

บทที่ 5

ผลลัพธ์ การเปรียบเทียบและการวิเคราะห์ผล

เนื่องจากในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาค่าที่เหมาะสมที่สุดของตัวแปรตัดสินใจ CWST และ TD ในระบบวงจรด้านน้ำเย็นของระบบปรับอากาศแบบทำความเย็นจากส่วนกลางที่ทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในรูปแบบของค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (LCC) ของระบบมีค่าน้อยที่สุดนี้

ดังนั้นในการประเมินผลของงานวิจัยจึงเป็นการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์หลายๆ ค่าที่เกิดขึ้นมาจากการแทนค่าของตัวแปรตัดสินใจทั้งสองภายใต้เงื่อนไขบังคับที่กำหนดขึ้น

5.1 ผลลัพธ์และการเปรียบเทียบ (Result and Comparison)

ในงานวิจัยนี้จะทำการออกแบบเพื่อหาสภาพที่เหมาะสมที่สุดของแบบจำลองระบบวงจรด้านน้ำเย็นของระบบปรับอากาศแบบทำความเย็นจากส่วนกลาง ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ด้วยโปรแกรมที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นภายใต้เงื่อนไขบังคับของตัวแปรตัดสินใจ คือ $40^{\circ}\text{F} \leq \text{CWST} \leq 50^{\circ}\text{F}$ และ $6^{\circ}\text{F} \leq \text{TD} \leq 16^{\circ}\text{F}$ โดยในการวิเคราะห์จะพิจารณา CWST ทั้งหมด 11 ค่า ดังต่อไปนี้ คือ 40°F , 41°F , 42°F , 43°F , 44°F , 45°F , 46°F , 47°F , 48°F , 49°F และ 50°F ตามลำดับ ส่วนค่า TD จะพิจารณาเพียง 6 ค่า คือ 6°F , 8°F , 10°F , 12°F , 14°F และ 16°F , ตามลำดับ ซึ่งผลลัพธ์ของการออกแบบที่เหมาะสมสำหรับแบบจำลองระบบวงจรด้านน้ำเย็นมีรายละเอียดต่างๆ ดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.1 แสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) ในแต่ละ Section ของแบบจำลอง

Section	ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลาง (D : inch)					
	TD = 6	TD = 8	TD = 10	TD = 12	TD = 14	TD = 16
A1-A2	10	10	8	8	8	6
A'1-A'2	10	10	8	8	8	6
A''1-A''2	10	10	8	8	8	6
A'''1-A'''2	10	10	8	8	8	6
A'''2-A2	24	18	16	16	14	12
A2-A3	24	18	16	16	14	12
A3-A'''3	24	18	16	16	14	12
A3-A4	10	10	8	8	8	6
A'3-A'4	10	10	8	8	8	6
A''3-A''4	10	10	8	8	8	6
A'''3-A'''4	10	10	8	8	8	6
A5-A6	10	10	8	8	8	6
A'5-A'6	10	10	8	8	8	6
A''5-A''6	10	10	8	8	8	6
A'''5-A'''6	10	10	8	8	8	6
A'''6-A6	24	18	16	16	14	12
A6-A7	24	18	16	16	14	12
A7-A58	5	4	4	3½	3½	3

ตารางที่ 5.1 (ต่อ) แสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) ในแต่ละ Section ของแบบจำลอง

Section	ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลาง (D : inch)					
	TD = 6	TD = 8	TD = 10	TD = 12	TD = 14	TD = 16
A7-A8	20	18	16	14	14	12
A8-A57	5	4	4	3½	3½	3
A8-A9	20	18	16	14	12	12
A9-A56	5	4	4	3½	3½	3
A9-A10	20	18	16	14	12	12
A10-A55	5	4	4	3½	3½	3
A10-A11	20	16	16	14	12	12
A11-A54	5	4	4	3½	3½	3
A11-A12	20	16	14	12	12	12
A12-A53	5	4	4	3½	3½	3
A12-A13	18	16	14	12	12	12
A13-A52	4	4	3½	3½	3	3
A13-A14	18	16	14	12	12	10
A14-A51	4	4	3½	3½	3	3
A14-A15	18	16	12	12	12	10
A15-A50	4	4	3½	3½	3	3
A15-A16	16	14	12	12	12	10
A16-A49	4	4	3½	3½	3	3

ตารางที่ 5.1 (ต่อ) แสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) ในแต่ละ Section ของแบบจำลอง

Section	ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลาง (D : inch)					
	TD = 6	TD = 8	TD = 10	TD = 12	TD = 14	TD = 16
A16-A17	16	14	12	12	10	10
A17-A48	4	4	3½	3½	3	3
A17-A18	16	14	12	12	10	10
A18-A47	4	4	3½	3½	3	3
A18-A19	16	12	12	10	10	10
A19-A46	4	4	3½	3½	3	3
A19-A20	14	12	12	10	10	10
A20-A45	4	4	3½	3½	3	3
A20-A21	14	12	12	10	10	8
A21-A44	4	4	3½	3½	3	3
A21-A22	14	12	10	10	8	8
A22-A43	4	4	3½	3½	3	3
A22-A23	12	12	10	10	8	8
A23-A42	4	4	3½	3½	3	3
A23-A24	12	10	10	8	8	8
A24-A41	4	4	3½	3½	3	3
A24-A25	12	10	10	8	8	8
A25-A40	4	4	3½	3½	3	3

ตารางที่ 5.1 (ต่อ) แสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) ในแต่ละ Section ของแบบจำลอง

Section	ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลาง (D : inch)					
	TD = 6	TD = 8	TD = 10	TD = 12	TD = 14	TD = 16
A25-A26	10	10	8	8	8	6
A26-A39	4	4	3½	3½	3	3
A26-A27	10	8	8	8	6	6
A27-A38	4	4	3½	3½	3	3
A27-A28	10	8	8	6	6	6
A28-A37	4	4	3½	3½	3	3
A28-A29	8	8	6	6	5	5
A29-A36	4	4	3½	3½	3	3
A29-A30	8	6	5	5	5	5
A30-A35	4	4	3½	3½	3	3
A30-A31	6	5	5	4	4	4
A31-A34	4	4	3½	3½	3	3
A31-A32	4	4	3½	3½	3	3
A32-A33	4	4	3½	3½	3	3
A33-A34	4	4	3½	3½	3	3
A34-A35	6	5	5	4	4	4
A35-A36	8	6	5	5	5	5
A36-A37	8	8	6	6	5	5

ตารางที่ 5.1 (ต่อ) แสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) ในแต่ละ Section ของแบบจำลอง

Section	ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลาง (D : inch)					
	TD = 6	TD = 8	TD = 10	TD = 12	TD = 14	TD = 16
A37-A38	10	8	8	6	6	6
A38-A39	10	8	8	8	6	6
A39-A40	10	10	8	8	8	6
A40-A41	12	10	10	8	8	8
A41-A42	12	10	10	8	8	8
A42-A43	12	12	10	10	8	8
A43-A44	14	12	10	10	8	8
A44-A45	14	12	12	10	10	8
A45-A46	14	12	12	10	10	10
A46-A47	16	12	12	10	10	10
A47-A48	16	14	12	12	10	10
A48-A49	16	14	12	12	10	10
A49-A50	16	14	12	12	12	10
A50-A51	18	16	12	12	12	10
A51-A52	18	16	14	12	12	10
A52-A53	18	16	14	12	12	12
A53-A54	20	16	14	12	12	12
A54-A55	20	16	16	14	12	12

ตารางที่ 5.1 (ต่อ) แสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) ในแต่ละ Section ของแบบจำลอง

Section	ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลาง (D : inch)					
	TD = 6	TD = 8	TD = 10	TD = 12	TD = 14	TD = 16
A55-A56	20	18	16	14	12	12
A56-A57	20	18	16	14	12	12
A57-A58	20	18	16	14	14	12
A58-A59	24	18	16	16	14	12
A59-A''59	24	18	16	16	14	12
A59-A60	10	10	8	8	8	6
A'59-A'60	10	10	8	8	8	6
A''59-A''60	10	10	8	8	8	6
A'''59-A'''60	10	10	8	8	8	6

5.1.1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้ำเย็น (Diameter of Chilled Water Pipe)

หลังจากทำการออกแบบระบบวงจรด้านน้ำเย็นภายใต้ขอบเขตเงื่อนไขบังคับที่กำหนดขึ้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้ำเย็นในแต่ละ Section ของแบบจำลองจะมีขนาดดังแสดงในตารางที่ 5.1 ซึ่งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้ำเย็นในแต่ละ Section นั้น จะมีขนาดแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงของ TD เท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจาก $D = f\{TD\}$ (ความสัมพันธ์ของสมการที่ 3.23)

จากข้อมูลในตารางที่ 5.1 จะพบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้ำเย็นในแต่ละ Section จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อ TD มีค่าลดลง [การลดลงของ TD ส่งผลทำให้ GPM มีค่า

เพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก $GPM = \left(\frac{24}{TD}\right)(\text{Ton})$ (ความสัมพันธ์ของสมการที่ 2.5)] แต่จากข้อมูลในตารางข้างต้นนั้น ก็จะได้เห็นได้อย่างชัดเจนว่า การลดลงของค่า TD ในบางกรณีนั้น ก็ไม่ส่งผลทำให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้ำเย็นเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากขนาดของท่อน้ำเย็นนั้นถูกออกแบบด้วยการพิจารณาจากปริมาณที่เกิดขึ้นของ GPM ดังแสดงในตารางที่ 2.3 - 2.4

และจากความแตกต่างกันของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในแต่ละกรณีที่พิจารณานี้ จะถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาขนาดของอุปกรณ์ประกอบระบบท่อชนิดต่างๆ ค่าเฮดสูญเสียและค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของระบบการกระจายน้ำเย็น ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป

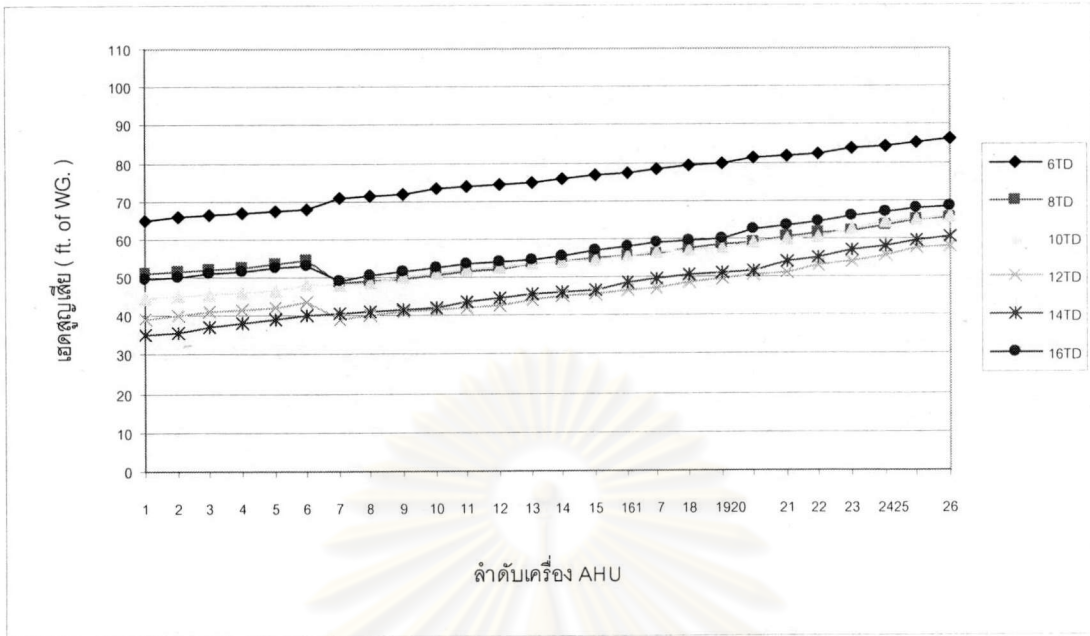
5.1.2 เฮดสูญเสีย (Head Loss)

ในตารางที่ ค.1 - ค.66 ภาคผนวก ค. เป็นตารางแสดงการเลือกขนาดของวาล์วควบคุมชนิด 2 ทางที่นำมาใช้กับ AHU แต่ละเครื่องของแบบจำลองระบบวงจรด้านน้ำเย็น โดยในตารางจะแสดงถึงผลลัพธ์ของค่า H_{LOOP} , H_{TOTAL} , H_{CV} , Valve Authority และ Safety of Pump Head ซึ่งเป็นค่าที่คำนวณได้จากโปรแกรมที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น และค่าต่างๆ เหล่านี้ล้วนเป็นค่าที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจในการเลือกขนาดของวาล์วควบคุมทั้งสิ้น

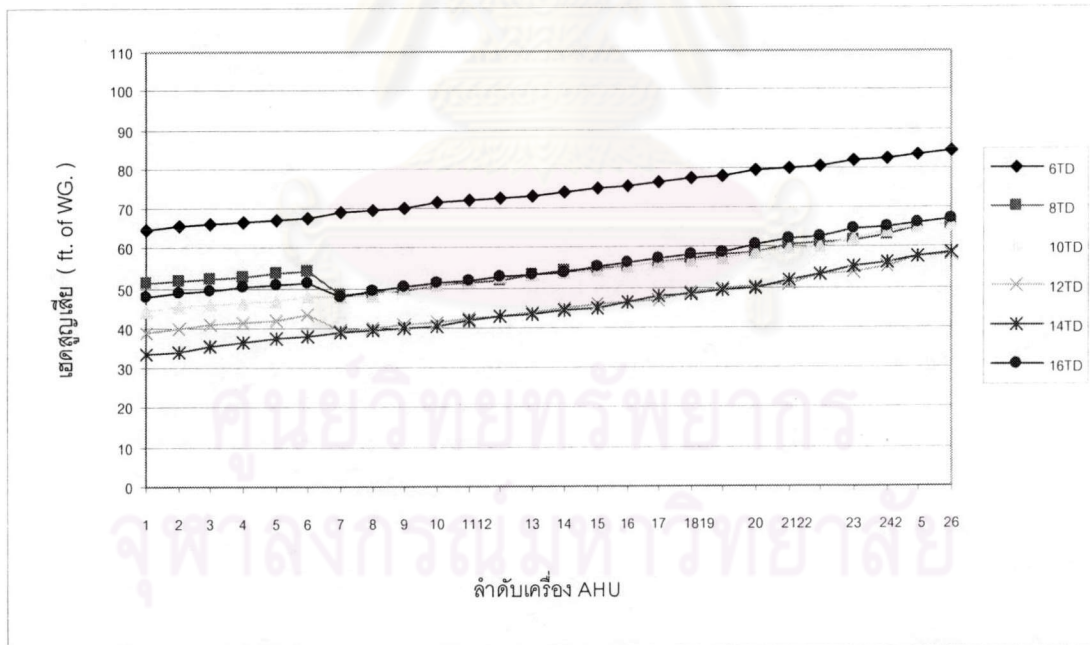
โดยรายละเอียดของค่าต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นนี้ จะสามารถพิจารณาได้อย่างชัดเจนจากรูปที่ 5.1 - 5.11 สำหรับค่า H_{LOOP} , รูปที่ 5.12 - 5.22 สำหรับค่า H_{CV} , รูปที่ 5.23 - 5.33 สำหรับค่า Valve Authority และรวมไปถึงรูปที่ 5.34 - 5.44 สำหรับค่า H_{TOTAL} ดังนี้

5.1.2.1 ค่าเฮดสูญเสียในแต่ละ LOOP (H_{LOOP} : ft. of WG.)

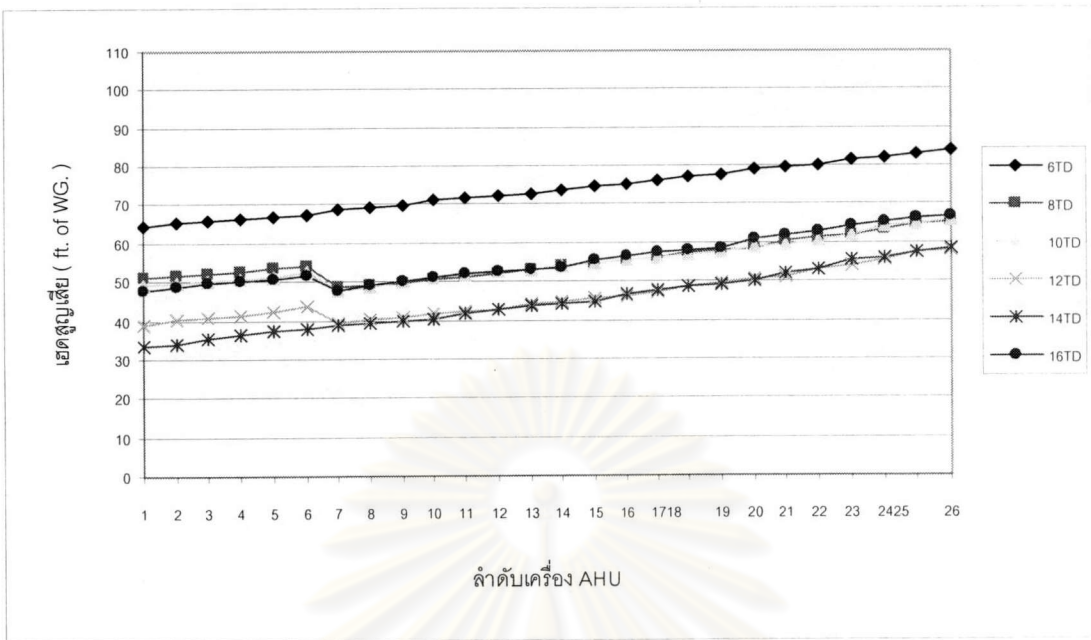
เฮดสูญเสียในแต่ละ LOOP คือ ผลรวมของเฮดสูญเสียที่เกิดขึ้นในท่อน้ำเย็น อุปกรณ์ประกอบระบบท่อ วาล์ว เครื่องทำความเย็นและเครื่องส่งลมเย็นบนเส้นทางของแต่ละ Loop ของ AHU ที่พิจารณา โดยเริ่มนับจากด้านส่งของเครื่องสูบน้ำเย็นจนไปถึงด้านดูดของเครื่องสูบน้ำเย็น (ไม่รวม H_{CV}) ซึ่งรายละเอียดของค่า H_{LOOP} (ft. of WG.) ในแต่ละสภาวะการออกแบบ สามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 5.1 - 5.11 ดังนี้



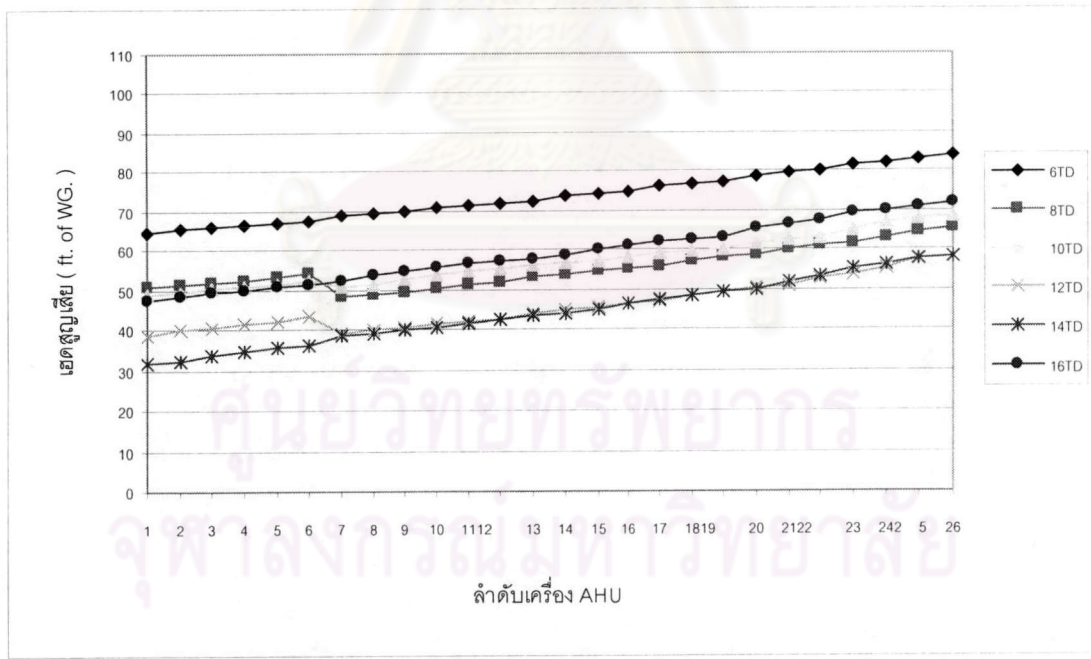
รูปที่ 5.1 แสดงค่าเฮดสูญเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละ Loop ของ AHU (ไม่รวม H_{CV}) : CWST = 40 °F



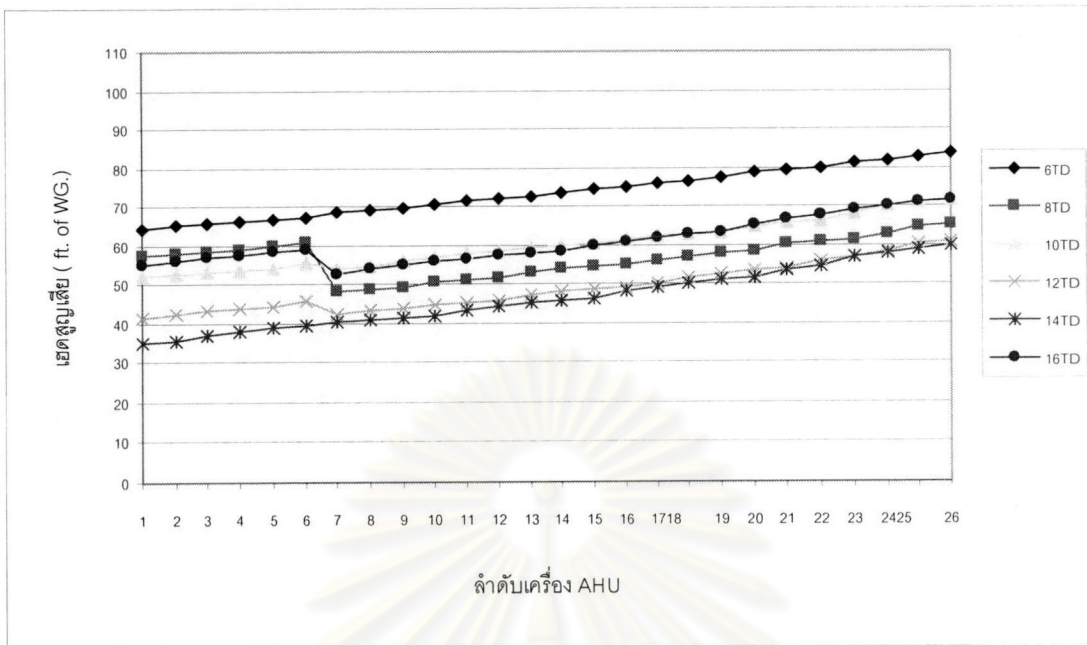
รูปที่ 5.2 แสดงค่าเฮดสูญเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละ Loop ของ AHU (ไม่รวม H_{CV}) : CWST = 41 °F



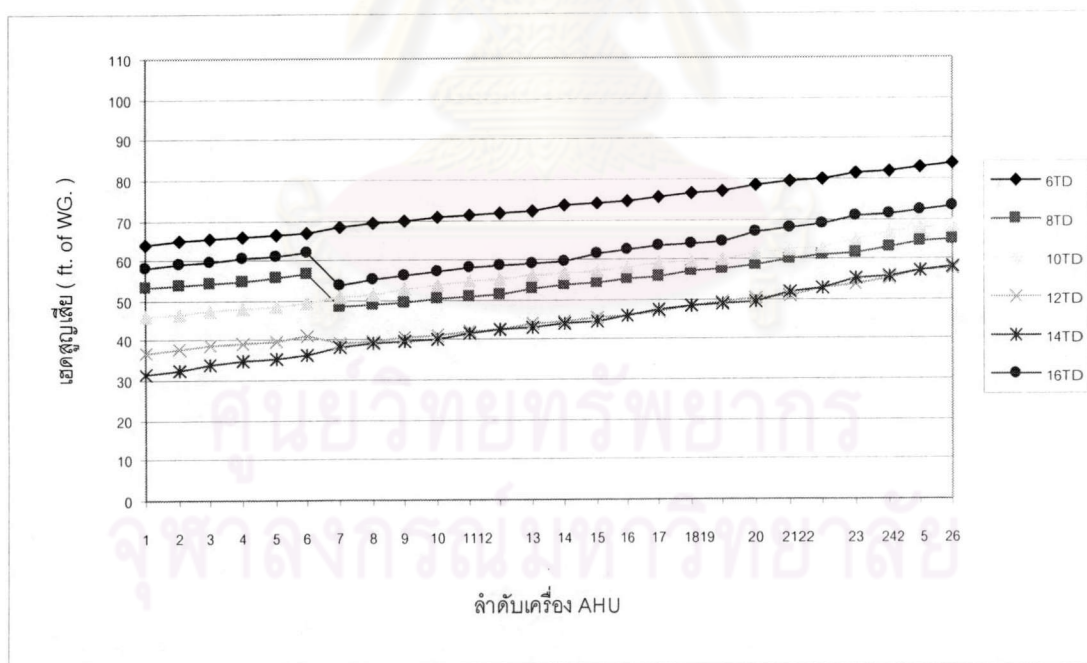
รูปที่ 5.3 แสดงค่าเสดสูญเสีที่เกดขึ้นในแต่ละ Loop ของ AHU (ไม่รวม H_{CV}) : CWST = 42 °F



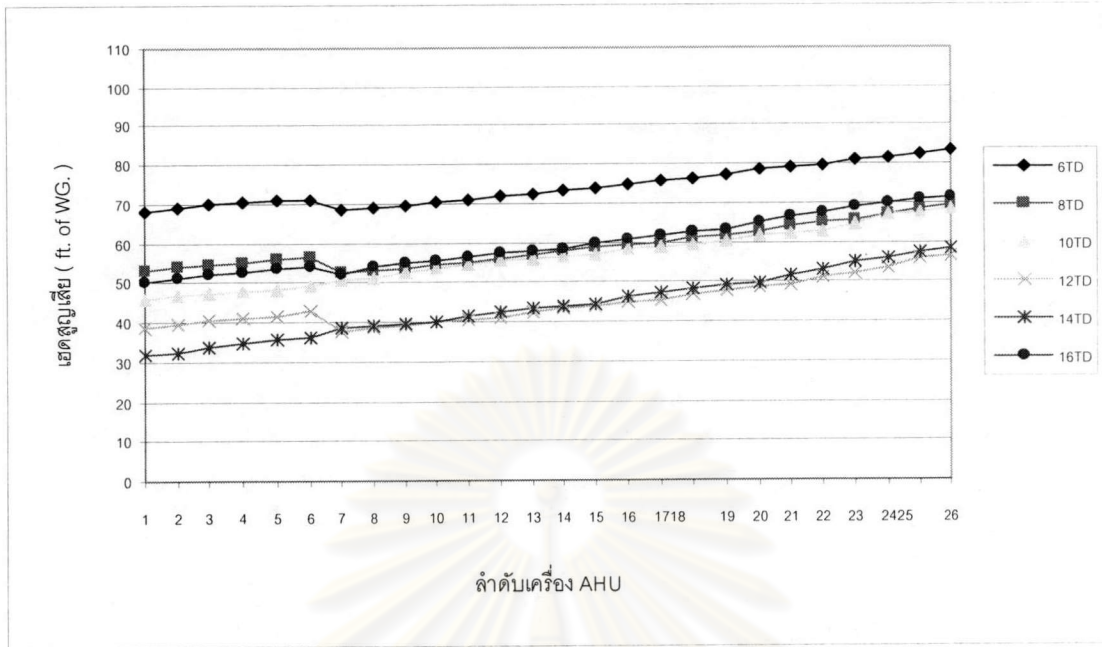
รูปที่ 5.4 แสดงค่าเสดสูญเสีที่เกดขึ้นในแต่ละ Loop ของ AHU (ไม่รวม H_{CV}) : CWST = 43 °F



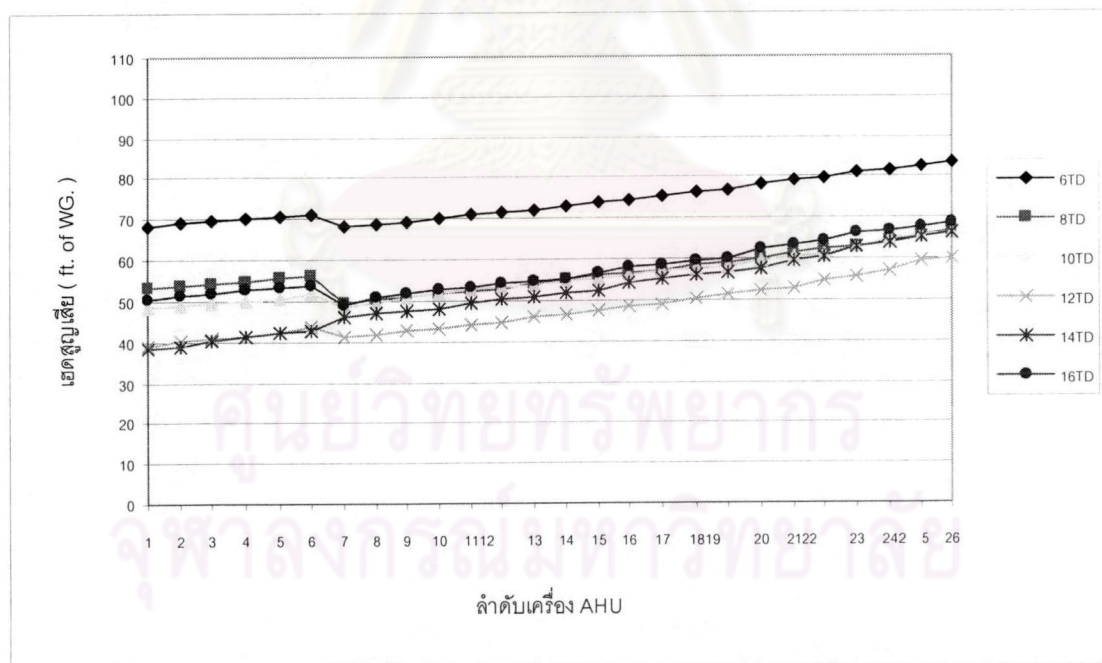
รูปที่ 5.5 แสดงค่าเฮดสูญเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละ Loop ของ AHU (ไม่รวม H_{CV}) : CWST = 44 °F



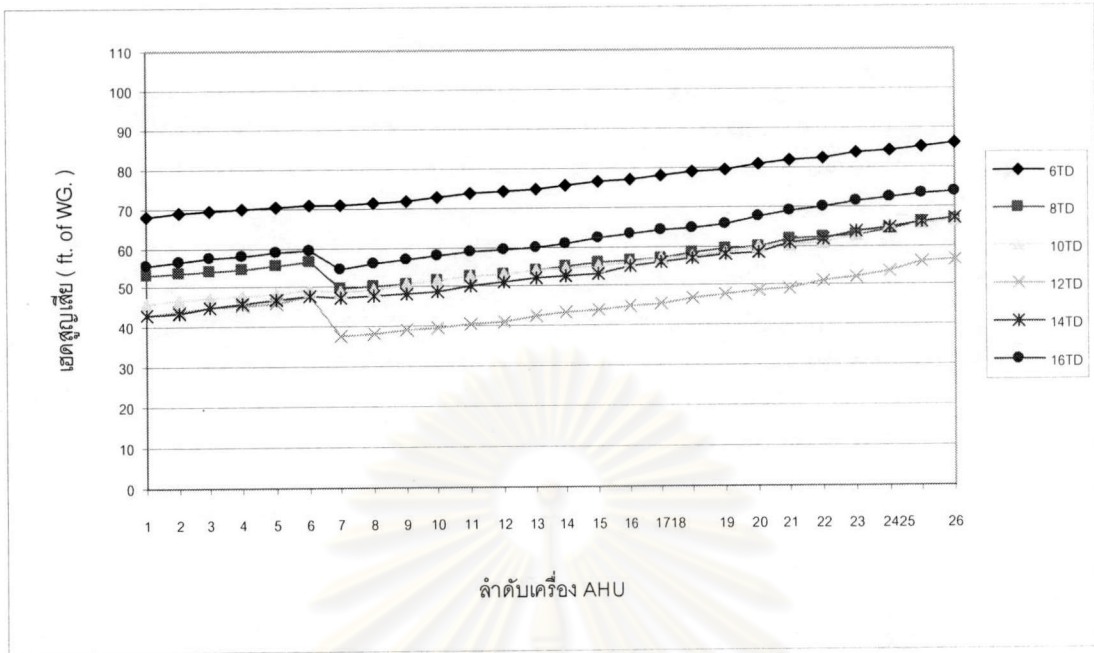
รูปที่ 5.6 แสดงค่าเฮดสูญเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละ Loop ของ AHU (ไม่รวม H_{CV}) : CWST = 45 °F



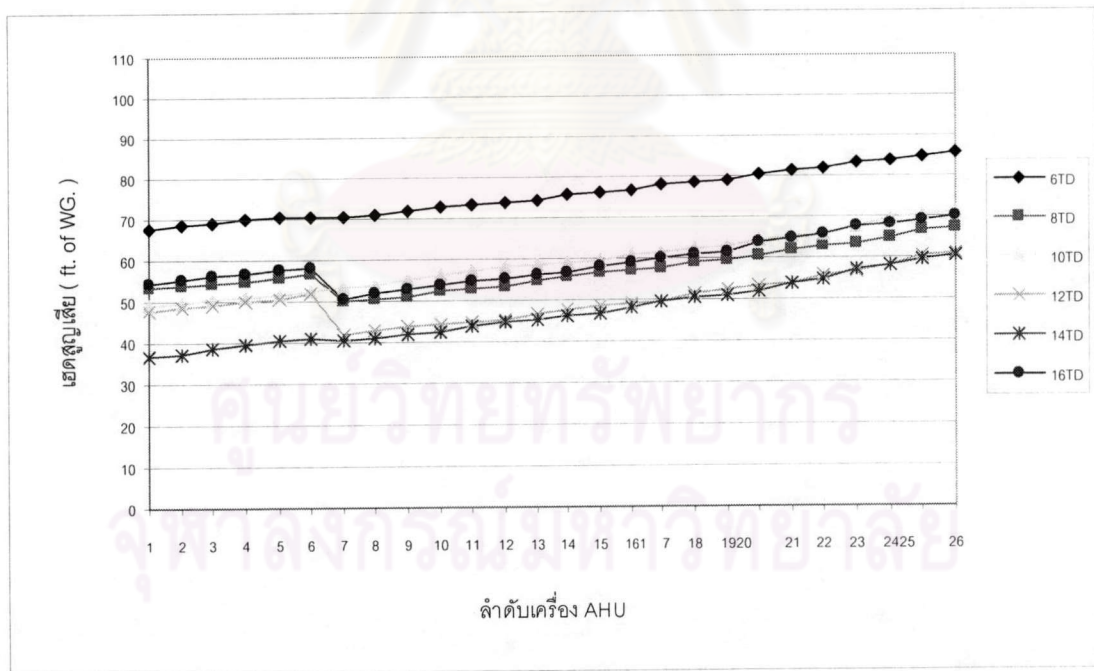
รูปที่ 5.7 แสดงค่าเฮดสูญเสียน้ำที่เกิดขึ้นในแต่ละ Loop ของ AHU (ไม่รวม H_{cv}) : CWST = 46 °F



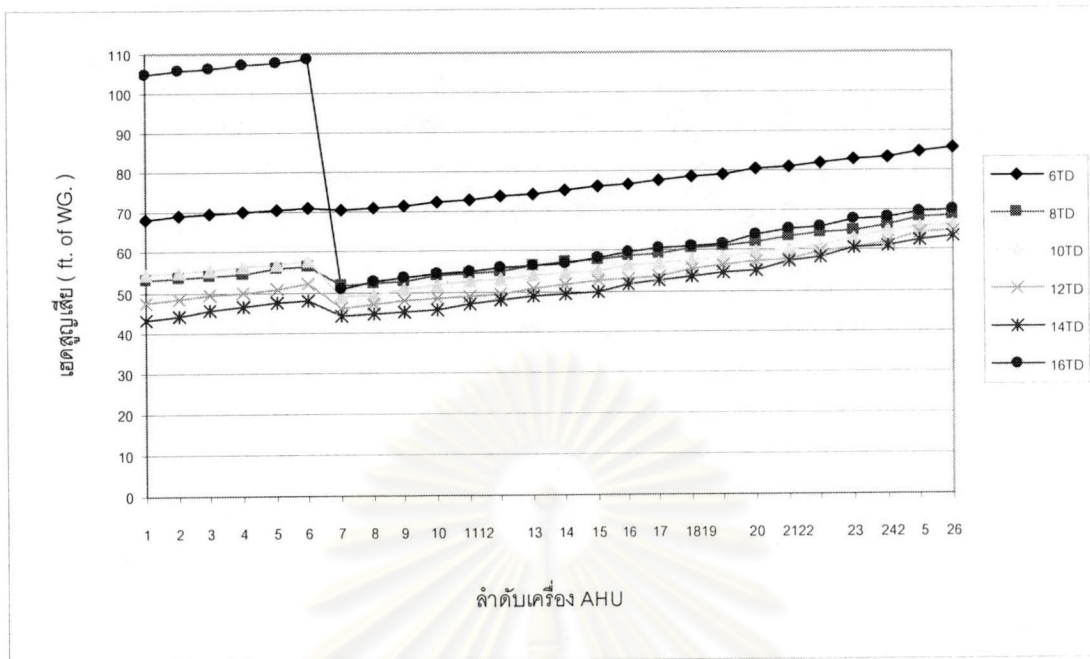
รูปที่ 5.8 แสดงค่าเฮดสูญเสียน้ำที่เกิดขึ้นในแต่ละ Loop ของ AHU (ไม่รวม H_{cv}) : CWST = 47 °F



รูปที่ 5.9 แสดงค่าเฮดสูญเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละ Loop ของ AHU (ไม่รวม H_{CV}) : CWST = 48 °F



รูปที่ 5.10 แสดงค่าเฮดสูญเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละ Loop ของ AHU (ไม่รวม H_{CV}) : CWST = 49 °F



รูปที่ 5.11 แสดงค่าเสตตัสสูงเสี่ยที่เกิดขึ้นในแต่ละ Loop ของ AHU (ไม่รวม H_{CV}) : $CWST = 50^{\circ}F$

จากรูปที่ 5.1 – 5.11 จะเห็นได้ว่าค่าของ H_{LOOP} ในทุกๆ กรณีนี้ ส่วนใหญ่แล้วจะมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น เมื่อลำดับของเครื่อง AHU (Loop) มีระยะห่างเครื่องสูบน้ำออกไป และในช่วงต่อของ AHU ลำดับที่ 6 (80 TON) กับ AHU ลำดับที่ 7 (66 TON) เส้นกราฟของค่า H_{LOOP} จะมีค่าตกลง ทั้งนี้เนื่องจากที่สภาวะการออกแบบเดียวกัน $H_{AHU80TON}$ มีค่าสูงกว่า $H_{AHU66TON}$

และข้อสังเกตที่เห็นได้อย่างชัดเจนจากรูปที่ 5.1 – 5.11 ข้างต้นนี้ คือ

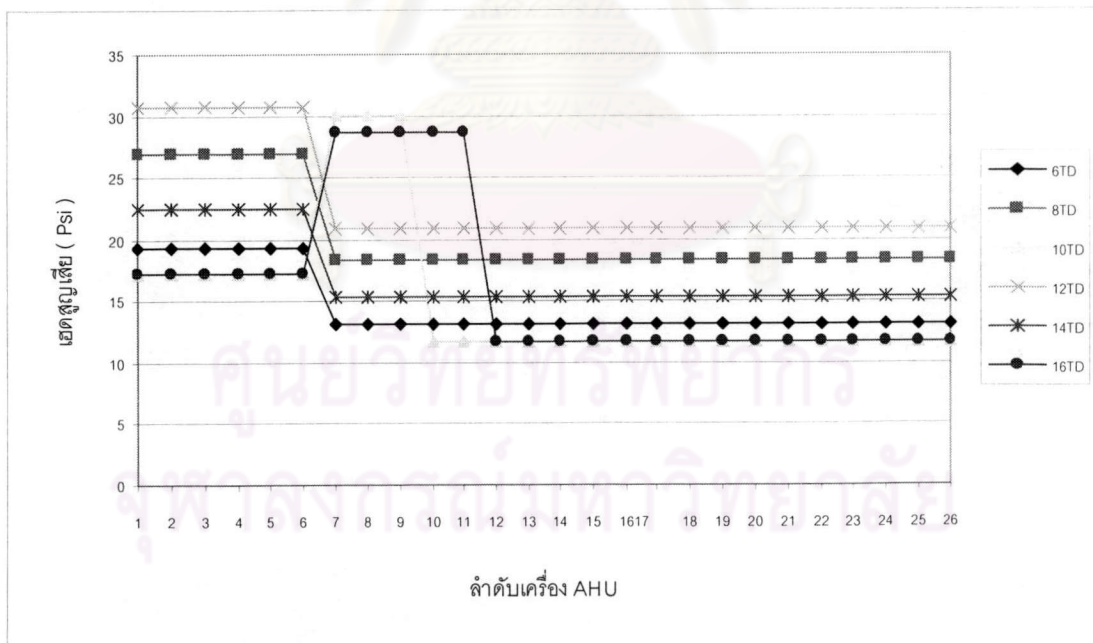
1. ค่าของ H_{LOOP} ในทุกๆ กรณี จะมีค่าที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน (เส้นกราฟค่อนข้างเกาะกลุ่มกัน) ยกเว้นในกรณีที่ TD มีค่าเท่ากับ $6^{\circ}F$ จะมีค่าที่สูงและแตกต่างจากกรณีอื่นๆ อย่างชัดเจน ทั้งนี้เนื่องจากที่ค่าดังกล่าวนี้ ค่า H_{CH} , $H_{AHU80TON}$ และ $H_{AHU66TON}$ มีค่าสูงกว่ากรณีอื่นๆ มาก (โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าของ H_{CH})

2. ในกรณีที่สภาวะการออกแบบอยู่ที่ $CWST$ เท่ากับ $50^{\circ}F$ และ TD มีค่า $16^{\circ}F$ ($CWST50TD16$) ค่าของ H_{LOOP} ของ AHU ลำดับที่ 1 – 6 มีค่าสูงมากผิดปกติ ทั้งนี้เนื่องจาก $H_{AHU80TON}$ ที่สภาวะดังกล่าวนี้มีค่าสูงกว่ากรณีอื่นอย่างมาก

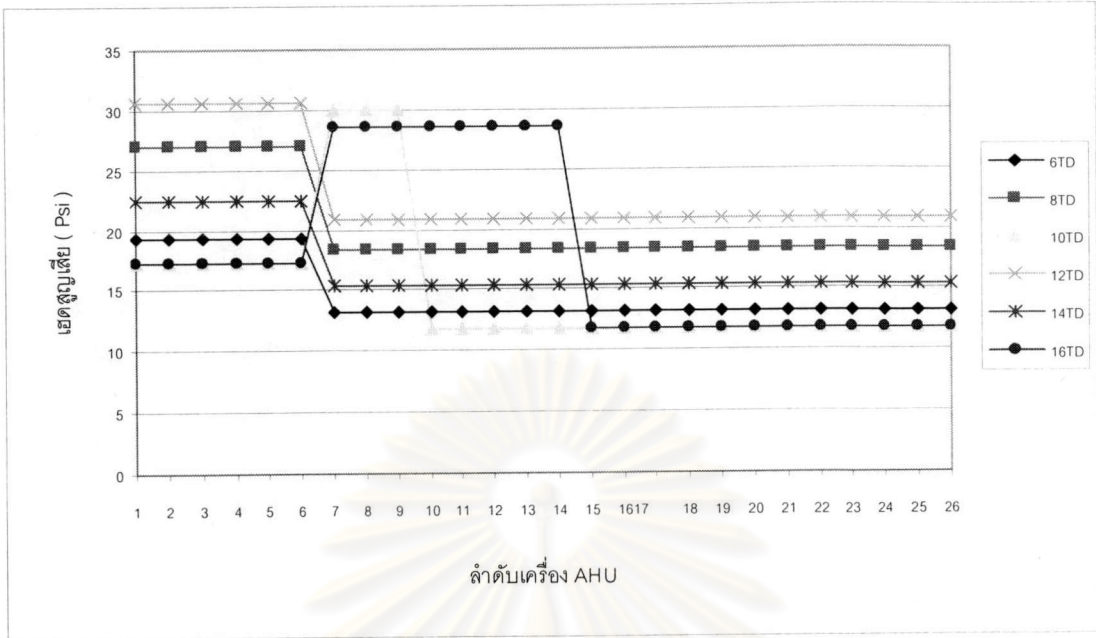
3. ค่าของ H_{LOOP} ในทุกๆ กรณี ส่วนใหญ่แล้วจะมีแนวโน้มลดลง เมื่อ TD มีค่าเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากค่าของ H_{CH} , $H_{AHU80TON}$ และ $H_{AHU66TON}$ ส่วนใหญ่จะมีค่าลดลง เมื่อ TD มีค่าเพิ่มสูงขึ้น แต่เมื่อค่า TD เพิ่มสูงขึ้นเป็น $16^{\circ}F$ ค่าของ H_{LOOP} กลับมีค่าสูงขึ้น (ไม่ลดลงเหมือนกรณีอื่นๆ) ทั้งนี้เนื่องจากที่ TD ดังกล่าวนี้นี้ ค่าของ H_{PIPE} , $H_{FITTING \& VALVE}$, $H_{AHU80TON}$ และ $H_{AHU66TON}$ กลับมีค่าสูงขึ้น (ไม่ลดลงเหมือนกรณีอื่นๆ)

5.1.2.2 ค่าเสดสูญเสียนในวาล์วควบคุม (H_{CV} : ft. of WG. , Psi.)

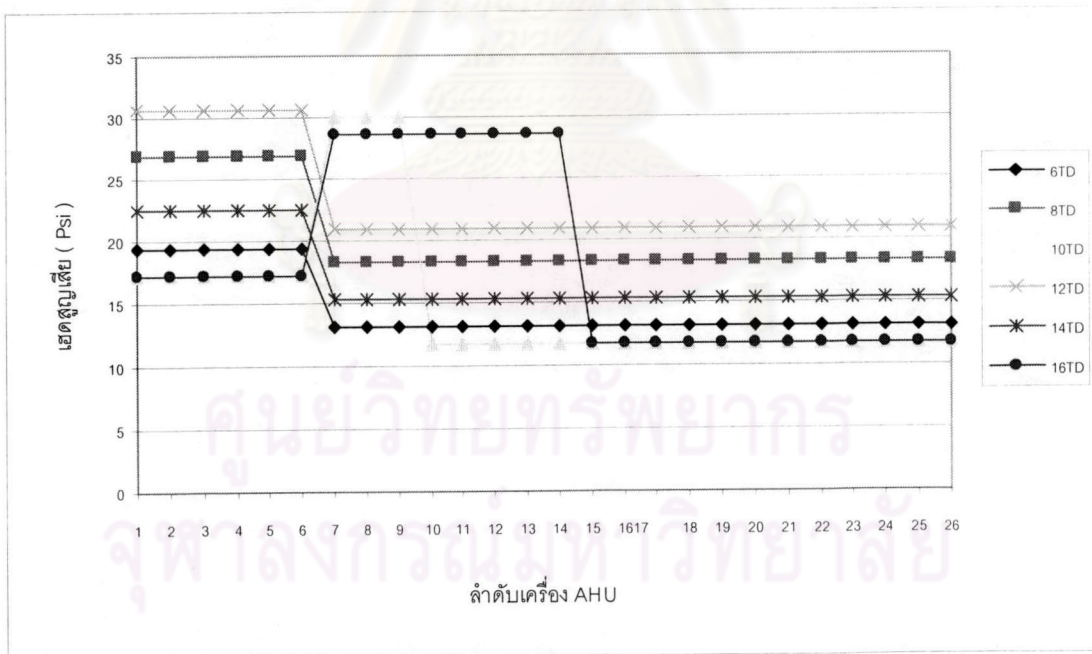
การกำหนดขนาดของวาล์วควบคุมนั้น จะพิจารณาจากขั้นตอนในการเลือกวาล์วควบคุมที่ได้กล่าวถึงในหัวข้อที่ 3.4.1.3 ซึ่งหลักเกณฑ์เบื้องต้นในการเลือกขนาดของวาล์วควบคุมนี้จะกำหนดให้ค่า H_{CV} ไม่ต่ำกว่า 5 Psi และค่า Valve Authority อยู่ที่ 25 – 50 % โดยรายละเอียดของค่า H_{CV} (Psi) และค่า Valve Authority (%) ในแต่ละสภาวะการออกแบบ สามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 5.12 – 5.22 และรูปที่ 5.23 – 5.33 ตามลำดับ



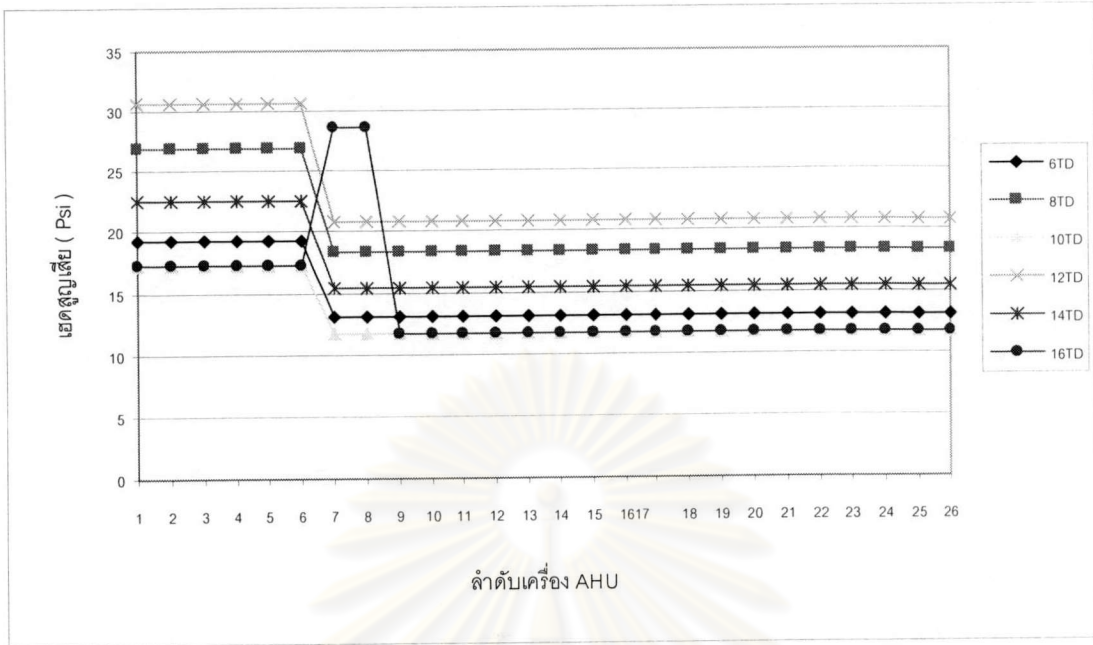
รูปที่ 5.12 แสดงค่า H_{CV} ที่เกิดขึ้นในแต่ละ Loop ของ AHU : CWST = $40^{\circ}F$



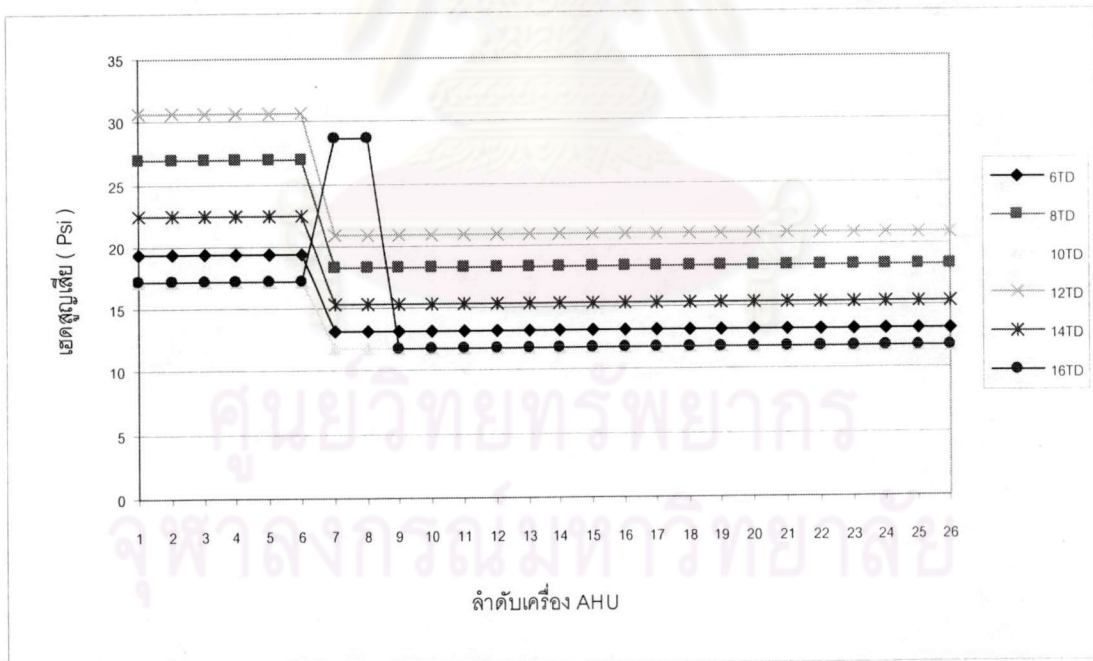
รูปที่ 5.13 แสดงค่า H_{CV} ที่เกิดขึ้นในแต่ละ Loop ของ AHU : CWST = 41 °F



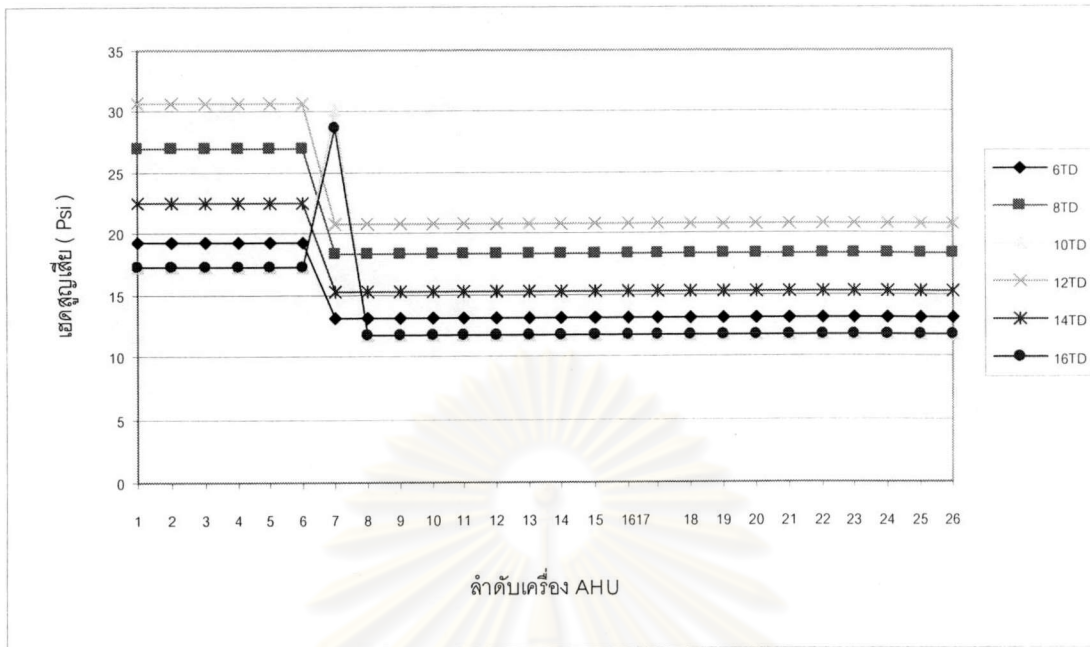
รูปที่ 5.14 แสดงค่า H_{CV} ที่เกิดขึ้นในแต่ละ Loop ของ AHU : CWST = 42 °F



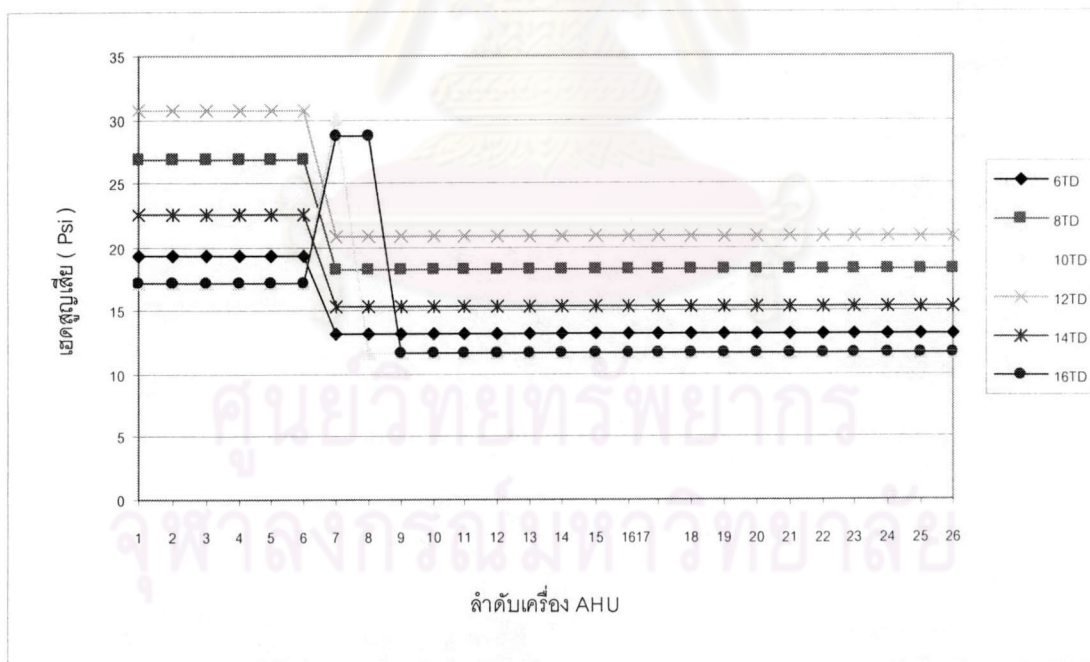
รูปที่ 5.15 แสดงค่า H_{CV} ที่เกิดขึ้นในแต่ละ Loop ของ AHU : CWST = 43 °F



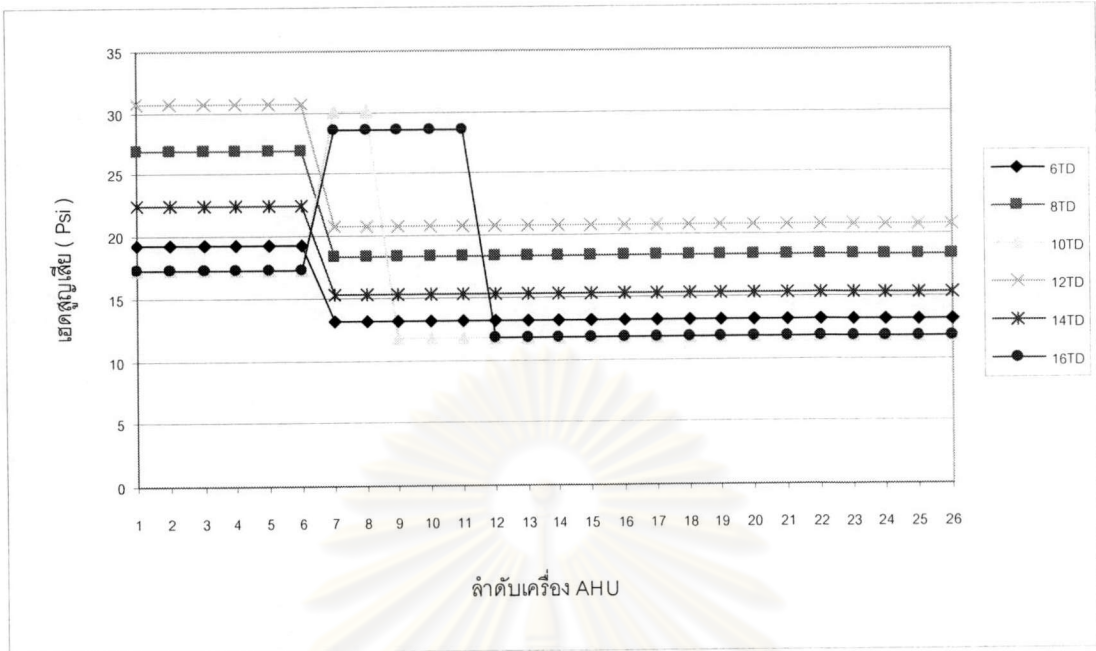
รูปที่ 5.16 แสดงค่า H_{CV} ที่เกิดขึ้นในแต่ละ Loop ของ AHU : CWST = 44 °F



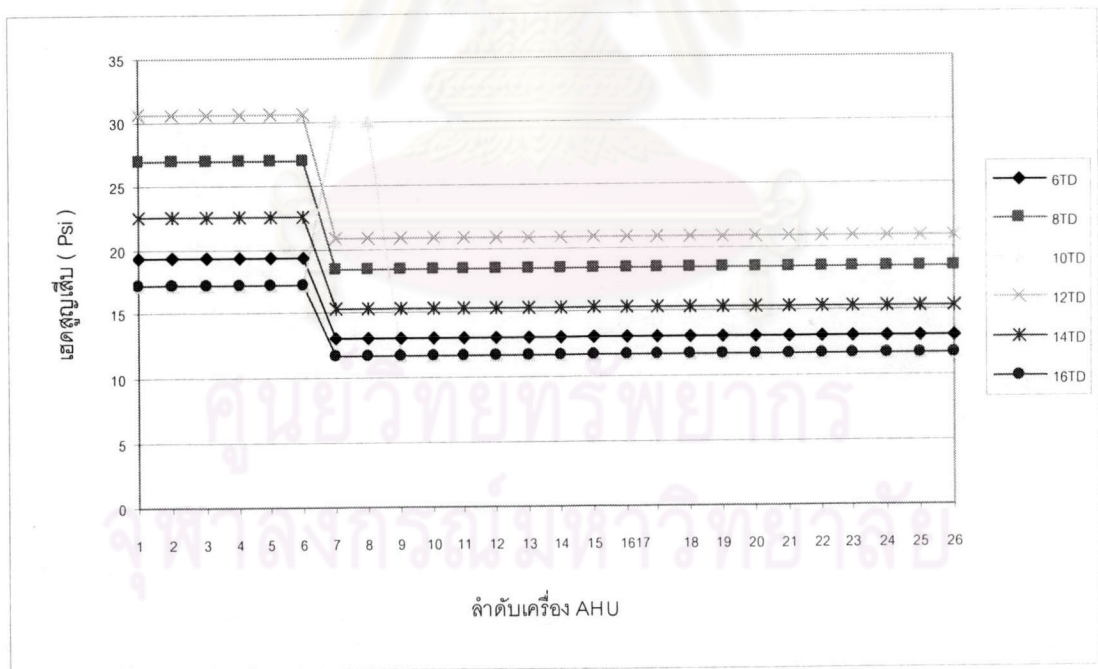
รูปที่ 5.17 แสดงค่า H_{cv} ที่เกิดขึ้นในแต่ละ Loop ของ AHU : CWST = 45 °F



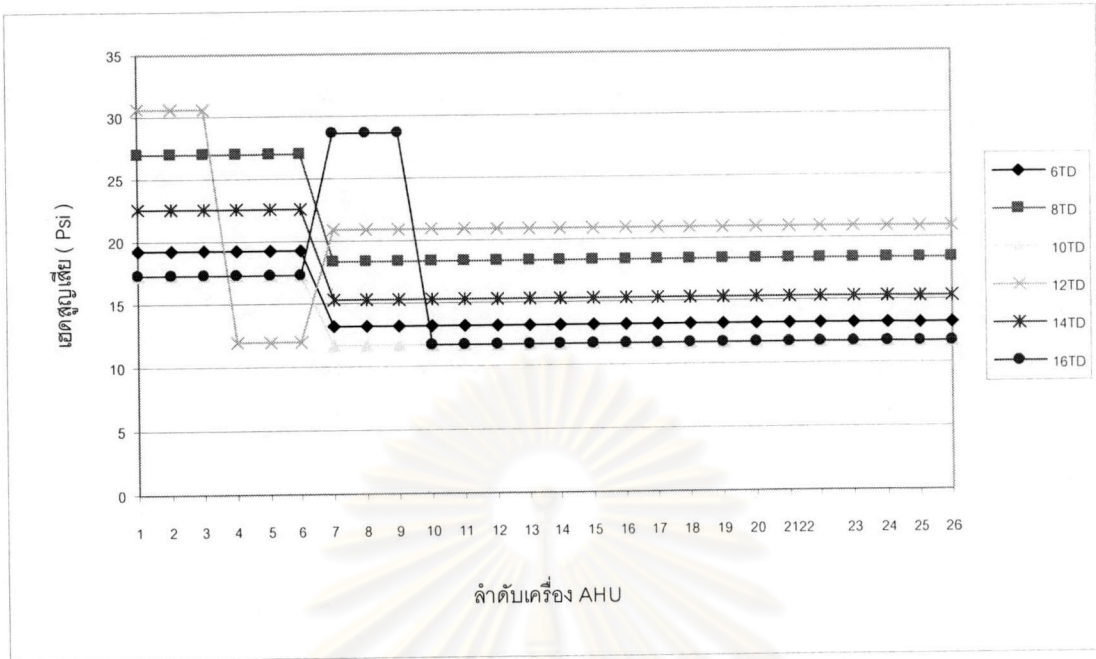
รูปที่ 5.18 แสดงค่า H_{cv} ที่เกิดขึ้นในแต่ละ Loop ของ AHU : CWST = 46 °F



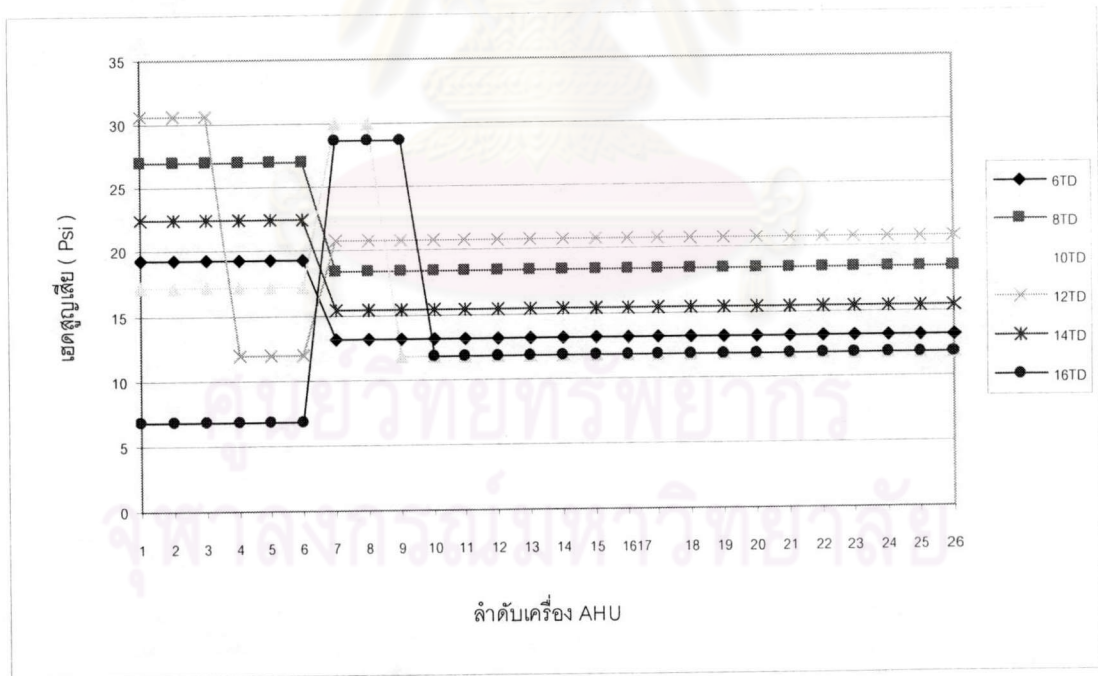
รูปที่ 5.19 แสดงค่า H_{CV} ที่เกิดขึ้นในแต่ละ Loop ของ AHU : CWST = 47 °F



รูปที่ 5.20 แสดงค่า H_{CV} ที่เกิดขึ้นในแต่ละ Loop ของ AHU : CWST = 48 °F



รูปที่ 5.21 แสดงค่า H_{CV} ที่เกิดขึ้นในแต่ละ Loop ของ AHU : CWST = 49 °F

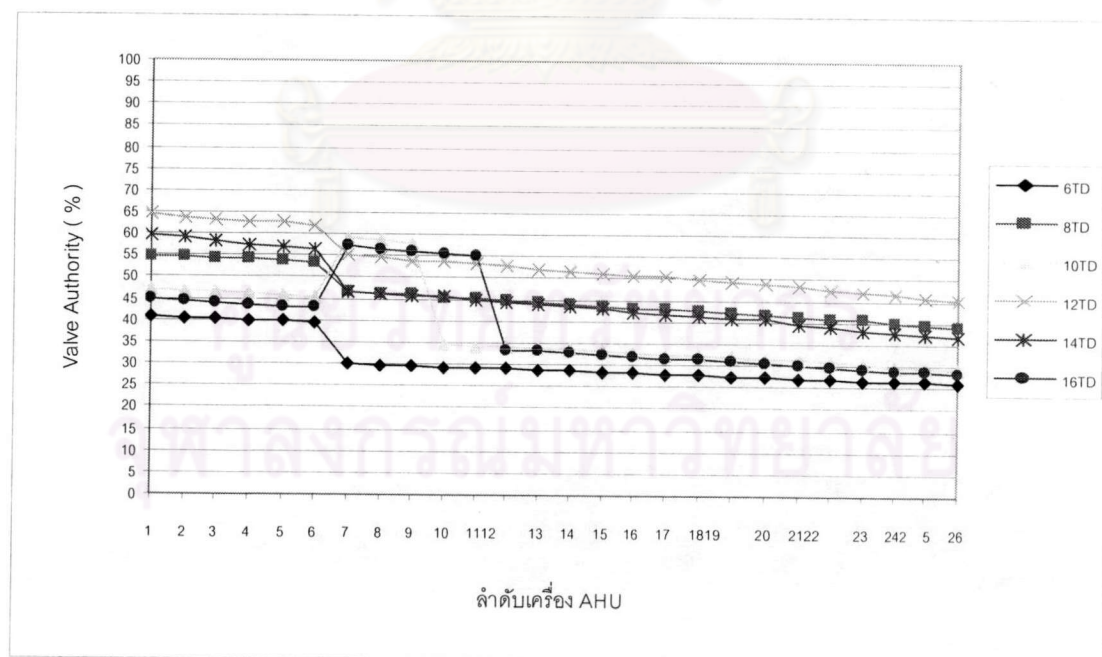


รูปที่ 5.22 แสดงค่า H_{CV} ที่เกิดขึ้นในแต่ละ Loop ของ AHU : CWST = 50 °F

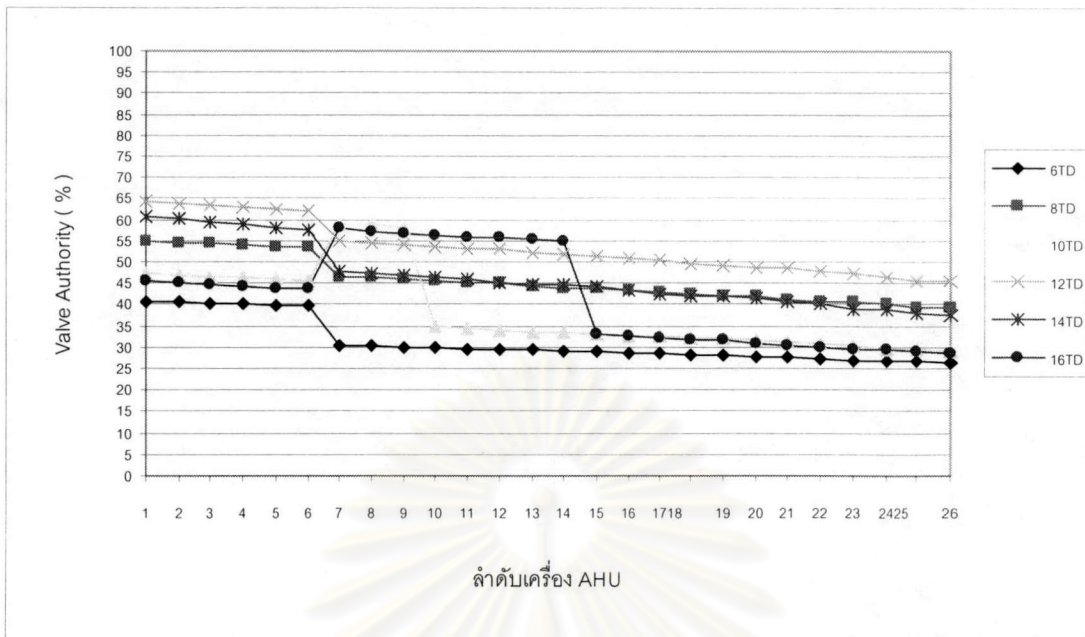
จากรูปที่ 5.12 - 5.22 สามารถสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนว่าค่า H_{cv} ที่เกิดขึ้นในแต่ละ Loop และในแต่ละสภาวะการออกแบบของแบบจำลองระบบวงจรด้านน้ำเย็นในงานวิจัยนี้ มีค่าเป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดขึ้นสำหรับเลือกวาล์วควบคุม คือ มีค่าสูงกว่า 5 Psi โดยที่ค่าสูงสุดของ H_{cv} จะมีค่าประมาณ 30 Psi. และค่าต่ำสุดของ H_{cv} จะมีค่าประมาณ 10 Psi. (ยกเว้นในกรณีของ AHU ขนาด 80 TON ที่สภาวะการออกแบบ CWST50TD16 จะมีค่า 6.74 Psi.)

และจากการที่ค่าเฮดสูญเสียในวาล์วควบคุมที่เกิดขึ้นในแต่ละ Loop ของแบบจำลองระบบวงจรด้านน้ำเย็น มีค่าค่อนข้างสูงนั้น (สูงกว่า 5 Psi) แสดงว่าวาล์วควบคุมแต่ละตัวที่นำมาใช้ในแบบจำลองของงานวิจัยนี้ มีความสามารถในการทำงานที่ดี กล่าวคือ เมื่อ H_{cv} มีค่าเปลี่ยนไปจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราการไหลของน้ำเย็นผ่าน AHU เป็นอย่างมาก ทำให้สามารถควบคุมการทำงานของระบบได้อย่างเที่ยงตรง

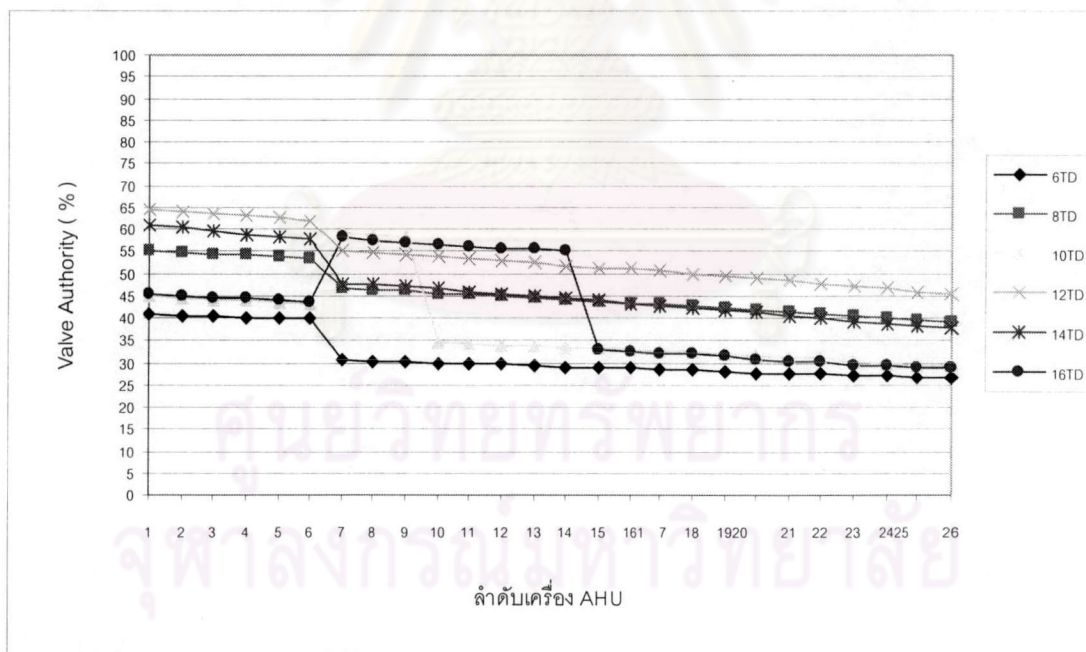
และหลักเกณฑ์อีกข้อที่นำมาพิจารณาประกอบการเลือกวาล์วควบคุม คือ ค่า Valve Authority ซึ่งรายละเอียดของค่าดังกล่าวนี้ สามารถที่จะพิจารณาได้จากรูปที่ 5.23 - 5.33 ดังนี้



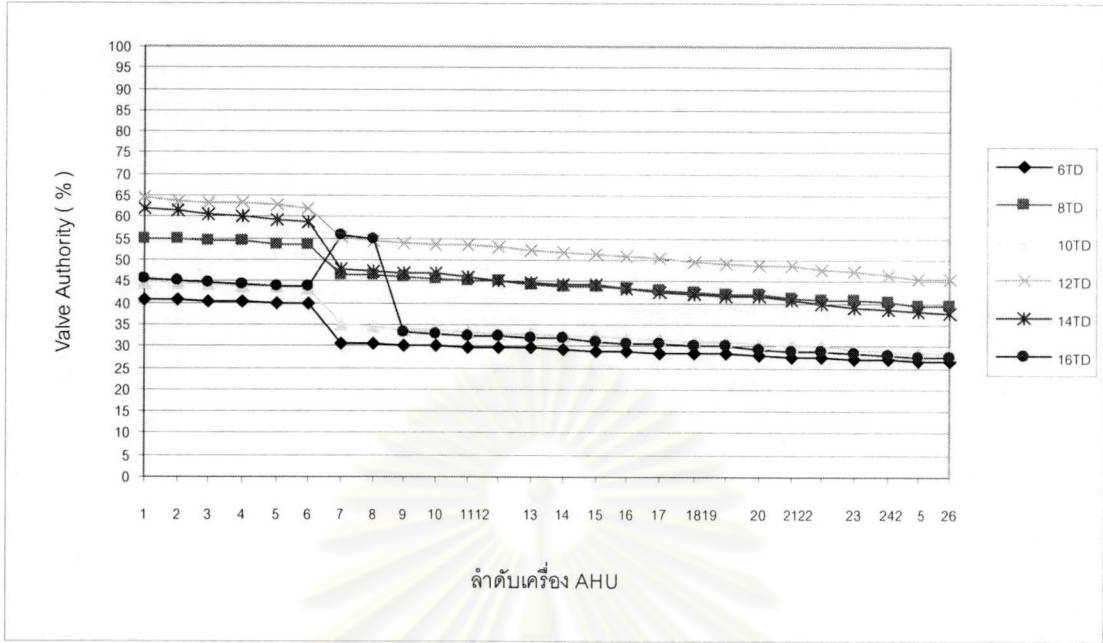
รูปที่ 5.23 แสดงค่า Valve Authority ของ Control Valve ในแต่ละ Loop : CWST = 40 °F



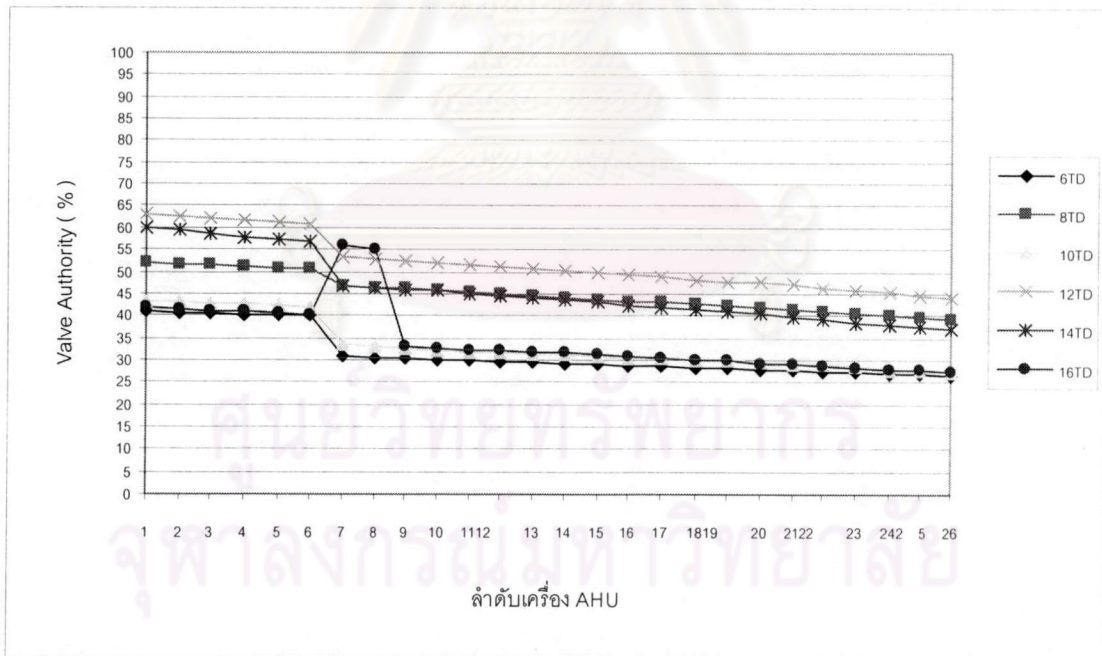
รูปที่ 5.24 แสดงค่า Valve Authority ของ Control Valve ในแต่ละ Loop : CWST = 41 °F



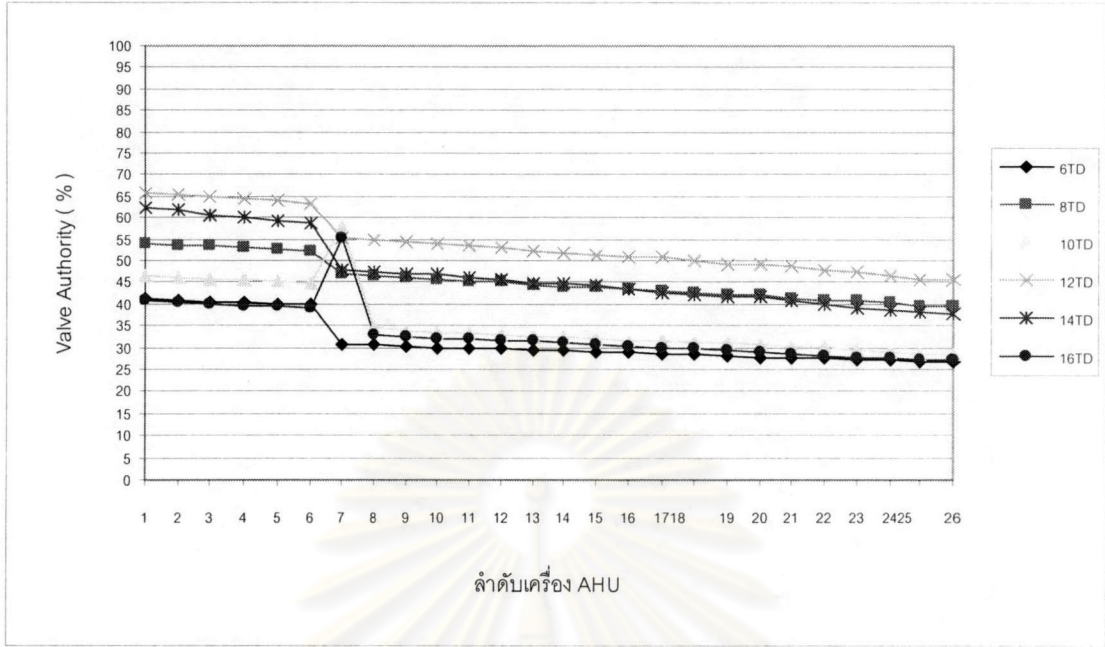
รูปที่ 5.25 แสดงค่า Valve Authority ของ Control Valve ในแต่ละ Loop : CWST = 42 °F



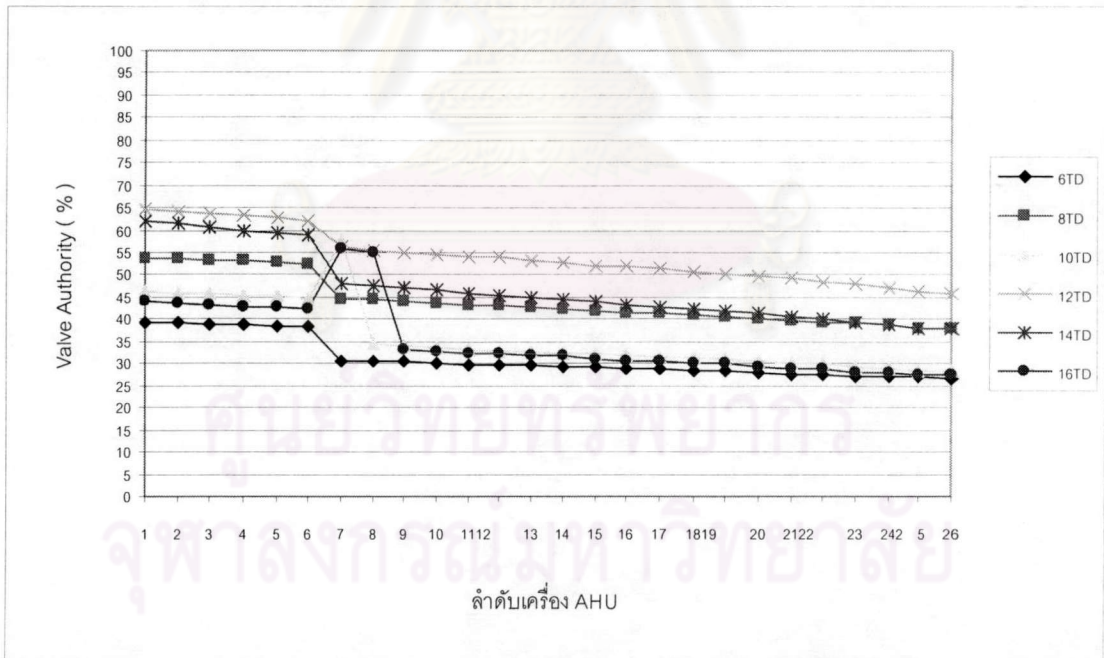
รูปที่ 5.26 แสดงค่า Valve Authority ของ Control Valve ในแต่ละ Loop : CWST = 43 °F



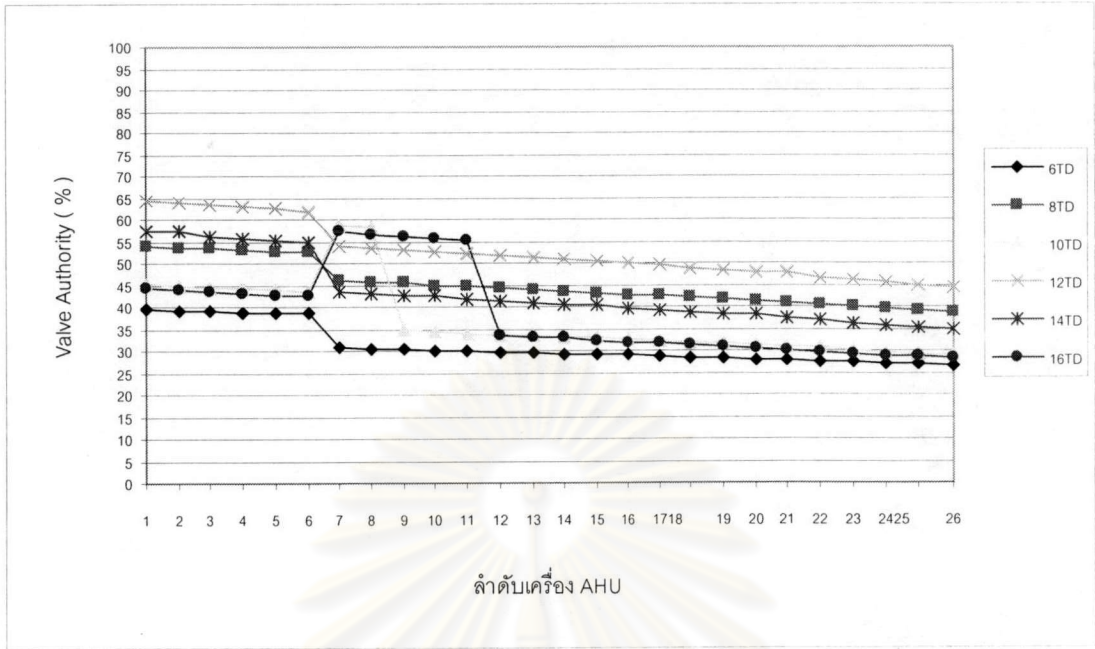
รูปที่ 5.27 แสดงค่า Valve Authority ของ Control Valve ในแต่ละ Loop : CWST = 44 °F



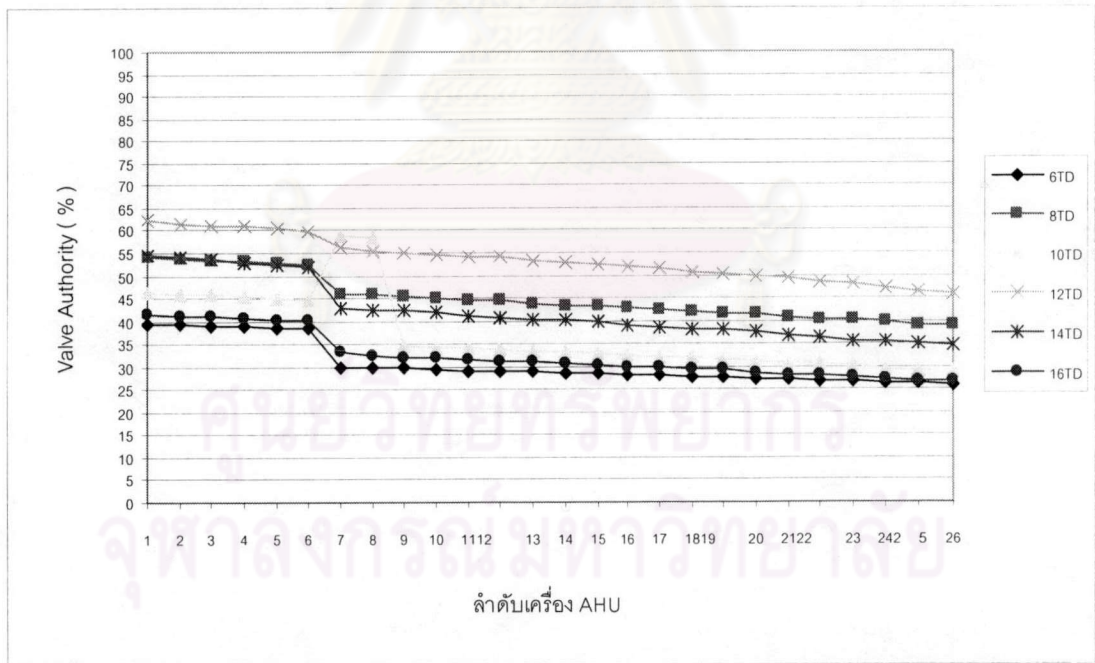
รูปที่ 5.28 แสดงค่า Valve Authority ของ Control Valve ในแต่ละ Loop : CWST = 45 °F



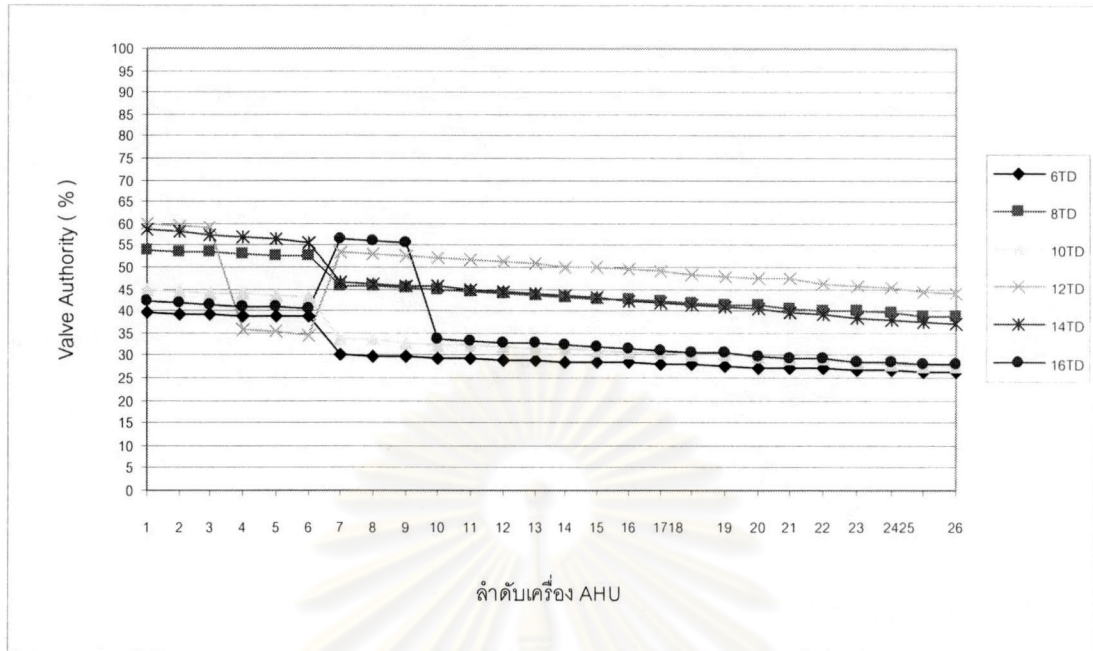
รูปที่ 5.29 แสดงค่า Valve Authority ของ Control Valve ในแต่ละ Loop : CWST = 46 °F



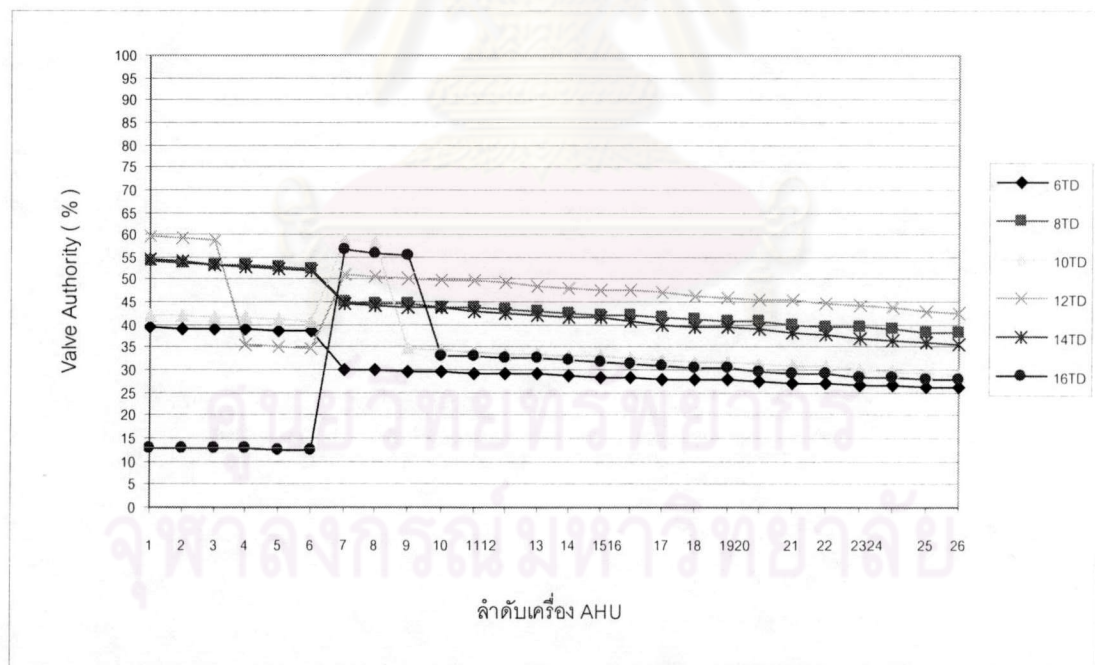
รูปที่ 5.30 แสดงค่า Valve Authority ของ Control Valve ในแต่ละ Loop : CWST = 47 °F



รูปที่ 5.31 แสดงค่า Valve Authority ของ Control Valve ในแต่ละ Loop : CWST = 48 °F



รูปที่ 5.32 แสดงค่า Valve Authority ของ Control Valve ในแต่ละ Loop : CWST = 49 °F



รูปที่ 5.33 แสดงค่า Valve Authority ของ Control Valve ในแต่ละ Loop : CWST = 50 °F

จากรูปที่ 5.23 – 5.33 สามารถสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนว่าค่า Valve Authority ของ วาล์วควบคุมที่เกิดขึ้นในแต่ละ Loop และในแต่ละสภาวะการออกแบบของแบบจำลองระบบวงจร ด้านน้ำเย็นในงานวิจัยนี้ มีค่าเป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดขึ้นสำหรับเลือกวาล์วควบคุม คือ มีค่าสูงกว่า 25 %

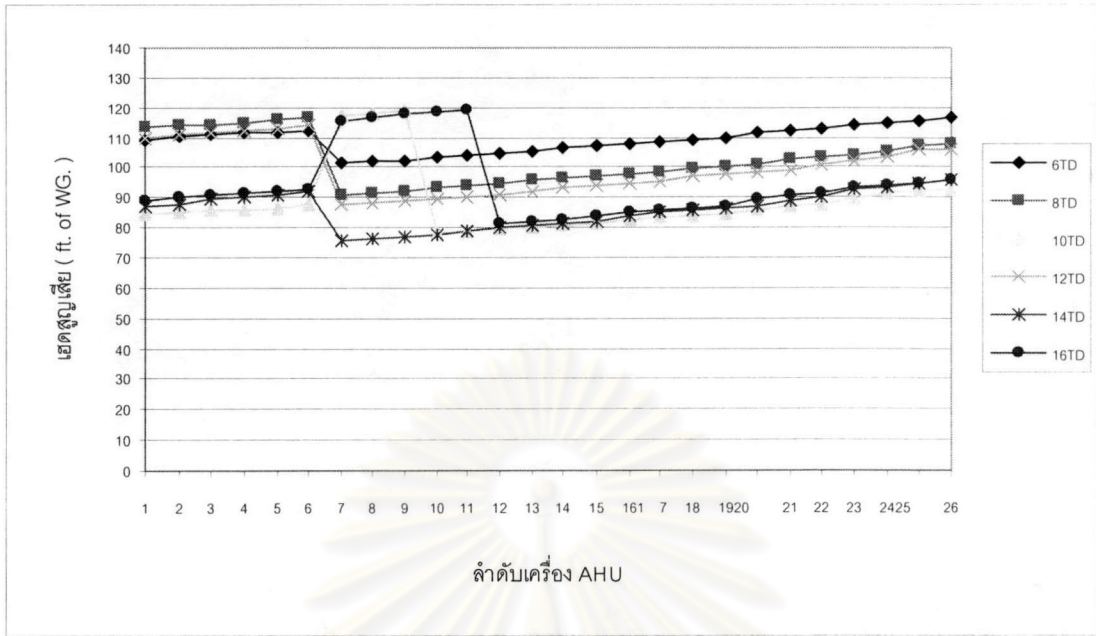
ซึ่งค่าสูงสุดของ Valve Authority จะมีค่าประมาณ 60-65 % และค่าต่ำสุดของ Valve Authority จะอยู่ที่ประมาณ 25 % (ยกเว้นในกรณีของ AHU ขนาด 80 TON ที่สภาวะการออกแบบ CWST50TD16 จะมีค่าค่อนข้างต่ำ คือ ประมาณ 12 %)

และจากการที่ค่า Valve Authority ของวาล์วควบคุมในแต่ละ Loop ของแบบจำลองระบบวงจรด้านน้ำเย็นมีค่าสูงๆ นั้น (สูงกว่า 25 %) แสดงว่าวาล์วควบคุมที่นำมาใช้ในแบบจำลองของงานวิจัยชิ้นนี้ มีความสามารถในการควบคุมการทำงานของระบบได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คือ การควบคุมการหริของวาล์วเพื่อควบคุมอัตราการไหลของน้ำเย็นในกรณีที่ AHU มีภาระน้อยๆ (ยกเว้นในกรณีของ AHU ขนาด 80 TON ที่ CWST50TD16 เนื่องจากมีค่าค่อนข้างต่ำ)

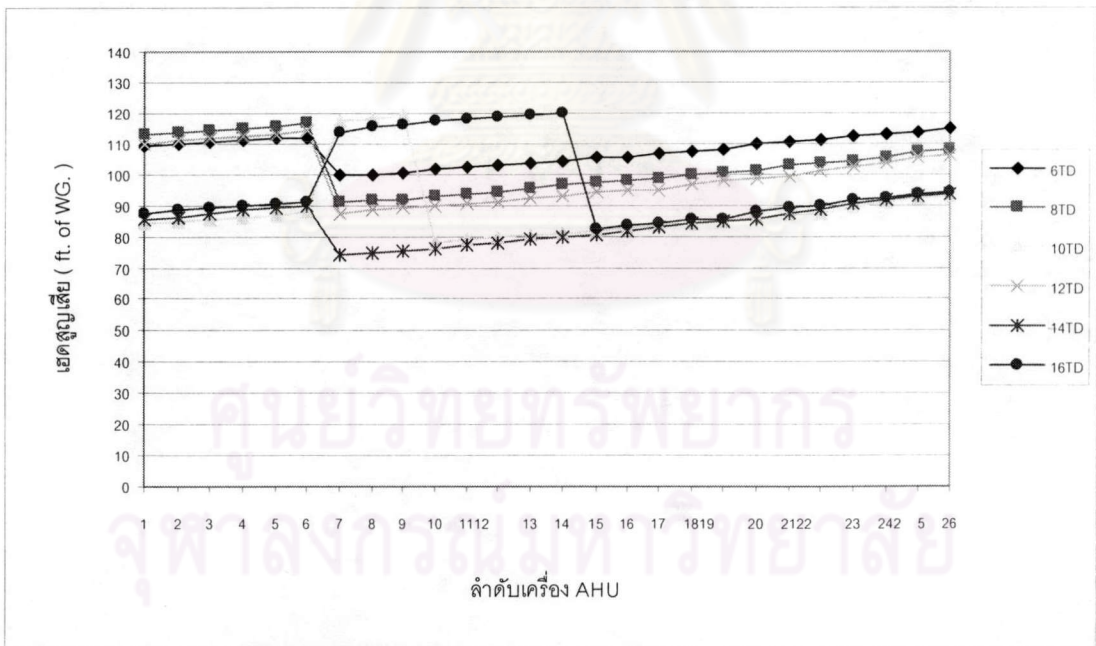
1.2.3 ค่าเฮดสูญเสียรวมในแต่ละ Loop (H_{TOTAL} : ft. of WG.)

เฮดสูญเสียรวมในแต่ละ Loop คือ ผลรวมของ H_{LOOP} กับ H_{CV} ในแต่ละ Loop ของแบบจำลองระบบวงจรด้านน้ำเย็น ซึ่งค่าสูงสุดของเฮดสูญเสียรวม (H_{TOTAL}) ในแต่ละ Loop นี้ จะถูกนำมาใช้ในการกำหนดค่าเฮดของเครื่องสูบน้ำ (H_{PUMP}) ต่อไป

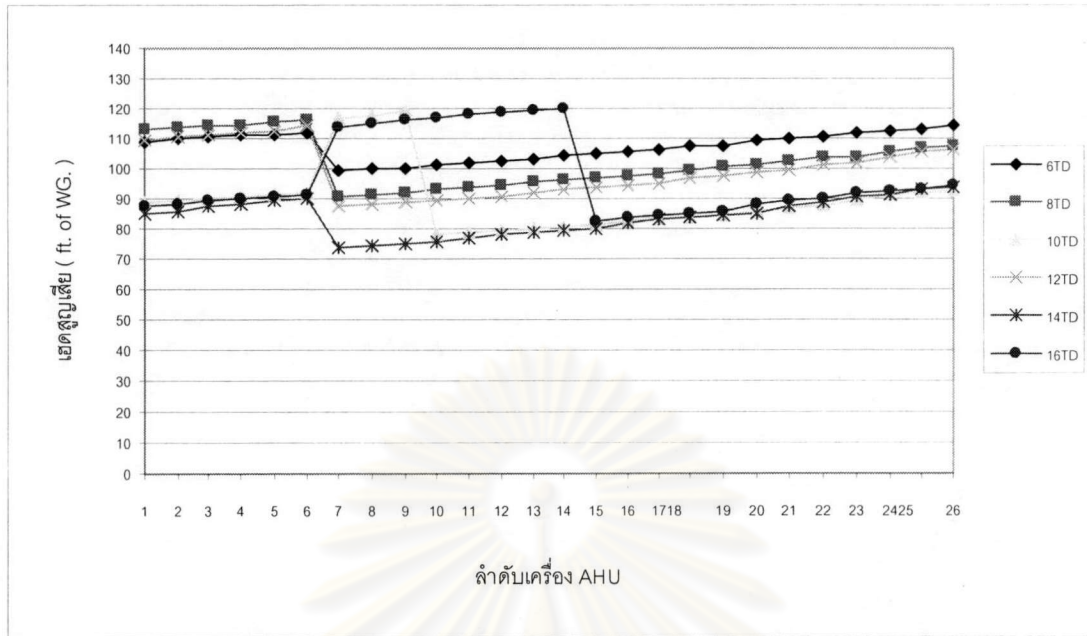
และรายละเอียดของค่า H_{TOTAL} (ft. of WG.) ในแต่ละสภาวะการออกแบบ สามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 5.34 – 5.44 ดังนี้



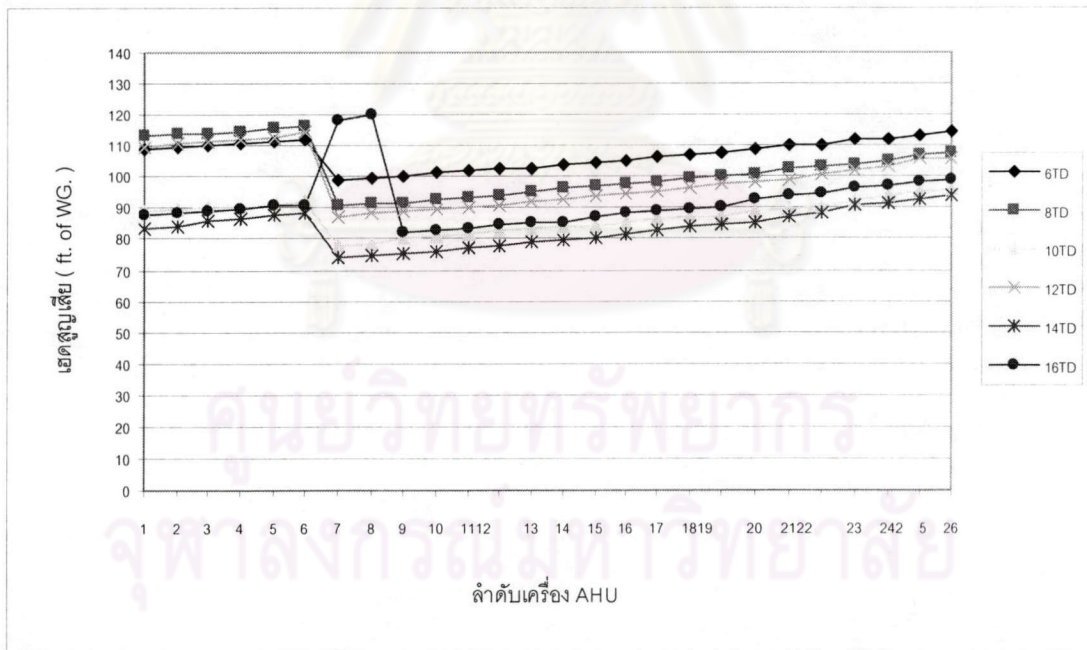
รูปที่ 5.34 แสดงค่า H_{TOTAL} ที่เกิดขึ้นในแต่ละ Loop ของ AHU : CWST = 40 °F



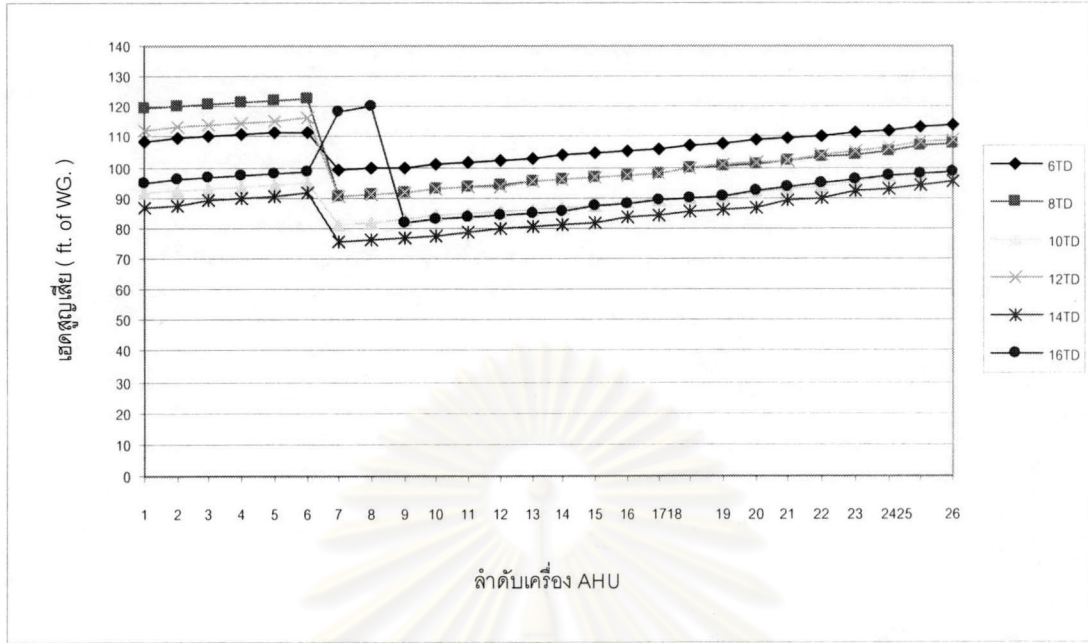
รูปที่ 5.35 แสดงค่า H_{TOTAL} ที่เกิดขึ้นในแต่ละ Loop ของ AHU : CWST = 41 °F



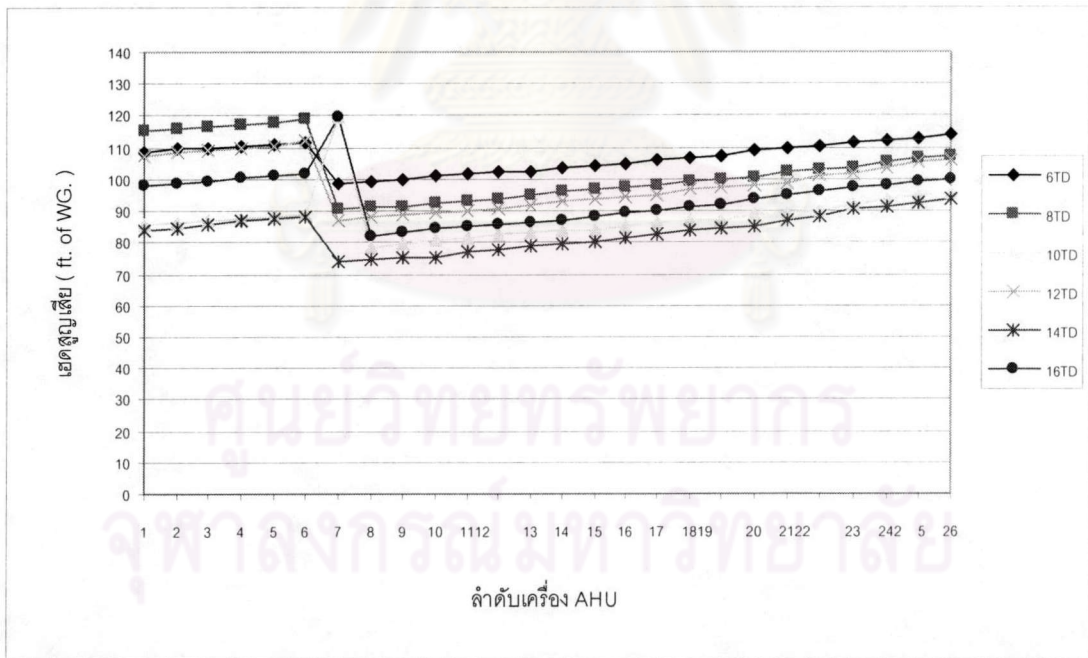
รูปที่ 5.36 แสดงค่า H_{TOTAL} ที่เกิดขึ้นในแต่ละ Loop ของ AHU : CWST = 42 °F



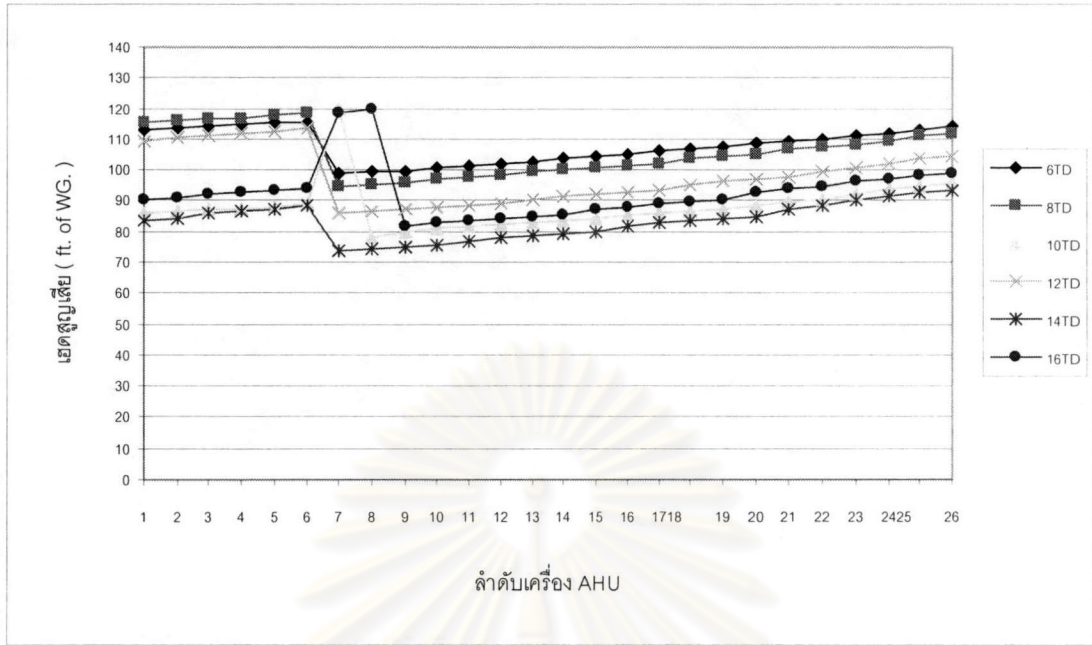
รูปที่ 5.37 แสดงค่า H_{TOTAL} ที่เกิดขึ้นในแต่ละ Loop ของ AHU : CWST = 43 °F



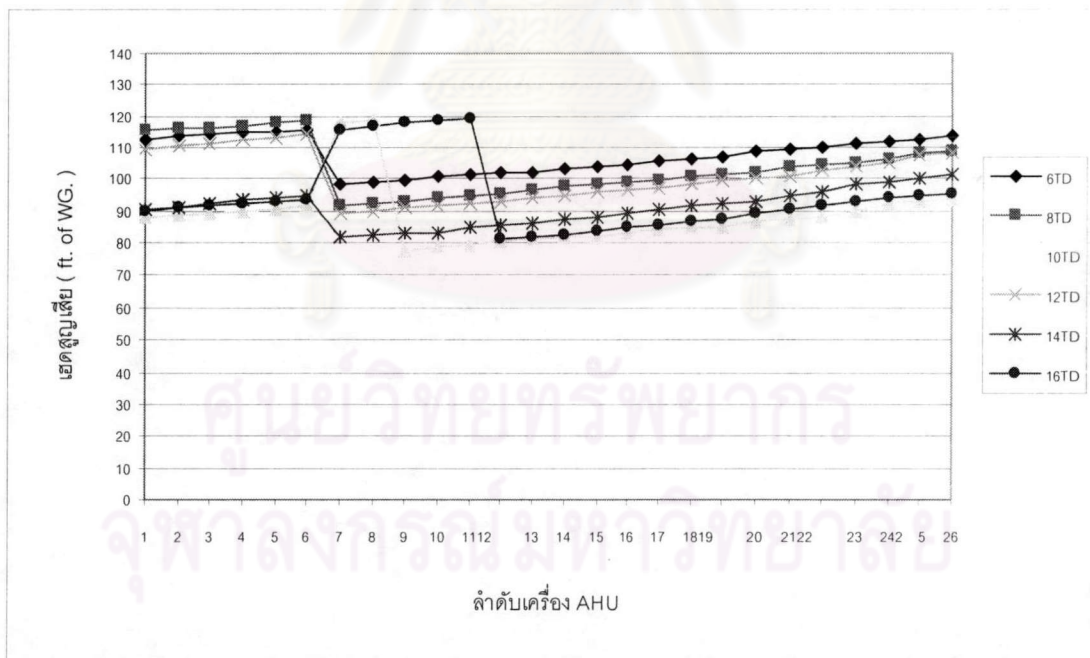
รูปที่ 5.38 แสดงค่า H_{TOTAL} ที่เกิดขึ้นในแต่ละ Loop ของ AHU : CWST = 44 °F



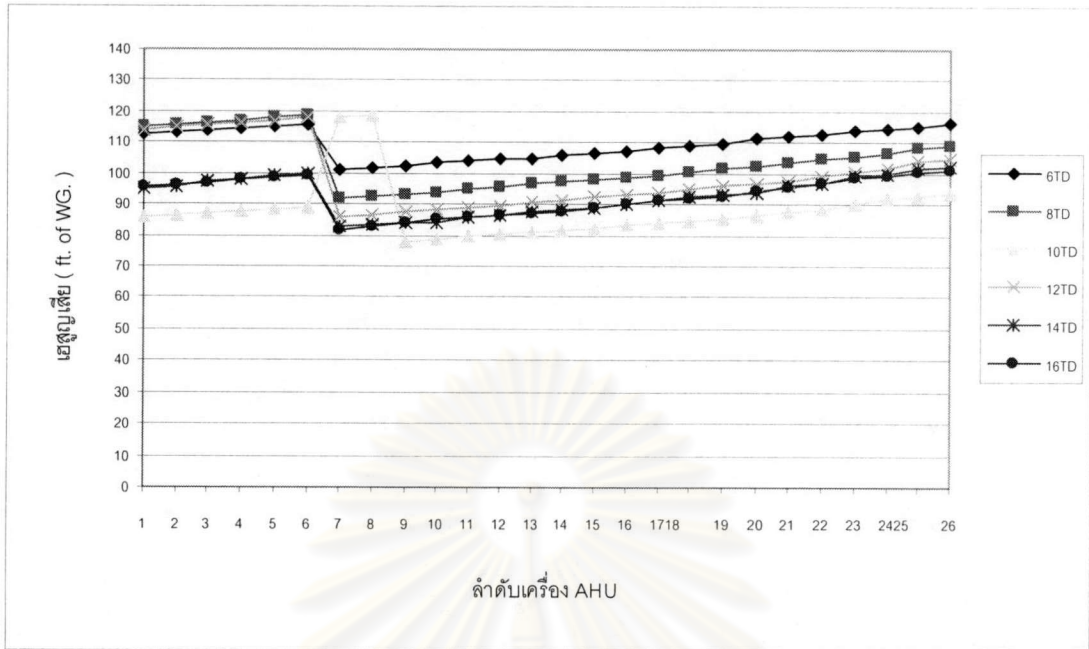
รูปที่ 5.39 แสดงค่า H_{TOTAL} ที่เกิดขึ้นในแต่ละ Loop ของ AHU : CWST = 45 °F



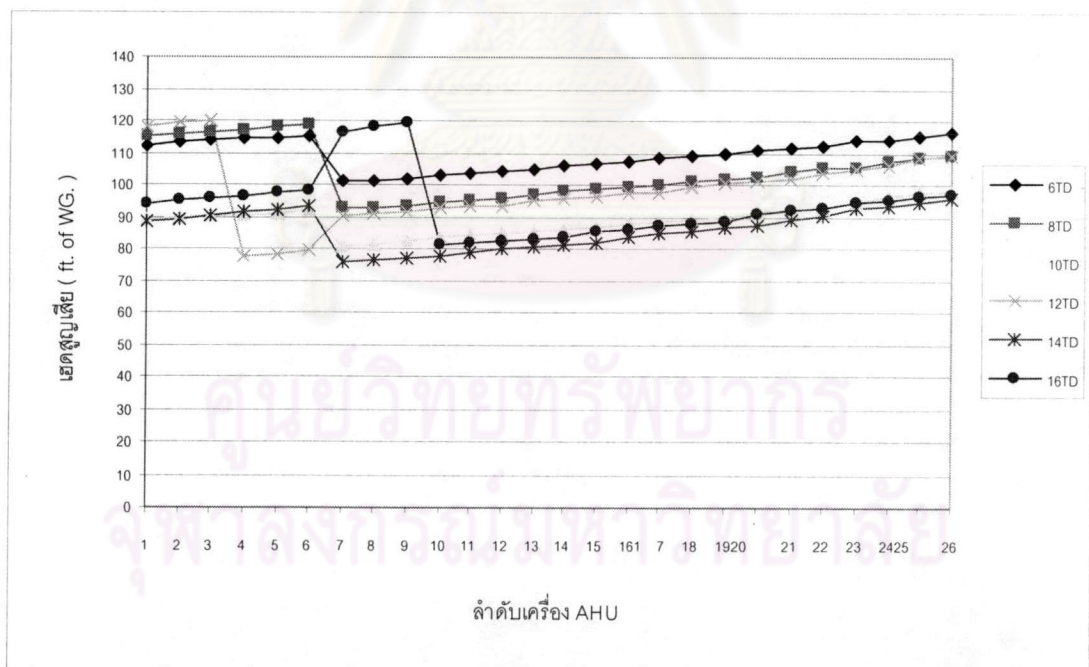
รูปที่ 5.40 แสดงค่า H_{TOTAL} ที่เกิดขึ้นในแต่ละ Loop ของ AHU : CWST = 46 °F



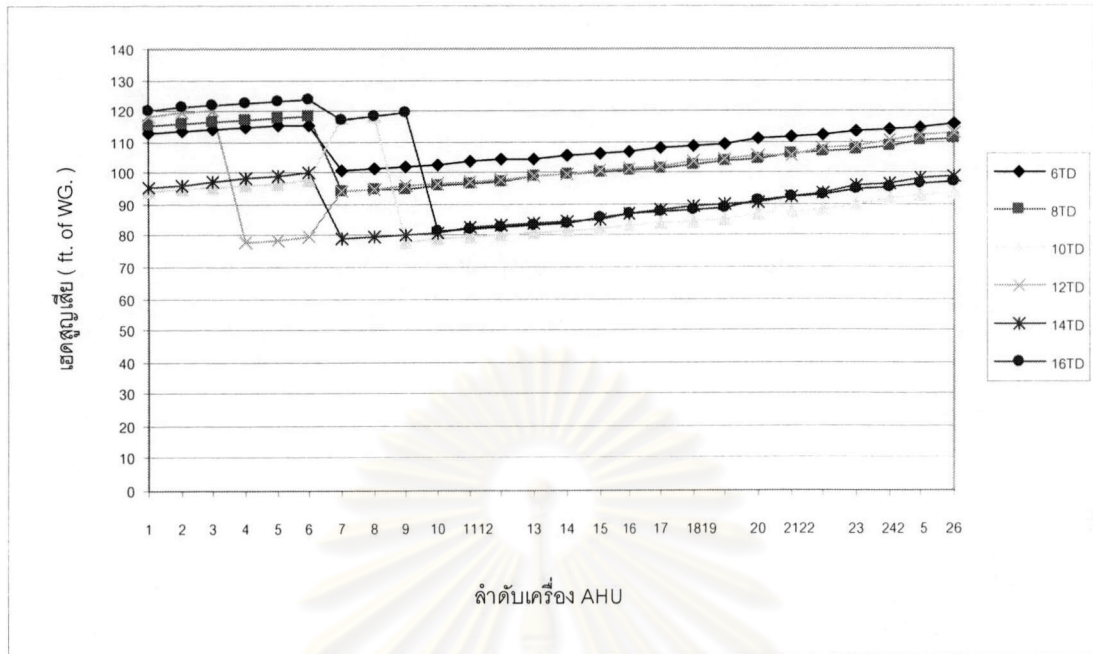
รูปที่ 5.41 แสดงค่า H_{TOTAL} ที่เกิดขึ้นในแต่ละ Loop ของ AHU : CWST = 47 °F



รูปที่ 5.42 แสดงค่า H_{TOTAL} ที่เกิดขึ้นในแต่ละ Loop ของ AHU : CWST = 48 °F



รูปที่ 5.43 แสดงค่า H_{TOTAL} ที่เกิดขึ้นในแต่ละ Loop ของ AHU : CWST = 49 °F



รูปที่ 5.44 แสดงค่า H_{TOTAL} ที่เกิดขึ้นในแต่ละ Loop ของ AHU : CWST = 50 °F

จากรูปที่ 5.34 – 5.44 สามารถเห็นได้อย่างชัดเจนว่าค่าของ H_{TOTAL} ในทุกๆ กรณีนี้ จะมีแนวโน้มค่อนข้างคล้ายคลึงกับค่า H_{CV} ทั้งนี้เนื่องจากวาล์วควบคุม มีค่า Valve Authority ค่อนข้างสูง (ค่า H_{CV} สูง)

โดยที่ค่าต่ำสุดของ H_{TOTAL} ของแต่ละ Loop ในแต่ละกรณี จะอยู่ที่ประมาณ 70 ft. of WG. และค่าสูงสุดของ H_{TOTAL} จะอยู่ที่ประมาณ 120 ft. of WG. (ยกเว้นในกรณีของเครื่อง AHU ขนาด 80 TON ที่ CWST50TD16 จะมีค่าสูงประมาณ 124 ft. of WG.)

และจากค่าสูงสุดของ H_{TOTAL} ดังกล่าวนี้ ทำให้สามารถกำหนดให้ H_{PUMP} มีค่าเท่ากับ 140 ft. of WG. และที่จำเป็นต้องกำหนดให้ค่า H_{PUMP} มีค่าสูงกว่า H_{TOTAL} ทั้งนี้ก็เพื่อให้ระบบมีค่า Safety of Pump Head

5.1.3 ค่าใช้จ่ายของระบบวงจรด้านน้ำเย็น (Cost of Chilled Water Side Loop System)

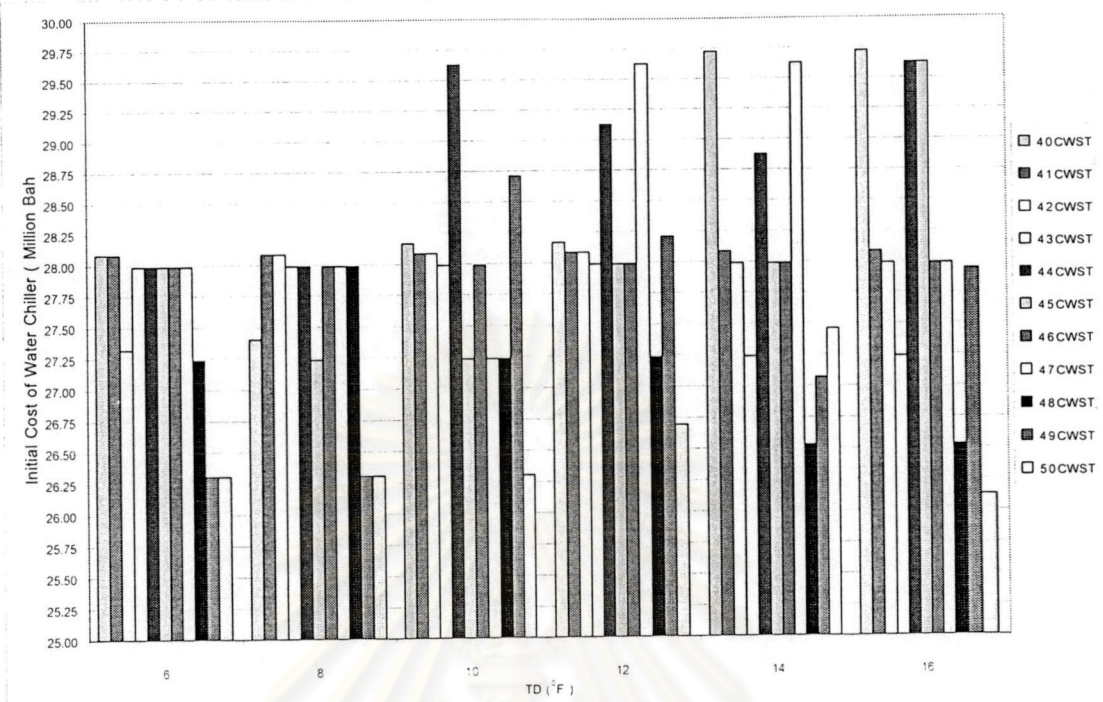
ค่าใช้จ่ายของแบบจำลองระบบวงจรด้านน้ำเย็น สำหรับการออกแบบที่เหมาะสมนี้จะพิจารณาจากค่าใช้จ่ายทั้งหมดตลอดอายุการใช้งาน (LCC) ของระบบ โดยค่าใช้จ่ายจะแบ่งเป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ ค่าใช้จ่ายเบื้องต้น ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (ค่าไฟฟ้า) และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบ

ซึ่งผลลัพธ์ของค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆ ข้างต้นนี้ แสดงอยู่ในตารางที่ ง.1 – ง.11 ภาคผนวก ง. นอกจากนี้ยังได้ทำการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆ ที่เกิดขึ้นทั้งหมดนี้กับค่าใช้จ่ายเมื่อกำหนดให้ CWST45TD10 ดังแสดงในตารางที่ จ.1 – จ.11 ภาคผนวก จ.

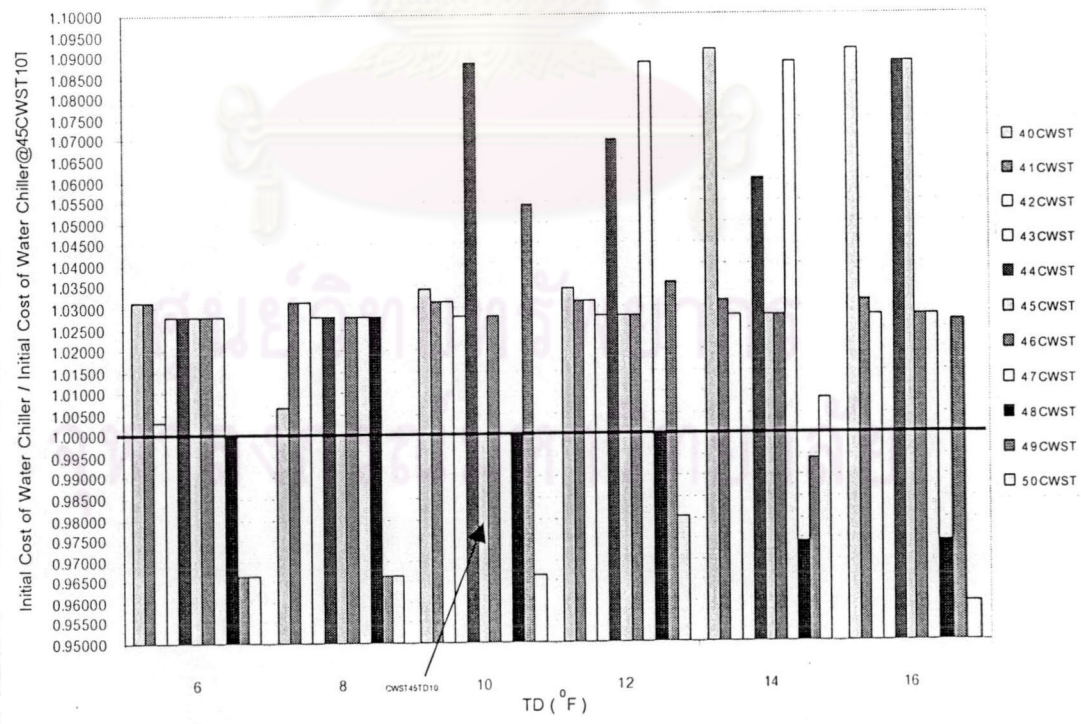
และการที่นำค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆ มาเปรียบเทียบกับกรณี CWST45TD10 นี้ ก็เพราะว่าต้องการที่จะเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต่างๆ เหล่านี้กับค่าใช้จ่ายที่ได้มาจากค่าการออกแบบที่วิศวกรส่วนใหญ่นิยมใช้กันมากในการออกแบบระบบปรับอากาศแบบทำความเย็นจากส่วนกลาง ว่ามีความเหมือน หรือแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด

นอกจากนี้เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ผลกระทบของตัวแปรตัดสินใจ CWST และ TD ว่ามีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆ นี้ชัดเจนยิ่งขึ้น จึงนำข้อมูลในภาคผนวก ง. – จ. มาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรตัดสินใจทั้งสองค่ากับค่าใช้จ่ายในที่เกิดขึ้น ในกรณีต่างๆ ดังแสดงใน รูปที่ 5.45 – 5.68 ซึ่งรายละเอียดของการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายต่างๆ เหล่านี้ มีดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.45 แสดงผลกระทบของ CWST และ TD ที่มีต่อค่า IC_{CH} ในกรณีต่างๆ



รูปที่ 5.46 แสดงค่า IC_{CH} ในกรณีต่างๆ เปรียบเทียบกับค่า IC_{CH@45CWST10TD}

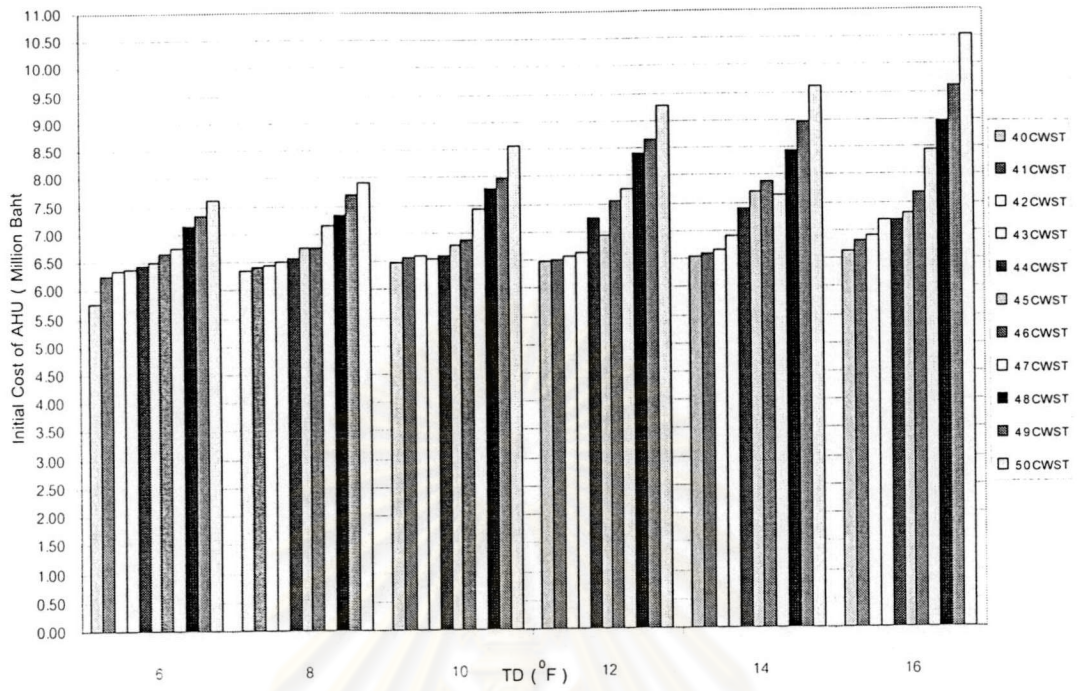
5.1.3.1 ค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของเครื่องทำน้ำเย็น (IC_{CH})

ค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของเครื่องทำน้ำเย็นที่แสดงในรูปที่ 5.45 นั้น เป็นไปตามความสัมพันธ์ของสมการที่ 3.5 ($IC_{CH} = f\{CWST,TD\}$) ไม่ชัดเจนนัก กล่าวคือ เห็นได้อย่างชัดเจนว่าไม่สามารถที่จะระบุได้ว่าค่าใช้จ่ายในส่วนนี้มีแนวโน้มไปในทิศทางใด เมื่อสภาวะการออกแบบเปลี่ยนไป ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากการพิจารณาเลือกเครื่องทำน้ำเย็นนั้นจะพิจารณาเลือกจากเครื่องที่มีค่าใช้จ่ายทั้งหมดตลอดอายุการใช้งาน (ผลรวมของค่าใช้จ่ายเบื้องต้น ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบ) ต่ำที่สุดเป็นเกณฑ์ ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของเครื่องทำน้ำเย็นมีค่าสูงมากเมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายเบื้องต้น และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบ ดังนั้นการพิจารณาเลือกเครื่องทำน้ำเย็นจึงเปรียบเสมือนการพิจารณาเลือกจากค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเป็นหลัก

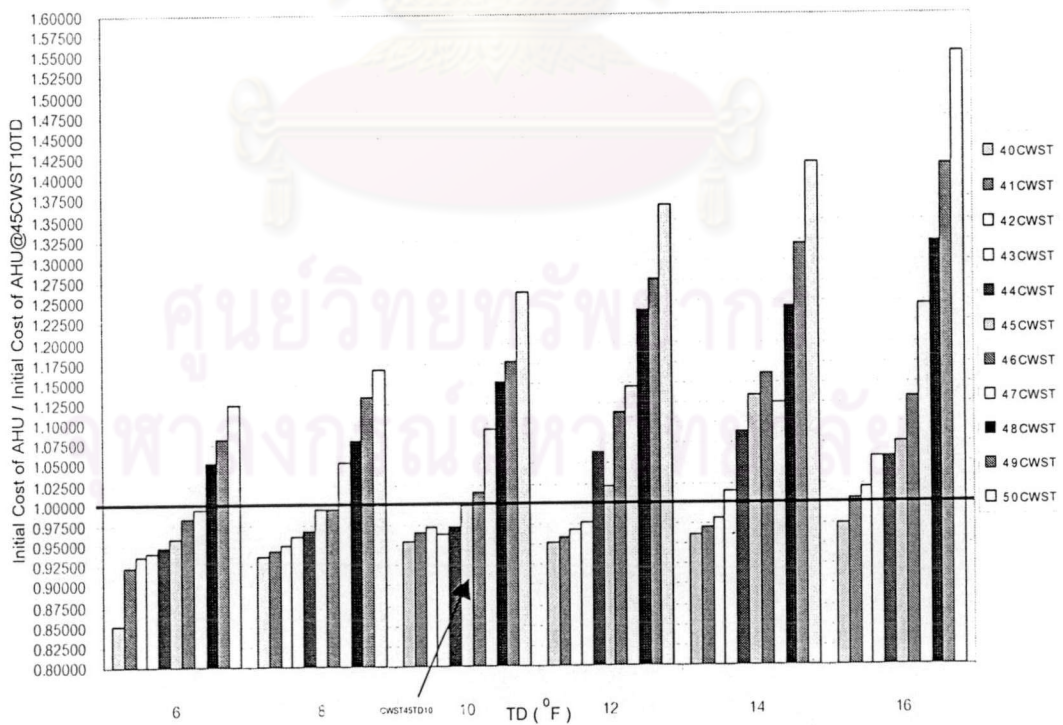
นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาข้อมูลในตารางที่ 3.1 – 3.11 จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าเครื่องทำน้ำเย็นบางรุ่นที่ถูกเลือกมาใช้ นั้น มีช่วงการทำงานที่กว้างมาก กล่าวคือ เมื่อสภาวะค่าการออกแบบเปลี่ยนแปลงไป แต่ในบางกรณีเครื่องทำน้ำเย็นรุ่นเดิมก็ยังคงเป็นเครื่องที่เหมาะสมที่สุด (LCC ต่ำที่สุด) ทำให้ไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนรุ่นของเครื่องทำน้ำเย็นเมื่อสภาวะการออกแบบเปลี่ยนแปลงไป (สังเกตได้จากราคาของเครื่องมีค่าเท่าเดิม)

จากรูปที่ 5.45 พบว่าค่าสูงที่สุดของค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของเครื่องทำน้ำเย็นนั้น มีค่าเท่ากับ 29,717,130 บาท ที่สภาวะการออกแบบ CWST40TD14 และ CWST40TD16 ส่วนค่าต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 26,122,240 บาท ที่สภาวะการออกแบบ CWST50TD16 และค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของเครื่องทำน้ำเย็น ที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 นั้น มีค่าเท่ากับ 27,230,090 บาท ตามลำดับ

และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าสูงที่สุด / ค่าต่ำที่สุดของค่าใช้จ่ายในส่วนดังกล่าวข้างต้นนี้กับสภาวะการออกแบบที่นิยมใช้โดยทั่วไป ดังแสดงในรูปที่ 5.46 ก็พบว่าค่าสูงที่สุดของค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของเครื่องทำน้ำเย็นนั้นจะมีค่าสูงกว่าค่าใช้จ่ายที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 ประมาณ 9.13 % และค่าต่ำที่สุดของค่าใช้จ่ายนี้จะมีค่าต่ำกว่าค่าใช้จ่ายที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 ประมาณ 4.07 %



รูปที่ 5.47 แสดงผลกระทบบของ CWST และ TD ที่มีต่อค่า IC_{AHU} ในกรณีต่างๆ



รูปที่ 5.48 แสดงค่า IC_{AHU} ในกรณีต่างๆ เปรียบเทียบกับค่า IC_{AHU@45CWST10TD}

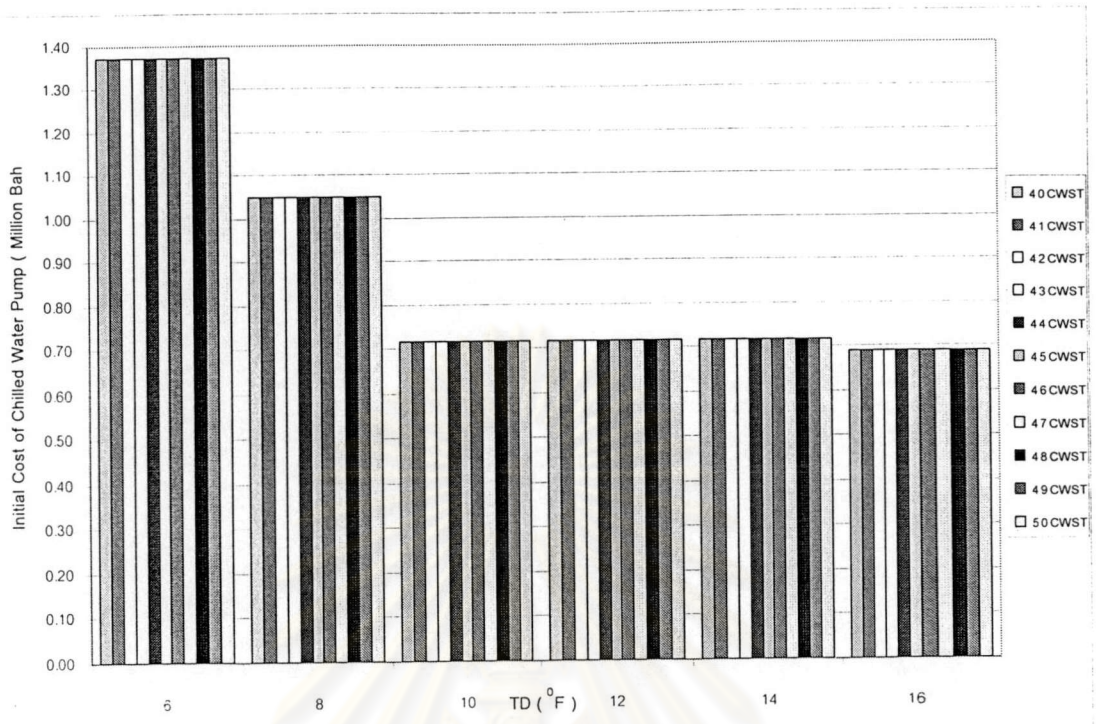
5.1.3.2 ค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของเครื่องส่งลมเย็น (IC_{AHU})

ค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของเครื่องส่งลมเย็นที่แสดงในรูปที่ 5.47 นี้ เป็นไปตามความสัมพันธ์ของสมการที่ 3.11 ($IC_{AHU} = f\{CWST, TD\}$) กล่าวคือ ค่าใช้จ่ายดังกล่าวนี้จะมีแนวโน้มที่สูงขึ้นเมื่อ CWST และ TD เพิ่มสูงขึ้น และที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่าเมื่อสภาวะดังกล่าวมีค่าสูงขึ้นจะส่งผลทำให้เครื่องส่งลมเย็นมีขนาดใหญ่ขึ้น (ขนาดพื้นที่ของ Coil ,จำนวน Row เพิ่มขึ้น ขนาดของ Blower ใหญ่ขึ้น ส่วนขนาดของมอเตอร์พัดลมบางกรณีก็มีขนาดใหญ่ขึ้น) เพื่อเป็นการช่วยเพิ่มอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ

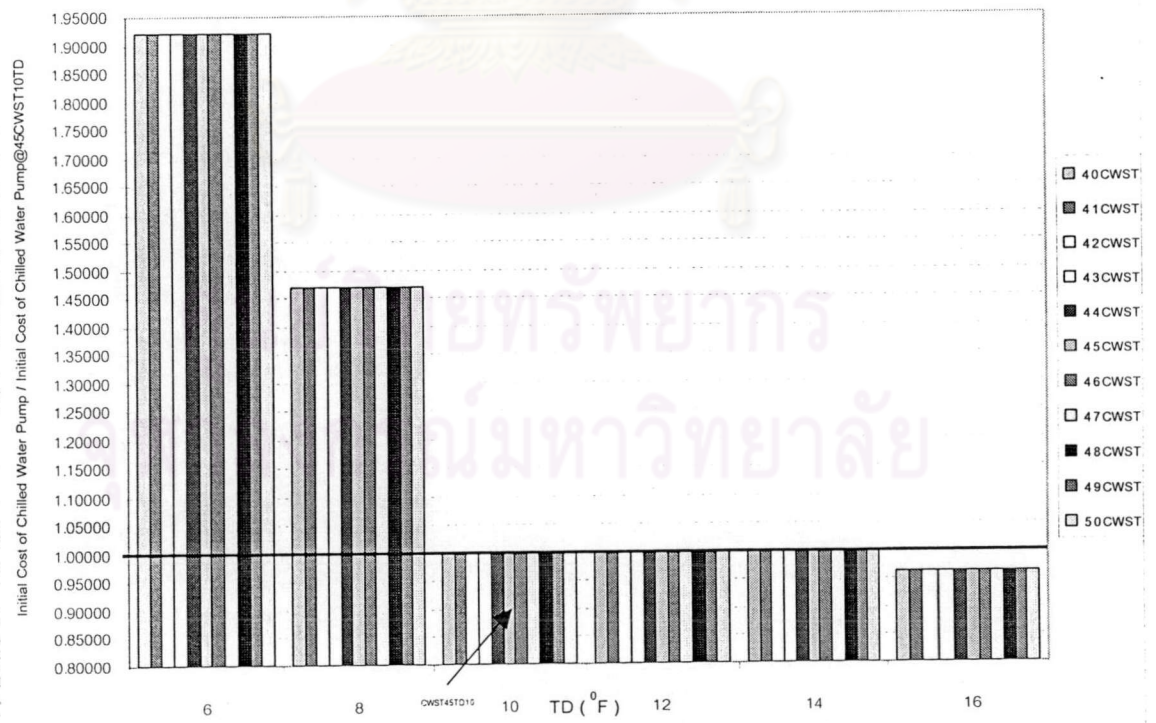
และถึงแม้ว่าหลักในการเลือกเครื่องส่งลมเย็นจะใช้หลักการเดียวกันกับการเลือกเครื่องทำน้ำเย็น นั่นคือ การพิจารณาเลือกเครื่องที่เหมาะสมจากค่า LCC ที่ต่ำที่สุดเป็นหลัก แต่เนื่องจากเครื่องส่งลมเย็นแต่ละรุ่นมีช่วงการทำงานที่แคบกว่าเครื่องทำน้ำเย็น ดังนั้นเมื่อสภาวะการออกแบบเปลี่ยนแปลงไปรุ่นของเครื่องส่งลมเย็นจึงเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย (ไม่เหมือนกับกรณีเครื่องทำน้ำเย็น)

จากรูปที่ 5.47 พบว่าค่าใช้จ่ายในส่วนนี้จะมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 10,541,160 บาท ที่สภาวะการออกแบบ CWST50TD16 ส่วนค่าต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 5,770,275 บาท ที่สภาวะการออกแบบ CWST40TD6 และค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของเครื่องส่งลมเย็น ที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 นั้น มีค่าเท่ากับ 6,783,957 บาท ตามลำดับ

และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าสูงที่สุด / ค่าต่ำที่สุดของค่าใช้จ่ายในส่วนนี้กับสภาวะการออกแบบที่นิยมใช้โดยทั่วไป ในรูปที่ 5.48 ก็พบว่าค่าสูงที่สุดของค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของเครื่องส่งลมเย็นจะมีค่าสูงกว่าค่าใช้จ่ายที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 ประมาณ 55.38 % และค่าต่ำที่สุดของค่าใช้จ่ายนี้จะมีค่าต่ำกว่าค่าใช้จ่ายที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 ประมาณ 14.94 %



รูปที่ 5.49 แสดงผลกระทบของ CWST และ TD ที่มีต่อค่า IC_{PUMP} ในกรณีต่างๆ



รูปที่ 4.50 แสดงค่า IC_{PUMP} ในกรณีต่างๆ เปรียบเทียบกับค่า $IC_{PUMP@45CWST10TD}$

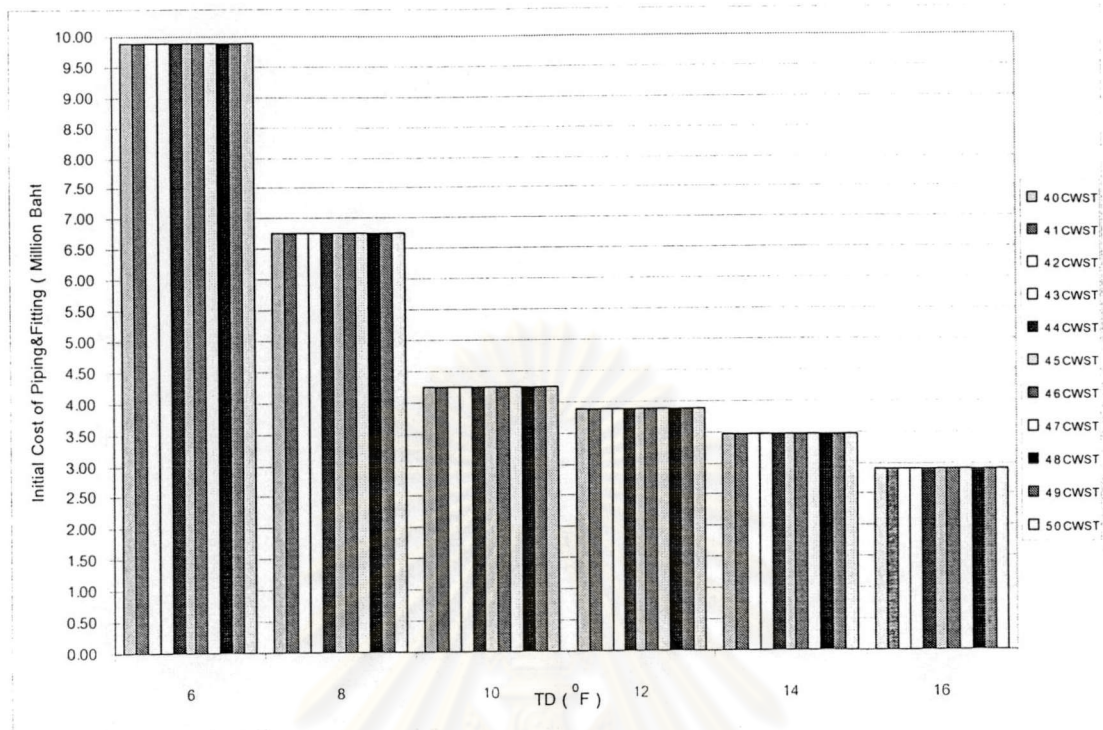
5.1.3.3 ค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของเครื่องสูบน้ำ (IC_{PUMP})

ค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของเครื่องสูบน้ำเย็นที่แสดงในรูปที่ 5.49 นี้ เป็นไปตามความสัมพันธ์ของสมการที่ 3.40 ($IC_{PUMP} = f\{TD\}$) กล่าวคือ ค่าใช้จ่ายดังกล่าวนี้ จะมีแนวโน้มที่สูงขึ้น เมื่อ TD ลดต่ำลง [การลดลงของ TD ส่งผลทำให้ GPM มีค่าเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก $GPM = \left(\frac{24}{TD}\right)(\text{Ton})$ (ความสัมพันธ์ของสมการที่ 2.5) และเมื่อ GPM มีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้จำเป็นต้องเลือกเครื่องสูบน้ำเย็นและมอเตอร์ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เป็นผลทำให้ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้สูงขึ้นตามไปด้วย]

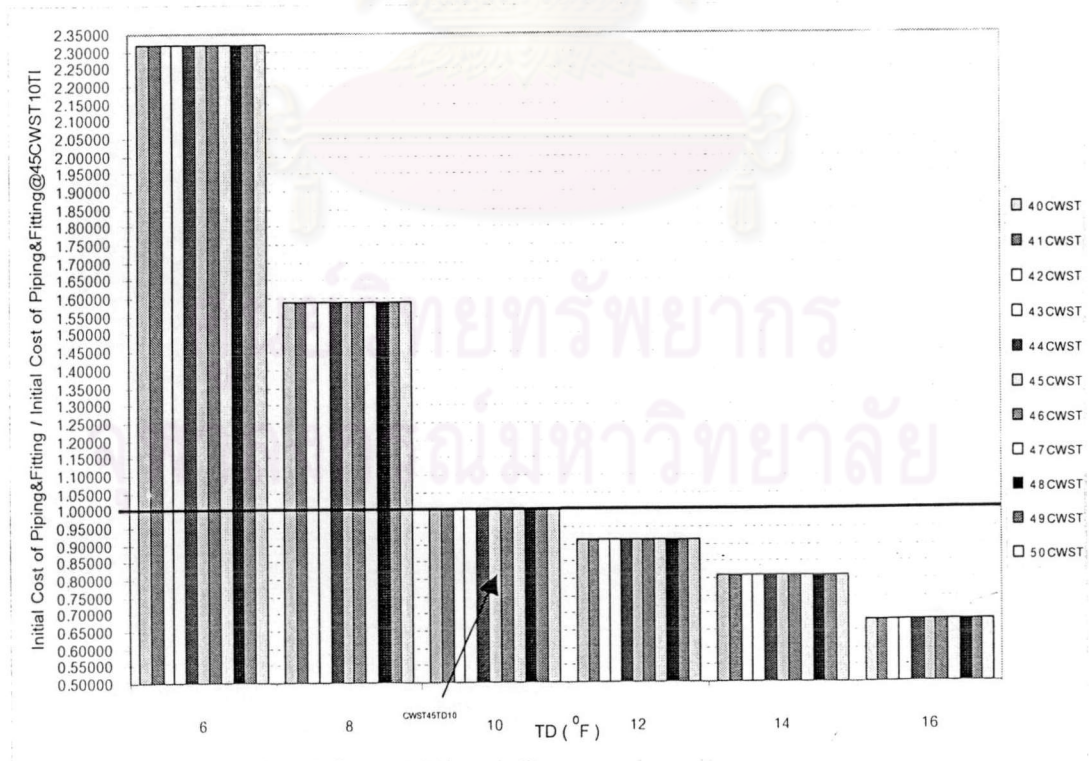
แต่ทั้งนี้ก็ไม่เป็นจริงเสมอไปในทุกกรณี เพราะในกรณีที่ออกแบบให้ค่าของ TD ลดต่ำลงจาก 14°F ไปเป็น 12°F และ 10°F ตามลำดับ แต่กลับปรากฏว่าค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของเครื่องสูบน้ำไม่มีค่าเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม นั่นก็แสดงว่า การเพิ่มขึ้นของค่า GPM นั้น มีค่าไม่มากพอที่จะส่งผลทำให้ต้องเลือกเครื่องสูบน้ำตัวใหม่ที่มีขนาดใหญ่กว่าเดิม หรือ กล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ ค่า TD ลดต่ำลงไม่เพียงพอที่จะทำให้ต้องเลือกชุดเครื่องสูบน้ำตัวใหม่ที่มีขนาดใหญ่กว่าเดิม นั่นเอง

จากรูปที่ 5.49 พบว่าค่าใช้จ่ายในส่วนนี้จะมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 1,374,400 บาท เมื่อ TD มีค่าเท่ากับ 6 °F (CWST มีค่า 40-50 °F) ส่วนค่าต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 690,000 บาท เมื่อ TD มีค่าเพิ่มสูงขึ้นเท่ากับ 16 °F (CWST มีค่า 40-50 °F) และค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของเครื่องสูบน้ำเย็นที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 นั้น มีค่าเท่ากับ 716,000 บาท (เท่ากับกรณี CWST มีค่า 40-50 °F และ TD มีค่า 10-14 °F ด้วย)

และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าสูงที่สุด / ค่าต่ำที่สุดของค่าใช้จ่ายในส่วนนี้กับสภาวะการออกแบบที่นิยมใช้โดยทั่วไป ในรูปที่ 5.50 ก็พบว่าค่าสูงที่สุดของค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของเครื่องสูบน้ำเย็นจะมีค่าสูงกว่าค่าใช้จ่ายที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 ประมาณ 91.96 % และค่าต่ำที่สุดของค่าใช้จ่ายเบื้องต้นนั้นจะมีค่าต่ำกว่าค่าใช้จ่ายที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 ประมาณ 3.63 %



รูปที่ 5.1 แสดงผลกระทบของ CWST และ TD ที่มีต่อค่า IC_{PIPING & FITTING} ในกรณีต่างๆ



รูปที่ 5.2 แสดงค่า IC_{PIPING & FITTING} ในกรณีต่างๆ เปรียบเทียบกับค่า IC_{PIPING & FITTING @45CWST10TD}

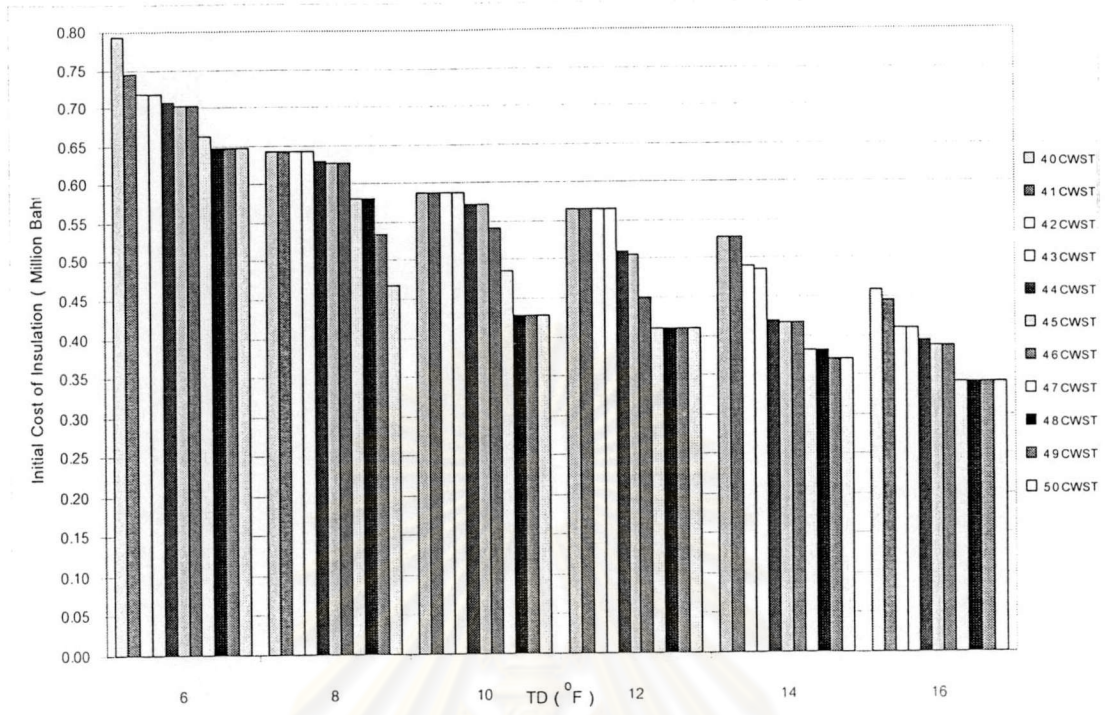
5.1.3.4 ค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของท่อและอุปกรณ์ประกอบ ($IC_{\text{PIPING\&FITTING}}$)

ค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของท่อและอุปกรณ์ประกอบระบบท่อซึ่งรวมไปถึงข้อต่อ ข้ออ วาล์ว และวาล์วควบคุม ที่แสดงในรูป 5.51 นี้ จะเป็นไปตามความสัมพันธ์ของสมการที่ 3.24 ($IC_{\text{PIPE}} = f\{TD\}$) และสมการที่ 3.35 ($IC_{\text{FITTING \& VALVE}} = f\{TD\}$) กล่าวคือ ค่าใช้จ่ายดังกล่าวนี้ จะมีแนวโน้มที่สูงขึ้น เมื่อ TD ลดต่ำลง [การลดลงของ TD ส่งผลทำให้ GPM มีค่าเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก $GPM = \left(\frac{24}{TD}\right)(\text{Ton})$ (ความสัมพันธ์ของสมการที่ 2.5)] และเมื่อ GPM มีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้จำเป็นต้องเลือกขนาดของท่อน้ำเย็นและอุปกรณ์ประกอบระบบท่อให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เป็นผลทำให้ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้สูงขึ้นตามไปด้วยเช่นเดียวกันกับในกรณีของเครื่องสูบน้ำ

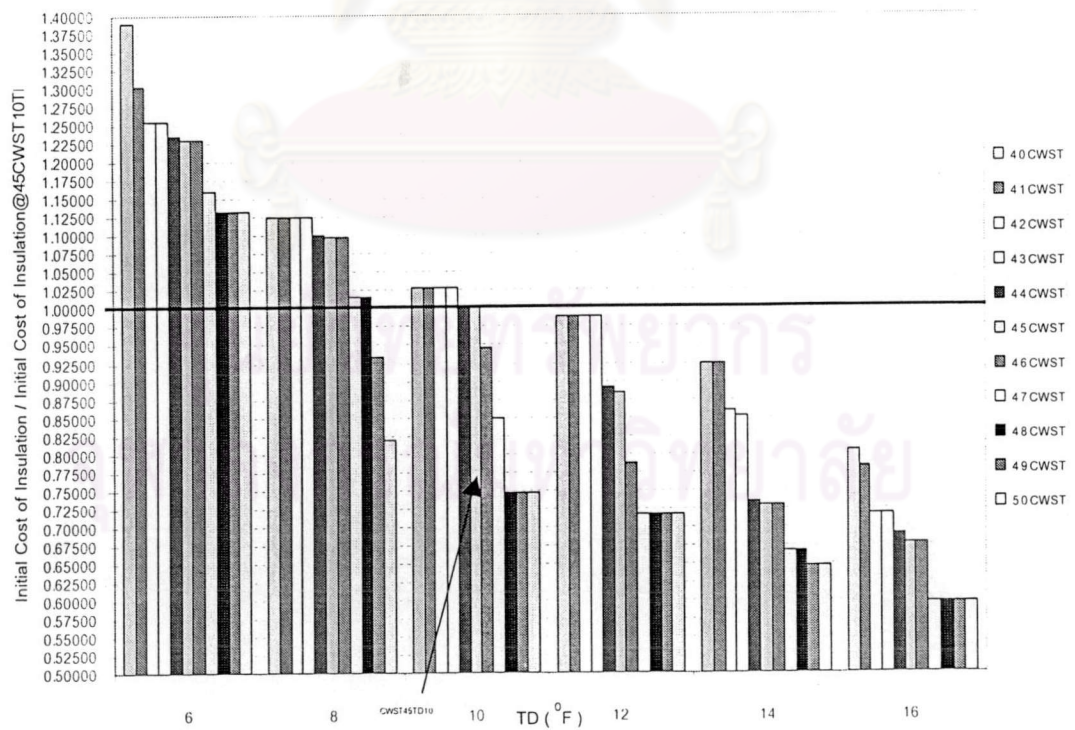
แต่ทั้งนี้ก็ไม่เป็นจริงเสมอไปเพราะในบางกรณีที่ออกแบบให้ค่าของ TD ลดต่ำลง แต่กลับปรากฏว่าค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของท่อน้ำเย็นและอุปกรณ์ประกอบไม่มีค่าเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม นั่นก็แสดงว่า ค่าของ TD มีค่าไม่ต่ำมากพอที่จะส่งผลทำให้ต้องเลือกท่อและอุปกรณ์ประกอบให้มีขนาดใหญ่กว่าเดิม เป็นต้น

จากรูปที่ 5.51 พบว่าค่าใช้จ่ายในส่วนนี้จะมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 9,887,667 บาท เมื่อ TD มีค่าเท่ากับ 6 °F (CWST มีค่า 40-50 °F) ส่วนค่าต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 2,901,614 บาท เมื่อ TD มีค่าสูงขึ้นไปเป็น 16°F (CWST มีค่า 40-50 °F) และค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของท่อและอุปกรณ์ประกอบ ที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 นั้น มีค่าเท่ากับ 4,259,223 บาท ตามลำดับ

และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าสูงที่สุด / ค่าต่ำที่สุดของค่าใช้จ่ายในส่วนนี้กับสภาวะการออกแบบที่นิยมใช้โดยทั่วไป ในรูปที่ 5.52 ก็พบว่าค่าสูงที่สุดของค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของท่อและอุปกรณ์ประกอบ จะมีค่าสูงกว่าค่าใช้จ่ายที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 ประมาณ 132.15 % และค่าต่ำที่สุดของค่าใช้จ่ายนี้มีค่าต่ำกว่าค่าใช้จ่ายที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 ประมาณ 31.77 %



รูปที่ 5.53 แสดงผลกระทบของ CWST และ TD ที่มีต่อค่า $IC_{INSULATION}$ ในกรณีต่างๆ



รูปที่ 5.54 แสดงค่า $IC_{INSULATION}$ ในกรณีต่างๆ เปรียบเทียบกับค่า $IC_{INSULATION@45CWST10TD}$

5.1.3.5 ค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของฉนวน ($IC_{INSULATION}$)

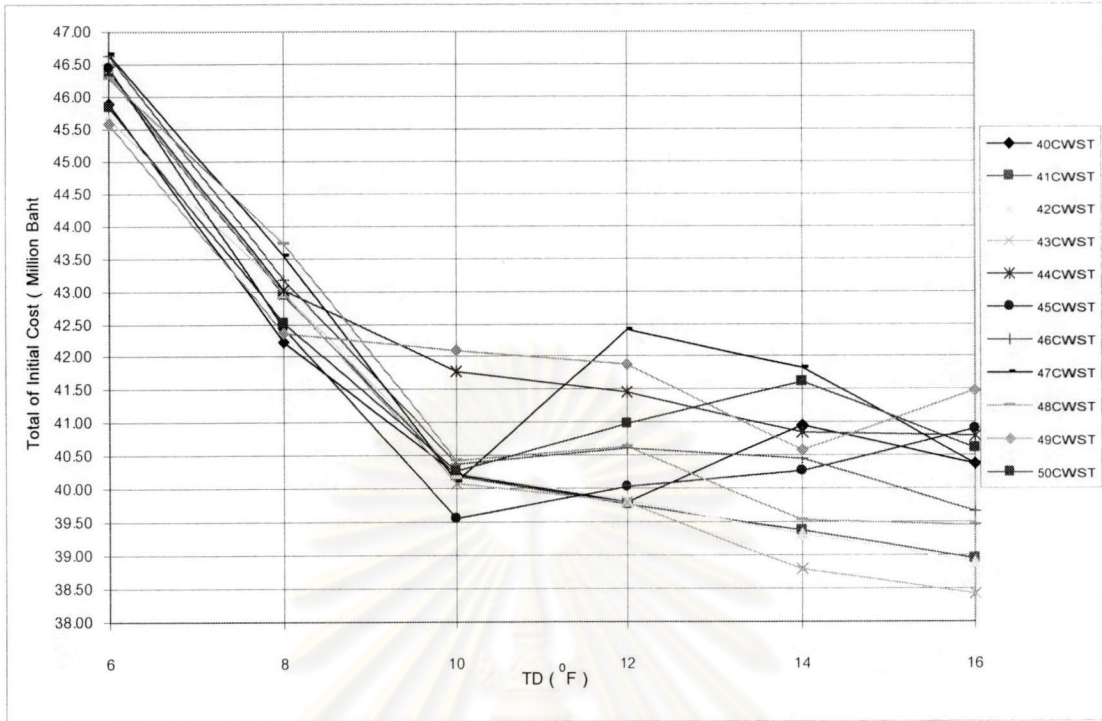
ค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของฉนวนที่แสดงในรูปที่ 5.53 จะเป็นไปตามความสัมพันธ์ของสมการที่ 3.39 ($IC_{INSULATION} = f\{CWST, TD\}$) กล่าวคือ ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้จะมีแนวโน้มที่สูงขึ้นเมื่อ CWST และ TD ลดต่ำลง และที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่าเมื่อสภาวะดังกล่าวมีค่าลดลง มีผลทำให้จำเป็นต้องเพิ่มความหนาของฉนวนเพื่อลดการสูญเสียของพลังงาน และป้องกันการเกิดหยดเหงื่อที่ผิวท่อรวมไปถึงอุปกรณ์อื่นๆ

แต่ทั้งนี้ก็ไม่เป็นจริงเสมอไปเพราะในบางกรณีที่ออกแบบให้ค่าของ CWST และ TD ลดต่ำลง แต่กลับปรากฏว่าค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของฉนวนไม่มีค่าเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม นั่นก็แสดงว่า ค่าของ CWST และ TD มีค่าไม่ต่ำมากพอที่จะส่งผลทำให้ต้องเพิ่มความหนาของฉนวน (ความหนาเดิมยังคงใช้ได้)

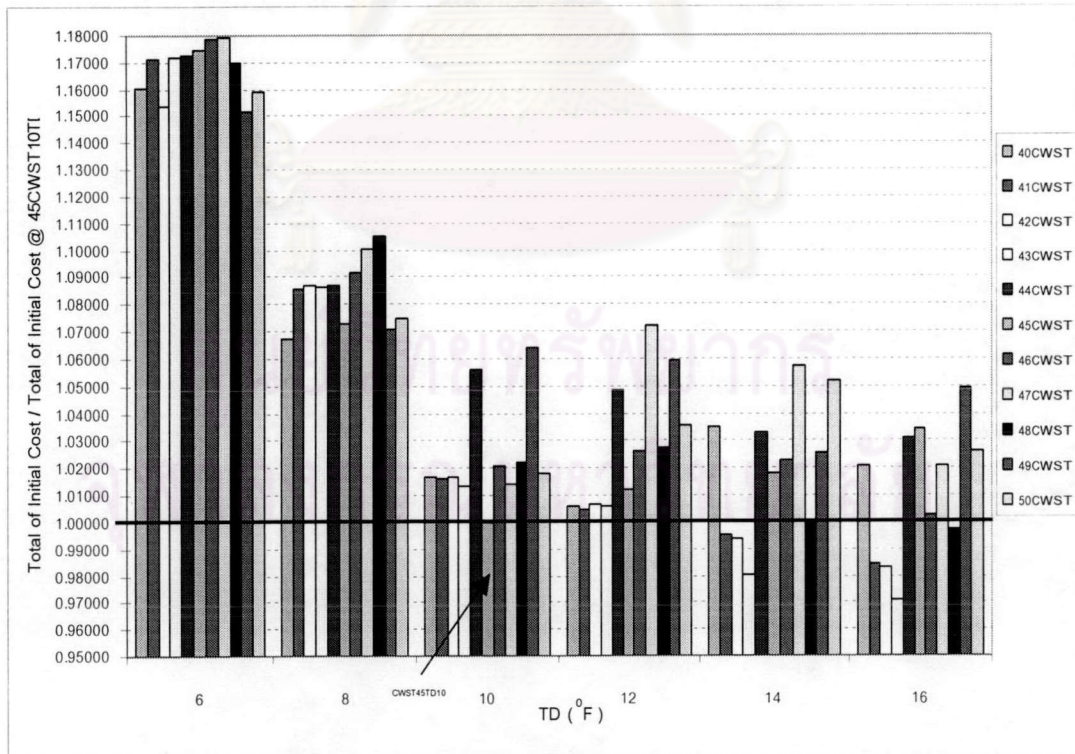
จากรูปที่ 5.53 พบว่าค่าใช้จ่ายในส่วนนี้จะมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 793,557 บาท ที่สภาวะการออกแบบ CWST40TD6 ส่วนค่าต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 341,402 บาท เมื่อ TD มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น $16^{\circ}F$ และ CWST มีค่า $47-50^{\circ}F$ ส่วนค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของฉนวน ที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 นั้น มีค่าเท่ากับ 571,373 บาท ตามลำดับ

และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าสูงที่สุด / ค่าต่ำที่สุดของค่าใช้จ่ายในส่วนนี้กับสภาวะการออกแบบที่นิยมใช้โดยทั่วไป ในรูปที่ 5.54 ก็พบว่าค่าสูงที่สุดของค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของฉนวน จะมีค่าสูงกว่าค่าใช้จ่ายที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 ประมาณ 38.87 % และค่าต่ำที่สุดของค่าใช้จ่ายนี้จะมีค่าต่ำกว่าค่าใช้จ่ายที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 ประมาณ 40.25 %

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.55 แสดงผลกระทบของ CWST และ TD ที่มีต่อค่า IC_{TOTAL} ในกรณีต่างๆ



รูปที่ 5.56 แสดงค่า IC_{TOTAL} ในกรณีต่างๆ เปรียบเทียบกับค่า $IC_{TOTAL@45CWST10TD}$

5.1.3.6 ค่าใช้จ่ายเบื้องต้นทั้งหมด (IC_{TOTAL})

ค่าใช้จ่ายเบื้องต้นทั้งหมดของระบบ คือ ผลรวมของค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของเครื่องทำน้ำเย็น เครื่องส่งลมเย็นและระบบการกระจายน้ำเย็นดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ค่าใช้จ่ายเบื้องต้นทั้งหมดของระบบนี้แสดงอยู่ในรูปที่ 5.55 ส่วนในรูปที่ 5.56 นั้น เป็นกราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในส่วนนี้กับกรณี CWST45TD10

ซึ่งเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5.55 แล้วพบค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กรณีหลักๆ ดังนี้ คือ

กรณีที่ TD มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง $6-10^{\circ}F$ (สำหรับทุกค่าของ CWST) จะพบว่าค่าใช้จ่ายในส่วนนี้จะมีแนวโน้มที่สูงขึ้นอย่างชัดเจนและต่อเนื่อง เมื่อ TD มีค่าลดต่ำลง ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของเครื่องทำน้ำเย็นในช่วงนี้มีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก เป็นผลทำให้ค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของระบบการกระจายน้ำเย็นซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องสูบน้ำเย็น ท่อน้ำเย็น อุปกรณ์ประกอบระบบท่อและฉนวน มีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายเบื้องต้นทั้งหมดของระบบในช่วงนี้เป็นอย่างมาก และค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดในช่วงนี้ อยู่ที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 [(ค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของเครื่องทำน้ำเย็น เครื่องส่งลมเย็นมีค่าค่อนข้างต่ำ ส่วนค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของระบบการกระจายน้ำเย็นมีค่าต่ำมาก เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกัน ($TD = 6 - 10^{\circ}F$)]

กรณีที่ TD มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง $12-16^{\circ}F$ (สำหรับทุกค่าของ CWST) จะพบว่าเมื่อกำหนดให้ CWST เท่ากับ $41 - 43^{\circ}F$ ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ยังคงมีแนวโน้มที่สูงขึ้น เมื่อ TD มีค่าลดต่ำลง เหมือนกรณีแรก แต่ที่ CWST ค่าอื่นๆ นอกเหนือจากนี้ จะพบว่าค่าใช้จ่ายในส่วนนี้เห็นได้อย่างชัดเจนว่าไม่สามารถที่จะระบุได้ว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางใด ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของเครื่องทำน้ำเย็นที่สภาวะการออกแบบดังกล่าวนี้มีค่าแตกต่างกันอย่างชัดเจน และค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดในช่วงนี้ อยู่ที่สภาวะการออกแบบ CWST43TD16 [(ค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของเครื่องทำน้ำเย็น เครื่องส่งลมเย็นมีค่าค่อนข้างต่ำ ส่วนค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของระบบการกระจายน้ำเย็นมีค่าต่ำมาก เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกัน ($TD = 12-16^{\circ}F$)]

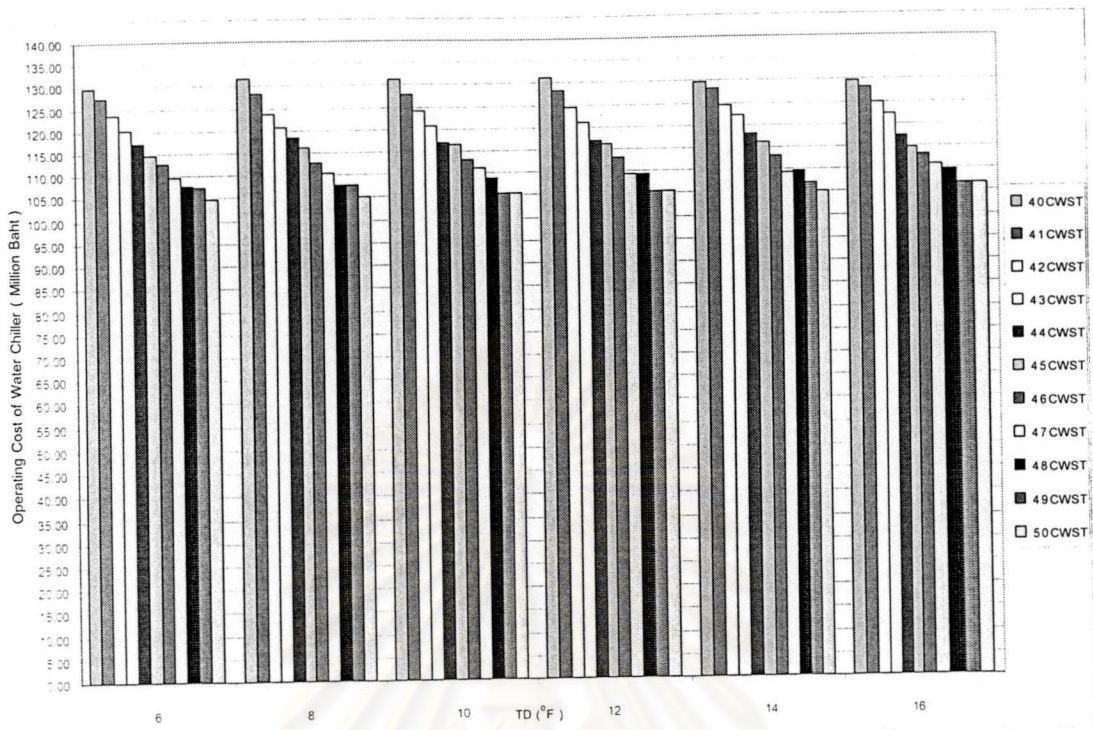
และเมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดของทั้งสองกรณีข้างต้น พบว่าค่าใช้จ่ายเบื้องต้นทั้งหมดที่ต่ำที่สุดอยู่ที่สภาวะการออกแบบ CWST43TD16 ทั้งนี้เนื่องจากที่สภาวะดังกล่าวนี้มีค่า

ใช้จ่ายเบื้องต้นของระบบกระจายน้ำเย็นต่ำกว่าที่สภาวะการออกแบบ CWST40TD10 ถึง 1,540,584 บาท (ค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของเครื่องทำน้ำเย็นมีค่าเท่ากัน แต่ค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของเครื่องส่งลมเย็นในกรณี CWST43TD16 มีค่าสูงกว่าเพียง 392,212 บาท)

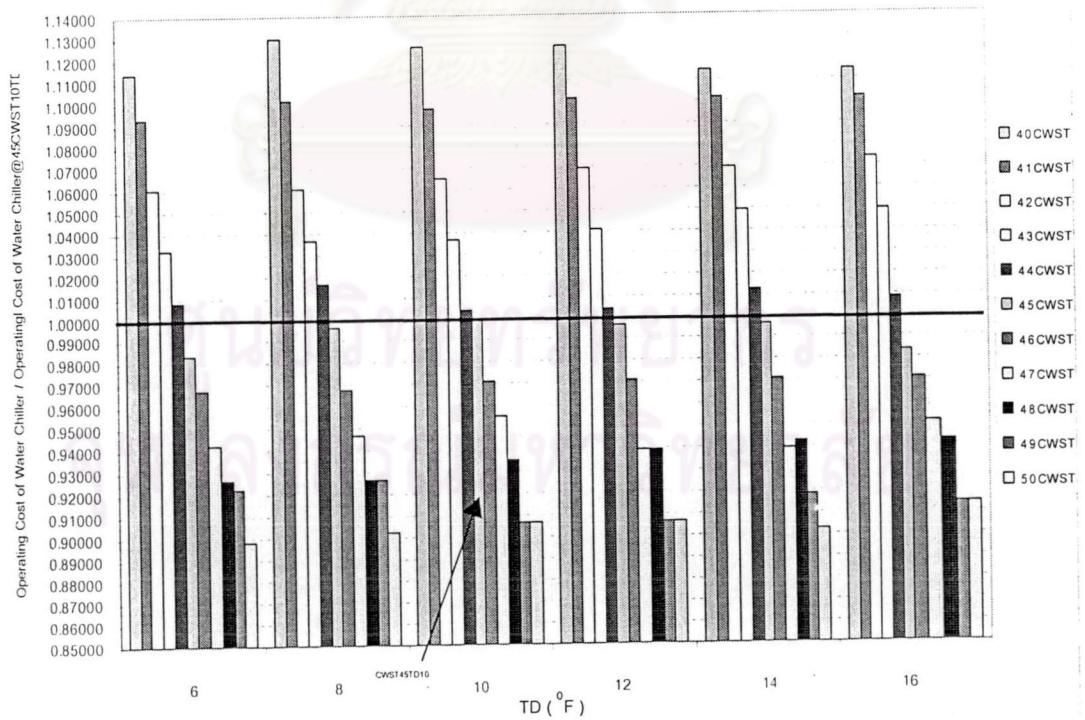
จากรูปที่ 5.55 พบว่าค่าใช้จ่ายเบื้องต้นทั้งหมดของระบบนี้มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 46,666,925 บาท ที่สภาวะการออกแบบ CWST47TD6 ส่วนค่าต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 38,412,271 บาท ที่สภาวะการออกแบบ CWST43TD16 ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น และค่าใช้จ่ายเบื้องต้นทั้งหมดของระบบ ที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 นั้น มีค่าเท่ากับ 39,560,643 บาท ตามลำดับ

และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าสูงที่สุด / ค่าต่ำที่สุดของค่าใช้จ่ายในส่วนนี้กับสภาวะการออกแบบที่นิยมใช้โดยทั่วไป ในรูปที่ 5.56 ก็พบว่าค่าสูงที่สุดของค่าใช้จ่ายเบื้องต้นทั้งหมดของระบบ จะมีค่าสูงกว่าค่าใช้จ่ายที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 ประมาณ 17.96 % และค่าต่ำที่สุดของค่าใช้จ่ายนี้จะมีค่าต่ำกว่าค่าใช้จ่ายที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 ประมาณ 2.90 %

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.57 แสดงผลกระทบของ CWST และ TD ที่มีต่อค่า OC_{CH} ในกรณีต่างๆ



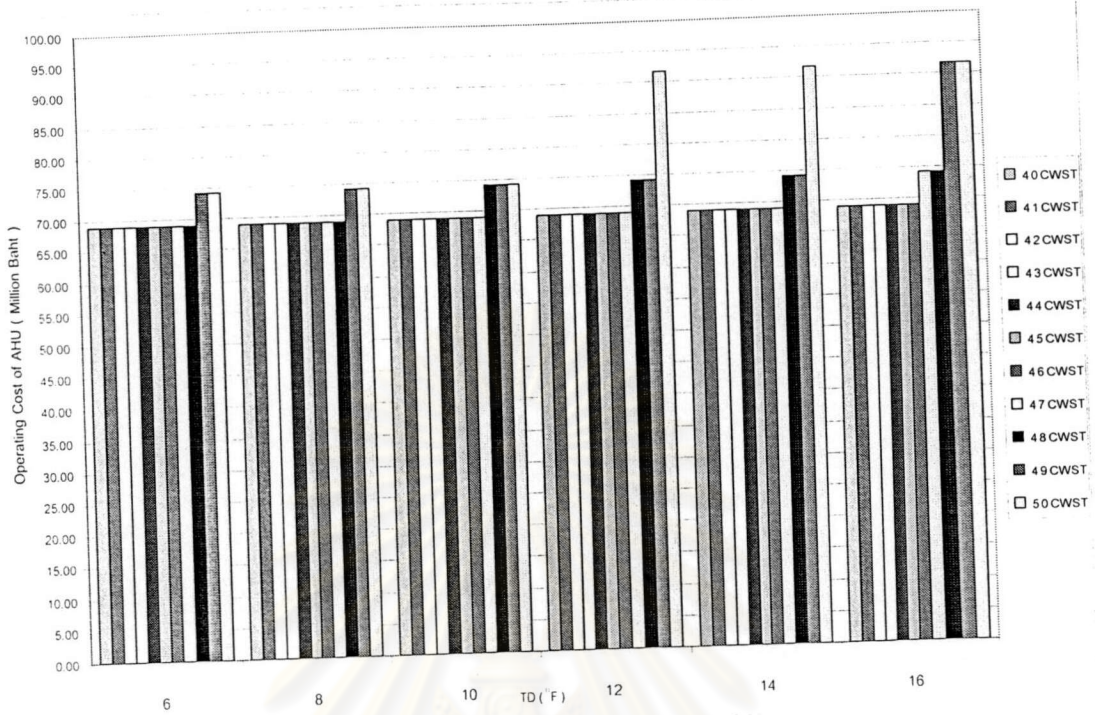
รูปที่ 5.58 แสดงค่า OC_{CH} ในกรณีต่างๆ เปรียบเทียบกับค่า $OC_{CH@45CWST10TD}$

5.1.3.7 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของเครื่องทำน้ำเย็น (OC_{CH})

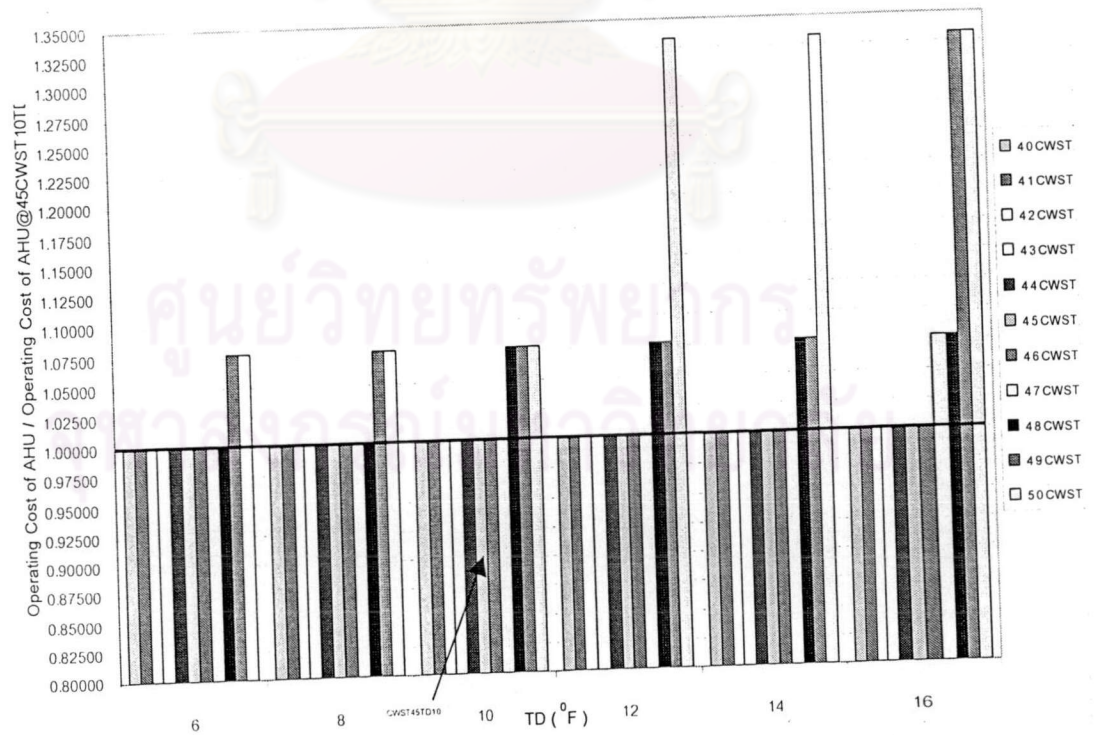
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของเครื่องทำน้ำเย็นที่แสดงในรูปที่ 5.57 นี้ จะเป็นไปตามความสัมพันธ์ของสมการที่ 3.9 ($EC_{CH} = f\{CWST, TD\}$) แต่แนวโน้มส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับค่าการเปลี่ยนแปลงของ CWST กล่าวคือ จากรูปจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าค่าใช้จ่ายดังกล่าวนี้มีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อ CWST มีค่าลดต่ำลง ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากเมื่อ CWST มีค่าลดลง จะส่งผลทำให้ Evaporator Temperature ของเครื่องทำน้ำเย็นมีค่าลดต่ำลงตามไปด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2.5 และการลดต่ำลงของ Evaporator Temperature นี้ จะส่งผลกระทบต่อ การเลือกขนาดของคอมเพรสเซอร์ที่นำมาติดตั้งกับเครื่องทำน้ำเย็น ทั้งนี้เพราะเมื่อ Evaporator Temperature ลดต่ำลง จะทำให้จำเป็นต้องเลือกใช้คอมเพรสเซอร์ขนาดใหญ่ขึ้น เป็นผลทำให้ อัตราการใช้ไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นสูงขึ้นตามไปด้วย (แต่สำหรับในบางกรณีค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ ก็ไม่ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากคอมเพรสเซอร์ขนาดเดิมนั้นยังสามารถรองรับกับสภาวะการออกแบบนั้น ได้)

จากรูปที่ 5.57 พบว่าค่าที่สูงที่สุดนั้นมีค่าเท่ากับ 131,670,500 บาท ที่สภาวะการออกแบบ CWST40TD8 ส่วนค่าต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 104,673,300 บาท ที่สภาวะการออกแบบ CWST50TD6 และสำหรับค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ ที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 นั้น มีค่าเท่ากับ 116,514,200 บาท ตามลำดับ

และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าสูงที่สุด / ค่าต่ำที่สุดของค่าใช้จ่ายในส่วนนี้กับสภาวะการออกแบบที่นิยมใช้โดยทั่วไป ในรูปที่ 5.58 ก็พบว่าค่าสูงที่สุดของค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของเครื่องทำน้ำเย็นจะมีค่าสูงกว่าค่าใช้จ่ายที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 ประมาณ 13.0 % และค่าต่ำที่สุดของค่าใช้จ่ายนี้จะมีค่าต่ำกว่าค่าใช้จ่ายที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 ประมาณ 10.16 %



รูปที่ 5.59 แสดงผลกระทบบของ CWST และ TD ที่มีต่อค่า OC_{AHU} ในกรณีต่างๆ



รูปที่ 5.60 แสดงค่า OC_{AHU} ในกรณีต่างๆ เปรียบเทียบกับค่า $OC_{AHU@45CWST-10TD}$

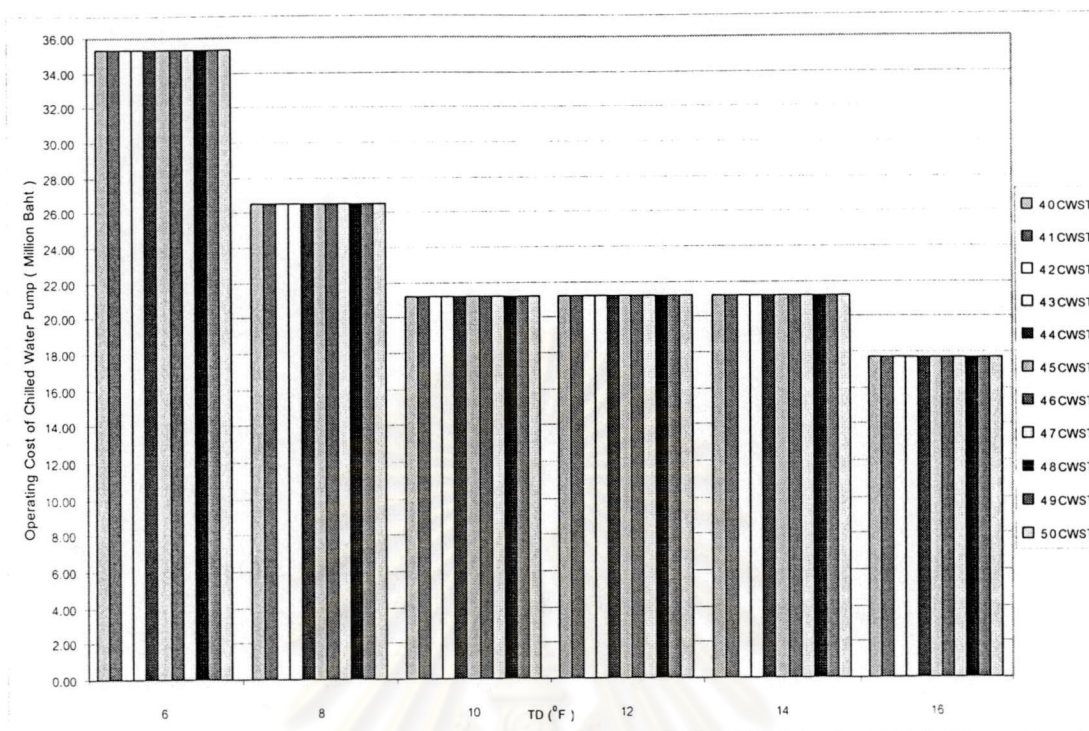
5.1.3.8 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของเครื่องส่งลมเย็น (OC_{AHU})

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของเครื่องส่งลมเย็นที่แสดงในรูปที่ 5.59 นี้ จะเป็นไปตามความสัมพันธ์ของสมการที่ 3.15 ($EC_{CH} = f\{CWST, TD\}$) แต่แนวโน้มส่วนใหญ่จะมีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปสภาวะการออกแบบมากนัก ทั้งนี้เนื่องจากค่าใช้จ่ายในส่วนนี้จะขึ้นอยู่กับขนาดของมอเตอร์พัดลมที่นำมาติดตั้งกับเครื่องส่งลมเย็นในแต่ละรุ่นเป็นหลัก ซึ่งจากข้อมูลในตารางที่ 3.12 – 3.33 ก็จะได้เห็นได้อย่างชัดเจนว่า เมื่อสภาวะการออกแบบเปลี่ยนไป รุ่นของเครื่องส่งลมเย็นเปลี่ยนไป (ราคาเปลี่ยนไปจากเดิม) แต่ส่วนใหญ่แล้วขนาดของมอเตอร์พัดลม (กิโลวัตต์) ยังคงมีขนาดเท่าเดิม (ขนาดของมอเตอร์พัดลมจะมีขนาดใหญ่ขึ้นก็ต่อเมื่อ CWST และ TD มีค่าเพิ่มสูงขึ้นมากๆ เท่านั้น)

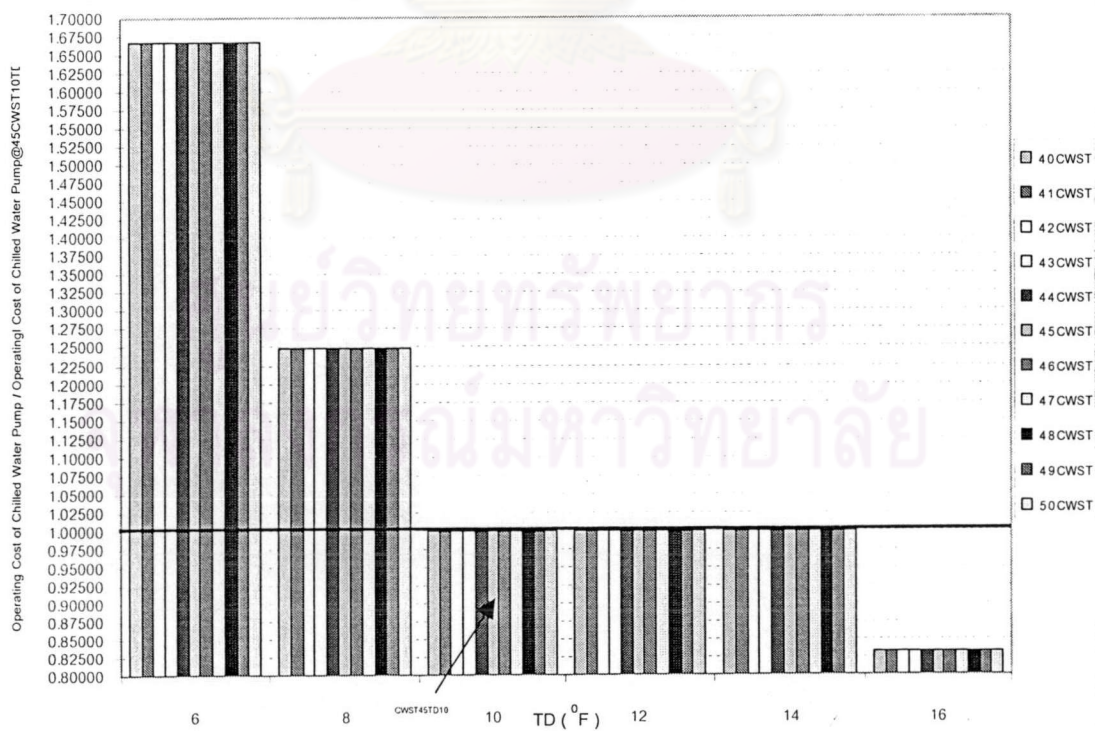
ดังนั้นจากรูปดังกล่าวข้างต้น จึงพบว่าค่าใช้จ่ายในส่วนนี้มีค่าคงที่ เท่ากันทั้งสิ้น 3 ค่า คือ 68,899,680 บาท 74,199,650 บาท และ 91,866,250 บาท ตามลำดับ ซึ่งค่าที่สูงที่สุดนั้น อยู่ที่สภาวะการออกแบบ CWST50 TD มีค่า 12-16 °F ส่วนค่าต่ำที่สุด จะอยู่ที่สภาวะการออกแบบ CWSTมีค่า 40 - 46 °F และ TD มีค่า 6-16 °F (รวมไปถึงที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 ด้วย)

และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าสูงที่สุด / ค่าต่ำที่สุดของค่าใช้จ่ายในส่วนนี้กับสภาวะการออกแบบที่นิยมใช้โดยทั่วไป ในรูปที่ 5.60 ก็พบว่าค่าสูงที่สุดของค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของเครื่องส่งลมเย็นจะมีค่าสูงกว่าค่าใช้จ่ายที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 ประมาณ 33.33 % และค่าต่ำที่สุดของค่าใช้จ่ายนี้จะมีค่าเท่ากับค่าใช้จ่ายที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 (ขนาดของมอเตอร์พัดลมเท่ากัน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.61 แสดงผลกระทบของ CWST และ TD ที่มีต่อค่า OC_{PUMP} ในกรณีต่างๆ



รูปที่ 5.62 แสดงค่า OC_{PUMP} ในกรณีต่างๆ เปรียบเทียบกับค่า $OC_{PUMP@45CWST10TD}$

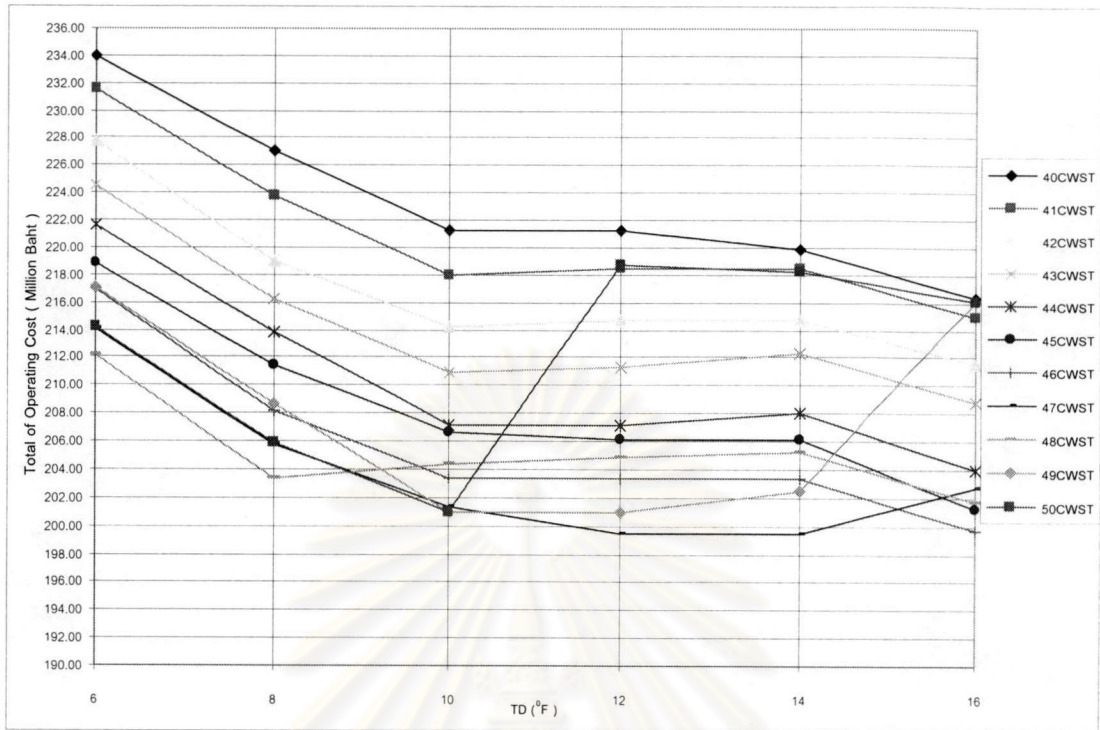
5.1.3.9 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของเครื่องสูบน้ำเย็น (OC_{PUMP})

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของเครื่องสูบน้ำเย็นที่แสดงในรูปที่ 5.61 จะเป็นไปตามความสัมพันธ์ของสมการที่ 3.44 ($EC_{CH} = f\{TD\}$) โดยจะมีแนวโน้มเหมือนกับค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของเครื่องสูบน้ำเย็น กล่าวคือ ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้จะมีแนวโน้มที่สูงขึ้น เมื่อ TD ลดต่ำลง [การลดลงของ TD ส่งผลทำให้ GPM มีค่าเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก $GPM = \left(\frac{24}{TD}\right)(\text{Ton})$ (ความสัมพันธ์ของสมการที่ 2.5) และเมื่อ GPM มีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้จำเป็นต้องเลือกเครื่องสูบน้ำเย็นและมอเตอร์ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เป็นผลทำให้ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้สูงขึ้นตามไปด้วย ดังที่ได้เคยกล่าวมาแล้วในหัวข้อ 5.1.3.3]

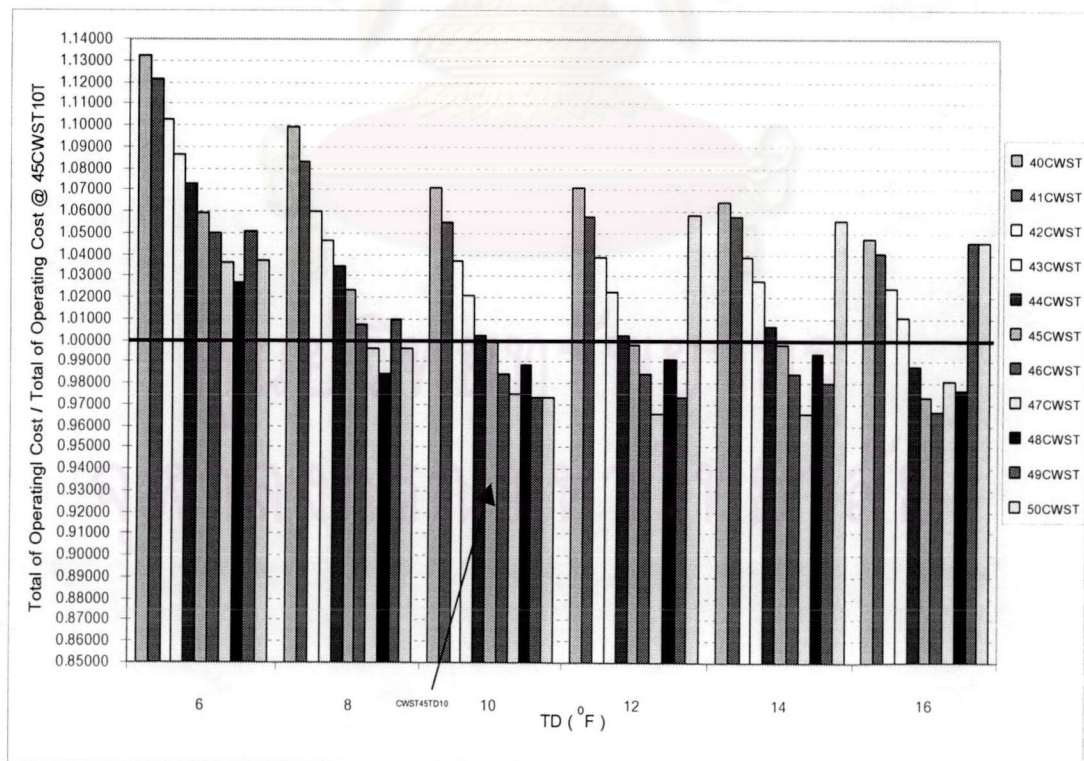
แต่ทั้งนี้ก็ไม่เป็นจริงเสมอไปในทุกกรณี เพราะในกรณีที่ออกแบบให้ค่าของ TD ลดต่ำลงจาก 14°F ไปเป็น 12°F และ 10°F ตามลำดับ แต่กลับปรากฏว่าค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของเครื่องสูบน้ำไม่มีค่าเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม นั่นก็แสดงว่า การเพิ่มขึ้นของค่า GPM นั้น มีค่าไม่ต่ำมากพอที่จะส่งผลทำให้ต้องเลือกเครื่องสูบน้ำตัวใหม่ที่มีขนาดใหญ่กว่าเดิม หรือ กล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ ค่า TD ลดต่ำลงไม่เพียงพอที่จะทำให้ต้องเลือกชุดเครื่องสูบน้ำตัวใหม่ที่มีขนาดใหญ่กว่าเดิมนั่นเอง

จากในรูปที่ 5.61 พบว่าค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของเครื่องสูบน้ำเย็นนี้จะมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 35,333,170 บาท เมื่อ TD มีค่าเท่ากับ 6°F (CWST มีค่า $40-50^{\circ}\text{F}$) ส่วนค่าต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 17,666,580 บาท เมื่อ TD มีค่าเพิ่มสูงขึ้นเท่ากับ 16°F (CWST มีค่า $40-50^{\circ}\text{F}$) และค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของเครื่องสูบน้ำเย็นที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 นั้น มีค่าเท่ากับ 21,199,900 บาท (เท่ากับกรณี CWST มีค่า $40-50^{\circ}\text{F}$ และ TD มีค่า $10-14^{\circ}\text{F}$ ด้วย)

และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าสูงที่สุด / ค่าต่ำที่สุดของค่าใช้จ่ายในส่วนนี้กับสภาวะการออกแบบที่นิยมใช้โดยทั่วไป ในรูปที่ 5.62 ก็พบว่าค่าสูงที่สุดของค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของเครื่องสูบน้ำเย็นจะมีค่าสูงกว่าค่าใช้จ่ายที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 ประมาณ 66.67 % และค่าต่ำที่สุดของค่าใช้จ่ายนี้จะมีค่าต่ำกว่าที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 ประมาณ 16.67 %



รูปที่ 5.63 แสดงผลกระทบของ CWST และ TD ที่มีต่อค่า OC_{TOTAL} ในกรณีต่างๆ



รูปที่ 5.64 แสดงค่า OC_{TOTAL} ในกรณีต่างๆ เปรียบเทียบกับค่า $OC_{TOTAL@45CWST10TD}$

5.1.3.10 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งหมด (OC_{TOTAL})

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งหมดของระบบ คือ ผลรวมของค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของเครื่องทำน้ำเย็น เครื่องส่งลมเย็นและระบบการกระจายน้ำเย็น (เครื่องสูบน้ำเย็น) ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งผลรวมของค่าใช้จ่ายทั้งหมดนี้ที่แสดงในรูปที่ 5.63 ส่วนในรูปที่ 5.64 นั้น เป็นกราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในส่วนนี้กับกรณี CWST45TD10

จากการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งหมดของระบบวงจรด้านน้ำเย็น จะพบว่าสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 กรณีหลักๆ ดังนี้ คือ

กรณีที่กำหนดให้ CWST มีค่าต่ำกว่า $45^{\circ}F$ สำหรับทุกๆ ค่าของ TD ที่อยู่ภายใต้ขอบเขตเงื่อนไขที่กำหนดขึ้น จะพบว่าค่าใช้จ่ายในส่วนนี้จะมีค่าที่สูงกว่าค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในกรณีที่กำหนดให้ CWST เท่ากับ $45^{\circ}F$ เสมอ และแนวโน้มของค่าใช้จ่ายดังกล่าวนี้จะมีค่าลดลงอย่างชัดเจนและต่อเนื่องเมื่อ TD มีค่าสูงขึ้น โดยจะมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อ TD อยู่ในช่วงระหว่าง $6 - 10^{\circ}F$ และ $14 - 16^{\circ}F$ แต่เมื่อ TD อยู่ในช่วงระหว่าง $10 - 14^{\circ}F$ ค่าใช้จ่ายนี้จะมีค่าที่ใกล้เคียงกันมากแทบจะไม่แตกต่างกันเลย

กรณีที่กำหนดให้ CWST มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง $46 - 47^{\circ}F$ สำหรับทุกๆ ค่าของ TD ที่อยู่ภายใต้ขอบเขตเงื่อนไขที่กำหนดขึ้น จะพบว่าส่วนใหญ่แล้วค่าใช้จ่ายนี้จะมีค่าที่ต่ำกว่าค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในกรณีที่กำหนดให้ CWST เท่ากับ $45^{\circ}F$ โดยแนวโน้มส่วนใหญ่ของค่าใช้จ่ายดังกล่าวนี้จะคล้ายคลึงกับในกรณีแรก คือ มีค่าลดลง เมื่อ TD มีค่าสูงขึ้น ยกเว้นในกรณีของ CWST47TD16 กลับมีค่าสูงขึ้น และมีค่ามากกว่าในกรณีที่กำหนดให้ CWST45TD16 ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของเครื่องส่งลมเย็นของกรณี CWST47TD16 มีค่าสูงกว่า กรณีของ CWST45TD16 มาก

กรณีที่กำหนดให้ CWST มีค่าเท่ากับ $48^{\circ}F$ สำหรับทุกๆ ค่าของ TD ที่อยู่ภายใต้ขอบเขตเงื่อนไขที่กำหนดขึ้น จะพบว่าส่วนใหญ่แล้วค่าใช้จ่ายในนี้จะมีค่าที่ต่ำกว่าค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในกรณีที่กำหนดให้ CWST เท่ากับ $45^{\circ}F$ เหมือนกับกรณีที่สอง (ยกเว้นในกรณี CWST48TD16 จะมีค่าสูงกว่า) โดยที่แนวโน้มของค่าใช้จ่ายดังกล่าวนี้จะลดลง เมื่อ TD มีค่าสูงขึ้น (ช่วง TD เท่ากับ $6 - 8^{\circ}F$) แต่จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วง TD เท่ากับ $10 - 14^{\circ}F$ ทั้งนี้เนื่องจากค่าใช้จ่ายใน

การดำเนินงานของเครื่องส่งลมเย็นในช่วงดังกล่าวนี้มีค่าสูงกว่าช่วงแรกมาก และแนวโน้มของค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานนี้กลับลดต่ำลงอีกครั้งเมื่อ TD เพิ่มขึ้นเท่ากับ 16°F ทั้งนี้ เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของเครื่องสูบน้ำเย็นที่ TD ดังกล่าวนี้นี้ มีค่าลดต่ำลงมากกว่าช่วงที่สองเป็นอย่างมาก

กรณีที่กำหนดให้ CWST มีค่าเท่ากับ 49°F สำหรับทุกๆ ค่าของ TD ที่อยู่ภายใต้ขอบเขตเงื่อนไขที่กำหนดขึ้น จะพบว่าส่วนใหญ่แล้วค่าใช้จ่ายในนี้จะมีค่าที่ต่ำกว่าค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในกรณีที่กำหนดให้ CWST เท่ากับ 45°F โดยแนวโน้มส่วนใหญ่ของค่าใช้จ่ายดังกล่าวนี้จะคล้ายคลึงกับในกรณีที่สาม ยกเว้นในกรณีที่ TD มีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 16°F ค่าใช้จ่ายดังกล่าวนี้จะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมาก ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของเครื่องส่งลมเย็นของกรณีนี้มีค่าสูงมาก

และในกรณีสุดท้ายกำหนดให้ CWST มีค่าเท่ากับ 50°F จะพบว่าแนวโน้มของค่าใช้จ่ายดังกล่าวนี้จะลดลงคล้ายคลึงกับในกรณีแรก เมื่อ TD อยู่ในช่วงระหว่าง $6 - 10^{\circ}\text{F}$ แต่เมื่อ TD มีค่าสูงขึ้นไปอยู่ในช่วงระหว่าง $12 - 14^{\circ}\text{F}$ กลับพบว่าแนวโน้มของค่าใช้จ่ายดังกล่าวนี้จะเพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก และมีค่ามากกว่าในกรณีที่ CWST45 ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของเครื่องส่งลมเย็นในช่วงนี้มีค่าสูงมาก แต่ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งหมดจะลดลงอีกครั้งไปมีค่าเท่ากับ กรณีของ CWST49TD16 เมื่อ TD เพิ่มขึ้นเท่ากับ 16°F ทั้งนี้ เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของเครื่องสูบน้ำเย็นมีค่าลดต่ำลงมาก

ดังนั้นโดยสรุปแล้ว ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งหมดของระบบจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก เมื่อ CWST และ TD มีค่าลดต่ำลง และค่าใช้จ่ายดังกล่าวนี้จะมีแนวโน้มที่สูงอีกแต่ไม่มากเท่ากับกรณีแรก เมื่อ CWST และ TD เพิ่มสูงขึ้นมากๆ (แสดงว่าค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของเครื่องส่งลมเย็นมีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งหมดของระบบในช่วงนี้เป็นอย่างมาก)

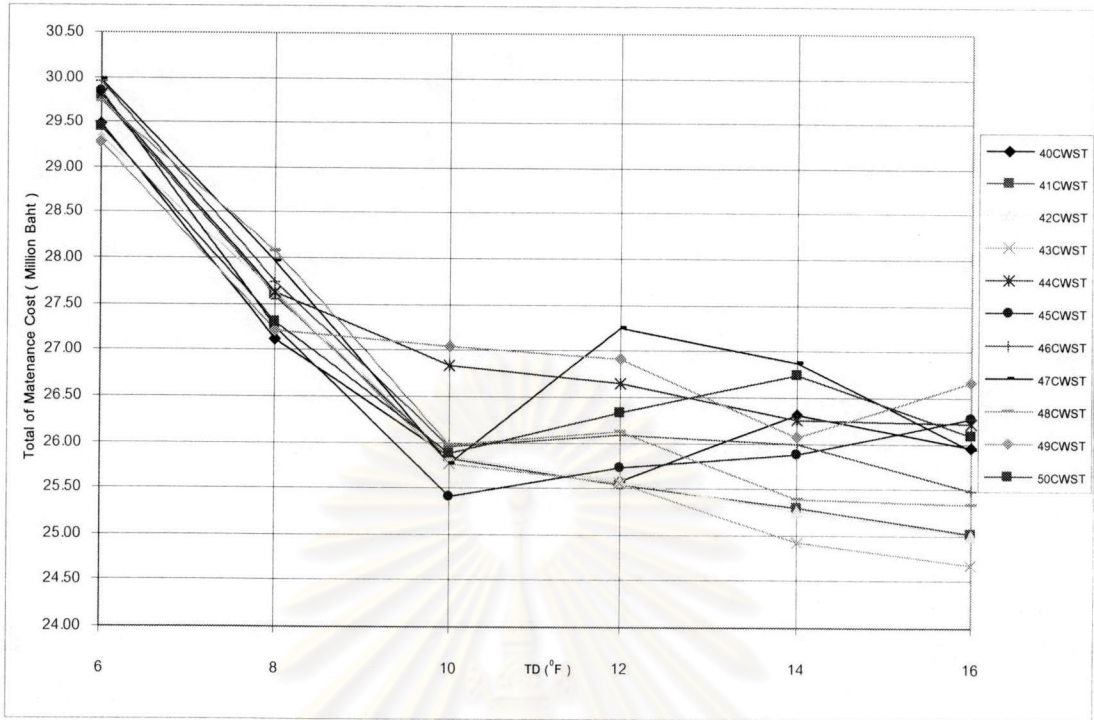
แต่ทั้งนี้และทั้งนั้นเมื่อพิจารณาอย่างถี่ถ้วนแล้วพบว่าค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งหมดของระบบนี้ในรูปที่ 5.63 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 234,008,850 บาท ที่สภาวะการออกแบบ CWST40TD6 ส่วนค่าต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 199,509,280 บาท ที่สภาวะการออกแบบ

CWST47TD12-14 และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งหมดของระบบ ที่สภาวะการออกแบบ
CWST45TD10 นั้น มีค่าเท่ากับ 206,613,780 บาท ตามลำดับ

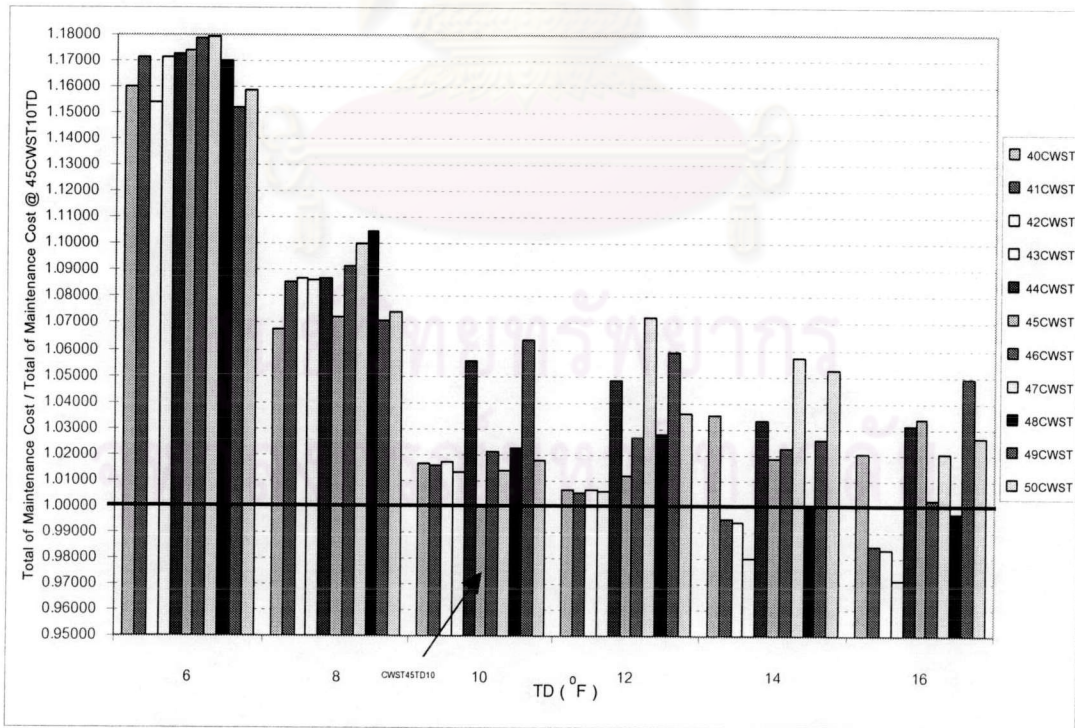
และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าสูงที่สุด / ค่าต่ำที่สุดของค่าใช้จ่ายในส่วนนี้กับสภาวะการ
ออกแบบที่นิยมใช้โดยทั่วไป ในรูปที่ 5.64 ก็พบว่าค่าสูงที่สุดของการดำเนินงานทั้งหมดของ
ระบบ จะมีค่าสูงกว่าค่าใช้จ่ายที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 ประมาณ 13.26 % และค่า
ต่ำที่สุดของค่าใช้จ่ายนี้จะมีค่าต่ำกว่าค่าใช้จ่ายที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 ประมาณ
3.44 %



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.65 แสดงผลกระทบของ CWST และ TD ที่มีต่อค่า MC_{TOTAL} ในกรณีต่างๆ



รูปที่ 5.66 แสดงค่า MC_{TOTAL} ในกรณีต่างๆ เปรียบเทียบกับค่า $MC_{TOTAL@45CWST10TD}$

5.1.3.11 ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงทั้งหมด (MC_{TOTAL})

ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงทั้งหมดของระบบ คือ ผลรวมของค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงของเครื่องทำน้ำเย็น เครื่องส่งลมเย็นและระบบการกระจายน้ำเย็นตลอดอายุการใช้งาน โดยพิจารณาให้มีค่าเป็น 5% ของค่าใช้จ่ายเบื้องต้นทั้งหมดของระบบ และพิจารณาให้มีค่าเท่ากันในทุกๆ ปี ตามความสัมพันธ์ของ USPWF ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ดังนั้นแนวโน้มจึงเหมือนกับค่าใช้จ่ายเบื้องต้นทุกประการ ซึ่งค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงทั้งหมดของระบบนี้แสดงอยู่ในรูปที่ 5.65 ส่วนในรูปที่ 5.66 นั้น เป็นกราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในส่วนนี้กับกรณี CWST45TD10

ซึ่งเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5.65 แล้วพบค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กรณีหลักๆ ดังนี้ เช่นเดียวกันกับค่าใช้จ่ายเบื้องต้น ดังนี้

กรณีที่ TD มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง $6-10^{\circ}\text{F}$ (สำหรับทุกค่าของ CWST) จะพบว่าค่าใช้จ่ายในส่วนนี้จะมีแนวโน้มที่สูงขึ้นอย่างชัดเจนและต่อเนื่อง เมื่อ TD มีค่าลดต่ำลง ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงเครื่องทำน้ำเย็นในช่วงนี้มีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก เป็นผลทำให้ค่าใช้จ่ายค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงระบบการกระจายน้ำเย็นซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องสูบน้ำเย็น ท่อน้ำเย็น อุปกรณ์ประกอบระบบท่อและฉนวน มีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงทั้งหมดของระบบในช่วงนี้เป็นอย่างมาก และค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดในช่วงนี้ อยู่ที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 [(ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงเครื่องทำน้ำเย็น เครื่องส่งลมเย็นมีค่าค่อนข้างต่ำ ส่วนค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงระบบการกระจายน้ำเย็นมีค่าต่ำมาก เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกัน ($TD = 6 - 10^{\circ}\text{F}$)]

กรณีที่ TD มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง $12 - 16^{\circ}\text{F}$ จะพบว่าเมื่อกำหนดให้ CWST เท่ากับ $41 - 43^{\circ}\text{F}$ ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ยังคงมีแนวโน้มที่สูงขึ้น เมื่อ TD มีค่าลดต่ำลง เหมือนกรณีแรก แต่ที่ CWST ค่าอื่นๆ นอกเหนือจากนี้ จะพบว่าค่าใช้จ่ายในส่วนนี้เห็นได้อย่างชัดเจนว่าไม่สามารถที่จะระบุได้ว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางใด ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงเครื่องทำน้ำเย็นที่สภาวะการออกแบบดังกล่าวนี้มีค่าแตกต่างกันอย่างชัดเจน และค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดในช่วงนี้ อยู่ที่สภาวะการออกแบบ CWST43TD16 [(ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงเครื่องทำน้ำเย็น เครื่องส่งลม

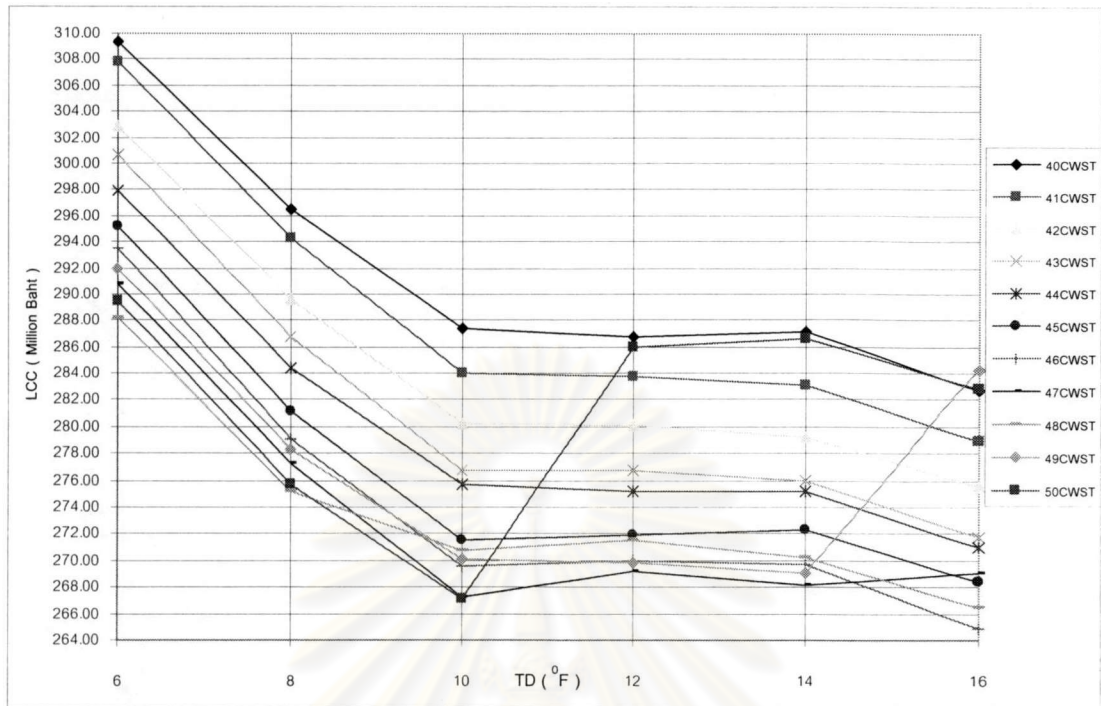
เย็นมีค่าค่อนข้างต่ำ ส่วนค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงระบบการกระจายน้ำเย็นมีค่าต่ำมาก เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกัน (TD = 12-16 °F)]

และเมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดของทั้งสองกรณีข้างต้น พบว่าค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงทั้งหมดที่ต่ำที่สุด อยู่ที่สภาวะการออกแบบ CWST43TD16

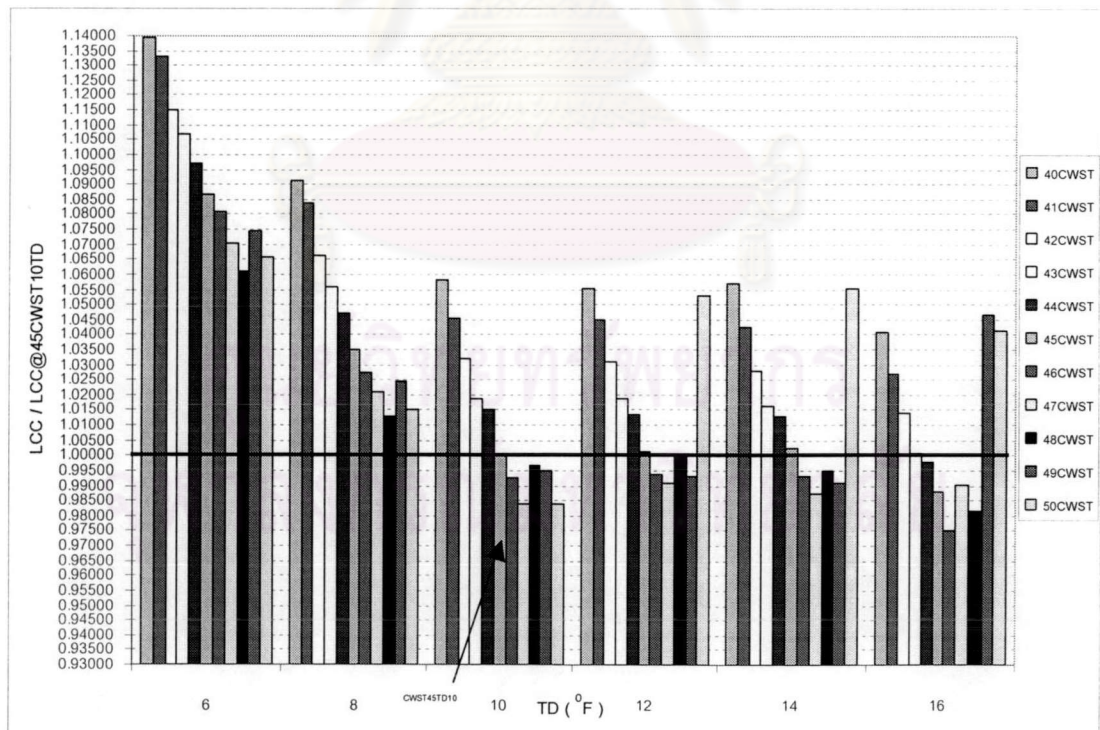
จากรูปที่ 5.65 พบว่าค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงทั้งหมดของระบบนี้ มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 29,981,781 บาท ที่สภาวะการออกแบบ CWST47TD6 ส่วนค่าต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 24,678,469 บาท ที่สภาวะการออกแบบ CWST43TD16 ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น และค่าใช้จ่ายเบื้องต้นทั้งหมดของระบบ ที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 นั้น มีค่าเท่ากับ 25,416,256 บาท ตามลำดับ

และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าสูงที่สุด / ค่าต่ำที่สุดของค่าใช้จ่ายในส่วนนี้กับสภาวะการออกแบบที่นิยมใช้โดยทั่วไป ในรูปที่ 5.66 ก็พบว่าค่าสูงที่สุดของค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงทั้งหมดของระบบ จะมีค่าสูงกว่าค่าใช้จ่ายที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 ประมาณ 17.96 % และค่าต่ำที่สุดของค่าใช้จ่ายนี้จะมีค่าต่ำกว่าค่าใช้จ่ายที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 ประมาณ 2.90 %

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.67 แสดงผลกระทบของ CWST และ TD ที่มีต่อค่า LCC ในกรณีต่างๆ



รูปที่ 5.68 แสดงค่า LCC ในกรณีต่างๆ เปรียบเทียบกับค่า LCC_{@45CWST@10TD}

5.1.3.12 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดตลอดอายุการใช้งานของระบบ (LCC)

ค่าใช้จ่ายทั้งหมดตลอดอายุการใช้งานของระบบ คือ ผลรวมของค่าใช้จ่ายเบื้องต้นทั้งหมด ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งหมดและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาทั้งหมดของระบบดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งค่าใช้จ่ายทั้งหมดตลอดอายุการใช้งานของระบบนี้ แสดงในรูปที่ 5.67 ส่วนในรูปที่ 5.68 นั้น เป็นกราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในส่วนนี้กับกรณี CWST45TD10 ซึ่งความสัมพันธ์ของค่าใช้จ่ายทั้งหมดตลอดอายุการใช้งานของระบบนี้จะมีแนวโน้มไปในทิศทางที่ค่อนข้างจะคล้ายคลึงกับค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งหมดของระบบ (แสดงว่าค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งหมดของระบบที่ผลกระทบมากกว่าค่าใช้จ่ายเบื้องต้นและค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงทั้งหมดของระบบ)

และจากการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายทั้งหมดตลอดอายุการใช้งานของระบบวงจรด้านน้ำเย็น ในรูปที่ 5.67 จะพบว่าสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กรณีหลักๆ ดังนี้ คือ

กรณีที่กำหนดให้ CWST มีค่าต่ำกว่า 45°F สำหรับทุกๆ ค่าของ TD ที่อยู่ภายใต้ขอบเขตเงื่อนไขที่กำหนดขึ้น จะพบว่าค่าใช้จ่ายในส่วนนี้จะมีค่าที่สูงกว่าค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในกรณีที่กำหนดให้ CWST เท่ากับ 45°F เสมอ และแนวโน้มของค่าใช้จ่ายดังกล่าวนี้จะมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อ TD มีค่าสูงขึ้น โดยจะมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อ TD อยู่ในช่วงระหว่าง $6 - 10^{\circ}\text{F}$ และ $14 - 16^{\circ}\text{F}$ แต่เมื่อ TD อยู่ในช่วงระหว่าง $10 - 14^{\circ}\text{F}$ ค่าใช้จ่ายนี้จะมีค่าที่ใกล้เคียงกันมากแทบจะไม่แตกต่างกันเลย

กรณีที่กำหนดให้ CWST มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง $46 - 48^{\circ}\text{F}$ สำหรับทุกๆ ค่าของ TD ที่อยู่ภายใต้ขอบเขตเงื่อนไขที่กำหนดขึ้น จะพบว่าส่วนใหญ่แล้ว ค่าใช้จ่ายนี้จะมีค่าที่ต่ำกว่าค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในกรณีที่กำหนดให้ CWST เท่ากับ 45°F โดยแนวโน้มส่วนใหญ่ของค่าใช้จ่ายดังกล่าวนี้จะคล้ายคลึงกับในกรณีแรก คือ มีค่าลดลง เมื่อ TD มีค่าสูงขึ้น ยกเว้นในกรณีของ CWST47TD16 กลับมีค่าสูงขึ้น และมีค่ามากกว่าในกรณีที่กำหนดให้ CWST45TD16 ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของเครื่องส่งลมเย็นกรณี CWST47TD16 มีค่าสูงกว่ามาก

กรณีที่กำหนดให้ CWST มีค่าเท่ากับ 49°F สำหรับทุกๆ ค่าของ TD ที่อยู่ภายใต้ขอบเขตเงื่อนไขที่กำหนดขึ้น จะพบว่าส่วนใหญ่แล้วค่าใช้จ่ายในนี้จะมีค่าที่ต่ำกว่าค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นใน

กรณีที่กำหนดให้ CWST เท่ากับ 45°F โดยแนวโน้มส่วนใหญ่ของค่าใช้จ่ายดังกล่าวนี้จะคล้ายคลึงกับในกรณีแรก คือ มีค่าลดลง เมื่อ TD มีค่าสูงขึ้น ยกเว้นในกรณีของ CWST49TD16 กลับมีค่าสูงขึ้น และมีค่ามากกว่าในกรณีที่กำหนดให้ CWST45TD16 อย่างมาก ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของเครื่องส่งลมเย็นของกรณี CWST49TD16 มีค่าสูงกว่ามาก

และในกรณีสุดท้ายกำหนดให้ CWST มีค่าเท่ากับ 50°F จะพบว่าแนวโน้มของค่าใช้จ่ายดังกล่าวนี้จะลดลงคล้ายคลึงกับในกรณีแรก เมื่อ TD อยู่ในช่วงระหว่าง $6 - 10^{\circ}\text{F}$ แต่เมื่อ TD มีค่าสูงขึ้น กลับพบว่าแนวโน้มของค่าใช้จ่ายดังกล่าวนี้จะเพิ่มสูงขึ้นมาก และมีค่ามากกว่าในกรณีที่กำหนดให้ CWST45 อย่างมาก ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของเครื่องส่งลมเย็นของกรณี CWST50 มีค่าสูงกว่า CWST45 ในทุกๆ ค่าของ TD

ดังนั้นโดยสรุปแล้ว ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานทั้งหมดของระบบจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก เมื่อ CWST และ TD มีค่าลดต่ำลง [แสดงว่าค่าใช้จ่ายเบื้องต้นและค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงระบบการกระจายน้ำเย็น (เครื่องสูบน้ำ ท่อน้ำ อุปกรณ์ประกอบระบบท่อและฉนวน) พร้อมด้วยค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของเครื่องทำน้ำเย็น และเครื่องสูบน้ำเย็นมีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายทั้งหมดตลอดอายุการใช้งานของระบบในช่วงนี้เป็นอย่างมาก)] และค่าใช้จ่ายดังกล่าวนี้จะมีแนวโน้มที่สูงอีกแต่ไม่มากเท่ากับกรณีแรก เมื่อ CWST และ TD เพิ่มสูงขึ้นมากๆ (แสดงว่าค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของเครื่องส่งลมเย็นและเครื่องทำน้ำเย็น ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงเครื่องส่งลมเย็นและเครื่องทำน้ำเย็น พร้อมด้วยค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของเครื่องส่งลมเย็น และเครื่องทำน้ำเย็นมีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายทั้งหมดตลอดอายุการใช้งานของระบบในช่วงนี้เป็นอย่างมาก)

แต่ทั้งนี้และทั้งนั้นเมื่อพิจารณาอย่างถี่ถ้วนในรูปที่ 5.67 แล้วพบว่าต่อค่าใช้จ่ายทั้งหมดตลอดอายุการใช้งานของระบบนี้ มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 309,404,691 บาท ที่สภาวะการออกแบบ CWST40TD6 ส่วนค่าต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 264,892,978 บาท ที่สภาวะการออกแบบ CWST46TD16 และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งหมดของระบบ ที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 นั้น มีค่าเท่ากับ 271,590,679 บาท ตามลำดับ

และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าสูงที่สุด / ค่าต่ำที่สุดของค่าใช้จ่ายในส่วนนี้กับสภาวะการออกแบบที่นิยมใช้โดยทั่วไปในรูปที่ 5.68 ก็พบว่าค่าสูงที่สุดของในการดำเนินงานทั้งหมดของระบบ จะมีค่าสูงกว่าค่าใช้จ่ายที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 ประมาณ 13.92 % และค่า

ต่ำที่สุดของค่าใช้จ่ายนี้จะมีค่าต่ำกว่าค่าใช้จ่ายที่สภาวะการออกแบบ CWST45TD10 ประมาณ 2.47 %

5.2 การวิเคราะห์ผล (Analysis)

จากผลของการเปรียบเทียบผลกระทบของค่า CWST และ TD ที่มีต่อค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆ ของแบบจำลองระบบวงจรด้านน้ำเย็นนี้ สามารถแสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนดังนี้ คือ

ถ้าการออกแบบกำหนดให้ CWST และ TD มีค่าลดต่ำลง จะส่งผลทำให้ค่าใช้จ่ายทั้งหมดตลอดอายุการใช้งานของระบบ มีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก แต่ถ้ากำหนดให้ CWST และ TD มีค่าเพิ่มสูงขึ้นมากๆ ก็จะมีผลทำให้ค่าใช้จ่ายทั้งหมดตลอดอายุการใช้งานของระบบ มีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นเช่นเดียวกันกับกรณีแรกแต่ค่าไม่สูงมากนัก (มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นแต่น้อยกว่าในกรณีแรกมาก)

ซึ่งแนวโน้มของค่าใช้จ่ายในแต่ละส่วน เมื่อกำหนดให้ค่าของ CWST และ TD เปลี่ยนแปลงไปจะมีรายละเอียด ดังนี้ คือ

เมื่อกำหนดให้ CWST มีค่าลดต่ำลง จะส่งผลทำให้ค่าใช้จ่ายเบื้องต้น (ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง) ของเครื่องส่งลมเย็นมีแนวโน้มลดต่ำลงตามไปด้วย แต่ค่าใช้จ่ายเบื้องต้น (ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง) ของฉนวนพร้อมด้วยค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของเครื่องทำน้ำเย็นกลับจะมีแนวโน้มที่สูงขึ้น

และถ้ากำหนดให้ TD มีค่าลดต่ำลง จะส่งผลทำให้ค่าใช้จ่ายเบื้องต้น (ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง) ของเครื่องส่งลมเย็นมีแนวโน้มลดต่ำลงตามไปด้วย แต่ค่าใช้จ่ายเบื้องต้น (ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง) ของระบบการกระจายน้ำเย็น (เครื่องสูบน้ำเย็น ท่อน้ำเย็น อุปกรณ์ประกอบระบบท่อและฉนวน) พร้อมด้วยค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของเครื่องสูบน้ำเย็นกลับจะมีแนวโน้มที่สูงขึ้น

จากผลลัพธ์ของการออกแบบที่สภาวะการออกแบบต่างๆ เพื่อหาค่าที่เหมาะสมของ CWST และ TD ในระบบวงจรด้านน้ำเย็นของระบบปรับอากาศแบบทำความเย็นจากส่วนกลาง

หากจะนำมาเปรียบเทียบกัน จำเป็นต้องใช้หลักเกณฑ์ในการพิจารณาบนพื้นฐานเดียวกัน ซึ่งก็คือ ความต้องการของระบบวงจรด้านน้ำเย็นนั่นเอง

สำหรับความต้องการของระบบวงจรด้านน้ำเย็นที่ใช้ในการวิเคราะห์ของงานวิจัยนี้ คือ ระบบที่ได้จะต้องมีค่าใช้จ่ายทั้งหมดตลอดอายุการใช้งานต่ำที่สุด และระบบที่ได้จะต้องมีประสิทธิภาพการทำงานที่ดีตามต้องการ

จากผลลัพธ์ที่มีอยู่ทั้งหมดนี้ เมื่อพิจารณาจากความต้องการของระบบวงจรด้านน้ำเย็นที่กำหนดขึ้นข้างต้นนี้ เราก็สามารถที่จะสรุปได้ว่าค่าของตัวแปรตัดสินใจที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้ค่าใช้จ่ายทั้งหมดตลอดอายุการใช้งานของระบบวงจรด้านน้ำเย็นมีค่าต่ำที่สุด คือ CWST46TD16 โดยมีค่าเท่ากับ 264,892,978 บาท ซึ่งค่าดังกล่าวนี้มีค่าต่ำกว่าที่สภาวะการออกแบบโดยทั่วไป CWST45TD10 เพียงเล็กน้อยเท่านั้น คือ ประมาณ 2.47 % หรือ 6,697,710 บาท

และเมื่อพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆ ที่สภาวะการออกแบบ CWST46TD16 พบว่า ค่าใช้จ่ายเบื้องต้นทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 39,652,590 บาท ซึ่งค่าดังกล่าวนี้มีค่าสูงกว่าสภาวะการออกแบบโดยทั่วไปเพียงเล็กน้อยมาก คือ ประมาณ 0.232 % หรือ 91,947 บาท ส่วนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 199,765,060 บาท ซึ่งค่าดังกล่าวนี้มีค่าต่ำกว่าสภาวะการออกแบบโดยทั่วไปประมาณ 3.32 % หรือ 6,848,720 บาท และค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 25,475,392 บาท ซึ่งค่าดังกล่าวนี้มีค่าสูงกว่าสภาวะการออกแบบโดยทั่วไปเพียงเล็กน้อยมาก คือ ประมาณ 0.232 % หรือ 59,136 บาท

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าที่สภาวะการออกแบบที่ CWST46TD16 นั้น มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเบื้องต้นและการบำรุงรักษาระบบสูงกว่าสภาวะการออกแบบโดยทั่วไปเพียงเล็กน้อย แต่สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของระบบได้อย่างมากทีเดียว

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพการทำงานของแบบจำลองระบบวงจรด้านน้ำเย็นที่สภาวะการออกแบบ CWST46TD16 ก็พบว่าระบบนั้นสามารถที่จะทำงานได้ดี ทั้งนี้เนื่องจากค่าเฮดสูญเสียรวมในแต่ละ Loop (H_{TOTAL}) จะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 81.87 – 119.87 ft. of WG. ซึ่งค่าสูงสุดของ H_{TOTAL} นั้นมีค่าต่ำกว่าเฮดของเครื่องสูบน้ำถึง 20 ft. of WG. แสดงว่าค่า Safety Factor ของเครื่องสูบน้ำมีค่าสูง ส่วนค่าเฮดในวาล์วควบคุม (H_{CV}) แต่ละตัวนั้นจะมีค่าอยู่ในช่วง

ระหว่าง 11.74–28.64 Psi. ซึ่งมีค่าสูงกว่า 5 Psi ทำให้วาล์วสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียงตรง และ ค่า Valve Authority ของวาล์วควบคุมแต่ละตัวนั้น จะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 27.43 – 55.82 % ซึ่งมีค่าสูงกว่า 25 % แสดงว่าวาล์วสามารถควบคุมการหรือวาล์วได้เป็นอย่างดีเมื่อ Load น้อยๆ

ดังนั้นจากผลการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆ และค่าใช้จ่ายทั้งหมดตลอดอายุการใช้งาน รวมไปถึงประสิทธิภาพการทำงานของแบบจำลองตัวอย่างของระบบวงจรด้านน้ำเย็นที่ใช้ในงานวิจัยนี้ สามารถสรุปที่จะได้ว่า สภาวะการออกแบบที่เหมาะสมที่สุดที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายทั้งหมดตลอดอายุการใช้งานของแบบจำลองระบบวงจรด้านน้ำเย็นสำหรับระบบปรับอากาศแบบทำความเย็นจากส่วนกลางมีค่าต่ำที่สุด คือ เมื่อกำหนดให้ CWST มีค่าเท่ากับ 46 °F และ TD มีค่าเท่ากับ 16 °F ตามลำดับ

และจากการวิเคราะห์ผลกระทบของค่า CWST และ TD กับค่าใช้จ่ายทั้งหมดตลอดอายุการใช้งานของแบบจำลองระบบวงจรด้านน้ำเย็นรวมทั้งประสิทธิภาพการทำงานที่ดีของระบบ ทำให้ได้แนวคิดและหลักการที่น่าสนใจอย่างยิ่งในการกำหนดค่าการออกแบบของ CWST และ TD ดังนี้ คือ ควรที่จะกำหนดให้ค่า TD มีค่าสูงๆ กล่าวคือ TD ควรอยู่ในช่วงระหว่าง 10 - 16 °F ส่วนค่า CWST ควรกำหนดให้มีค่าไม่สูงหรือต่ำมากจนเกินไป กล่าวคือ ควรอยู่ในช่วงระหว่าง 45 - 47 °F

ทั้งนี้เนื่องจากช่วงค่าการออกแบบที่แนะนำให้ดังกล่าวข้างต้นนี้ เมื่อพิจารณาแล้วพบว่า มีค่าใช้จ่ายทั้งหมดตลอดอายุการใช้งานของระบบอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ อีกทั้งค่าเฮดสูญเสียรวมสูงสุดของระบบก็มีค่าต่ำกว่าเฮดของเครื่องสูบน้ำถึง 20 ft.of WG. แสดงว่าค่า Safety Factor ของเครื่องสูบน้ำมีค่าสูง ส่วนค่าเฮดในวาล์วควบคุมแต่ละตัวนั้นก็ยังมีค่าสูงกว่า 5 Psi และ ค่า Valve Authority ของวาล์วควบคุมแต่ละตัวนั้นก็ยังมีค่าสูงกว่า 25 % ซึ่งมีค่าต่างๆ เหล่านี้ยังคงอยู่ในเกณฑ์ของข้อกำหนดที่ใช้ในการออกแบบ อีกทั้งจำนวน Row ของ AHU ที่สภาวะการออกแบบที่แนะนำนี้ก็มีค่าอยู่ที่ ช่วงระหว่าง 4 – 8 Row ซึ่งถือว่าไม่มากจนทำให้เกิดปัญหาในเรื่องของการติดตั้งและค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษา

นอกจากนี้สิ่งที่สามารถสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนจากผลของการวิเคราะห์ในงานวิจัยชิ้นนี้คือ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งหมดของระบบมีค่าสูงมาก ๆ เมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายเบื้องต้นทั้งหมดและค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงทั้งหมด

ดังนั้น จากข้อสังเกตนี้จึงสามารถที่จะสรุปได้ว่า สำหรับการออกแบบระบบวงจรด้านน้ำเย็นของระบบปรับอากาศแบบทำความเย็นจากส่วนกลาง หากทำการเลือกเครื่องทำน้ำเย็น เครื่องส่งลมเย็น และเครื่องสูบน้ำเย็นมีขนาดใหญ่ (Over Size) เกินไป หรือเลือกเครื่องที่มีประสิทธิภาพการทำงานที่ต่ำ หรือขาดการควบคุมดูแลที่ดี จะมีผลทำให้เจ้าของโครงการสิ้นเปลืองกับค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเป็นอย่างมากโดยไม่จำเป็นตลอดอายุการใช้งาน



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย