary (2)	44.734	44.499	44.180	43.953	43.916	44.019	43.900	43.749	43.739	43.754	43.808	43.941	44.201	44.532	44.736
	Secondary	132.335	118.498	122.861	105.099	122.831	111.785	121.936	105.617	118.953	106.854	114.915	103.684	123.898	121.390	132.405
Pump Eff	Primary (1)	0.761	0.759	0.756	0.753	0.753	0.754	0.753	0.751	0.751	0.751	0.752	0.753	0.756	0.759	0.761
	Primary (2)	0.773	0.771	0.768	0.766	0.766	0.767	0.766	0.764	0.764	0.764	0.765	0.766	0.768	0.771	0.773
	Secondary	0.652	0.805	0.791	0.791	0.791	0.806	0.795	0.792	0.804	0.796	0.808	0.786	0.785	0.797	0.650
WWE		0.555	0.684	0.672	0.672	0.672	0.685	0.676	0.673	0.684	0.676	0.687	0.668	0.667	0.678	0.552
Pump kW	Primary (1)	15.219	15.237	15.261	15.277	15.280	15.273	15.281	15.292	15.293	15.292	15.288	15.278	15.259	15.234	15.218
	Primary (2)	15.113	15.132	15.157	15.175	15.178	15.170	15.179	15.191	15.191	15.190	15.186	15.176	15.156	15.129	15.113
	Secondary	13.875	19.352	18.199	22.061	18.208	20.817	18.463	21.970	19.242	21.749	20.169	22.306	17.888	18.613	13.810
AHU Gpm	1	31.752	58.399	141.449	228.093	230.599	158.457	192.976	318.497	351.863	328.951	283.488	222.107	156.183	88.495	41.317
	2	26.713	25.631	31.816	50.537	68.956	87.617	166.437	258.888	285.401	272.743	243.985	194.731	122.484	57.695	31.716
	3	25.655	56.183	112.960	169.307	193.702	193.678	193.074	180.631	157.086	132.427	107.141	76.913	52.806	35.377	23.485
	4	42.136	94.178	133.319	144.296	144.392	145.626	145.693	145.930	145.468	145.183	144.233	138.393	96.412	48.023	28.276
	5	25.651	56.504	112.954	168.747	193.106	193.223	192.273	181.434	156.060	133.352	106.964	76.899	52.824	35.363	23.482
	6	28.095	61.955	109.106	156.669	156.009	92.436	118.253	211.175	234.297	216.192	181.796	130.835	82.882	46.337	28.104

Hr		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
เวลา		07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22
Loads (Tons)		130	240	435	620	655	560	675	925	975	910	795	635	425	225	125
Flow (Gpm)		312	576	1044	1488	1572	1344	1620	2220	2340	2184	1908	1524	1020	540	300
	7	31.731	58.255	141.814	228.245	230.728	158.458	193.140	319.377	352.570	327.960	282.049	222.034	156.190	88.325	41.292
AHU Gpm	8	42.113	94.133	132.687	144.690	144.973	144.595	144.164	145.737	145.280	144.869	145.121	138.206	97.328	48.022	28.261
	9	26.688	25.962	31.559	50.464	68.931	87.605	165.904	258.480	284.549	273.326	242.907	194.507	122.577	57.545	31.690
	10	28.084	61.984	109.187	156.410	155.294	92.430	117.333	210.350	235.048	217.392	181.725	130.964	82.802	46.284	28.094
	1	0.096	0.305	0.582	0.772	0.748	0.636	0.688	0.903	0.919	0.914	0.837	0.765	0.613	0.432	0.178
	2	0.097	0.102	0.165	0.336	0.409	0.499	0.692	0.873	0.887	0.890	0.834	0.772	0.587	0.351	0.150
	3	0.226	0.492	0.719	0.904	0.927	0.947	0.928	0.937	0.853	0.809	0.717	0.620	0.467	0.341	0.198
	4	0.483	0.762	0.879	0.942	0.912	0.932	0.917	0.952	0.927	0.947	0.927	0.929	0.764	0.539	0.357
% Stroke	5	0.226	0.494	0.719	0.904	0.927	0.947	0.927	0.942	0.853	0.814	0.718	0.621	0.467	0.341	0.198
	6	0.178	0.444	0.621	0.770	0.742	0.585	0.652	0.882	0.899	0.888	0.809	0.712	0.531	0.349	0.178
	7	0.096	0.305	0.585	0.778	0.753	0.639	0.693	0.917	0.934	0.926	0.844	0.771	0.615	0.432	0.178
	8	0.483	0.762	0.879	0.947	0.917	0.932	0.917	0.962	0.937	0.957	0.937	0.934	0.769	0.539	0.357
	9	0.097	0.107	0.165	0.341	0.414	0.503	0.697	0.889	0.903	0.908	0.844	0.780	0.590	0.351	0.150
	10	0.178	0.445	0.622	0.771	0.742	0.586	0.652	0.888	0.907	0.898	0.814	0.716	0.532	0.349	0.178

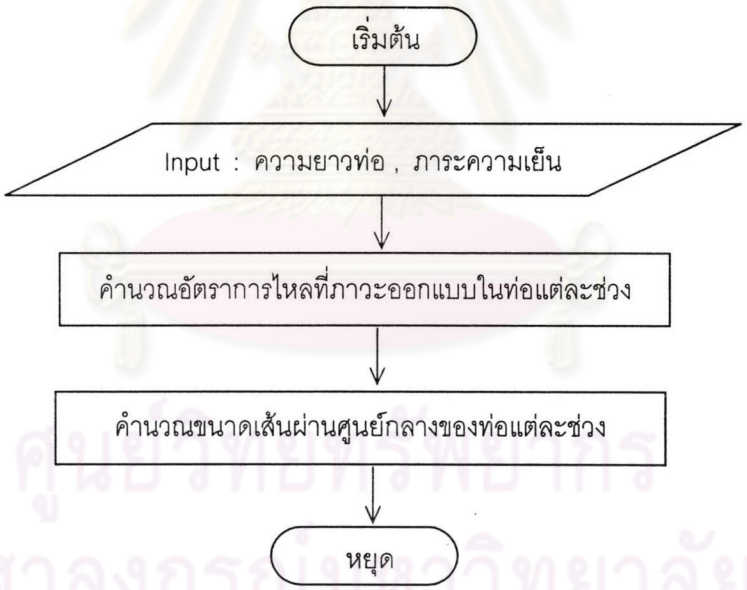
ภาคผนวก ซ

แผนภาพลำดับการทำงานของโปรแกรม

แนวคิดของการทำงานของโปรแกรมแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกคือส่วนที่ช่วยวิศวกรผู้ออกแบบเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับภาระความเย็นของระบบ และส่วนที่สองคือส่วนการวิเคราะห์การใช้พลังงานของเครื่องสูบน้ำในวงจรทุติยภูมิ โดยสามารถแสดงลำดับการทำงานในส่วนต่าง ๆ ได้ ดังนี้

ซ.1 ส่วนช่วยในการเลือกอุปกรณ์

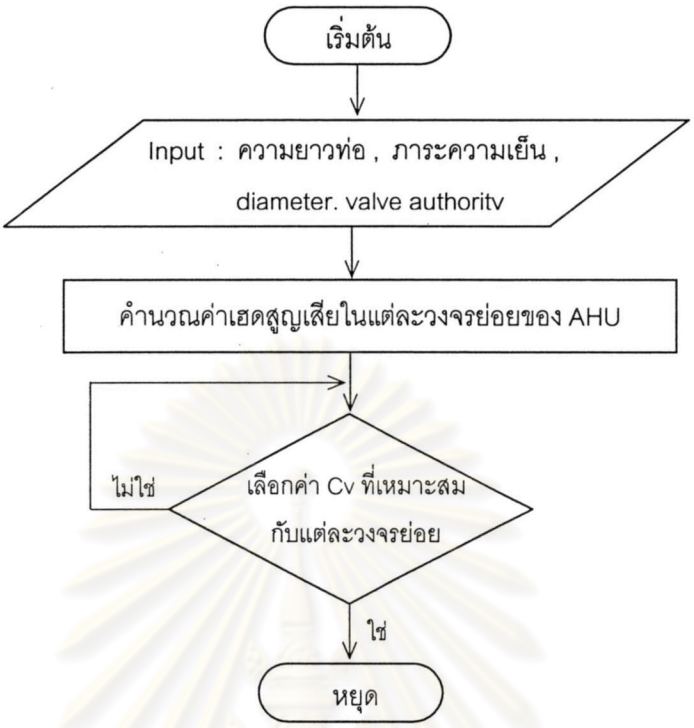
การเลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ



รูป ซ.1 แผนภาพการไหลของการเลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโปรแกรม

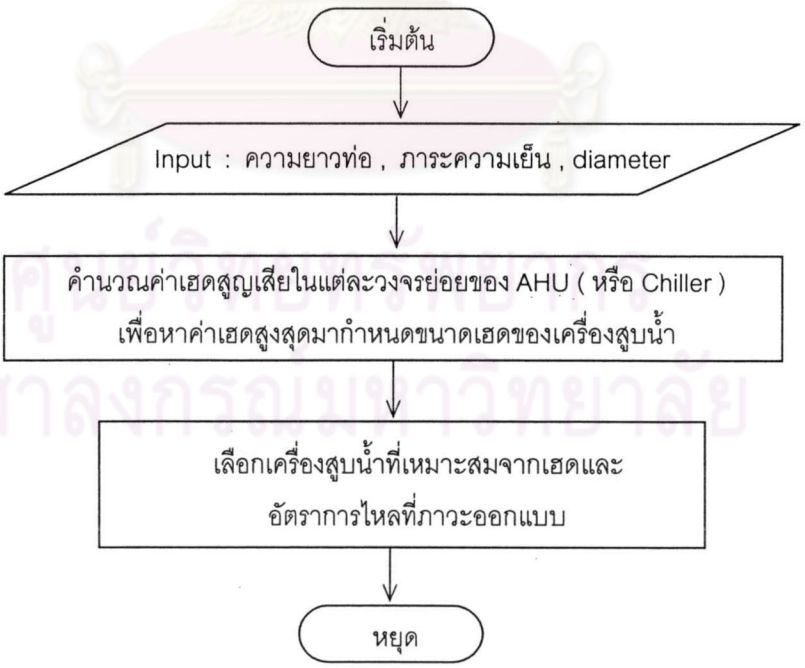
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเลือกค่าสัมประสิทธิ์การไหลของวาล์วควบคุม



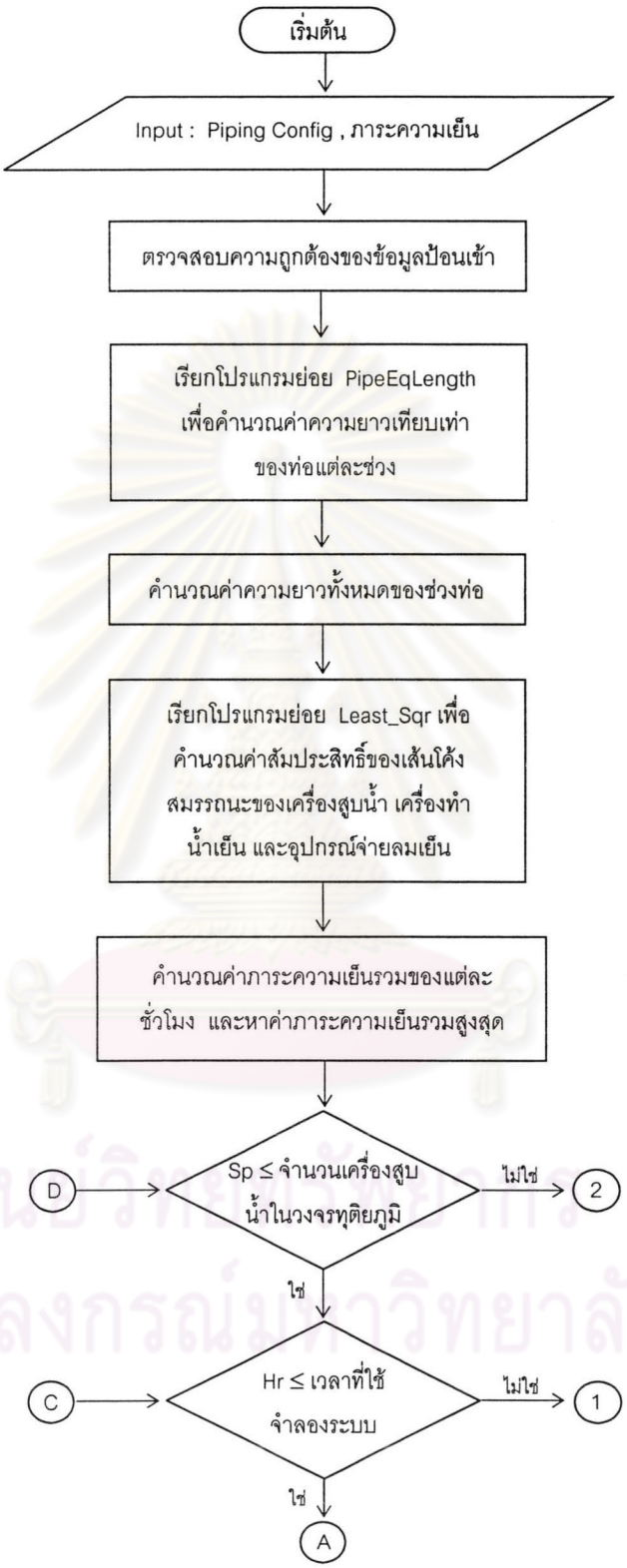
รูป ซ.2 แผนภาพการไหลของการเลือกค่าสัมประสิทธิ์การไหลของวาล์วควบคุม

การเลือกเครื่องสูบน้ำที่สามารถทำงานได้ที่ภาวะออกแบบ

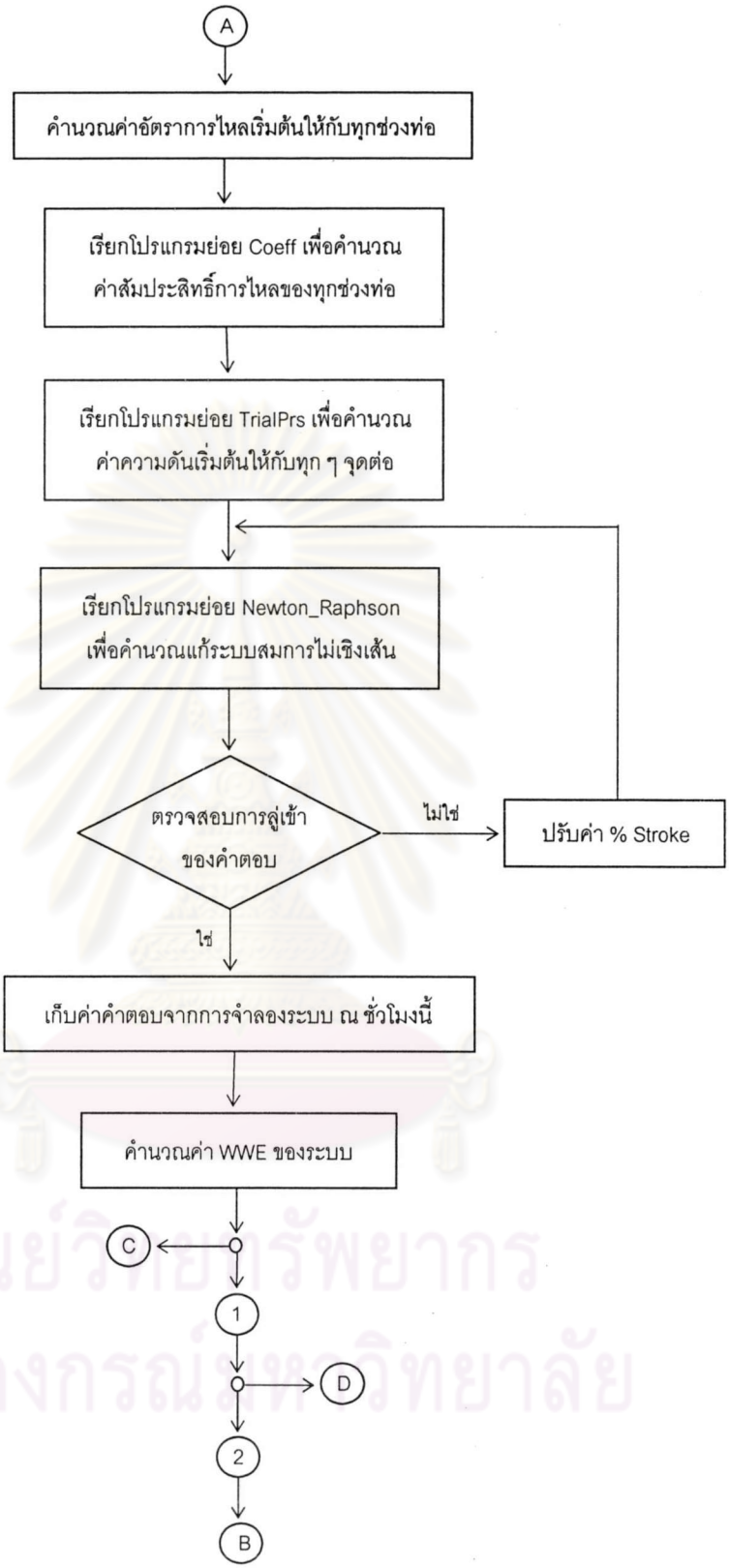


รูป ซ.3 แผนภาพการไหลของการเลือกเครื่องสูบน้ำที่สามารถทำงานได้ที่ภาวะออกแบบ

ซ.2 ส่วนการวิเคราะห์การใช้พลังงานของเครื่องสูบน้ำในวงจรทุติยภูมิ

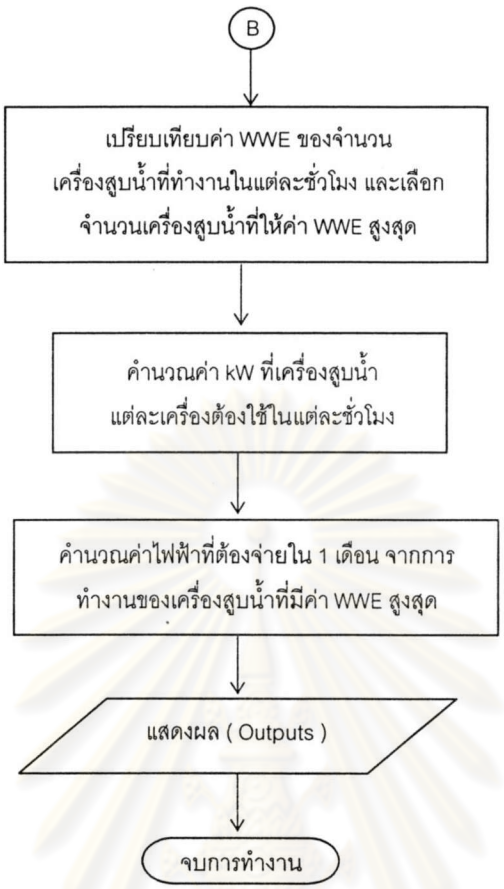


รูป ซ.4 แผนภาพการไหลของการวิเคราะห์การใช้พลังงานของเครื่องสูบน้ำ



รูป ซ.4 แผนภาพการไหลของการวิเคราะห์การใช้พลังงานของเครื่องสูบน้ำ (ต่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป ซ.4 แผนภาพการไหลของการวิเคราะห์การใช้พลังงานของเครื่องสูบน้ำ (ต่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

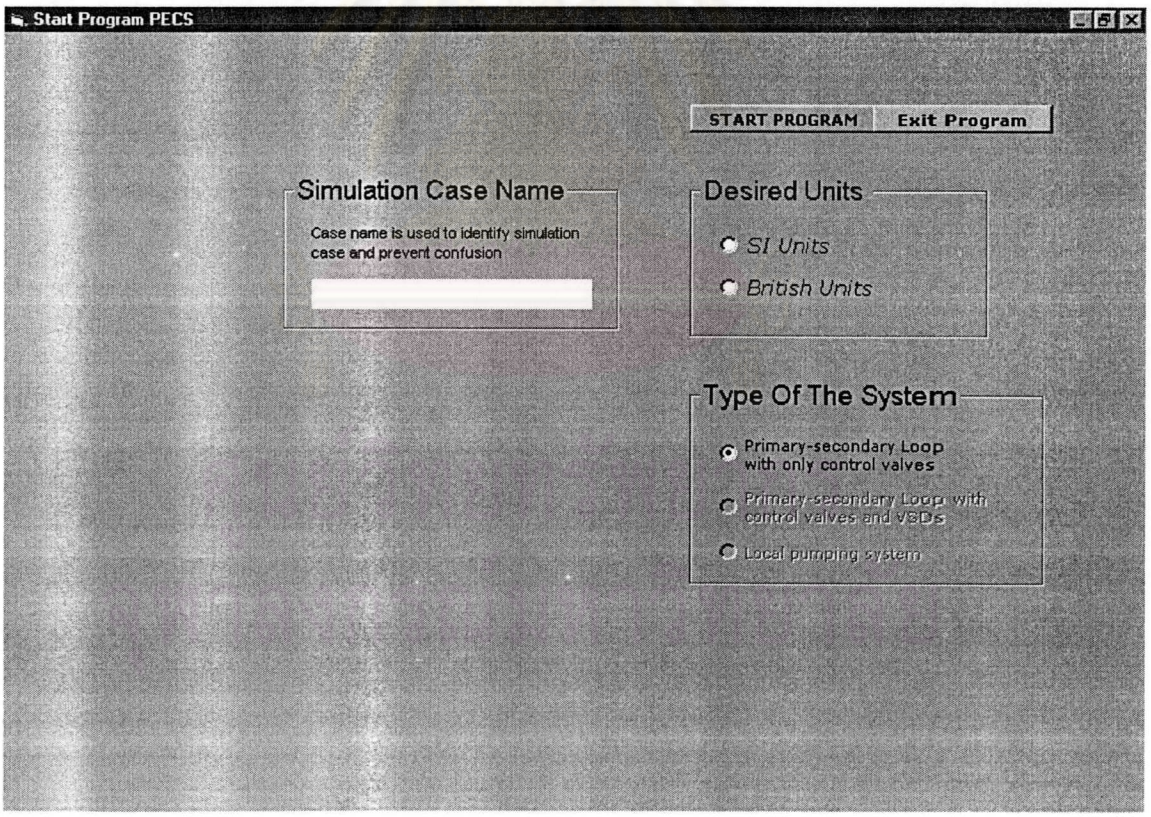
ภาคผนวก ฌ

โปรแกรม Pumping Energy Comsumtion Simulation (PECS)

โปรแกรม PECS ประกอบด้วยหน้าจอรับและแสดงข้อมูล ดังนี้

ฌ.1 หน้าจอเริ่มต้นการทำงานของโปรแกรม

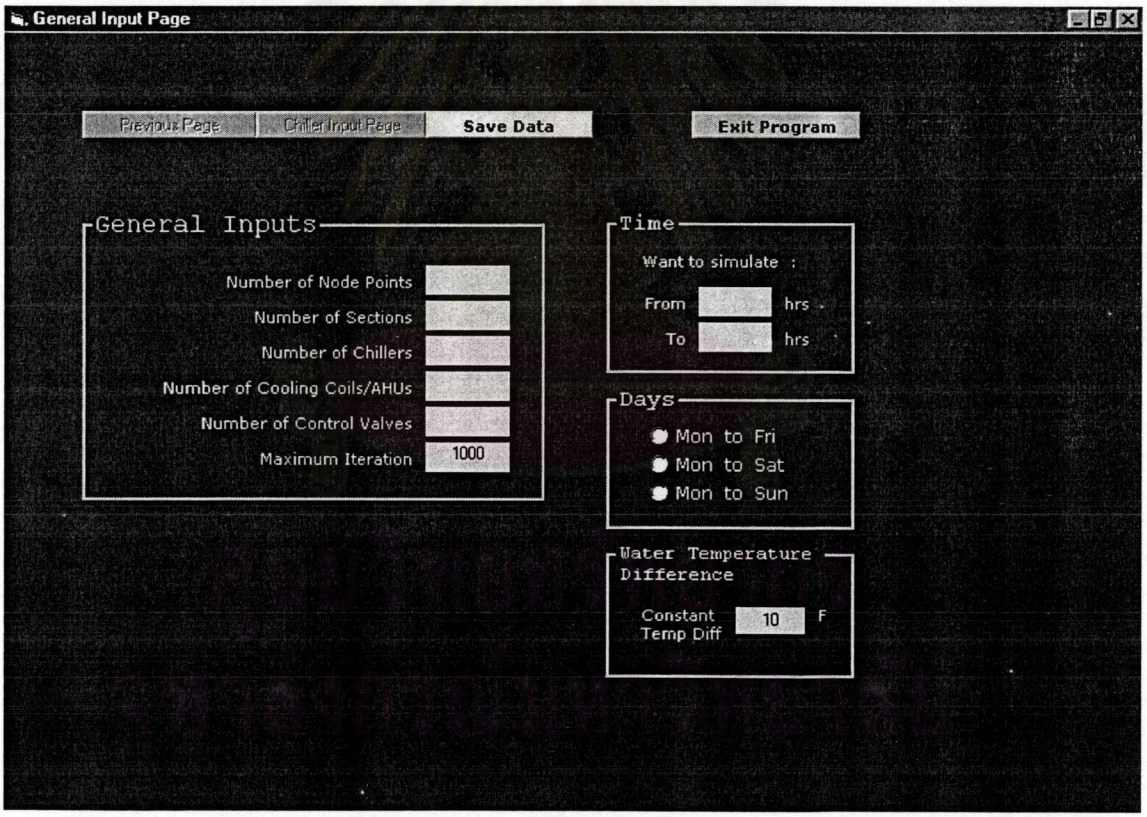
เมื่อเริ่มต้นเรียกโปรแกรม PECS หน้าจอรับข้อมูลแรกของโปรแกรมจะเป็นหน้าจอที่ให้ผู้ใช้ใส่ชื่อของกรณีที่จะจำลองด้วยโปรแกรม และให้ผู้ใช้เลือกใช้หน่วยในการจำลองระบบ ซึ่งมี 2 หน่วยให้เลือกใช้ คือ หน่วย SI และหน่วยอังกฤษ เมื่อเลือกหน่วยที่ต้องการแล้ว ให้กดปุ่ม START PROGRAM โปรแกรมจะแสดงหน้าจอรับข้อมูลเบื้องต้น



รูป ฌ.1 หน้าจอเริ่มต้นการทำงานของโปรแกรม

ฌ.2 หน้าจอรับค่าข้อมูลเบื้องต้น

เป็นหน้าจอที่รับค่าข้อมูลเบื้องต้นของระบบที่ผู้ใช้ต้องการจำลอง โดยข้อมูลที่ผู้ใช้ต้องใส่ให้กับโปรแกรม ได้แก่ จำนวนจุดต่อทั้งหมดในระบบ (Number of Nodes : ค่าสูงสุดไม่เกิน 270 จุด) จำนวนช่วงทั้งหมดในระบบ (Number of Sections : ค่าสูงสุดไม่เกิน 310 ช่วง) จำนวนเครื่องทำน้ำเย็น (Number of Chillers : ค่าสูงสุดไม่เกิน 4 เครื่อง) จำนวนอุปกรณ์ส่งลมเย็น (Number of Cooling Coils/AHUs : ค่าสูงสุดไม่เกิน 40 เครื่อง) จำนวนวาล์วควบคุม (Number of Control Valves) ค่าสูงสุดไม่เกิน 41 วาล์ว ค่าสูงสุดของการทำซ้ำ (Maximum Iteration : ค่าสูงสุดไม่เกิน 32000) จำนวนวันปฏิบัติการรวมถึงเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดการทำงานในแต่ละวัน และค่าผลต่างอุณหภูมิของน้ำเย็นจ่ายและน้ำเย็นกลับ (Water Temperature Difference)



รูป ฌ.2 หน้าจอรับข้อมูลเบื้องต้น

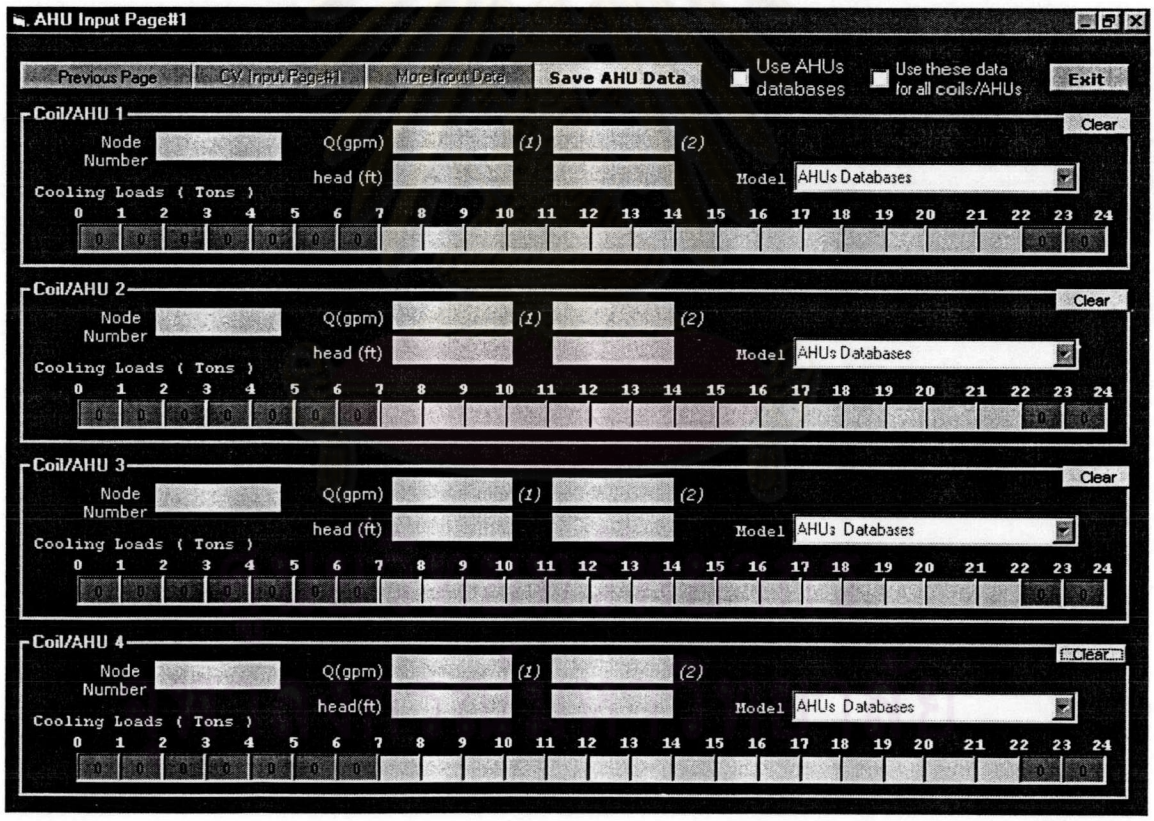
ฌ.3 หน้าจอรับค่าข้อมูลของเครื่องทำน้ำเย็น

เป็นหน้าจอรับค่าอัตราการไหลผ่านเครื่องทำน้ำเย็นและเฮดสูญเสียที่เกิดขึ้นในเครื่องทำน้ำเย็น โดยผู้ใช้จะต้องใส่หมายเลขช่วง (โปรดอ่านรายละเอียดการใส่หมายเลขช่วงด้านท้ายบทโดยละเอียด) ของเครื่องทำน้ำเย็นแต่ละเครื่องที่ใช้ ขนาดความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น (Capacity) พร้อมกับค่าอัตราการไหลและเฮดสูญเสีย 2 ค่าเป็นข้อมูลของเครื่องทำน้ำเย็น 1 เครื่อง หรือผู้ใช้สามารถเลือกใช้เครื่องทำน้ำเย็นที่มีอยู่ในฐานข้อมูลของโปรแกรมได้ โดยการคลิกที่ Use chillers databases จากนั้นโปรแกรมจะเลือกเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดทำความเย็นมากกว่าหรือเท่ากับขนาดทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นแต่ละเครื่องแล้วนำมาแสดงไว้ในช่อง combobox Chilllers Databases เพื่อให้ผู้ใช้เลือกใช้ต่อไป

รูป ฌ.3 หน้าจอรับข้อมูลของเครื่องทำน้ำเย็น

ฌ.4 หน้าจอรับค่าข้อมูลของอุปกรณ์ส่งลมเย็น

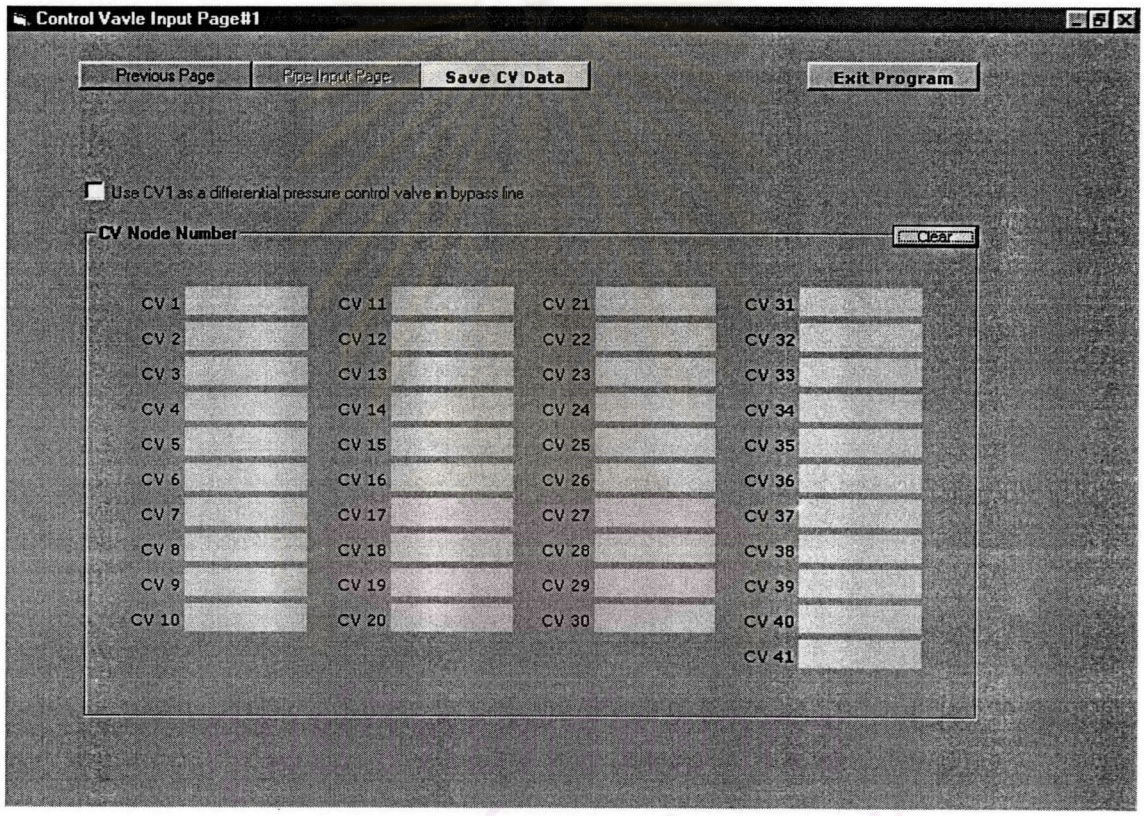
เป็นหน้าจอรับค่าอัตราการไหลผ่านเครื่องทำน้ำเย็นและเฮดสูญเสียที่เกิดขึ้นในอุปกรณ์ส่งลมเย็น การใช้งานจะเป็นไปในลักษณะเดียวกับเครื่องทำน้ำเย็น โดยผู้ใช้จะต้องใส่หมายเลขช่วงของอุปกรณ์ส่งลมเย็นแต่ละเครื่อง พร้อมกับค่าอัตราการไหลและเฮดสูญเสีย 2 ค่า และภาระความเย็นที่อุปกรณ์ส่งลมเย็นต้องทำในแต่ละชั่วโมง ผู้ใช้สามารถเลือกใช้อุปกรณ์ส่งลมเย็นจากฐานข้อมูลของโปรแกรมได้โดยการคลิก Use AHUs databases หลังจากที่ใส่ค่าภาระความเย็นรายชั่วโมงของอุปกรณ์จ่ายลมเย็นเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมจะเลือกอุปกรณ์ส่งลมเย็นที่สอดคล้องกับภาระความเย็นสูงสุดของอุปกรณ์จ่ายลมเย็นให้โดยอัตโนมัติ และจะแสดงผลการเลือกไว้ใน combobox AHU Databases เพื่อให้ผู้ใช้เลือกใช้ต่อไป



รูป ฌ.4 หน้าจอรับค่าข้อมูลของอุปกรณ์ส่งลมเย็น

ฌ.5 หน้าจอรับข้อมูลของวาล์วควบคุม 1

เป็นหน้าจอรับค่าเลขช่วงของวาล์วควบคุมที่ใช้ทั้งหมดในระบบ โดยถ้าผู้ใช้มีความต้องการที่จะใช้วาล์วควบคุมในท่อ bypass ให้เลือก Use CV1 as a differential pressure control valve in bypass line แต่ถ้าในระบบที่ผู้ใช้ต้องการจำลองท่อ bypass เป็นเพียงท่อธรรมดาก็ไม่ต้องเลือก ซึ่งในกรณีที่ไม่ได้ใช้วาล์ควบคุมตัวที่หนึ่งเป็นตัวควบคุมการไหลในท่อ bypass นั้นหมายความว่าในกรณีนี้จำนวนของอุปกรณ์ส่งลมเย็นในระบบต้องมีค่าเท่ากับจำนวนวาล์วควบคุมที่ใช้ทั้งหมดในระบบเสมอ

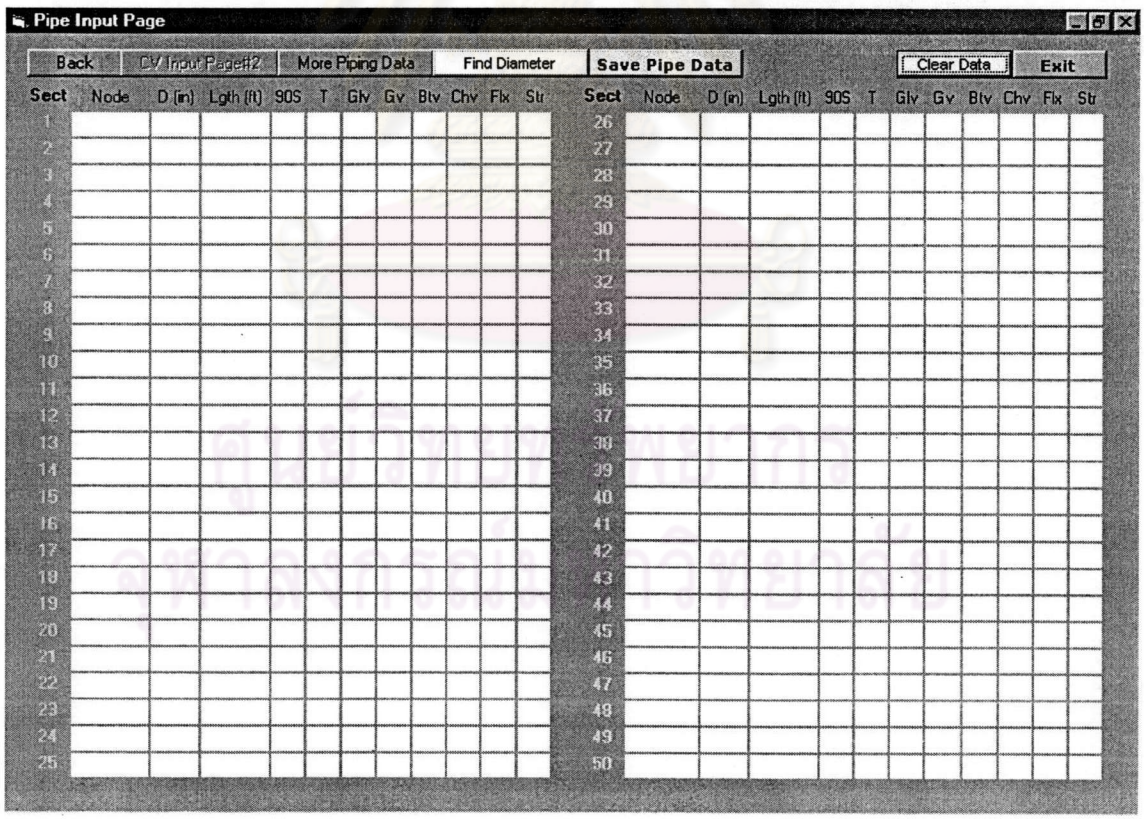


รูป ฌ.5 หน้าจอรับค่าหมายเลขช่วงของวาล์วควบคุมที่ใช้ในระบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ฌ.6 หน้าจอรับข้อมูลของท่อน้ำเย็น

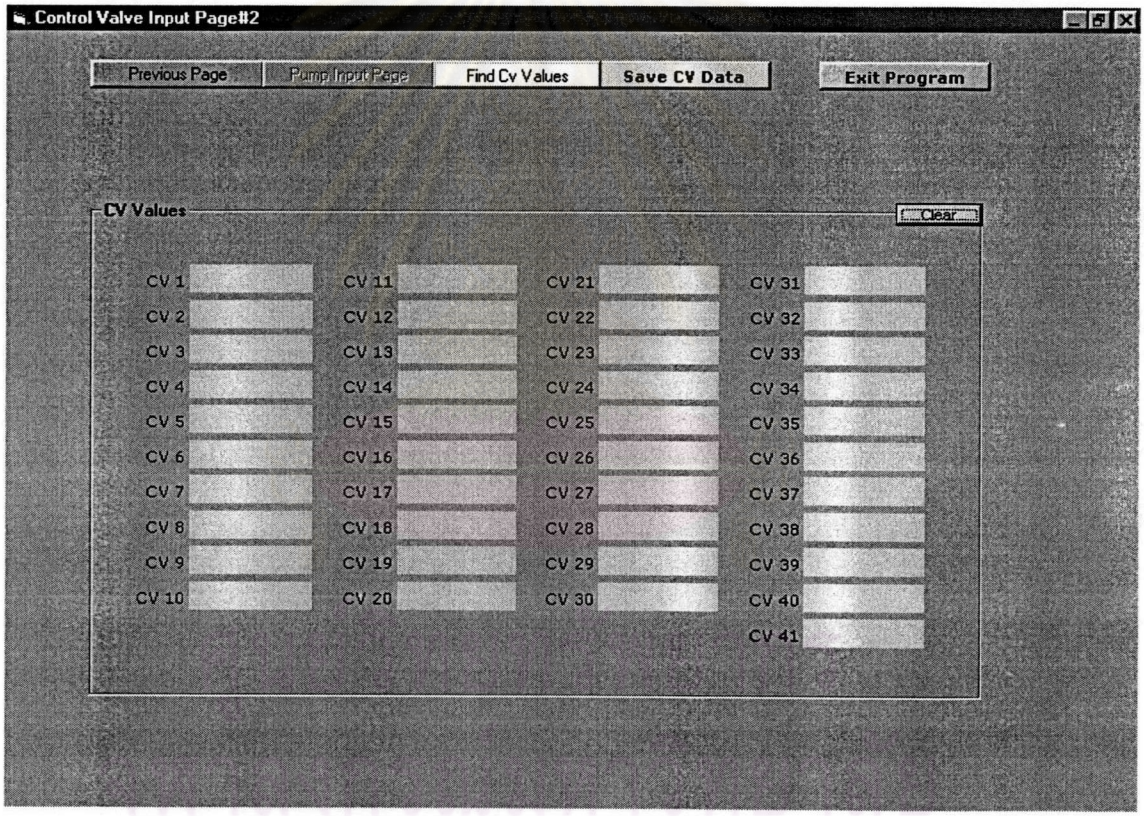
เป็นหน้าจอเพื่อให้ผู้ใช้ป้อนข้อมูลเกี่ยวกับระบบท่อน้ำเย็นทั้งหมดที่ใช้ในการจำลองระบบ โดยผู้ใช้ต้องใส่หมายเลขช่วงของอุปกรณ์สำคัญทุกอย่างในระบบ ได้แก่ เครื่องสูบน้ำ เครื่องทำน้ำเย็น อุปกรณ์ส่งลมเย็น วาล์วควบคุม และท่อตรง รวมทั้งจำนวนข้อต่อ ข้องอต่าง ๆ ในช่วงท่อตรงนั้น ๆ โดยที่ข้อแยกตัวที ถ้าเป็น Straight through flow ให้ใส่ค่าเป็น 1 แต่ถ้าเป็น Flow through branch ให้ใส่ค่าเป็น 2 และผู้ใช้ต้องกำหนดความยาวและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อตรงและอุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านี้ โดยถ้าในช่วงใดเป็นเครื่องสูบน้ำ เครื่องทำน้ำเย็น อุปกรณ์ส่งลมเย็น หรือวาล์วควบคุมให้ใส่ความยาวเป็นศูนย์ สำหรับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของช่วงต่าง ๆ นั้น ผู้ใช้อาจให้โปรแกรมคำนวณให้โดยการกดปุ่ม Find Diameter จากนั้นโปรแกรมจะคำนวณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เหมาะสมให้ แต่ถ้าผู้ใช้ไม่พอใจก็ยังสามารถเลือกใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางได้แล้วแต่ความพอใจของผู้ใช้โปรแกรมเอง



รูป ฌ.6 หน้าจอรับค่าความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อตรง

ฌ.7 หน้าจอรับค่าสัมประสิทธิ์การไหล (Cv) ของวาล์วควบคุม

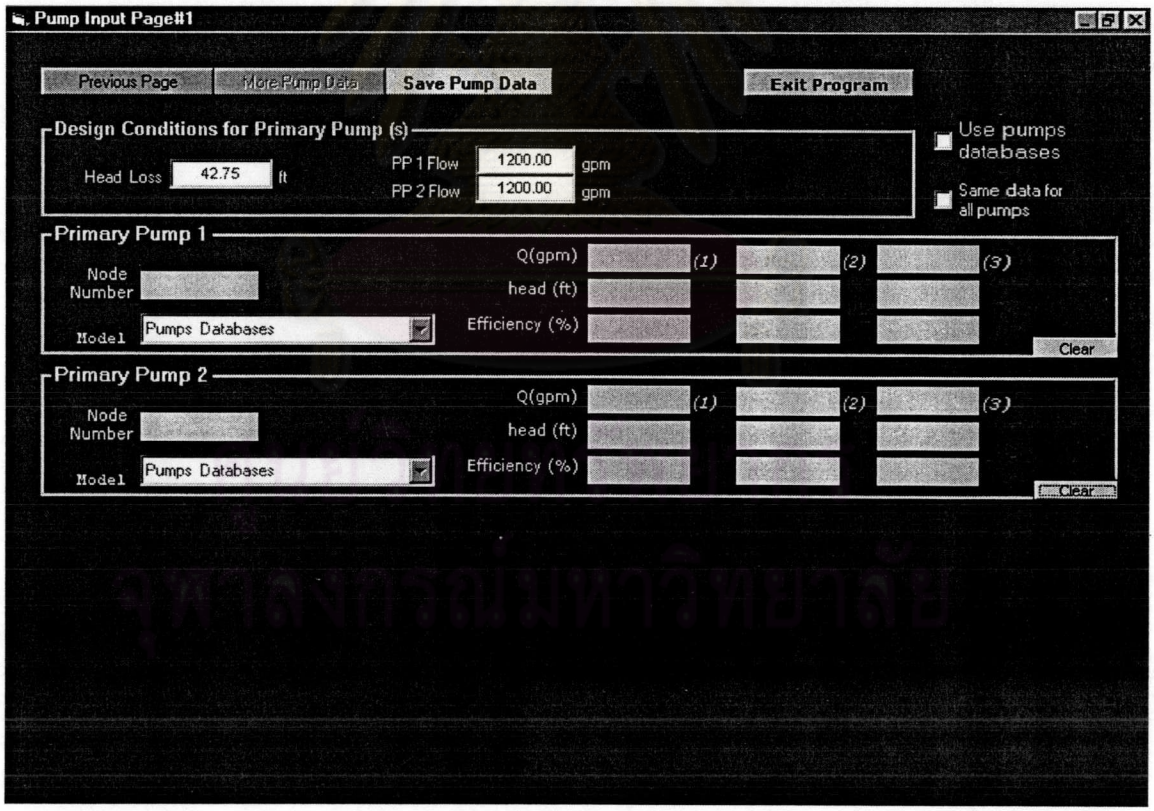
เป็นหน้าจอรับค่า Cv ของวาล์วควบคุมแต่ละวาล์ว โดยผู้ใช้สามารถให้โปรแกรมคำนวณหาค่า Cv ที่เหมาะสมสำหรับวาล์วควบคุมแต่ละวาล์วได้จากฐานข้อมูลของโปรแกรม โดยการกดปุ่ม Find Cv Value เมื่อผู้ใช้กดปุ่มนี้โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างเพื่อรับค่า Valve Authority ของวาล์วควบคุมจากผู้ใช้ โดยค่า Valve Authority ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 25 – 50 % เมื่อคำนวณได้แล้วโปรแกรมจะแสดงค่า Cv ของวาล์วทั้งหมดให้ผู้ใช้พิจารณา ถ้าผู้ใช้ไม่พอใจก็ยังสามารถเลือกใช้ค่า Cv ตามที่ผู้ใช้โปรแกรมต้องการได้



รูป ฌ.7 หน้าจอรับค่าสัมประสิทธิ์การไหลของวาล์วควบคุม

ฌ.8 หน้าจอรับค่าข้อมูลของเครื่องสูบน้ำในวงจรปฐมภูมิ

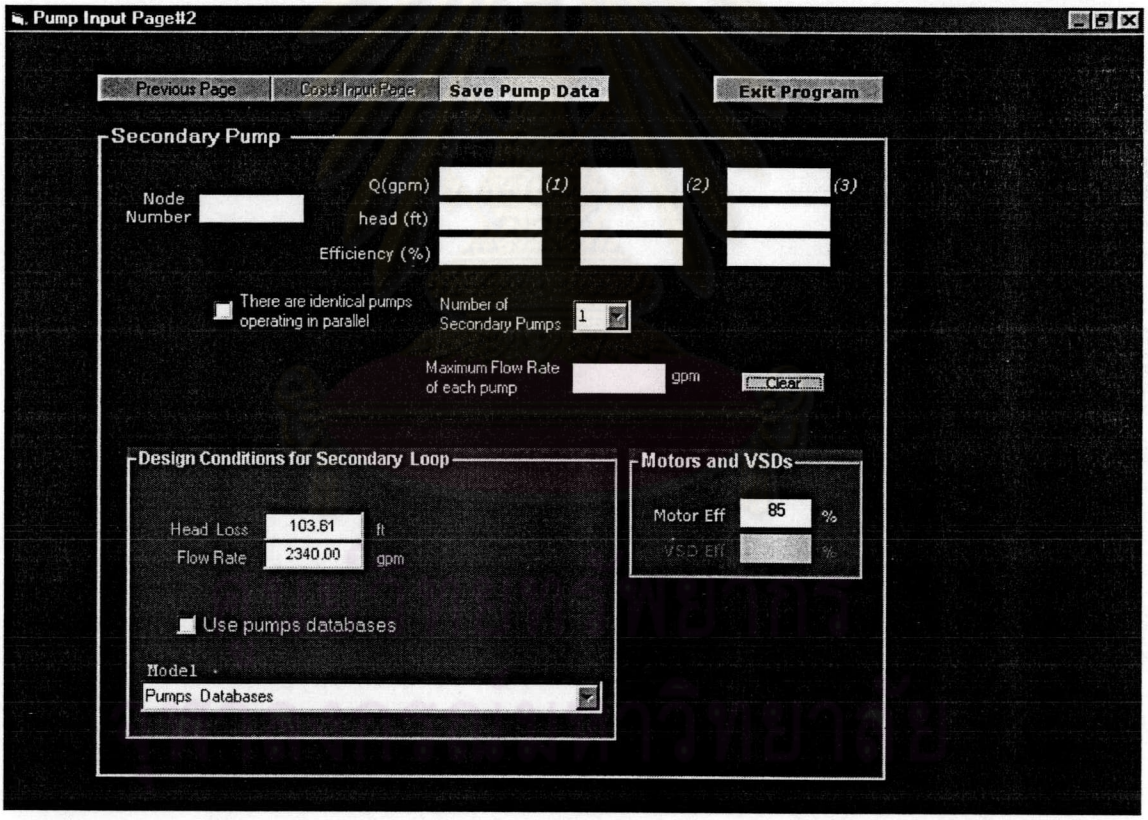
เป็นหน้าจอที่รับค่าสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำในวงจรปฐมภูมิ โดยโปรแกรมจะนำข้อมูลป้อนเข้าก่อนหน้านี้ที่ผู้ใช้โปรแกรมป้อนให้กับโปรแกรมมาคำนวณค่าเฮดสูญเสียและอัตราการไหลที่ภาวะออกแบบของวงจรปฐมภูมิ แล้วแสดงค่า ณ ภาวะออกแบบนี้ให้ผู้ใช้ทราบเพื่อเป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาเลือกใช้เครื่องสูบน้ำในวงจรปฐมภูมิต่อไป ในหน้าจอนี้ผู้ใช้ต้องกำหนดหมายเลขช่วงของเครื่องสูบน้ำแต่ละเครื่องให้โปรแกรมรับรู้ นอกจากนี้ผู้ใช้โปรแกรมยังสามารถเลือกใช้เครื่องสูบน้ำจากฐานข้อมูลในโปรแกรมได้โดยการเลือก Use pumps databases เมื่อผู้ใช้เลือกใช้ฐานข้อมูลแล้วโปรแกรมจะค้นหารุ่นของเครื่องสูบน้ำที่สามารถทำงานได้ที่ภาวะออกแบบจากฐานข้อมูลให้กับเครื่องสูบน้ำในวงจรปฐมภูมิทุกตัวแล้วแสดงไว้ให้ผู้ใช้พิจารณาเลือกใช้เครื่องสูบน้ำที่ผู้ใช้โปรแกรมคิดว่าเหมาะสมต่อไป



รูป ฌ.8 หน้าจอรับค่าสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำในวงจรปฐมภูมิ

ฌ.9 หน้าจอรับค่าสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำในวงจรทุติยภูมิ

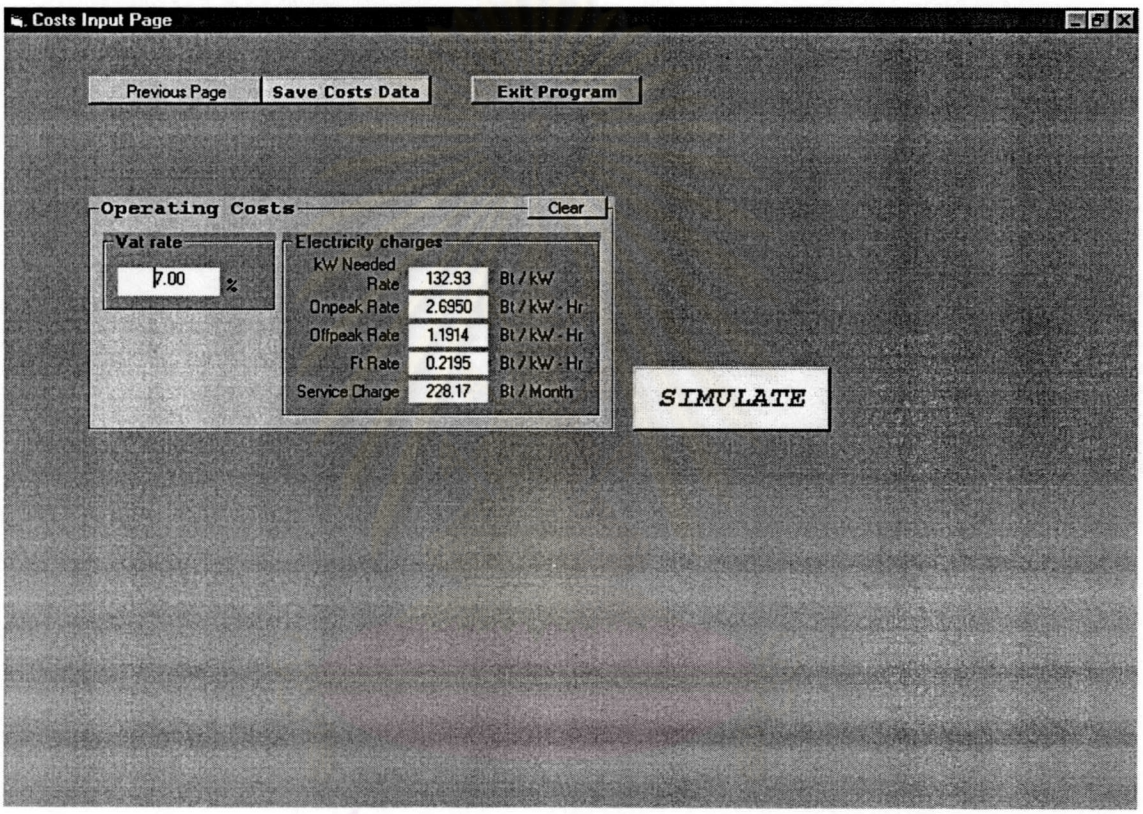
เช่นเดียวกับหน้าจอรับค่าสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำในวงจรปฐมภูมิ โปรแกรมจะคำนวณค่าเฮดสูญเสียและอัตราการไหล ณ ภาวะออกแบบภายในวงจรทุติยภูมิแล้วแสดงค่าไว้สำหรับให้ผู้ใช้โปรแกรมประกอบการพิจารณาเลือกใช้เครื่องสูบน้ำสำหรับวงจรทุติยภูมิ เช่นเดียวกับอุปกรณ์อื่น ๆ ผู้ใช้โปรแกรมยังต้องป้อนเข้าหมายเลขช่วงของเครื่องสูบน้ำเพื่อให้โปรแกรมรับรู้ เมื่อผู้ใช้เลือกใช้ฐานข้อมูลขององเครื่องสูบน้ำ โดยการเลือกที่ Use pump databases โปรแกรมจะค้นหาเครื่องสูบน้ำที่สามารถทำงานที่ภาวะออกแบบมาแสดงให้ผู้ใช้ตัดสินใจเลือกใช้เครื่องสูบน้ำที่มีความเหมาะสมต่อไป



รูป ฌ.9 หน้าจอรับค่าสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำในวงจรทุติยภูมิ

ฌ.10 หน้าจอรับค่าอัตราค่าไฟฟ้า

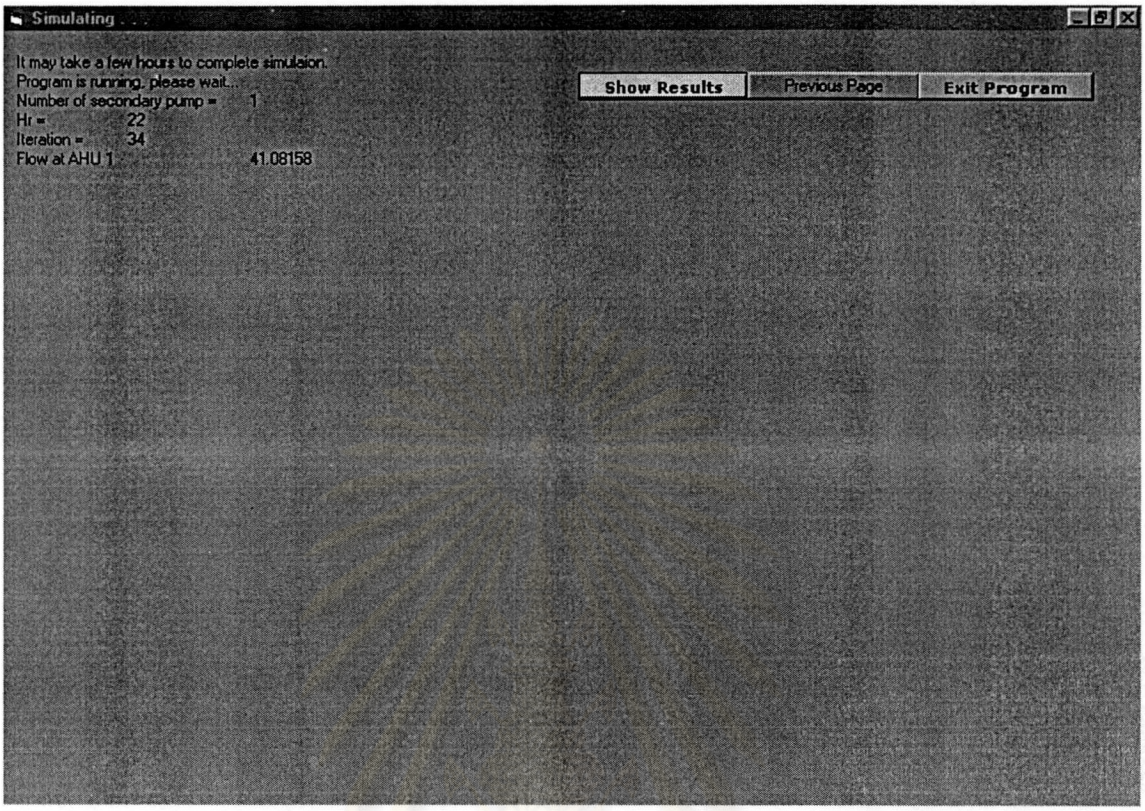
เป็นหน้าจอที่รับค่าอัตราการคิดค่าไฟฟ้ารายเดือน โดยรายละเอียดของอัตราการคิดค่าไฟฟ้าได้มากจากเว็บไซท์ของการไฟฟ้านครหลวง (www.mea.org) โดยโปรแกรมได้ตั้งค่าดิฟอล์ตของการคิดค่าไฟฟ้าเป็นสำหรับโรงงานขนาดกลาง



รูป ฌ.10 หน้าจอรับค่าอัตราค่าไฟฟ้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้าจอรับค่าการคิดค่าไฟฟ้าเป็นหน้าจอรับค่าข้อมูลหน้าสุดท้ายของโปรแกรม เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Save Data แล้วจึงจะสามารถกดปุ่ม Simulation เพื่อเริ่มต้นการคำนวณการใช้พลังงานของระบบส่งจ่ายน้ำเย็นได้ โดยในระหว่างการคำนวณ โปรแกรมจะแสดงหน้าบ่งบอกสถานะของการคำนวณ ดังแสดงในรูป ฌ.11 เพื่อให้ผู้ใช้งานตรวจสอบได้ว่าโปรแกรมยังคงทำงานอยู่หรือไม่



รูป ฌ.11 หน้าจอแสดงสถานะของการคำนวณ

ในระหว่างที่โปรแกรมจำลองระบบส่งจ่ายน้ำเย็นให้อยู่นั้น ผู้ใช้โปรแกรมจะไม่สามารถติดต่อกับโปรแกรมได้จนกว่าการคำนวณจะเสร็จสิ้น หากผู้ใช้โปรแกรมต้องการยกเลิกการทำงานให้กดปุ่ม Ctrl + Alt + Delete ที่แป้นพิมพ์พร้อมกันเพื่อยกเลิกการทำงานของโปรแกรม

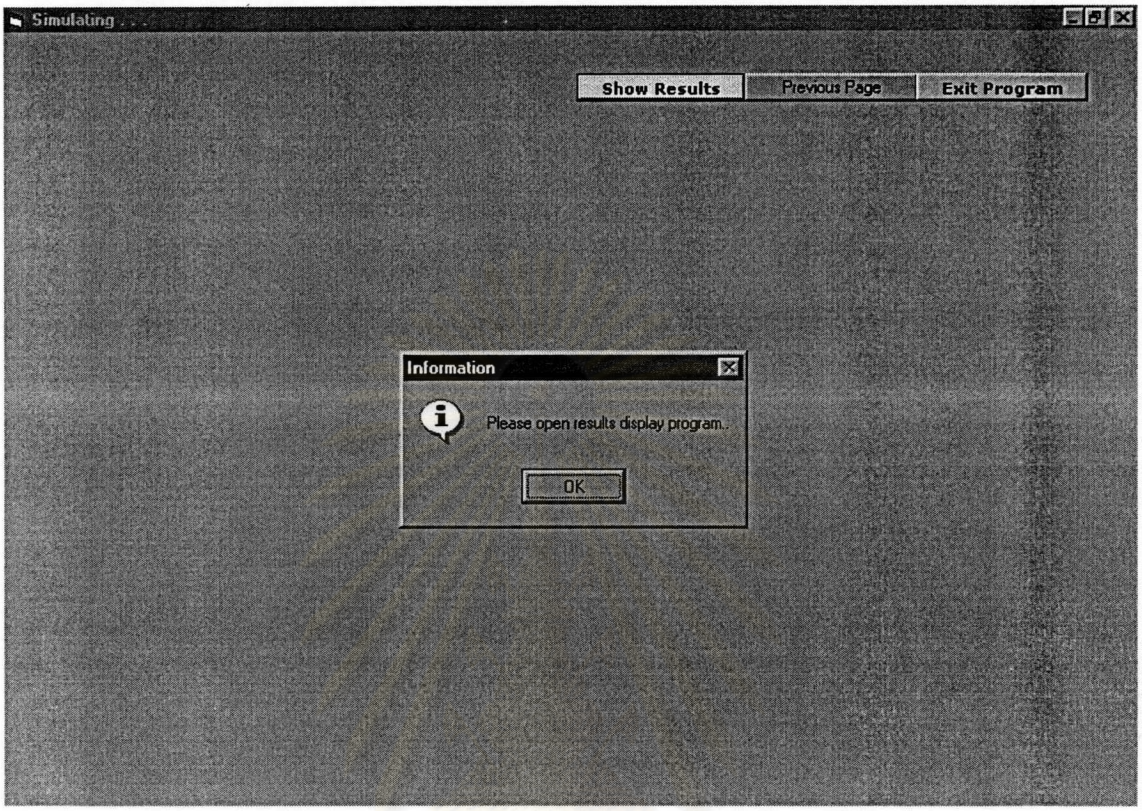
เมื่อการคำนวณเสร็จเรียบร้อย โปรแกรมจะแสดงหน้าจอเพื่อแจ้งให้ผู้ใช้โปรแกรมทราบว่าการจำลองระบบได้เสร็จสมบูรณ์แล้ว ดังแสดงในรูป ฌ.12

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูป ฌ.12 หน้าจอแสดงว่าการจำลองระบบเสร็จสมบูรณ์

เมื่อผู้ใช้โปรแกรมกดดปุ่ม OK โปแกรมจะเตรียมแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองระบบ โดยโปรแกรมจะแสดงหน้าจอแจ้งให้ผู้ใช้ทราบว่าผู้ใช้ต้องบันทึกค่าของผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองระบบนี้ในโปรแกรมแสดงผล (Results Display Program : RDP) ที่จัดมาพร้อมกับโปรแกรม PECS นี้ หรือเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Show Results โปแกรมก็จะแสดงหน้าจอนี้เพื่อแจ้งให้ผู้ใช้โปรแกรมทราบด้วยเช่นกัน ดังแสดงในรูป ฌ.13

ผลลัพธ์จากการคำนวณจะถูกเก็บไว้ใน Folder ชื่อว่า Simulation ในซึ่งจะอยู่ใน Folder เดียวกับที่โปรแกรม Pecs ติดตั้งอยู่

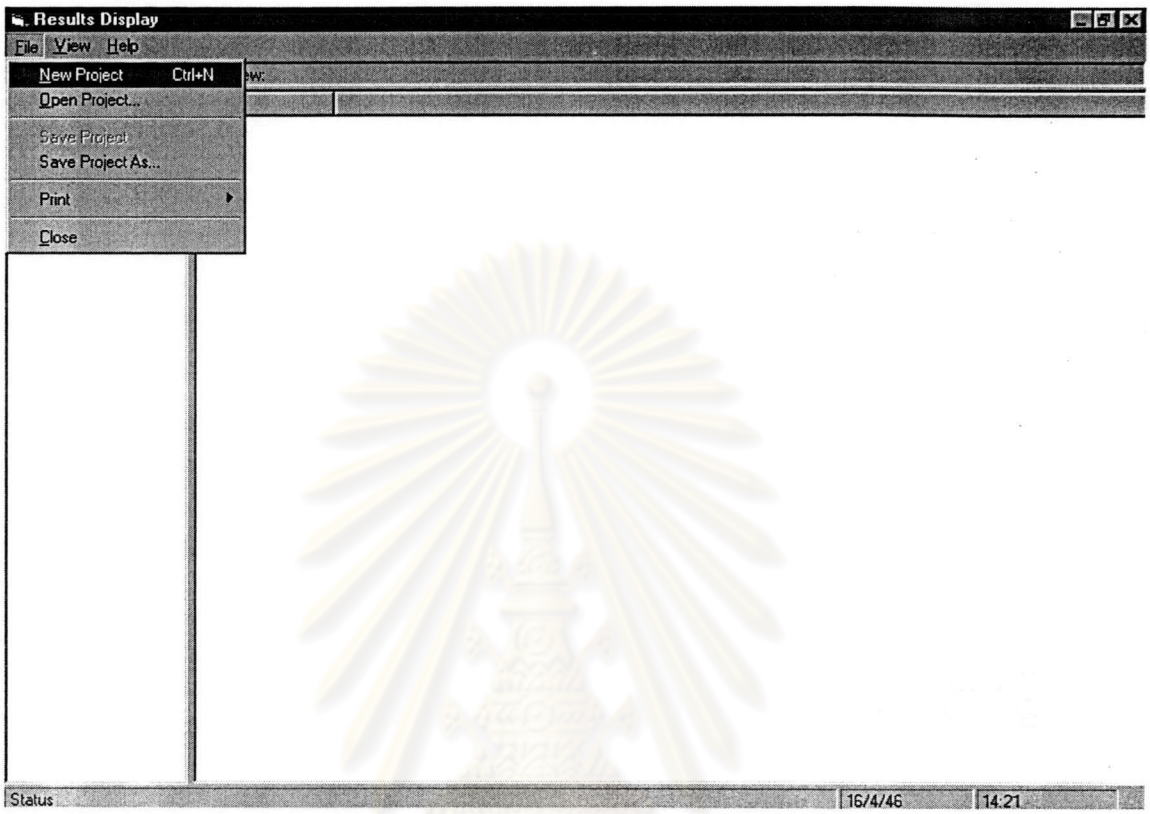


รูป ฌ.13 หน้าจอแสดงข้อความให้ผู้ใช้โปรแกรมเปิดโปรแกรม RDP

ฌ.11 โปรแกรมแสดงผล (Results Display Program : RDP)

เป็นโปรแกรมที่ประดิษฐ์ขึ้นเพื่อใช้ในการแสดงผลลัพธ์ของการจำลองระบบโดยเฉพาะ ไม่ได้เกี่ยวข้องกับการจำลองระบบแต่อย่างใด หลังจากที่โปรแกรม PECS คำนวณค่าผลลัพธ์ของการจำลองระบบเสร็จเรียบร้อยแล้วทุกครั้ง ผู้ใช้โปรแกรมต้องบันทึกผลลัพธ์ที่ได้นี้ก่อนที่จะจำลองระบบต่อไปทุกครั้ง มิเช่นนั้นแล้วผลลัพธ์จากการจำลองระบบครั้งปัจจุบันนี้จะถูกแทนที่ด้วยผลลัพธ์ของการจำลองระบบอันใหม่แทน

เมื่อผู้ใช้เรียกโปรแกรม RDP มาแล้ว โปรแกรมจะแสดงหน้าจอเปล่าเพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมเลือกว่าจะเปิด Project เก่าที่มีอยู่แล้วเพื่อบันทึกผลจาการจำลองระบบครั้งปัจจุบันเข้าไปใน Project นี้ หรือว่าผู้ใช้ต้องการที่จะเปิด Project ใหม่ขึ้นมา



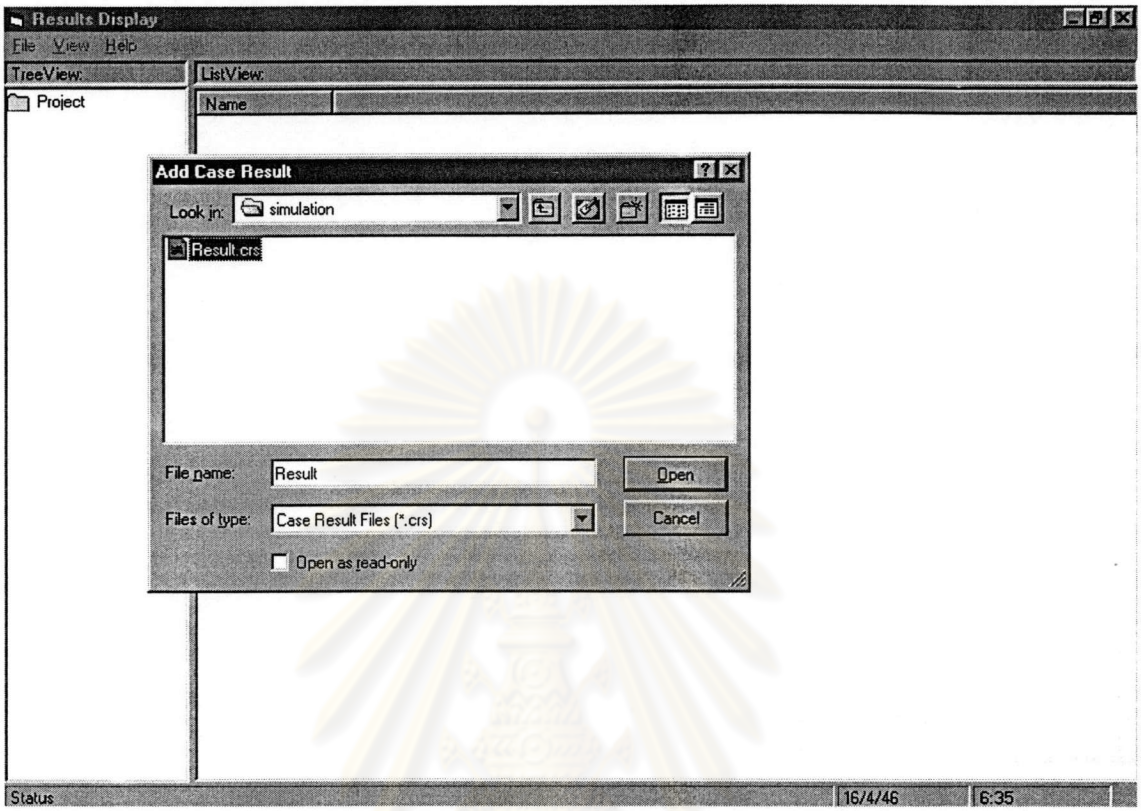
รูป ฌ.14 หน้าจอเริ่มต้นของโปรแกรม RDP

เมื่อผู้ใช้โปรแกรมเลือกแล้วว่าจะเปิด Project เดิมที่มีอยู่แล้วหรือเปิดเป็น Project ใหม่ ใน Tree View ของโปรแกรมจะแสดง Project ขึ้นมา จากนั้นให้กดคลิกขวาที่ตัว Project จะปรากฏแถบตัวเลือกว่า Add Case Result ให้ผู้ใช้โปรแกรมเลือก Add Case Results ดังแสดงในรูป ฌ.15

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูป ฌ.15 แสดงขั้นตอนการแสดงผลลัพธ์ (1)

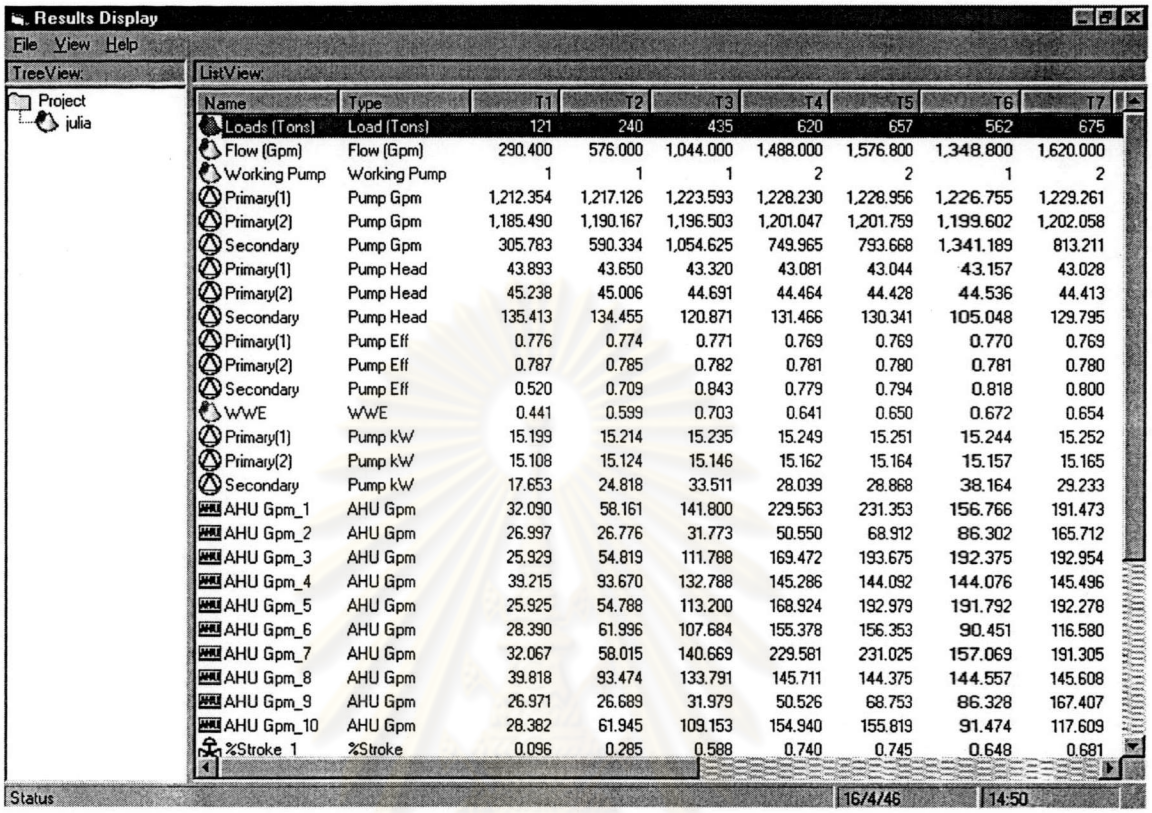
จากนั้นจะปรากฏหน้าต่าง Add Case Result ซึ่งแสดง Drive และ Folder ในเครื่องคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในรูป ฌ.16 ให้ผู้ใช้โปรแกรมเลือกไปที่ Drive และ Foder ที่ติดตั้งโปรแกรม PECS ไว้ ภายใน Folder นั้นจะมี Folder ที่ชื่อว่า Simulation อยู่ ให้เปิด Folder และเลือกไฟล์ที่ชื่อว่า Result.crs เมื่อเปิดไฟล์นี้ผลลัพธ์จากการจำลองระบบจะถูกโหลดเข้าสู่หน้าจอแสดงผล ดังแสดงในรูป ฌ.17



รูป ฌ.16 แสดงขั้นตอนการแสดงผลลัพธ์ (2)

จากนั้นให้เลือกบันทึก Project โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างให้ใส่ชื่อของ Project (ในกรณีเปิด Project ใหม่ให้ผู้ใช้ใส่ชื่อที่ต้องการ) โดยที่ไฟล์ข้อมูลของผลลัพธ์ที่บันทึกนี้จะถูกบันทึกเป็นไฟล์นามสกุล .crp ใน Folder Simulation เช่นเดียวกัน ดังนั้นเมื่อต้องการเปิดดูผลลัพธ์ของ Project ที่มีอยู่แล้วก็ให้เลือกเข้ามาที่ Folder Simulation นี้เช่นกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Results Display

File View Help

TreeView:

Project
julia

ListView:

Name	Type	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Loads (Tons)	Load (Tons)	121	240	435	620	657	562	675
Flow (Gpm)	Flow (Gpm)	290.400	576.000	1,044.000	1,488.000	1,576.800	1,348.800	1,620.000
Working Pump	Working Pump	1	1	1	2	2	1	2
Primary(1)	Pump Gpm	1,212.354	1,217.126	1,223.593	1,228.230	1,228.956	1,226.755	1,229.261
Primary(2)	Pump Gpm	1,185.490	1,190.167	1,196.503	1,201.047	1,201.759	1,199.602	1,202.058
Secondary	Pump Gpm	305.783	590.334	1,054.625	749.965	793.668	1,341.189	813.211
Primary(1)	Pump Head	43.893	43.650	43.320	43.081	43.044	43.157	43.028
Primary(2)	Pump Head	45.238	45.006	44.691	44.464	44.428	44.536	44.413
Secondary	Pump Head	135.413	134.455	120.871	131.466	130.341	105.048	129.795
Primary(1)	Pump Eff	0.776	0.774	0.771	0.769	0.769	0.770	0.769
Primary(2)	Pump Eff	0.787	0.785	0.782	0.781	0.780	0.781	0.780
Secondary	Pump Eff	0.520	0.709	0.843	0.779	0.794	0.818	0.800
WWE	WWE	0.441	0.599	0.703	0.641	0.650	0.672	0.654
Primary(1)	Pump kW	15.199	15.214	15.235	15.249	15.251	15.244	15.252
Primary(2)	Pump kW	15.108	15.124	15.146	15.162	15.164	15.157	15.165
Secondary	Pump kW	17.653	24.818	33.511	28.039	28.868	38.164	29.233
AHU Gpm_1	AHU Gpm	32.090	58.161	141.800	229.563	231.353	156.766	191.473
AHU Gpm_2	AHU Gpm	26.997	26.776	31.773	50.550	68.912	86.302	165.712
AHU Gpm_3	AHU Gpm	25.929	54.819	111.788	169.472	193.675	192.375	192.954
AHU Gpm_4	AHU Gpm	39.215	93.670	132.788	145.286	144.092	144.076	145.496
AHU Gpm_5	AHU Gpm	25.925	54.788	113.200	168.924	192.979	191.792	192.278
AHU Gpm_6	AHU Gpm	28.390	61.996	107.684	155.378	156.353	90.451	116.580
AHU Gpm_7	AHU Gpm	32.067	58.015	140.669	229.581	231.025	157.069	191.305
AHU Gpm_8	AHU Gpm	39.818	93.474	133.791	145.711	144.375	144.557	145.608
AHU Gpm_9	AHU Gpm	26.971	26.689	31.979	50.526	68.753	86.328	167.407
AHU Gpm_10	AHU Gpm	28.382	61.945	109.153	154.940	155.819	91.474	117.609
%Stroke 1	%Stroke	0.096	0.285	0.588	0.740	0.745	0.648	0.681

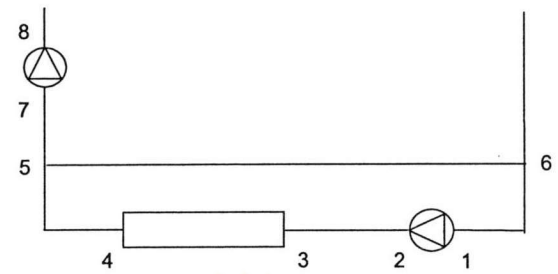
Status 16/4/46 14:50

รูป ณ.17 หน้าจอแสดงผลลัพธ์

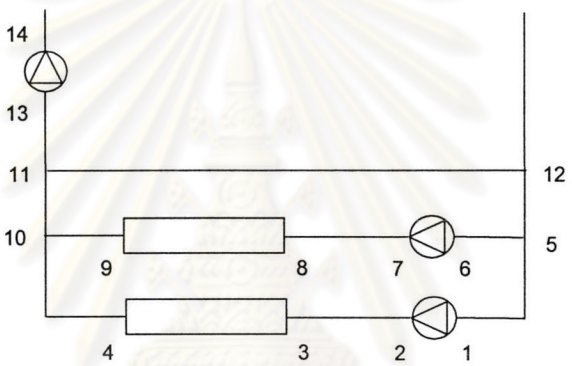
ณ.12 จุดต่อและหมายเลขช่วง

จากที่เคยกล่าวถึงไปบ้างแล้วในหัวข้อ 4.3 เกี่ยวกับลักษณะของจุดต่อ (Node Number) และหมายเลขช่วง (Section Number) นอกจากจะใช้หลักการตาที่ได้กล่าวไปแล้วนั้นในที่นี้จะกล่าวถึงกฎเกณฑ์ในการการกำหนดจุดต่อและหมายเลขช่วงให้ชัดเจนมากขึ้นดังนี้

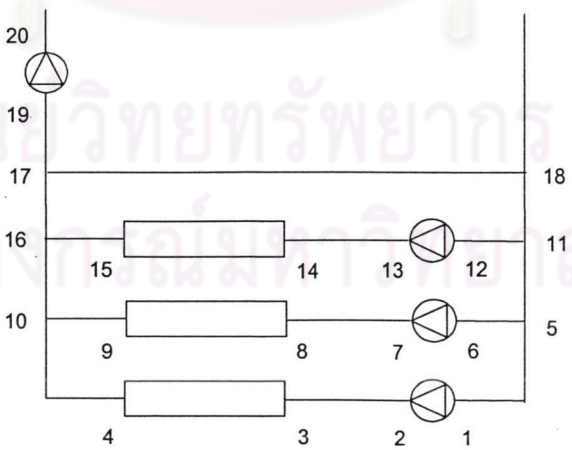
จุดต่อหมายเลข 1 ต้องเป็นจุดที่ทางเข้าของเครื่องสูบน้ำเครื่องที่ 1 ในวงจรปฐมภูมิเสมอ และการเรียงลำดับจุดต่อให้เรียงตามทิศทางการไหลของน้ำในวงจรทั้งในวงจรปฐมภูมิและทุติยภูมิ ดังแสดงในรูป ณ.18 ถึง ณ.21



รูป ฌ.18 จุดต่อสำหรับระบบที่เครื่องทำน้ำเย็น 1 เครื่อง

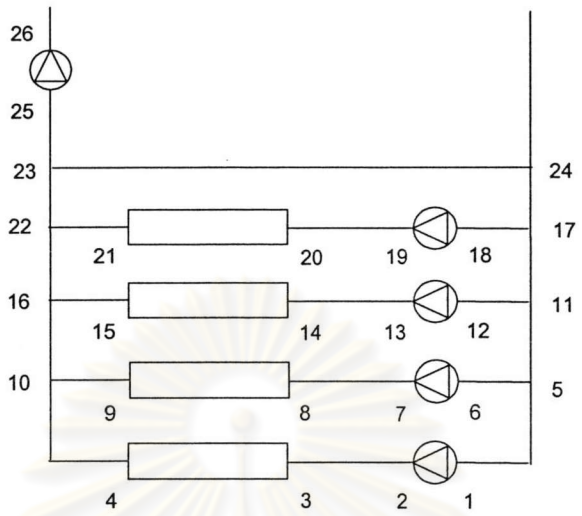


รูป ฌ.19 จุดต่อสำหรับระบบที่เครื่องทำน้ำเย็น 2 เครื่อง



รูป ฌ.20 จุดต่อสำหรับระบบที่เครื่องทำน้ำเย็น 3 เครื่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป ฌ.21 จุดต่อสำหรับระบบที่เครื่องทำน้ำเย็น 4 เครื่อง

ส่วนลำดับของช่วงท่อในวงจรปฐมภูมิที่จะใช้เป็นข้อมูลป้อนเข้าให้โปรแกรมในหน้าจอรับข้อมูลของระบบท่อ (Pipe Input Page) ก็ให้เรียงลำดับตามหมายเลขของจุดต่อในวงจรย่อยของวงจรปฐมภูมิ ดังนี้

ระบบมีเครื่องทำน้ำเย็น 1 เครื่อง

ช่วงที่	หมายเลขช่วง
1	001002
2	002003
3	003004
4	004005
5	005006
6	006001
7	005007
8	007008

ระบบมีเครื่องทำน้ำเย็น 2 เครื่อง

ช่วงที่	หมายเลขช่วง
1	001002
2	002003
3	003004
4	004010
5	005001
6	005006
7	006007
8	007008
9	008009
10	009010
11	010011
12	011012
13	012005
14	011013
15	013014

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับระบบที่มีเครื่องทำน้ำเย็น 3 และ 4 เครื่องก็เป็นไปในทำนองเดียวกัน การเรียงลำดับจุดต่อและหมายเลขช่วงเช่นนี้ทำให้สามารถตรวจสอบข้อผิดพลาดของข้อมูลป้อนเข้าได้ง่าย นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันความสับสนในการจัดเตรียมข้อมูลของผู้ใช้โปรแกรมด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ นาย ธีรชัย ตันติมงคลสุข

เกิดวันที่ 22 มิถุนายน พ.ศ. 2520

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาในระดับ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2541
- เข้าศึกษาต่อในระดับ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2542
- เข้าร่วมโครงการ IAESTE Thailand เพื่อไปฝึกงานด้านเทคนิคที่ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล University of Twente ประเทศเนเธอร์แลนด์ ในปี 2542 เป็นเวลา 3 เดือน (ตุลาคม ถึง ธันวาคม)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย