รายการอ้างอิง

1. สุรชัย ระตะนะอาพร.การใช้ระบบทำความเย็นและหม้อน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุดเพื่อการประหยัดพลังงาน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2529.
2. Noppadon Muangkroot.An energy consumption model for the AIT Chiller Plant/Air-Conditions System. Master's Thesis, Department of Mechanical Engineering, Graduate School, Asian Institute of Technology,1980.
3. Stephen B. Austin,P.E.. Chiller water system optimization. ASHRAE Journal 35 (July 1993) : 50-56.
4. Stoecker W.F. Design of Thermal Systems.3rd ed.. New York : McGraw-Hill, 1989.
5. Stoecker W.F. Principals for Air Conditioning Practice. New York : Industrial Press, 1968.
6. มนัส แป้งใส. การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อหาสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2540.
7. Rosenbrock,H.H.. An automated method for finding the greatest or least value of a function. Computer Journal 3 (1960) : 175-184.
8. Box M.J. A new method of constrained optimization and comparison with other methods . Computer Journal 8 (1965) : 42-52.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.
ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

TREND REPORT

CHILLER kW

NET01:LCM01:LOCAL TREND:KW 3/17/03 4:02pm

STRAT OF TREND 3/13/03 1:00am END OF TREND 3/17/03 4:00pm

		AI:	DI:	DI:	AI:
		kW1:	COMP1ST:	COMP2ST:	kW2:
		AV:	DV	DV	AV:
DATE	TIME	kW	OFF/ON	OFF/ON	kW
3/17/03	8:00am	112.62	ON	ON	164.56
3/17/03	9:00am	113.93	ON	ON	173.63
3/17/03	10:00am	114.48	ON	ON	163.89
3/17/03	11:00am	114.51	ON	ON	166.46
3/17/03	12:00pm	114.23	ON	ON	164.89
3/17/03	1:00pm	114.8	ON	ON	166.57
3/17/03	2:00pm	114.76	ON	ON	168.47
3/17/03	3:00pm	114.28	ON	ON	160.09
3/17/03	4:00pm	115.84	ON	ON	154.62

page4

รูปที่ ก-1 ข้อมูลของกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในวันที่ 17 มี.ค. 2546 ของเครื่องทำน้ำเย็นแต่ละตัวที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์

*** AI: ANALOG INPUT

DI: DIGITAL INPUT

AV: ANALOG VALUE

DV: DIGITAL VALUE

kW1 : Power of Chiller 1

kW2 : Power of Chiller 2

COMP1ST : Status of Compressor 1

COMP2ST : Status of Compressor 2

TREND REPORT

TEMPERATURE

NET01:LCM01:LOCAL TREND:TEMP1 3/17/03 4:09pm

STRAT OF TREND 3/13/03 1:00am END OF TREND 3/17/03 4:01pm

		AI:	DI:	DI:	AI:
		R1:	S1:	E1:	L1:
		AV:	DV	DV	AV:
DATE	TIME	DEG F	DEG F	DEG F	DEG F
3/17/03	8:01am	64.67	59.4	86.27	91.65
3/17/03	9:01am	63.83	58.77	86.21	90.93
3/17/03	10:01am	64.33	59.24	85.78	87.9
3/17/03	11:01am	64.5	59.32	85.29	88.15
3/17/03	12:01pm	64.69	59.49	85.95	88.8
3/17/03	1:01pm	64.98	59.61	86.21	90.41
3/17/03	2:01pm	64.03	58.87	85.78	90.57
3/17/03	3:01pm	63.76	58.46	85.46	90.78
3/17/03	4:01pm	63.21	58.07	85.27	90.66

page4

รูปที่ ก-2 ข้อมูลของอุณหภูมิต่าง ๆ ในวันที่ 17 มี.ค. 2546 ของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 ที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์

R1: อุณหภูมิของน้ำเย็นที่ไหลกลับเข้ามาในของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 ($^{\circ}$F)

S1: อุณหภูมิของน้ำเย็นที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 ($^{\circ}$F)

E1: อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลกลับเข้ามาในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 ($^{\circ}$F)

L1: อุณหภูมิของน้ำร้อนที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 ($^{\circ}$F)

TREND REPORT

TEMPERATURE

NET01:LCM01:LOCAL TREND:TEMP2 3/17/03 4:16pm

STRAT OF TREND 3/13/03 1:00am END OF TREND 3/17/03 4:04pm

		AI:	DI:	DI:	AI:
		R2:	S2:	E2:	L2:
		AV:	DV	DV	AV:
DATE	TIME	DEG F	DEG F	DEG F	DEG F
3/17/03	8:04am	64.58	56.49	86.27	94.34
3/17/03	9:04am	64.53	56.33	85.31	95.42
3/17/03	10:04am	64.35	56.34	85.59	92.87
3/17/03	11:04am	64.37	56.38	85.15	93.36
3/17/03	12:04pm	64.69	56.88	86	94.07
3/17/03	1:04pm	64.96	57.13	86.08	94.91
3/17/03	2:04pm	64.01	55.91	85.67	94.89
3/17/03	3:04pm	63.49	56.05	85.12	94.74
3/17/03	4:04pm	62.9	55.22	85.16	94.37

page4

รูปที่ ก-3 ข้อมูลของอุณหภูมิต่าง ๆ ในวันที่ 17 มี.ค. 2546 ของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 ที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์

R2: อุณหภูมิของน้ำเย็นที่ไหลกลับเข้ามาในของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

S2: อุณหภูมิของน้ำเย็นที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

E2: อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลกลับเข้ามาในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

L2: อุณหภูมิของน้ำร้อนที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

ตารางที่ ก-1 แสดงค่าของอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้ของวันที่ 17 มี.ค. 2546

TIMES	R1(F)	S1(F)	E1(F)	L1(F)	R2(F)	S2(F)	E2(F)	L2(F)
8:00 AM	64.67	59.40	86.27	91.65	64.58	56.49	86.27	94.34
9:00 AM	63.83	58.77	86.21	90.93	64.53	56.33	85.31	95.42
10:00 AM	64.33	59.24	85.78	87.90	64.35	56.34	85.59	92.87
11:00 AM	64.50	59.32	85.29	88.15	64.37	56.38	85.15	93.36
12:00 PM	64.69	59.49	85.95	88.80	64.69	56.88	86.00	94.07
1:00 PM	64.98	59.61	86.21	90.41	64.96	57.13	86.08	94.91
2:00 PM	64.03	58.87	85.78	90.57	64.01	55.91	85.67	94.89
3:00 PM	63.76	58.46	85.46	90.78	63.49	56.05	85.12	94.74
4:00 PM	63.21	58.07	85.27	90.66	62.90	55.22	85.16	94.37
5:00 PM	63.33	58.37	84.92	90.22	63.29	55.45	84.84	93.95

R1(F) : อุณหภูมิของน้ำเย็นที่ไหลกลับเข้ามาในของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 (°F)

S1(F) : อุณหภูมิของน้ำเย็นที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 (°F)

E1(F) : อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลกลับเข้ามาในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 (°F)

L1 (F): อุณหภูมิของน้ำร้อนที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 (°F)

R2(F) : อุณหภูมิของน้ำเย็นที่ไหลกลับเข้ามาในของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

S2(F) : อุณหภูมิของน้ำเย็นที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

E2(F) : อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลกลับเข้ามาในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

L2 (F): อุณหภูมิของน้ำร้อนที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

ตารางที่ ก-2 แสดงข้อมูลของวันที่ 17 มี.ค. 2546 ที่ได้ทำการตรวจวัดและคำนวณ

TIMES	kW1	kW2	kW	TON1	TON2	TON	kW/TON1	kW/TON2	kW/TON	%OPER1	%OPER2	%LOAD1	%LOAD2
8:00 AM	112.62	164.56	277.18	129.02	159.56	288.58	0.873	1.031	0.960	66.25	92.45	44.71	55.29
9:00 AM	113.93	173.63	287.56	123.70	161.48	285.18	0.921	1.075	1.008	67.02	97.54	43.38	56.62
10:00 AM	114.48	163.89	278.37	124.63	158.01	282.64	0.919	1.037	0.985	67.34	92.07	44.10	55.90
11:00 AM	114.51	166.46	280.97	127.76	158.75	286.51	0.896	1.049	0.981	67.36	93.52	44.59	55.41
12:00 PM	114.23	164.89	279.12	127.84	154.68	282.52	0.894	1.066	0.988	67.19	92.63	45.25	54.75
1:00 PM	114.80	166.57	281.37	129.67	152.30	281.97	0.885	1.094	0.998	67.53	93.58	45.99	54.01
2:00 PM	114.76	168.47	283.23	126.36	159.79	286.15	0.908	1.054	0.990	67.51	94.65	44.16	55.84
3:00 PM	114.28	160.09	274.37	129.43	146.36	275.79	0.883	1.094	0.995	67.22	89.94	46.93	53.07
4:00 PM	115.84	154.62	270.46	123.24	148.35	271.59	0.940	1.042	0.996	68.14	86.87	45.38	54.62
5:00 PM	115.57	151.86	267.43	119.81	152.56	272.37	0.965	0.995	0.982	67.98	85.31	43.99	56.01

kW1 : กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 kW2 : กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 kW : กำลังไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในระบบ

TON1 : ภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 TON2 : ภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 TON : ภาระการทำความเย็นของทั้งระบบ

kW/TON1 : ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 kW/TON2 : ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 kW/TON : ประสิทธิภาพของทั้งระบบ

%OPER1 : ร้อยละของการเดินเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 %OPER2 : ร้อยละของการเดินเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2

%LOAD1 : ร้อยละการแบ่งภาระการทำความเย็นจากทั้งระบบของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1

%LOAD2 : ร้อยละการแบ่งภาระการทำความเย็นจากทั้งระบบของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2

ตารางที่ ก-3 แสดงค่าของอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้ของวันที่ 18 มี.ค. 2546

TIMES	R1(F)	S1(F)	E1(F)	L1(F)	R2(F)	S2(F)	E2(F)	L2(F)
8:00 AM	64.09	58.82	85.69	91.07	64.00	55.91	85.69	93.76
9:00 AM	63.25	58.19	85.63	90.35	63.95	55.75	84.73	94.84
10:00 AM	63.75	58.66	85.20	87.32	63.77	55.76	85.01	92.29
11:00 AM	63.92	58.74	84.71	87.57	63.79	55.80	84.57	92.78
12:00 PM	64.11	58.91	85.37	88.22	64.11	56.30	85.42	93.49
1:00 PM	64.40	59.03	85.63	89.83	64.38	56.55	85.50	94.33
2:00 PM	63.45	58.29	85.20	89.99	63.43	55.33	85.09	94.31
3:00 PM	63.18	57.88	84.88	90.20	62.91	55.47	84.54	94.16
4:00 PM	62.63	57.49	84.69	90.08	62.32	54.64	84.58	93.79
5:00 PM	62.75	57.79	84.34	89.64	62.71	54.87	84.26	93.37

R1(F) : อุณหภูมิของน้ำเย็นที่ไหลกลับเข้ามาในของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 (°F)

S1(F) : อุณหภูมิของน้ำเย็นที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 (°F)

E1(F) : อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลกลับเข้ามาในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 (°F)

L1 (F): อุณหภูมิของน้ำร้อนที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 (°F)

R2(F) : อุณหภูมิของน้ำเย็นที่ไหลกลับเข้ามาในของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

S2(F) : อุณหภูมิของน้ำเย็นที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

E2(F) : อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลกลับเข้ามาในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

L2 (F): อุณหภูมิของน้ำร้อนที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

ตารางที่ ก-4 แสดงข้อมูลของวันที่ 18 มี.ค. 2546 ที่ได้ทำการตรวจวัดและคำนวณ

TIMES	kW1	kW2	kW	TON1	TON2	TON	kW/TON1	kW/TON2	kW/TON	%OPER1	%OPER2	%LOAD1	%LOAD2
8:00 AM	111.26	162.59	273.85	123.55	154.03	277.58	0.901	1.056	0.987	65.45	91.34	44.51	55.49
9:00 AM	112.57	171.66	284.23	119.46	157.22	276.68	0.942	1.092	1.027	66.22	96.44	43.18	56.82
10:00 AM	113.12	162.72	275.84	119.28	152.46	271.74	0.948	1.067	1.015	66.54	91.42	43.90	56.10
11:00 AM	113.15	165.29	278.44	120.98	151.53	272.51	0.935	1.091	1.022	66.56	92.86	44.39	55.61
12:00 PM	112.87	164.45	277.32	121.87	148.65	270.52	0.926	1.106	1.025	66.39	92.39	45.05	54.95
1:00 PM	113.44	167.28	280.72	124.98	147.99	272.97	0.908	1.130	1.028	66.73	93.98	45.79	54.21
2:00 PM	113.40	169.18	282.58	122.71	156.44	279.15	0.924	1.081	1.012	66.71	95.04	43.96	56.04
3:00 PM	112.92	159.78	272.70	124.67	142.12	266.79	0.906	1.124	1.022	66.42	89.76	46.73	53.27
4:00 PM	114.48	154.31	268.79	120.89	146.70	267.59	0.947	1.052	1.004	67.34	86.69	45.18	54.82
5:00 PM	114.21	151.55	265.76	117.08	150.29	267.37	0.976	1.008	0.994	67.18	85.14	43.79	56.21

kW1 : กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 kW2 : กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 kW : กำลังไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในระบบ

TON1 : ภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 TON2 : ภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 TON : ภาระการทำความเย็นของทั้งระบบ

kW/TON1 : ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 kW/TON2 : ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 kW/TON : ประสิทธิภาพของทั้งระบบ

%OPER1 : ร้อยละของการเดินเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 %OPER2 : ร้อยละของการเดินเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2

%LOAD1 : ร้อยละการแบ่งภาระการทำความเย็นจากทั้งระบบของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1

%LOAD2 : ร้อยละการแบ่งภาระการทำความเย็นจากทั้งระบบของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2

ตารางที่ ก-5 แสดงค่าของอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้ของวันที่ 19 มี.ค. 2546

TIMES	R1(F)	S1(F)	E1(F)	L1(F)	R2(F)	S2(F)	E2(F)	L2(F)
8:00 AM	64.74	59.47	86.34	91.72	64.65	56.56	86.34	94.41
9:00 AM	63.90	58.84	86.28	91.00	64.60	56.40	85.38	95.49
10:00 AM	64.40	59.31	85.85	87.97	64.42	56.41	85.66	92.94
11:00 AM	64.57	59.39	85.36	88.22	64.44	56.45	85.22	93.43
12:00 PM	64.76	59.56	86.02	88.87	64.76	56.95	86.07	94.14
1:00 PM	65.05	59.68	86.28	90.48	65.03	57.20	86.15	94.98
2:00 PM	64.10	58.94	85.85	90.64	64.08	55.98	85.74	94.96
3:00 PM	63.83	58.53	85.53	90.85	63.56	56.12	85.19	94.81
4:00 PM	63.28	58.14	85.34	90.73	62.97	55.29	85.23	94.44
5:00 PM	63.40	58.44	84.99	90.29	63.36	55.52	84.91	94.02

R1(F) : อุณหภูมิของน้ำเย็นที่ไหลกลับเข้ามาในของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 (°F)

S1(F) : อุณหภูมิของน้ำเย็นที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 (°F)

E1(F) : อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลกลับเข้ามาในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 (°F)

L1 (F): อุณหภูมิของน้ำร้อนที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 (°F)

R2(F) : อุณหภูมิของน้ำเย็นที่ไหลกลับเข้ามาในของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

S2(F) : อุณหภูมิของน้ำเย็นที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

E2(F) : อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลกลับเข้ามาในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

L2 (F): อุณหภูมิของน้ำร้อนที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

ตารางที่ ก-6 แสดงข้อมูลของวันที่ 19 มี.ค. 2546 ที่ได้ทำการตรวจวัดและคำนวณ

TIMES	kW1	kW2	kW	TON1	TON2	TON	KW/TON1	kW/TON2	kW/TON	%OPER1	%OPER2	%LOAD1	%LOAD2
8:00 AM	110.89	165.79	276.68	131.95	158.63	290.58	0.840	1.045	0.952	65.23	93.14	45.41	54.59
9:00 AM	112.20	174.86	287.06	127.68	162.00	289.68	0.879	1.079	0.991	66.00	98.24	44.08	55.92
10:00 AM	112.74	165.93	278.67	129.79	159.95	289.74	0.869	1.037	0.962	66.32	93.22	44.80	55.20
11:00 AM	112.78	166.22	279.00	131.58	158.93	290.51	0.857	1.046	0.960	66.34	93.38	45.29	54.71
12:00 PM	112.50	164.65	277.15	130.74	153.78	284.52	0.860	1.071	0.974	66.17	92.50	45.95	54.05
1:00 PM	113.07	166.33	279.40	133.51	152.46	285.97	0.847	1.091	0.977	66.51	93.45	46.69	53.31
2:00 PM	113.03	168.23	281.26	129.71	159.44	289.15	0.871	1.055	0.973	66.49	94.51	44.86	55.14
3:00 PM	112.55	161.22	273.77	133.74	147.05	280.79	0.842	1.096	0.975	66.20	90.58	47.63	52.37
4:00 PM	114.11	155.75	269.86	127.91	149.68	277.59	0.892	1.041	0.972	67.12	87.50	46.08	53.92
5:00 PM	113.84	152.99	266.83	121.27	150.10	271.37	0.939	1.019	0.983	66.96	85.95	44.69	55.31

kW1 : กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 kW2 : กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 kW : กำลังไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในระบบ

TON1 : ภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 TON2 : ภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 TON : ภาระการทำความเย็นของทั้งระบบ

kW/TON1 : ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 kW/TON2 : ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 kW/TON : ประสิทธิภาพของทั้งระบบ

%OPER1 : ร้อยละของการเดินเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 %OPER2 : ร้อยละของการเดินเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2

%LOAD1 : ร้อยละการแบ่งภาระการทำความเย็นจากทั้งระบบของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1

%LOAD2 : ร้อยละการแบ่งภาระการทำความเย็นจากทั้งระบบของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2

ตารางที่ ก-7 แสดงค่าของอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้ของวันที่ 20 มี.ค. 2546

TIMES	R1(F)	S1(F)	E1(F)	L1(F)	R2(F)	S2(F)	E2(F)	L2(F)
8:00 AM	63.80	58.53	85.40	90.78	63.71	55.62	85.40	93.47
9:00 AM	62.96	57.90	85.34	90.06	63.66	55.46	84.44	94.55
10:00 AM	63.46	58.37	84.91	87.03	63.48	55.47	84.72	92.00
11:00 AM	63.63	58.45	84.42	87.28	63.50	55.51	84.28	92.49
12:00 PM	63.82	58.62	85.08	87.93	63.82	56.01	85.13	93.20
1:00 PM	64.11	58.74	85.34	89.54	64.09	56.26	85.21	94.04
2:00 PM	63.16	58.00	84.91	89.70	63.14	55.04	84.80	94.02
3:00 PM	62.89	57.59	84.59	89.91	62.62	55.18	84.25	93.87
4:00 PM	62.34	57.20	84.40	89.79	62.03	54.35	84.29	93.50
5:00 PM	62.46	57.50	84.05	89.35	62.42	54.58	83.97	93.08

R1(F) : อุณหภูมิของน้ำเย็นที่ไหลกลับเข้ามาในของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 (°F)

S1(F) : อุณหภูมิของน้ำเย็นที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 (°F)

E1(F) : อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลกลับเข้ามาในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 (°F)

L1 (F): อุณหภูมิของน้ำร้อนที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 (°F)

R2(F) : อุณหภูมิของน้ำเย็นที่ไหลกลับเข้ามาในของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

S2(F) : อุณหภูมิของน้ำเย็นที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

E2(F) : อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลกลับเข้ามาในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

L2 (F): อุณหภูมิของน้ำร้อนที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

ตารางที่ ก-8 แสดงข้อมูลของวันที่ 20 มี.ค. 2546 ที่ได้ทำการตรวจวัดและคำนวณ

TIMES	kW1	kW2	kW	TON1	TON2	TON	kW/TON1	kW/TON2	kW/TON	%OPER1	%OPER2	%LOAD1	%LOAD2
8:00 AM	113.28	158.23	271.51	122.76	152.86	275.62	0.923	1.035	0.985	66.64	88.89	44.54	55.46
9:00 AM	114.59	167.30	281.89	117.83	154.89	272.72	0.973	1.080	1.034	67.41	93.99	43.21	56.79
10:00 AM	115.14	159.16	274.30	118.50	151.28	269.78	0.972	1.052	1.017	67.73	89.42	43.93	56.07
11:00 AM	115.18	165.10	280.27	120.63	150.92	271.55	0.955	1.094	1.032	67.75	92.75	44.42	55.58
12:00 PM	114.89	163.40	278.29	121.70	148.26	269.96	0.944	1.102	1.031	67.58	91.80	45.08	54.92
1:00 PM	115.46	163.93	279.39	125.09	147.92	273.01	0.923	1.108	1.023	67.92	92.09	45.82	54.18
2:00 PM	115.42	164.03	279.45	120.77	153.78	274.55	0.956	1.067	1.018	67.90	92.15	43.99	56.01
3:00 PM	114.94	158.90	273.84	123.36	140.47	263.83	0.932	1.131	1.038	67.61	89.27	46.76	53.24
4:00 PM	116.50	153.43	269.93	120.38	145.89	266.27	0.968	1.052	1.014	68.53	86.19	45.21	54.79
5:00 PM	116.23	150.67	266.90	115.42	147.99	263.41	1.007	1.018	1.013	68.37	84.64	43.82	56.18

kW1 : กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 kW2 : กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 kW : กำลังไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในระบบ

TON1 : ภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 TON2 : ภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 TON : ภาระการทำความเย็นของทั้งระบบ

kW/TON1 : ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 kW/TON2 : ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 kW/TON : ประสิทธิภาพของทั้งระบบ

%OPER1 : ร้อยละของการเดินเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 %OPER2 : ร้อยละของการเดินเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2

%LOAD1 : ร้อยละการแบ่งภาระการทำความเย็นจากทั้งระบบของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1

%LOAD2 : ร้อยละการแบ่งภาระการทำความเย็นจากทั้งระบบของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2

ตารางที่ ก-9 แสดงค่าของอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้ของวันที่ 21 มี.ค. 2546

TIMES	R1(F)	S1(F)	E1(F)	L1(F)	R2(F)	S2(F)	E2(F)	L2(F)
8:00 AM	64.98	59.71	86.58	91.96	64.89	56.80	86.58	94.65
9:00 AM	64.14	59.08	86.52	91.24	64.84	56.64	85.62	95.73
10:00 AM	64.64	59.55	86.09	88.21	64.66	56.65	85.90	93.18
11:00 AM	64.81	59.63	85.60	88.46	64.68	56.69	85.46	93.67
12:00 PM	65.00	59.80	86.26	89.11	65.00	57.19	86.31	94.38
1:00 PM	65.29	59.92	86.52	90.72	65.27	57.44	86.39	95.22
2:00 PM	64.34	59.18	86.09	90.88	64.32	56.22	85.98	95.20
3:00 PM	64.07	58.77	85.77	91.09	63.80	56.36	85.43	95.05
4:00 PM	63.52	58.38	85.58	90.97	63.21	55.53	85.47	94.68
5:00 PM	63.64	58.68	85.23	90.53	63.60	55.76	85.15	94.26

R1(F) : อุณหภูมิของน้ำเย็นที่ไหลกลับเข้ามาในของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 (°F)

S1(F) : อุณหภูมิของน้ำเย็นที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 (°F)

E1(F) : อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลกลับเข้ามาในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1

L1 (F): อุณหภูมิของน้ำร้อนที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 (°F)

R2(F) : อุณหภูมิของน้ำเย็นที่ไหลกลับเข้ามาในของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

S2(F) : อุณหภูมิของน้ำเย็นที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

E2(F) : อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลกลับเข้ามาในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

L2 (F): อุณหภูมิของน้ำร้อนที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

ตารางที่ ก-10 แสดงข้อมูลของวันที่ 21 มี.ค. 2546 ที่ได้ทำการตรวจวัดและคำนวณ

TIMES	kW1	kW2	kW	TON1	TON2	TON	kW/TON1	kW/TON2	kW/TON	%OPER1	%OPER2	%LOAD1	%LOAD2
8:00 AM	111.40	162.28	273.68	127.06	155.49	282.55	0.877	1.044	0.969	65.53	91.17	44.97	55.03
9:00 AM	112.71	171.35	284.06	122.17	157.81	279.98	0.923	1.086	1.015	66.30	96.27	43.64	56.36
10:00 AM	113.25	162.42	275.67	122.06	153.12	275.18	0.928	1.061	1.002	66.62	91.24	44.36	55.64
11:00 AM	113.29	163.88	277.17	126.04	154.97	281.01	0.899	1.058	0.986	66.64	92.07	44.85	55.15
12:00 PM	113.01	161.71	274.72	124.83	149.46	274.29	0.905	1.082	1.002	66.47	90.85	45.51	54.49
1:00 PM	113.58	163.39	276.97	128.70	149.58	278.28	0.883	1.092	0.995	66.81	91.79	46.25	53.75
2:00 PM	113.54	167.09	280.63	124.43	155.69	280.12	0.912	1.073	1.002	66.79	93.87	44.42	55.58
3:00 PM	113.06	159.61	272.67	128.07	143.32	271.39	0.883	1.114	1.005	66.50	89.67	47.19	52.81
4:00 PM	114.62	154.14	268.76	123.30	146.86	270.16	0.930	1.050	0.995	67.42	86.60	45.64	54.36
5:00 PM	114.35	151.38	265.73	119.62	150.72	270.34	0.956	1.004	0.983	67.26	85.05	44.25	55.75

kW1 : กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 kW2 : กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 kW : กำลังไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในระบบ

TON1 : ภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 TON2 : ภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 TON : ภาระการทำความเย็นของทั้งระบบ

kW/TON1 : ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 kW/TON2 : ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 kW/TON : ประสิทธิภาพของทั้งระบบ

%OPER1 : ร้อยละของการเดินเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 %OPER2 : ร้อยละของการเดินเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2

%LOAD1 : ร้อยละการแบ่งภาระการทำความเย็นจากทั้งระบบของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1

%LOAD2 : ร้อยละการแบ่งภาระการทำความเย็นจากทั้งระบบของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2

ตารางที่ ก-11 แสดงการคำนวณความแปรปรวนของกำลังไฟฟ้าที่ใช้จริงในช่วงวันที่ 17 – 26 มี.ค. 2546 เทียบกับกำลังไฟฟ้าที่หาได้มาจากสมการ (6.1) และ (6.2)

kW1	TON1	E1(C)	kW1_CAL	d1^2	kW2	TON2	E2(C)	kW2_CAL	d2^2
112.62	128.02	30.15	113.41	0.63	164.56	156.56	30.15	164.46	0.01
113.93	127.70	30.12	113.22	0.51	173.63	164.48	29.62	173.74	0.01
114.48	128.63	29.88	113.65	0.70	163.89	156.01	29.77	163.44	0.21
114.51	129.76	29.61	114.13	0.15	166.46	158.45	29.53	166.10	0.13
114.23	127.84	29.97	113.24	0.98	164.89	156.68	30.00	164.45	0.19
114.80	129.67	30.12	114.28	0.27	166.57	159.30	30.04	167.65	1.17
114.76	129.36	29.88	114.03	0.53	168.47	159.79	29.82	168.02	0.20
114.28	129.43	29.70	114.00	0.08	160.09	153.59	29.51	160.37	0.08
115.84	132.24	29.59	115.22	0.38	154.62	149.12	29.53	155.42	0.64
115.57	130.91	29.40	114.59	0.97	151.86	146.56	29.36	152.52	0.44
111.26	123.55	29.83	110.31	0.91	162.59	155.03	29.83	162.35	0.06
112.57	128.46	29.79	113.52	0.90	171.66	163.22	29.29	171.80	0.02
113.12	128.28	29.56	113.32	0.04	162.72	155.46	29.45	162.47	0.06
113.15	127.98	29.28	113.05	0.01	165.29	157.53	29.21	164.67	0.38

ตารางที่ ก-11 (ต่อ)

kW1	TON1	E1(C)	kW1_CAL	d1^2	kW2	TON2	E2(C)	kW2_CAL	d2^2
112.87	128.87	29.65	113.68	0.66	164.45	156.65	29.68	164.10	0.12
113.44	126.98	29.79	112.66	0.62	167.28	158.99	29.72	166.95	0.11
113.40	127.71	29.56	113.00	0.16	169.18	161.44	29.49	169.75	0.32
112.92	126.67	29.38	112.30	0.39	159.78	154.12	29.19	160.66	0.77
114.48	129.89	29.27	114.06	0.18	154.31	147.70	29.21	153.58	0.53
114.21	129.08	29.08	113.57	0.41	151.55	146.29	29.03	151.92	0.14
110.89	124.95	30.19	111.48	0.34	165.79	158.13	30.19	166.38	0.34
112.20	127.68	30.16	113.22	1.04	174.86	164.79	29.66	174.18	0.47
112.74	127.79	29.92	113.19	0.20	165.93	159.15	29.81	167.24	1.71
112.78	127.58	29.64	112.96	0.03	166.22	158.93	29.57	166.72	0.25
112.50	127.74	30.01	113.20	0.49	164.65	155.98	30.04	163.67	0.97
113.07	128.51	30.16	113.69	0.38	166.33	157.76	30.08	165.83	0.25
113.03	128.71	29.92	113.70	0.45	168.23	159.44	29.86	167.63	0.35
112.55	127.74	29.74	113.09	0.29	161.22	155.05	29.55	162.09	0.76
114.11	127.91	29.63	113.14	0.93	155.75	149.68	29.57	156.07	0.10

ตารางที่ ก-11 (ต่อ)

kW1	TON1	E1(C)	kW1_CAL	d1^2	kW2	TON2	E2(C)	kW2_CAL	d2^2
113.84	128.27	29.44	113.27	0.32	152.99	147.56	29.39	153.61	0.39
113.28	128.76	29.67	113.63	0.12	158.23	151.86	29.67	158.57	0.11
114.59	129.83	29.63	114.17	0.18	167.30	160.89	29.13	168.70	1.96
115.14	130.50	29.39	114.40	0.55	159.16	152.28	29.29	158.66	0.25
115.18	130.63	29.12	114.35	0.69	165.10	157.92	29.04	164.98	0.01
114.89	129.70	29.49	114.05	0.71	163.40	157.26	29.52	164.66	1.59
115.46	131.01	29.63	114.72	0.54	163.93	155.92	29.56	163.12	0.66
115.42	130.77	29.39	114.52	0.81	164.03	157.39	29.33	164.63	0.36
114.94	129.36	29.22	113.77	1.37	158.90	153.47	29.03	159.75	0.72
116.50	135.38	29.11	116.04	0.21	153.43	148.99	29.05	154.80	1.87
116.23	133.42	28.92	115.38	0.72	150.67	144.99	28.87	150.42	0.06
111.40	125.06	30.32	111.61	0.04	162.28	155.13	30.32	162.96	0.46
112.71	126.17	30.29	112.34	0.14	171.35	162.81	29.79	171.77	0.18
113.25	127.06	30.05	112.81	0.20	162.42	156.12	29.94	163.74	1.74
113.29	126.04	29.78	112.05	1.53	163.88	155.97	29.70	163.32	0.32

ตารางที่ ก-11 (ต่อ)

kW1	TON1	E1(C)	kW1_CAL	d1^2	kW2	TON2	E2(C)	kW2_CAL	d2^2
113.84	128.27	29.44	113.27	0.32	152.99	147.56	29.39	153.61	0.39
113.28	128.76	29.67	113.63	0.12	158.23	151.86	29.67	158.57	0.11
114.59	129.83	29.63	114.17	0.18	167.30	160.89	29.13	168.70	1.96
115.14	130.50	29.39	114.40	0.55	159.16	152.28	29.29	158.66	0.25
115.18	130.63	29.12	114.35	0.69	165.10	157.92	29.04	164.98	0.01
114.89	129.70	29.49	114.05	0.71	163.40	157.26	29.52	164.66	1.59
115.46	131.01	29.63	114.72	0.54	163.93	155.92	29.56	163.12	0.66
115.42	130.77	29.39	114.52	0.81	164.03	157.39	29.33	164.63	0.36
114.94	129.36	29.22	113.77	1.37	158.90	153.47	29.03	159.75	0.72
116.50	135.38	29.11	116.04	0.21	153.43	148.99	29.05	154.80	1.87
116.23	133.42	28.92	115.38	0.72	150.67	144.99	28.87	150.42	0.06
111.40	125.06	30.32	111.61	0.04	162.28	155.13	30.32	162.96	0.46
112.71	126.17	30.29	112.34	0.14	171.35	162.81	29.79	171.77	0.18
113.25	127.06	30.05	112.81	0.20	162.42	156.12	29.94	163.74	1.74
113.29	126.04	29.78	112.05	1.53	163.88	155.97	29.70	163.32	0.32

ตารางที่ ก-11 (ต่อ)

kW1	TON1	E1(C)	kW1_CAL	d1^2	kW2	TON2	E2(C)	kW2_CAL	d2^2
113.01	127.83	30.14	113.30	0.09	161.71	154.46	30.17	162.03	0.10
113.58	128.70	30.29	113.85	0.07	163.39	155.98	30.22	163.84	0.21
113.54	126.43	30.05	112.41	1.27	167.09	159.69	29.99	168.07	0.97
113.06	128.07	29.87	113.33	0.07	159.61	153.32	29.68	160.23	0.39
114.62	129.30	29.77	113.96	0.44	154.14	146.86	29.71	153.19	0.91
114.35	129.62	29.57	114.04	0.09	151.38	145.92	29.53	152.03	0.42
112.62	127.29	29.87	112.87	0.06	164.42	156.93	29.87	164.62	0.04
115.06	149.06	29.83	115.82	0.58	168.98	161.26	29.33	169.36	0.15
115.65	146.76	29.59	116.37	0.52	158.13	151.92	29.49	158.46	0.11
115.02	148.44	29.32	115.82	0.63	159.40	153.71	29.24	160.24	0.71
115.79	147.12	29.69	116.32	0.29	156.31	149.04	29.72	155.52	0.63
114.43	152.73	29.83	114.32	0.01	155.71	149.79	29.76	156.38	0.45
114.89	149.70	29.59	115.51	0.38	151.73	146.95	29.53	153.11	1.90
115.79	145.43	29.42	116.57	0.61	149.74	144.91	29.23	150.69	0.90
115.77	144.35	29.31	116.69	0.85	151.86	146.88	29.25	152.75	0.80

ตารางที่ ก-11 (ต่อ)

kW1	TON1	E1(C)	kW1_CAL	d1^2	kW2	TON2	E2(C)	kW2_CAL	d2^2
115.57	132.59	29.12	115.16	0.17	149.77	145.42	29.07	151.06	1.66
114.10	128.89	30.09	113.87	0.05	165.04	157.66	30.09	165.71	0.45
117.01	148.05	30.06	116.22	0.62	169.13	160.13	29.56	168.18	0.90
117.61	143.78	29.82	116.96	0.42	156.14	150.40	29.71	156.99	0.73
116.98	147.01	29.54	116.29	0.47	155.86	150.11	29.47	156.43	0.33
117.74	143.32	29.91	117.04	0.49	152.78	146.97	29.94	153.54	0.57
116.38	148.88	30.06	115.97	0.17	154.01	147.89	29.98	154.55	0.29
116.84	148.13	29.82	116.10	0.54	151.15	143.99	29.76	150.28	0.75
117.74	140.09	29.64	116.98	0.58	149.51	144.30	29.45	150.29	0.61
117.73	139.46	29.53	116.90	0.69	148.03	142.70	29.47	148.71	0.46
114.09	129.46	29.34	113.87	0.05	150.74	145.88	29.29	151.75	1.03
114.84	129.91	29.84	114.29	0.30	162.30	156.06	29.84	163.57	1.61
116.54	148.51	29.81	115.99	0.30	167.60	159.23	29.31	166.83	0.59
117.13	146.19	29.57	116.49	0.41	158.87	151.47	29.47	157.93	0.88
116.50	148.32	29.30	115.84	0.43	157.04	151.05	29.22	157.22	0.03

ตารางที่ ก-11 (ต่อ)

kW1	TON1	E1(C)	kW1_CAL	d1^2	kW2	TON2	E2(C)	kW2_CAL	d2^2
117.27	145.37	29.67	116.68	0.35	153.95	147.74	29.69	154.10	0.02
115.91	149.68	29.81	115.60	0.10	152.63	146.73	29.74	153.08	0.21
116.37	149.55	29.57	115.55	0.67	150.24	145.13	29.51	151.20	0.92
117.27	139.72	29.39	116.86	0.17	148.70	142.12	29.21	147.87	0.69
117.25	141.69	29.29	116.87	0.14	148.66	143.69	29.23	149.45	0.63
114.39	129.83	29.09	113.96	0.19	152.09	146.99	29.05	152.67	0.33
		ผลรวมของ d1^2		35.06			ผลรวมของ d2^2		43.83
		ความแปรปรวน		0.438			ความแปรปรวน		0.548

ความแปรปรวน (variance) : $S.D.^2 = \frac{\sum d^2}{N}$

kW1 : กำลังไฟฟ้าที่ใช้จริงในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1

kW2 : กำลังไฟฟ้าที่ใช้จริงในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2

d1^2 : $(kW1\_CAL - kW1)^2$

TON1 : ภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1

E1(C) : อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลกลับเข้ามาในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 (°C)

kW1_CAL : กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 ที่คำนวณได้จากสมการ (6.1)

kW2_CAL : กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 ที่คำนวณได้จากสมการ (6.2)

d2^2 : $(kW2\_CAL - kW2)^2$

TON2 : ภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2

E2(C) : อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลกลับเข้ามาในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°C)

ตารางที่ ก-12 แสดงอุณหภูมิที่ได้ทำการตรวจวัดในวันที่ทำการทดลอง 24 มี.ค. 2546

TIMES	R1(F)	S1(F)	E1(F)	L1(F)	R2(F)	S2(F)	E2(F)	L2(F)
8:00 AM	64.16	58.89	85.76	91.14	64.07	55.98	85.76	93.83
9:00 AM	63.32	58.26	85.70	90.42	64.02	55.82	84.80	94.91
10:00 AM	63.82	58.73	85.27	87.39	63.84	55.83	85.08	92.36
11:00 AM	63.99	58.81	84.78	87.64	63.86	55.87	84.64	92.85
12:00 PM	64.18	58.98	85.44	88.29	64.18	56.37	85.49	93.56
1:00 PM	64.47	59.10	85.70	89.90	64.45	56.62	85.57	94.40
2:00 PM	63.52	58.36	85.27	90.06	63.50	55.40	85.16	94.38
3:00 PM	63.25	57.95	84.95	90.27	62.98	55.54	84.61	94.23
4:00 PM	62.70	57.56	84.76	90.15	62.39	54.71	84.65	93.86
5:00 PM	62.82	57.86	84.41	89.71	62.78	54.94	84.33	93.44

R1(F) : อุณหภูมิของน้ำเย็นที่ไหลกลับเข้ามาในของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 (°F)

S1(F) : อุณหภูมิของน้ำเย็นที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 (°F)

E1(F) : อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลกลับเข้ามาในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 (°F)

L1 (F): อุณหภูมิของน้ำร้อนที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 (°F)

R2(F) : อุณหภูมิของน้ำเย็นที่ไหลกลับเข้ามาในของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

S2(F) : อุณหภูมิของน้ำเย็นที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

E2(F) : อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลกลับเข้ามาในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

L2 (F): อุณหภูมิของน้ำร้อนที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

ตารางที่ ก-13 แสดงข้อมูลที่ได้ทำการตรวจวัดและคำนวณได้ในวันที่ทำการทดลอง 24 มี.ค. 2546

TIMES	kW1	kW2	kW	TON1	TON2	TON	kW/TON1	kW/TON2	kW/TON	%OPER1	%OPER2	%LOAD1	%LOAD2
8:00 AM	112.62	164.42	277.04	125.29	154.93	280.22	0.899	1.061	0.989	66.25	92.37	44.71	55.29
9:00 AM	115.06	168.98	284.04	148.06	129.26	277.32	0.777	1.307	1.024	67.68	94.93	53.39	46.61
10:00 AM	115.65	158.13	273.78	144.76	129.62	274.38	0.799	1.220	0.998	68.03	88.84	52.76	47.24
11:00 AM	115.02	159.40	274.42	147.44	128.71	276.15	0.780	1.238	0.994	67.66	89.55	53.39	46.61
12:00 PM	115.79	156.31	272.10	144.12	129.04	273.16	0.803	1.211	0.996	68.11	87.82	52.76	47.24
1:00 PM	114.43	155.71	270.14	149.73	127.49	277.22	0.764	1.221	0.974	67.31	87.48	54.01	45.99
2:00 PM	114.89	151.73	266.62	147.70	128.95	276.65	0.778	1.177	0.964	67.58	85.24	53.39	46.61
3:00 PM	115.79	149.74	265.53	140.43	128.96	269.39	0.824	1.161	0.986	68.11	84.13	52.13	47.87
4:00 PM	115.77	151.86	267.63	140.35	128.88	269.23	0.825	1.178	0.994	68.10	85.31	52.13	47.87
5:00 PM	115.57	149.77	265.34	118.59	149.42	268.01	0.975	1.002	0.990	67.98	84.14	44.25	55.75

kW1 : กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 kW2 : กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 kW : กำลังไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในระบบ

TON1 : ภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 TON2 : ภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 TON : ภาระการทำความเย็นของทั้งระบบ

kW/TON1 : ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 kW/TON2 : ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 kW/TON : ประสิทธิภาพของทั้งระบบ

%OPER1 : ร้อยละของการเดินเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 %OPER2 : ร้อยละของการเดินเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2

%LOAD1 : ร้อยละการแบ่งภาระการทำความเย็นจากทั้งระบบของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1

%LOAD2 : ร้อยละการแบ่งภาระการทำความเย็นจากทั้งระบบของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2

ตารางที่ ก-14 แสดงอุณหภูมิที่ได้ทำการตรวจวัดในวันที่ทำการทดลอง 25 มี.ค. 2546

TIMES	R1(F)	S1(F)	E1(F)	L1(F)	R2(F)	S2(F)	E2(F)	L2(F)
8:00 AM	64.56	59.29	86.16	91.54	64.47	56.38	86.16	94.23
9:00 AM	63.72	58.66	86.10	90.82	64.42	56.22	85.20	95.31
10:00 AM	64.22	59.13	85.67	87.79	64.24	56.23	85.48	92.76
11:00 AM	64.39	59.21	85.18	88.04	64.26	56.27	85.04	93.25
12:00 PM	64.58	59.38	85.84	88.69	64.58	56.77	85.89	93.96
1:00 PM	64.87	59.50	86.10	90.30	64.85	57.02	85.97	94.80
2:00 PM	63.92	58.76	85.67	90.46	63.90	55.80	85.56	94.78
3:00 PM	63.65	58.35	85.35	90.67	63.38	55.94	85.01	94.63
4:00 PM	63.10	57.96	85.16	90.55	62.79	55.11	85.05	94.26
5:00 PM	63.22	58.26	84.81	90.11	63.18	55.34	84.73	93.84

R1(F) : อุณหภูมิของน้ำเย็นที่ไหลกลับเข้ามาในของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 (°F)

S1(F) : อุณหภูมิของน้ำเย็นที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 (°F)

E1(F) : อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลกลับเข้ามาในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 (°F)

L1 (F): อุณหภูมิของน้ำร้อนที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 (°F)

R2(F) : อุณหภูมิของน้ำเย็นที่ไหลกลับเข้ามาในของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

S2(F) : อุณหภูมิของน้ำเย็นที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

E2(F) : อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลกลับเข้ามาในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

L2 (F): อุณหภูมิของน้ำร้อนที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

ตารางที่ ก-15 แสดงข้อมูลที่ได้ทำการตรวจวัดและคำนวณได้ในวันที่ทำการทดลอง 25 มี.ค. 2546

TIMES	kW1	kW2	kW	TON1	TON2	TON	kW/TON1	kW/TON2	kW/TON	%OPER1	%OPER2	%LOAD1	%LOAD2
8:00 AM	114.10	165.04	279.14	126.89	155.66	282.55	0.899	1.060	0.988	67.12	92.72	44.91	55.09
9:00 AM	117.01	169.13	286.14	148.05	131.93	279.98	0.790	1.282	1.022	68.83	95.02	52.88	47.12
10:00 AM	117.61	156.14	273.75	143.78	131.40	275.18	0.818	1.188	0.995	69.18	87.72	52.25	47.75
11:00 AM	116.98	155.86	272.84	147.01	131.00	278.01	0.796	1.190	0.981	68.81	87.56	52.88	47.12
12:00 PM	117.74	152.78	270.52	143.32	130.97	274.29	0.822	1.166	0.986	69.26	85.83	52.25	47.75
1:00 PM	116.38	154.01	270.39	148.88	129.40	278.28	0.782	1.190	0.972	68.46	86.52	53.50	46.50
2:00 PM	116.84	151.15	267.99	148.13	131.99	280.12	0.789	1.145	0.957	68.73	84.92	52.88	47.12
3:00 PM	117.74	149.51	267.25	140.09	131.30	271.39	0.840	1.139	0.985	69.26	83.99	51.62	48.38
4:00 PM	117.73	148.03	265.75	139.46	130.70	270.16	0.844	1.133	0.984	69.25	83.16	51.62	48.38
5:00 PM	114.09	150.74	264.83	120.46	149.88	270.34	0.947	1.006	0.980	67.11	84.69	44.56	55.44

kW1 : กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 kW2 : กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 kW : กำลังไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในระบบ

TON1 : ภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 TON2 : ภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 TON : ภาระการทำความเย็นของทั้งระบบ

kW/TON1 : ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 kW/TON2 : ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 kW/TON : ประสิทธิภาพของทั้งระบบ

%OPER1 : ร้อยละของการเดินเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 %OPER2 : ร้อยละของการเดินเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2

%LOAD1 : ร้อยละการแบ่งภาระการทำความเย็นจากทั้งระบบของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1

%LOAD2 : ร้อยละการแบ่งภาระการทำความเย็นจากทั้งระบบของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2

ตารางที่ ก-16 แสดงอุณหภูมิที่ได้ทำการตรวจวัดในวันที่ทำการทดลอง 26 มี.ค. 2546

TIMES	R1(F)	S1(F)	E1(F)	L1(F)	R2(F)	S2(F)	E2(F)	L2(F)
8:00 AM	64.12	58.85	85.72	91.10	64.03	55.94	85.72	93.79
9:00 AM	63.28	58.22	85.66	90.38	63.98	55.78	84.76	94.87
10:00 AM	63.78	58.69	85.23	87.35	63.80	55.79	85.04	92.32
11:00 AM	63.95	58.77	84.74	87.60	63.82	55.83	84.60	92.81
12:00 PM	64.14	58.94	85.40	88.25	64.14	56.33	85.45	93.52
1:00 PM	64.43	59.06	85.66	89.86	64.41	56.58	85.53	94.36
2:00 PM	63.48	58.32	85.23	90.02	63.46	55.36	85.12	94.34
3:00 PM	63.21	57.91	84.91	90.23	62.94	55.50	84.57	94.19
4:00 PM	62.66	57.52	84.72	90.11	62.35	54.67	84.61	93.82
5:00 PM	62.78	57.82	84.37	89.67	62.74	54.90	84.29	93.40

R1(F) : อุณหภูมิของน้ำเย็นที่ไหลกลับเข้ามาในของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 (°F)

S1(F) : อุณหภูมิของน้ำเย็นที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 (°F)

E1(F) : อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลกลับเข้ามาในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 (°F)

L1 (F): อุณหภูมิของน้ำร้อนที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 (°F)

R2(F) : อุณหภูมิของน้ำเย็นที่ไหลกลับเข้ามาในของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

S2(F) : อุณหภูมิของน้ำเย็นที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

E2(F) : อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลกลับเข้ามาในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

L2 (F): อุณหภูมิของน้ำร้อนที่จ่ายออกจากเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 (°F)

ตารางที่ ก-17 แสดงข้อมูลที่ได้ทำการตรวจวัดและคำนวณได้ในวันที่ทำการทดลอง 26 มี.ค. 2546

TIMES	kW1	kW2	kW	TON1	TON2	TON	kW/TON1	kW/TON2	kW/TON	%OPER1	%OPER2	%LOAD1	%LOAD2
8:00 AM	114.84	162.30	277.13	126.91	155.06	281.97	0.905	1.047	0.983	67.55	91.18	45.01	54.99
9:00 AM	116.54	167.60	284.13	148.51	130.23	278.74	0.785	1.287	1.019	68.55	94.15	53.28	46.72
10:00 AM	117.13	158.87	276.00	146.19	131.47	277.66	0.801	1.208	0.994	68.90	89.25	52.65	47.35
11:00 AM	116.50	157.04	273.54	148.32	130.05	278.37	0.785	1.207	0.983	68.53	88.22	53.28	46.72
12:00 PM	117.27	153.95	271.22	145.37	130.74	276.11	0.807	1.178	0.982	68.98	86.49	52.65	47.35
1:00 PM	115.91	152.63	268.54	151.68	129.73	281.41	0.764	1.177	0.954	68.18	85.75	53.90	46.10
2:00 PM	116.37	150.24	266.60	149.55	131.13	280.68	0.778	1.146	0.950	68.45	84.40	53.28	46.72
3:00 PM	117.27	148.70	265.97	139.72	128.87	268.59	0.839	1.154	0.990	68.98	83.54	52.02	47.98
4:00 PM	117.25	148.66	265.91	141.69	130.69	272.38	0.827	1.138	0.976	68.97	83.52	52.02	47.98
5:00 PM	114.39	152.09	266.48	120.83	148.93	269.76	0.947	1.021	0.988	67.29	85.44	44.79	55.21

kW1 : กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 kW2 : กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 kW : กำลังไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในระบบ

TON1 : ภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 TON2 : ภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 TON : ภาระการทำความเย็นของทั้งระบบ

kW/TON1 : ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 kW/TON2 : ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 kW/TON : ประสิทธิภาพของทั้งระบบ

%OPER1 : ร้อยละของการเดินเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 %OPER2 : ร้อยละของการเดินเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2

%LOAD1 : ร้อยละการแบ่งภาระการทำความเย็นจากทั้งระบบของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1

%LOAD2 : ร้อยละการแบ่งภาระการทำความเย็นจากทั้งระบบของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2

ภาคผนวก ข.

ตัวอย่างการคำนวณการหาสภาพที่เหมาะสมที่สุดของระบบ

ตัวอย่างการคำนวณการหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดของระบบ

ในตัวอย่างการคำนวณนี้จะยกตัวอย่างข้อมูลจากตารางที่ ก-11 และ ก-12 ที่เวลา 14 : 00น.

เครื่องทำน้ำเย็นตรวจที่ 1	เครื่องทำน้ำเย็นตรวจที่ 1
kW1 = 114.89 kW	kW2 = 151.73 kW
R1(F) = 63.52 F = 17.51 C	R2(F) = 63.50 F = 17.50 C
S1(F) = 58.36 F = 14.64 C	S2(F) = 55.40 F = 13.00 C
E1(F) = 85.27 F = 29.59 C	E2(F) = 85.16 F = 29.53
L1(F) = 90.60 F	L2(F) = 94.38

ซึ่งเมื่อทำการตรวจวัดปริมาณต่างๆมาได้แล้วก็จะนำข้อมูลดังกล่าวมาคำนวณตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. **วิธีการคำนวณภาระการทำความเย็น**

$$TON = \frac{m_c C_p (R - S)}{3.516}$$

TON = ภาระการทำความเย็น (tons)

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

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

สำหรับเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 : TON1

$$TON_1 = \frac{(36)*(4.2)*(17.51 - 14.64)}{3.516} = 123.27 \text{ tons}$$

สำหรับเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 : TON2

$$TON_2 = \frac{(29)*(4.2)*(17.50 - 13.00)}{3.516} = 155.88 \text{ tons}$$

ดังนั้นภาระการทำความเย็นของทั้งระบบ : TON

$$TON = TON_1 + TON_2 = 279.15 \text{ tons}$$

2. **วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ (kW/TON)**

ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น =: $\eta = \frac{kW}{TON}$

$$\eta_1 = \frac{kW_1}{TON_1} = \frac{114.15}{123.27} = 0.93$$

$$\eta_2 = \frac{kW_2}{TON_2} = \frac{159.96}{155.88} = 1.03$$

ประสิทธิของทั้งระบบ : $\eta = \frac{kW_1 + kW_2}{TON_1 + TON_2} = \frac{114.15 + 159.96}{279.15} = 0.98$

3. **วิธีการคำนวณหาร้อยละของการเดินเครื่องทำน้ำเย็นแต่ละตัว**

$$\%OPER1 = \frac{kW_1}{170} = \frac{114.89}{170} \times 100\% = 67.58\%$$

$$\%OPER2 = \frac{kW_2}{178} = \frac{151.73}{178} \times 100\% = 85.24\%$$

4. **วิธีการคำนวณหาร้อยละของการรับภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นแต่ละตัว**

$$\%LOAD1 = \frac{TON_1}{279.15} = \frac{123.27}{279.15} \times 100\% = 44.16\%$$

$$\%LOAD2 = \frac{TON_2}{279.15} = \frac{155.88}{279.15} \times 100\% = 55.84\%$$

5. **วิธีการหาสภาวะที่เหมาะสมโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์**

เมื่อทำการคำนวณ ภาระการทำความเย็นที่ต้องการของทั้งระบบได้แล้วจากข้อที่(1) ก็จะทำการนำค่าที่ได้มาแบ่งให้กับเครื่องทำน้ำเย็นแต่ละตัว โดยแบ่งตามสมการที่ (3.11) และ (3.12) หลังจากนั้นก็จะใช้ค่าดังกล่าวคำนวณค่าของกำลังไฟฟ้าที่ใช้ ตามสมการที่ (6.1) และ (6.2), ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นแต่ละตัว โดยเริ่มจาก i = 1 จนกระทั่งถึง 80 แล้วทำการเปรียบเทียบและเลือกใช้ค่าของ kW/TON ของระบบที่ต่ำที่สุด โดยต้องเป็นไปตามเงื่อนไขบังคับที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3

ตัวอย่างเช่น เมื่อ i = 50

เครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1

%LOAD1 = 40% + (0.25*50)%

= 52.5% ของภาระทั้งหมด

$$= \frac{52.5}{100} \times 279.15 = 146.55 \quad \text{tons}$$

กำลังไฟฟ้าที่ใช้ : $kW_1 = -322.38 + 6.05(146.55) + 0.398(29.59) - 0.0214(146.55)^2$

$$= 116.42 \quad kW$$

$$\therefore \quad \eta_1^* = \frac{kW_1}{TON_1} = \frac{116.42}{146.55} = 0.79$$

เครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2

%LOAD2 = 100% - 52.5%

= 47.5% ของภาระทั้งหมด

TON2 = (0.475 * 279.15) = 132.60 tons

กำลังไฟฟ้าที่ใช้ : $kW_2 = 108.4 - 0.98(132.60) + 0.996(29.53) + 0.0068(132.60)^2$

$$= 127.43 \quad kW$$

$$\therefore \quad \eta_2^* = \frac{kW_2}{TON2} = \frac{127.43}{132.60} = 0.96$$

$$\therefore \quad \text{ประสิทธิภาพของทั้งระบบ} : \eta^* = \frac{kW_1 + kW_2}{TON_1 + TON_2} = \frac{116.42 + 127.43}{279.15} = 0.87$$

ร้อยละของการเดินเครื่องทำน้ำเย็นแต่ละตัว

$$\%OPER1 = \frac{kW_1^*}{170} = \frac{116.42}{170} \times 100\% = 68.48\%$$

$$\%OPER2 = \frac{kW_2^*}{178} = \frac{127.43}{178} \times 100\% = 71.60\%$$

สำหรับตัวอย่างการคำนวณที่ได้แสดงในเบื้องต้นเป็นตัวอย่างของการหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดของการแบ่งภาระการทำความเย็น ในขณะที่ระบบต้องการการทำความเย็น 279.15 tons , E_1 = 29.59°c และ E_2 = 29.53°c โดยสภาวะที่โปรแกรมคำนวณได้นี้จะเป็นไปตามเงื่อนไขบังคับทั้งหมด หลังจากนั้นจะได้นำค่าทั้งหมดไปทำการปรับเปลี่ยนการเดินเครื่องทำน้ำเย็นแต่ละตัวต่อไป

ภาคผนวก ค.

ความหมายของตัวแปรและรายละเอียดของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ความหมายของตัวแปรที่ใช้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

สัญลักษณ์	ความหมาย
txtCOUNT_(*).Text	ค่าของจำนวนของตัวแปร *
txtSUM_(*).Text	ค่าของผลรวมของตัวแปร *
txtAVE_(*).Text	ค่าเฉลี่ยของตัวแปร *
txtSUM_(*)n.Text	ค่าของผลรวมของ[ตัวแปร(*)^n]
TON	ภาระการทำความเย็นของระบบ
R,TON1	ภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1
X,TON2	ภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2
E,E1	อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลกลับเข้ามาในคอนเดนเซอร์ของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1
F,E2	อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลกลับเข้ามาในคอนเดนเซอร์ของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2
kW	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดในระบบ
W,kW1	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1
Y,kW2	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2
r	จำนวนสมการที่ต้องการหาคำตอบโดยโปรแกรม
OPE1	ร้อยละของการเดินเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1
OPE2	ร้อยละของการเดินเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2
%LOAD1,L1	ร้อยละการแบ่งภาระการทำความเย็นจากทั้งระบบของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1
%LOAD2,L2	ร้อยละการแบ่งภาระการทำความเย็นจากทั้งระบบของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2
i,j,k,m,s	จำนวนรอบการคำนวณซ้ำ
a	ตัวแปรอาร์เรย์ 2 มิติ
b	ตัวแปรอาร์เรย์ 2 มิติ
c	ตัวแปรอาร์เรย์ 1 มิติ
e	ตัวแปรอาร์เรย์ 1 มิติ

***ตัวแปรนอกเหนือจากนี้ จะเป็นตัวแปรที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการคำนวณ

โปรแกรม [GAUSSIAN] สำหรับ Chiller ตัวที่ 1

```
Option Explicit
Dim a(1 To 10, 1 To 10) As Double
Dim c(1 To 9) As Double
Dim y As Double
Dim x As Double
Dim i As Integer
Dim m As Integer
Dim j As Integer
Dim k As Integer
Dim r As Integer

Private Sub Command1_Click()
a(1, 1) = txtCOUNT_DATA.Text  'COUNT
a(1, 2) = txtSUM_R.Text   'R
a(2, 1) = txtSUM_R.Text
a(1, 3) = txtSUM_E.Text   'E
a(3, 1) = txtSUM_E.Text
a(2, 3) = txtSUM_RE.Text    'RE
a(3, 2) = txtSUM_RE.Text
a(1, 4) = txtSUM_R2.Text    'R2
a(4, 1) = txtSUM_R2.Text
a(2, 2) = txtSUM_R2.Text
a(3, 3) = txtSUM_E2.Text     'E2
a(3, 4) = txtSUM_R2E.Text    'R2E
a(4, 3) = txtSUM_R2E.Text
a(2, 4) = txtSUM_R3.Text     'R3
a(4, 2) = txtSUM_R3.Text
```

```
a(4, 4) = txtSUM_R4.Text  'R4
a(1, 5) = txtSUM_W.Text 'W
a(2, 5) = txtSUM_RW.Text
a(3, 5) = txtSUM_EW.Text
a(4, 5) = txtSUM_R2W.Text
r = 4
For j = 1 To r
    i = j
  If a(i, j) = 0 Then
    For k = 1 To r + 1
    x = a(j, k)
    a(j, k) = a(i + 1, k)
    a(i + 1, k) = x
    Next k
    End If
    y = 1 / a(i, j)
        For k = 1 To r + 1
         a(j, k) = y * a(j, k)
         Next k
            For m = 1 To r
              If m <> j Then
                y = -a(m, j)
                For k = 1 To r + 1
                a(m, k) = a(m, k) + y * a(j, k)
                Next k
                End If
                 Next m
Next j
```

```
For j = 1 To r
c(j) = Format(a(j, 5), "##.0000")
Next j
CurrentY = 5000
CurrentX = 600
Print "+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-"
CurrentX = 600
Print " kW of CHILLER 1 is "
CurrentX = 600
Print " kW1 = (" & c(1) & ")+(" & c(2) & ")TON1" & "÷(" & c(3) & ")E1" & "+(" & c(4) &
")TON1^2";
Print
CurrentX = 600
Print "+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-"
```

โปรแกรม [GAUSSIAN] สำหรับ Chiller ตัวที่ 2

```
Option Explicit
Dim b(1 To 10, 1 To 10) As Double
Dim e(1 To 9) As Double
Dim y As Double
Dim x As Double
Dim i As Integer
Dim m As Integer
Dim j As Integer
Dim k As Integer
Dim r As Integer

Private Sub Command1_Click()
b(1, 1) = txtCOUNT_DATA.Text  'COUNT
b(1, 2) = txtSUM_X.Text   'X
b(2, 1) = txtSUM_X.Text
b(1, 3) = txtSUM_F.Text   'F
b(3, 1) = txtSUM_F.Text
b(2, 3) = txtSUM_XF.Text    'XF
b(3, 2) = txtSUM_XF.Text
b(1, 4) = txtSUM_X2.Text    'X2
b(4, 1) = txtSUM_X2.Text
b(2, 2) = txtSUM_X2.Text
b(3, 3) = txtSUM_F2.Text    'F2
b(3, 4) = txtSUM_X2F.Text   'X2F
b(4, 3) = txtSUM_X2F.Text
b(2, 4) = txtSUM_X3.Text    'X3
b(4, 2) = txtSUM_X3.Text
```

```
b(4, 4) = txtSUM_X4.Text   'X4
b(1, 5) = txtSUM_Y.Text    'Y
b(2, 5) = txtSUM_XY.Text
b(3, 5) = txtSUM_FY.Text
b(4, 5) = txtSUM_X2Y.Text

For j = 1 To r
    i = j
  If b(i, j) = 0 Then
    For k = 1 To r + 1
    x = b(j, k)
    b(j, k) = b(i + 1, k)
    b(i + 1, k) = x
    Next k
    End If
    y = 1 / b(i, j)
        For k = 1 To r + 1
         b(j, k) = y * b(j, k)
         Next k
            For m = 1 To r
              If m <> j Then
                y = -b(m, j)
                For k = 1 To r + 1
                b(m, k) = b(m, k) + y * b(j, k)
                Next k
                End If
                 Next m
Next j
```

```
For j = 1 To r
e(j) = Format(b(j, 5), "##.0000")
Next j
CurrentY = 6000
CurrentX = 600
Print "+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-"
CurrentX = 600
Print " kW of  CHILLER 2 is "
CurrentX = 600
Print " kW2 = (" & e(1) & ")+(" & e(2) & ")TON2" & "+(" & e(3) & ")E2" & "+(" & e(4) &
")TON2^2";
'Print
CurrentX = 600
Print "+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-"
```

โปรแกรม [OPTIMIZATION]

```
Option Explicit
Dim T1 As Double
Dim T2 As Double
Dim K1 As Double
Dim K2 As Double
Dim kWA As Double
Dim kWTA1 As Double
Dim kWTA2 As Double
Dim E1 As Double
Dim E2 As Double
Dim kT As Double
Dim kWTR As Double
Dim TON1 As Double
Dim SMALL As Double
Dim TON2 As Double
Dim TON As Double
Dim kW1 As Double
Dim kW2 As Double
Dim kW As Double
Dim kWT1 As Double
Dim kWT2 As Double
Dim kWT As Double
Dim OPE1 As Double
Dim OPE2 As Double
Dim OPE As Double
Dim L1 As Double
Dim L2 As Double
```

```
Dim i As Integer
Dim S As Integer
Dim j As Integer

Private Sub Command1_Click()
kT = 0
TON = txtAVE_TON.Text
E1 = txtAVE_E1.Text
E2 = txtAVE_E2.Text
kWTR = Format(txtAVE_kWT.Text, "##.000")
SMALL = kWTR
  For S = 1 To 80
    TON1 = (TON * (0.4 + (0.0025 * S)))
    TON2 = TON - TON1
     kW1 = (0.995) * (c1 + (c2 * TON1) + (c3 * E1) - (c4 * (TON1 ^ 2)))
     kW2 = (1.03) * (e1 - (e2 * TON2) + (e3 * E2) + (e4 * (TON2 ^ 2)))
    kWT1 = kW1 / TON1
    kWT2 = kW2 / TON2
     If kWT2 < txtAVE_kWT2.Text And 110 < kW1 And kW1 < 120 And TON1 < 160 And
        TON2 < 170 And kW2 > 125 And kW2 < 169 Then
          kW = kW1 + kW2
          kWT = kW / TON
          If kWT < SMALL Then
          SMALL = kWT
          T1 = TON1
          T2 = TON2
          K1 = kW1
          K2 = kW2
          kWA = kW
```

```
        kWTA2 = kWT2
        kWTA1 = kWT1
        OPE1 = (kW1 * 100) / 170
        OPE2 = (kW2 * 100) / 178
        L1 = (TON1 / TON) * 100
        L2 = 100 - L1
        kT = 1
        End If
      End If
Next S
If kT <> 0 Then
 CurrentY = 4500
 CurrentX = 1000
 Print "kW1 = " & Format(K1, "##.00")
 Print
 CurrentX = 1000
 Print "TON1 = " & Format(T1, "##.00")
 Print
 CurrentX = 1000
 Print "%LOAD1 = " & Format(L1, "##.00")
 Print
 Print
 CurrentX = 1000
 Print "kW2 = " & Format(K2, "##.00")
 Print
 CurrentX = 1000
 Print "TON2 = " & Format(T2, "##.00")

 Print
```

```
  CurrentX = 1000
  Print "%LOAD2 = " & Format(L2, "##.00")
  Print
  Print
  CurrentX = 1000
  Print "kW = " & Format(kWA, "##.00")
  Print
  CurrentX = 1000
  Print "TON = " & Format(TON, "##.00")
Label2.Visible = True
Label3.Visible = True
Label4.Visible = True
Label5.Visible = True
Label6.Visible = True
Label7.Visible = True
Text1.Text = Format(OPE1, "##.00")
Text2.Text = Format(OPE2, "##.00")
Text3.Text = Format(kWTA1, "##.00")
Text4.Text = Format(kWTA2, "##.00")
Text5.Text = Format(SMALL, "##.00")
Text1.Visible = True
Text2.Visible = True
Text3.Visible = True
Text4.Visible = True
Text5.Visible = True
 Else
```

```
    CurrentY = 5000
    CurrentX = 2500
  Print "+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+"
  Print
 CurrentX = 3000
  Print " THE PRESENT OPERATION IS OPTIMIZED..."
  Print
  CurrentX = 2500
  Print "+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-"
  End If
End Sub
```

โปรแกรมหลัก [CHILLER SYSTEM]

```
Option Explicit
Dim a(1 To 10, 1 To 10) As Double
Dim c(1 To 9) As Double
Dim b(1 To 10, 1 To 10) As Double
Dim e(1 To 9) As Double
Dim T1 As Double
Dim T2 As Double
Dim K1 As Double
Dim K2 As Double
Dim kWA As Double
Dim kWTA1 As Double
Dim kWTA2 As Double
Dim y As Double
Dim x As Double
Dim E1 As Double
Dim E2 As Double
Dim kT As Double
Dim kWTR As Double
Dim TON1 As Double
Dim SMALL As Double
Dim TON2 As Double
Dim TON As Double
Dim kW1 As Double
Dim kW2 As Double
Dim kW As Double
Dim kWT1 As Double
Dim kWT2 As Double
```

```
Dim kWT As Double
Dim OPE1 As Double
Dim OPE2 As Double
Dim OPE As Double
Dim L1 As Double
Dim L2 As Double
Dim i As Integer
Dim S As Integer
Dim m As Integer
Dim j As Integer
Dim k As Integer
Dim r As Integer

Private Sub Command1_Click()
'CHILLER1
a(1, 1) = txtCOUNT_DATA.Text  'COUNT
a(1, 2) = txtSUM_R.Text   'R
a(2, 1) = txtSUM_R.Text
a(1, 3) = txtSUM_E.Text   'E
a(3, 1) = txtSUM_E.Text
a(2, 3) = txtSUM_RE.Text    'RE
a(3, 2) = txtSUM_RE.Text
a(1, 4) = txtSUM_R2.Text    'R2
a(4, 1) = txtSUM_R2.Text
a(2, 2) = txtSUM_R2.Text
a(3, 3) = txtSUM_E2.Text    'E2
a(3, 4) = txtSUM_R2E.Text   'R2E
a(4, 3) = txtSUM_R2E.Text
a(2, 4) = txtSUM_R3.Text    'R3
```

```
a(4, 2) = txtSUM_R3.Text
a(4, 4) = txtSUM_R4.Text  'R4
a(1, 5) = txtSUM_W.Text 'W
a(2, 5) = txtSUM_RW.Text
a(3, 5) = txtSUM_EW.Text
a(4, 5) = txtSUM_R2W.Text
r = 4
For j = 1 To r
    i = j
  If a(i, j) = 0 Then
    For k = 1 To r + 1
    x = a(j, k)
    a(j, k) = a(i + 1, k)
    a(i + 1, k) = x
    Next k
    End If
    y = 1 / a(i, j)
        For k = 1 To r + 1
         a(j, k) = y * a(j, k)
         Next k
            For m = 1 To r
              If m <> j Then
                 y = -a(m, j)
                 For k = 1 To r + 1
                 a(m, k) = a(m, k) + y * a(j, k)
                 Next k
                 End If
                  Next m
Next j
```

```
For j = 1 To r
c(j) = Format(a(j, 5), "##.0000")
Next j
CurrentY = 5000
CurrentX = 600
Print "+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-"
CurrentX = 600
Print " kW of  CHILLER 1 is "
CurrentX = 600
Print " kW1  = (" & c(1) & ")+(" & c(2) & ")TON1" & "+(" & c(3) & ")E1" & "-(" & c(4) &
")TON1^2";
Print
CurrentX = 600
Print "-+-++-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-"

'CHILLER2
b(1, 1) = txtCOUNT_DATA.Text  'COUNT
b(1, 2) = txtSUM_X.Text   'X
b(2, 1) = txtSUM_X.Text
b(1, 3) = txtSUM_F.Text   'F
b(3, 1) = txtSUM_F.Text
b(2, 3) = txtSUM_XF.Text    'XF
b(3, 2) = txtSUM_XF.Text
b(1, 4) = txtSUM_X2.Text    'X2
b(4, 1) = txtSUM_X2.Text
b(2, 2) = txtSUM_X2.Text
b(3, 3) = txtSUM_F2.Text     'F2
b(3, 4) = txtSUM_X2F.Text    'X2F
b(4, 3) = txtSUM_X2F.Text
```

```
b(2, 4) = txtSUM_X3.Text     'X3
b(4, 2) = txtSUM_X3.Text
b(4, 4) = txtSUM_X4.Text   'X4
b(1, 5) = txtSUM_Y.Text    'Y
b(2, 5) = txtSUM_XY.Text
b(3, 5) = txtSUM_FY.Text
b(4, 5) = txtSUM_X2Y.Text
For j = 1 To r
    i = j
  If b(i, j) = 0 Then
    For k = 1 To r + 1
    x = b(j, k)
    b(j, k) = b(i + 1, k)
    b(i + 1, k) = x
    Next k
    End If
    y = 1 / b(i, j)
        For k = 1 To r + 1
         b(j, k) = y * b(j, k)
         Next k
            For m = 1 To r
              If m <> j Then
                 y = -b(m, j)
                 For k = 1 To r + 1
                 b(m, k) = b(m, k) + y * b(j, k)
                 Next k
                 End If
                  Next m
Next j
```

```
For j = 1 To r
e(j) = Format(b(j, 5), "##.0000")
Next j
CurrentY = 6000
CurrentX = 600
Print "+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-"
CurrentX = 600
Print " kW of CHILLER 2 is "
CurrentX = 600
Print " kW2 = (" & e(1) & ")+(" & e(2) & ")TON2" & "+(" & e(3) & ")E2" & "+(" & e(4) &
")TON2^2";
Print
CurrentX = 600
Print "+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-"
kT = 0
TON = txtAVE_TON.Text
E1 = txtAVE_E1.Text
E2 = txtAVE_E2.Text
kWTR = Format(txtAVE_kWT.Text, "##.000")
SMALL = kWTR
  For S = 1 To 80
    TON1 = (TON * (0.4 + (0.0025 * S)))
    TON2 = TON - TON1
     kW1 = (0.995) * (c1 + (c2 * TON1) + (c3 * E1) - (c4 * (TON1 ^ 2)))
     kW2 = (1.03) * (e1 - (e2 * TON2) + (e3 * E2) + (e4 * (TON2 ^ 2)))
    kWT1 = kW1 / TON1
    kWT2 = kW2 / TON2
```

```
If kWT2 < txtAVE_kWT2.Text And 110 < kW1 And kW1 < 120 And TON1 < 160 And
  TON2 < 170 And kW2 > 125 And kW2 < 169 Then
    kW = kW1 + kW2
    kWT = kW / TON
    If kWT < SMALL Then
    SMALL = kWT
    T1 = TON1
    T2 = TON2
    K1 = kW1
    K2 = kW2
    kWA = kW
    kWTA2 = kWT2
    kWTA1 = kWT1
    OPE1 = (kW1 * 100) / 170
    OPE2 = ((kW2 * 100) / 178)
    L1 = (TON1 / TON) * 100
    L2 = 100 - L1
    kT = 1
    End If
  End If
Next S
If kT <> 0 Then
 CurrentY = 4500
 CurrentX = 1000
 Print "kW1 = " & Format(K1, "##.00")
 Print
 CurrentX = 1000
 Print "TON1 = " & Format(T1, "##.00")
```

```
Print
CurrentX = 1000
Print "%LOAD1 = " & Format(L1, "##.00")
Print
Print
CurrentX = 1000
Print "kW2 = " & Format(K2, "##.00")
Print
CurrentX = 1000
Print "TON2 = " & Format(T2, "##.00")
Print
CurrentX = 1000
Print "%LOAD2 = " & Format(L2, "##.00")
Print
Print
CurrentX = 1000
Print "kW = " & Format(kWA, "##.00")
Print
CurrentX = 1000
Print "TON = " & Format(TON, "##.00")
Label2.Visible = True
Label3.Visible = True
Label4.Visible = True
Label5.Visible = True
Label6.Visible = True
Label7.Visible = True
Text1.Text = Format(OPE1, "##.00")
Text2.Text = Format(OPE2, "##.00")
Text3.Text = Format(kWTA1, "##.00")
```

```
  Text4.Text = Format(kWTA2, "##.00")
  Text5.Text = Format(SMALL, "##.00")
  Text1.Visible = True
  Text2.Visible = True
  Text3.Visible = True
  Text4.Visible = True
  Text5.Visible = True
   Else
     CurrentY = 5000
     CurrentX = 2500
   Print "+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+"
   Print
  CurrentX = 3000
   Print " THE PRESENT OPERATION IS OPTIMIZED..."
   Print
   CurrentX = 2500
   Print "+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-"
   End If
Command2.Visible = True
Command3.Visible = True
End Sub

Private Sub Command2_Click()
START.Show
End Sub

Private Sub Command3_Click()
End
End Sub
```

ภาคผนวก ง.
อุปกรณ์ที่สำคัญที่ใช้ในการวิจัย

1. ตัวตรวจวัดอุณหภูมิ โดยใช้หลักการการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน (Resistance Temperature Detectors; RTD)

อาร์ทีดี (RTD) คือ ตัวเซ็นเซอร์อุณหภูมิที่ใช้หลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของโลหะ ซึ่งค่าความต้านทานดังกล่าวจะมีค่าเพิ่มตามอุณหภูมิ ความต้านทานของโลหะที่เพิ่มเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นนี้จะเรียกว่า "สัมประสิทธิ์การเปลี่ยนอุณหภูมิแบบบวก" (Positive Temperature Coefficient; PTC) นอกจากนี้แล้ว อาร์ดีทียังมีชื่อเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า "เทอร์โมมิเตอร์แบบค่าความต้านทาน" (Resistance Thermometers)

เราพบว่าความนำ (conductivity) ; σ ของโลหะใดๆ จะเป็นฟังก์ชันกับค่าของอุณหภูมิ ในทางกลับกันค่าความต้านทานจำเพาะ (resistivity) ซึ่งเป็นส่วนกลับของความนำก็จะเปลี่ยนแปลงแทบจะเป็นเชิงเส้นกับอุณหภูมิในย่านอุณหภูมิห้อง เช่น อะลูมิเนียม ทองแดง และเงิน จะมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 0.4% เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเคลวิน ซึ่งอาจจะแสดงค่าความนำของโลหะใดๆ ได้เป็น

$$\sigma = - \rho_e \mu_e$$

เมื่อ ρ_e = ความหนาแน่นของประจุอิเล็กตรอนอิสระมีค่าเป็นลบ

μ_c = ความสามารถในการเคลื่อนที่ได้ของอิเล็กตรอน ; m/V.s

แต่โดยรวมๆ ค่าความนำของวัตถุใดๆ จะมีค่าเป็นดังตารางที่ ง-1

ชนิดของอาร์ทีดี (Type of RTD)

โลหะที่มีค่าความต้านทานจำเพาะต่ำ มักจะถูกนำมาใช้เป็นวัสดุอาร์ทีดี โดยปกติอาร์ทีดีสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายๆ แบบ แต่ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะชนิดที่แบ่งตามวัสดุที่ใช้ทำ ซึ่งโลหะที่ใช้สำหรับทำอาร์ทีดี จะมีดังต่อไปนี้

1. แพลทินัม เป็นแบบที่นิยมใช้มากที่สุด เขียนบอกไว้เป็น PT ได้แก่ PT-10, PT-100, PT-1000 ความสามารถในการทำซ้ำสูง แต่ความไวต่ำ ราคาแพงมาก เมื่อเทียบกับนิกเกิลซึ่งมีความสามารถในการทำซ้ำน้อย แต่มีความไวมากกว่า และราคาถูกกว่า

2. ทองคำและเงิน ธาตุทั้งสองมีค่าความต้านทานจำเพาะต่ำ

3. ทังสเตน มีค่าความต้านทานจำเพาะสัมพัทธ์สูง มักใช้กับการวัดอุณหภูมิที่มีค่าสูง เพราะหากใช้ที่อุณหภูมิปกติจะมีความเปราะบาง และยากต่อการใช้งาน

4. นิกเกิล ใช้กับย่านวัดอุณหภูมิสูงๆ มีความเป็นเชิงเส้นต่ำ ทำให้เกิดค่าดริฟต์ (drift) กับเวลา นอกจากนี้ยังมีวัสดุชนิดอื่นๆ ที่ใช้ทำอาร์ทีดี ได้แก่ เหล็ก เป็นต้น

ความต้านทานทั่วไปของอาร์ทีดีแบบแพลทินัม มีค่าจาก 10 Ω สำหรับโมเดลแบบ bird-cage จนถึงหลายพันโอห์ม สำหรับแบบฟิล์ม แบบที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือ ค่า 100 โอห์มที่ 0°C (PT-100) ตามมาตรฐาน DIN 43760 สัมประสิทธิ์อุณหภูมิมาตรฐานของลวดแพลทินัม จะมีค่า 0.00385 Ω/Ω/ °C แต่ในทางเคมีสายแพลทินัมบริสุทธิ์ที่นำมาใช้เป็นตัวนำมาตรฐานจะมีค่า +0.00392 Ω/Ω/ °C

ตารางที่ ง-1 แสดงค่าความนำของวัตถุบางชนิด

วัตถุ	σ,S/m	วัตถุ	σ,S/m
เงิน	6.17×10^7	แกรไฟต์	7×10^4
ทองแดง	5.80×10^7	ซิลิคอน	1,200
ทองคำ	4.10×10^7	ฟอร์ไรต์ (ค่าตัวอย่าง)	100
อะลูมิเนียม	3.82×10^7	น้ำ (ทะเล)	5
ทังสเตน	1.82×10^7	หินปูน	10^{-2}
สังกะสี	1.67×10^7	เครื่องปั้นดินเผา	5×10^{-3}
ทองเหลือง	1.50×10^7	น้ำ (จืด)	10^{-3}
นิกเกิล	1.45×10^7	น้ำ (กลั่น)	10^{-4}
เหล็ก	1.03×10^7	ดิน (เต็มไปด้วยทราย)	10^{-5}
ฟอสเฟอร์ บรอนซ์	1.00×10^7	หินอัคนี	10^{-6}
ตะกั่วบัดกรี	0.70×10^7	หินอ่อน	10^{-8}
โลหะคาร์บอน	0.60×10^7	เบคาไลน์	10^{-9}
เงินเยอรมัน	0.30×10^7	กระเบื้อง (กระบวนการแห้ง)	10^{-10}
แมงกานีส	0.227×10^7	เพชร	2×10^{-13}
คอนสแตนแตน	0.226×10^7	โพลีสไตรีน	10^{-16}
เจอมาเนียม	0.22×10^7	ควอทซ์ (แร่เขี้ยวหนุมาน)	10^{-17}
สแตนเลสสตีล	0.11×10^7		
นิโครม	0.10×10^7		

ตารางที่ ง–2 ตัวอย่างคุณสมบัติของอาร์ทีดี

ชนิดของอุปกรณ์	วัสดุทำปลอกหุ้ม	ย่านของอุณหภูมิ ^{o}C (^{o}F)	ค่าความต้านทาน Ω	สัมประสิทธิ์อุณหภูมิ, A, Ω/(Ω/^{o}C) โดยประมาณ	ขีดจำกัดของความผิดพลาด *, ^{o}C	ผลตอบสนอง, + วินาที
แพลทินัม (สำหรับห้องทดลอง)	แก้วเร็กซ์	-190 ถึง 540(-310 ถึง1,000)	25 ที่ 0^{o}C	0.0039	± 0.01	
แพลทินัม (ในอุตสาหกรรม)	สแตนเลสสตีล	-200 ถึง125 (-325 ถึง 260)[N] -18 ถึง 540 (0 ถึง 1,000)[@]	25 ที่ 0^{o}C 25 ที่ 0^{o}C	0.0039	± 0.1 ± 0.2	10 ถึง 30 10 ถึง 30
แพลทินัม (ฟิล์ม)	เคลือบเซรามิก	-50 ถึง 600 (-60 ถึง 1,100)	1,000 ที่ 0^{o}C	0.0039	± 0.25	≈ 1
โรเดียม-เหล็ก	อะลูมินาและแก้ว	-272 ถึง 200 (-458 ถึง 390)	27 ที่ 0^{o}C	0.0037	± 0.04	
ทองแดง	ทองเหลือง	-75 ถึง 120 (-100 ถึง 250)	10 ที่ 0^{o}C	0.0038	± 0.5	20 ถึง 60
นิกเกิล	ทองเหลือง	0 ถึง 120 (32 ถึง 250)	100 ที่ 0^{o}C	0.0067	± 0.3	20 ถึง 60

* ค่าปกติ

+ เวลาที่ต้องการเพื่อตรวจจับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำที่ 90% ด้วยความเร็ว 30ซม./วินาที ค่าต่ำสุดจะใช้สำหรับปลอกหุ้มเท่านั้น ในทางตรงกันข้ามค่าสูงสุด สำหรับอาร์ทีดีจะอยู่ในอ่างป้องกัน (protective well) แต่ค่าที่แท้จริงจะเปลี่ยนแปลงไปกับการห่อหุ้มเซ็นเซอร์และสภาพการไหล

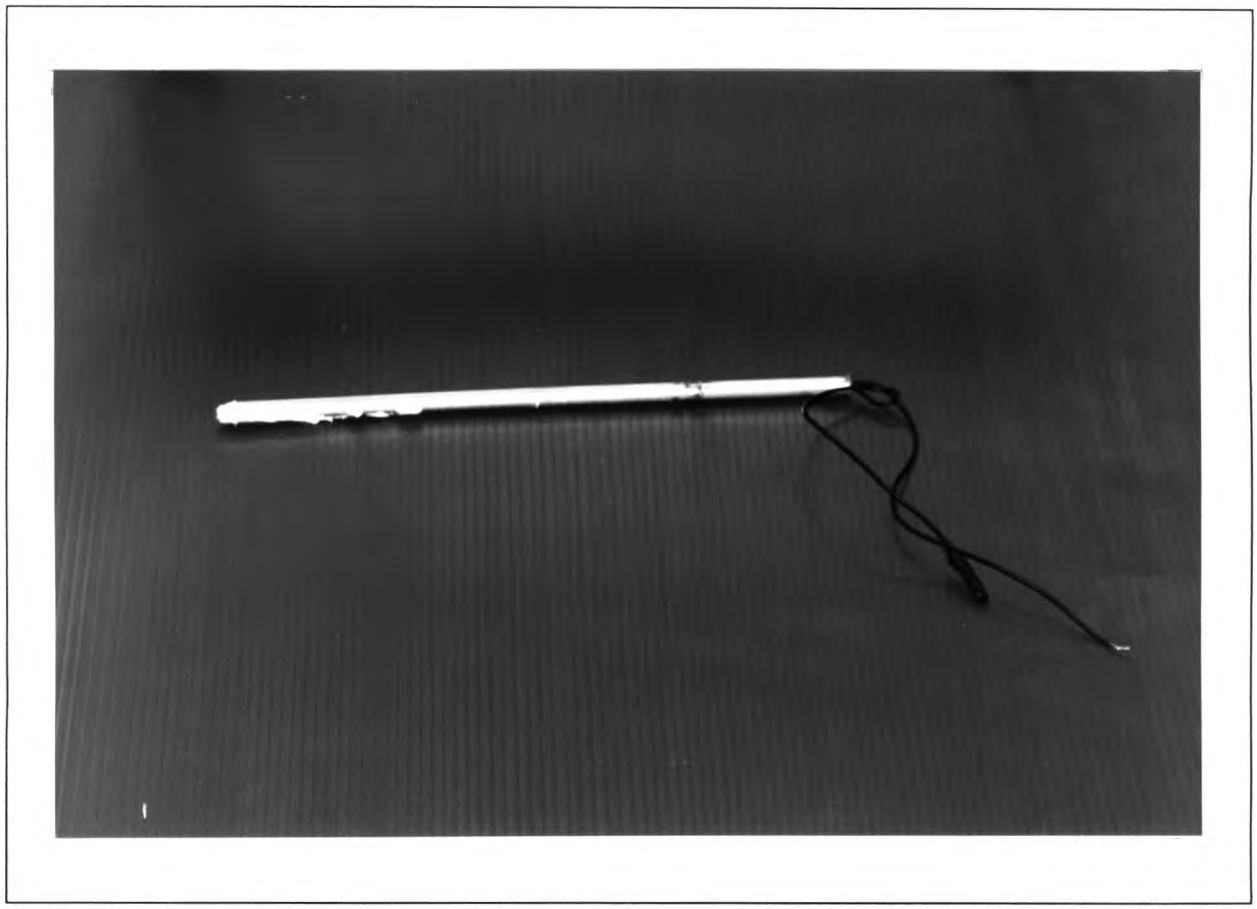
[N] ย่านต่ำ

@ ย่านสูง

คุณลักษณะของอาร์ทีดี (Characteristic of RTD)

1. ความไว (Sensitivity) ความไวของอาร์ทีดีหาได้จากค่าของ α_0 พบว่าแพลทินัมจะมีค่า α=0.00385 $\Omega/\Omega/^{\circ}C$ (ประมาณ 0.004 / °C) ดังนั้นสำหรับแพลทินัมอาร์ทีดีแบบ 100 Ω จึงเปลี่ยนค่าความต้านทานไปเพียง 0.4 Ω เท่านั้น หากอุณหภูมิเปลี่ยนไป 100°C โดยสรุปจะเป็นไปตามตารางที่ ง-2

2. ผลตอบสนองต่อเวลา (Response Time) เวลาในการตอบสนองของอาร์ทีดีเกิดจากการนำความร้อน โดยทั่วไปเวลาคงที่จะกำหนดโดยสภาวะอากาศอิสระ (หรือสภาวะใดๆ ที่สมมูลกัน) หรือในสภาวะในอ่างน้ำมัน (หรือสภาวะใดๆ สมมูลกัน) พบว่าหากอยู่ในฝักป้องกัน (sheath) ก็จะสัมผัสความร้อนได้ไม่ดี จึงทำให้ได้ผลตอบสนองต่อเวลาช้า โดยสรุปดูได้จากตารางที่ ง-2



รูปที่ ง-1 แสดง RTD ชนิด TS-8000 Balco ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

3. โครงสร้าง (Construction) แน่นอนว่าอาร์ทีดีที่มีความยาวของสายมาก จะทำให้ความต้านทานเป็นฟังก์ชันกับอุณหภูมิมาก โดยทั่วไปโครงสร้างของอาร์ทีดีจะเป็นลวดซึ่งพันอยู่บนฟอร์ม (ในรูปของคอยล์) และต้องทำให้มีขนาดเล็ก เพื่อแก้ปัญหาการนำความร้อนซึ่งจะทำให้เวลาในการตอบสนองดีขึ้น ปกติคอยล์จะถูกป้องกันจากสิ่งแวดล้อมโดยซอง (sheath) หรือท่อป้องกัน

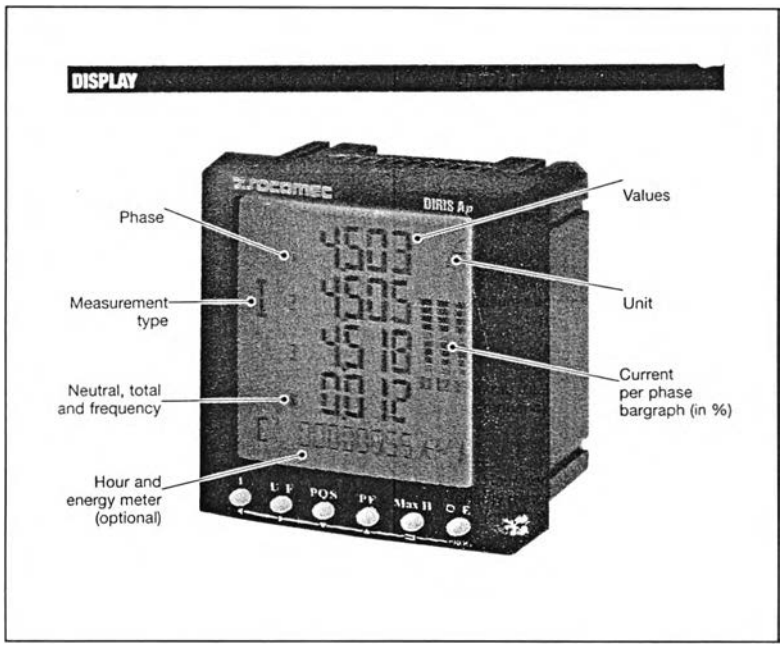
4. ย่านการใช้งาน (Range) ย่านประสิทธิผลการใช้งานของอาร์ทีดีขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่ใช้เป็นอุปกรณ์แอกทีฟ พบว่าอาร์ทีดีแบบแพลทินัมจะมีย่านใช้งานจาก –100 °C ถึง 650 °C ในขณะที่อาร์ทีดีที่ทำจากนิกเกิลจะมีช่วงใช้งานจาก –180 °C ถึง 300 °C

ข้อควรจำในการวัดอุณหภูมิโดยใช้อาร์ทีดี คือ

1. ต้องมีการชีลด์สายและเดินสายบิดเกลียว เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน
2. อาร์ทีดีมีความเปราะบาง จึงต้องป้องกันและระวังการใช้งาน
3. เนื่องจากที่อาร์ทีดีไม่สามารถกำเนิดพลังได้เหมือนกับเทอร์โมคัปเปิล จึงทำให้มีกระแสไหลผ่านและเกิดผลของความร้อนจูล (I^2R) กับตัวมันเองดังกล่าวมาแล้ว จึงต้องลดขนาดของกระแสที่ต้องการวัดให้ต่ำสุด โดยการลดแรงเคลื่อนที่แหล่งจ่ายให้ต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ อาร์ทีดีตัวเดียวกันซึ่งมีการเพิ่มของอุณหภูมิ 1 °C ต่อ m/W ในอากาศอิสระ จะมีการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 1/10 °C ต่อ m/W เท่านั้น ในอากาศซึ่งมีอัตราการไหลที่ความเร็ว 1 m/s

2. kW Transmitter

kW Transmitter เป็นอุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดปริมาณต่างๆทางไฟฟ้า สามารถที่จะใช้กับระบบไฟฟ้าได้ทั้ง 1 , 2 และ 3 เฟส. สำหรับการควบคุมการทำงานและการตั้งค่าการตรวจวัดสามารถที่จะกระทำผ่านปุ่มกดทั้ง 6 ปุ่ม ที่วางตัวอยู่ด้านล่างของจอ LCD ดังรูปที่ ง-2 ซึ่งจอ LCDจะใช้แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจวัดปริมาณต่างๆ



รูปที่ ง-2 แสดงลักษณะของ kW Transmitter

สำหรับปุ่มกดทั้ง 6 ปุ่มดังกล่าวสามารถจะตั้งค่าการใช้งานได้ดังต่อไปนี้

1. การตรวจวัดปริมาณทางไฟฟ้าทั่วๆไป ได้แก่
   - การตรวจวัดปริมาณกระแสไฟฟ้า
   - การตรวจวัดปริมาณกำลังไฟฟ้า
   - การตรวจวัดความถี่
   - การตรวจวัดค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์
2. การตรวจวัดการใช้พลังงาน
3. การคำนวณค่าของ Harmonic Distortion Rate

รูปที่ ง-3 แสดงลักษณะของการตั้งค่าการใช้งานในการวิจัยครั้งนี้

ข้อมูลประจำเครื่อง kW Transmitter

ขนาด	96 x 96 x 60 มิลลิเมตร
การเชื่อมต่อ	สำหรับการวัด Voltage และปริมาณอื่นๆจะใช้ 2.5 ตารางมิลลิเมตร disconnectable terminals
	สำหรับการวัดกระแสไฟฟ้าจะใช้ 6 ตารางมิลลิเมตร fixed terminals
น้ำหนัก	400 กรัม
การแสดงผล	จอ LCD
การตรวจวัด	สามารถตรวจวัดได้ทั้งระบบที่เป็นแบบ 3-เฟส (3 หรือ 4 สาย), 2-เฟส(2 สาย) และ 1-เฟส
การวัด VOLTAGE	วัดค่าได้ตั้งแต่ 50 ถึง 700 V AC (phase/phase)
	วัดค่าได้ตั้งแต่ 28 ถึง 404 V AC (phase/neutral)
การวัดกำลังไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า/เฟส จะวัดได้ตั้งแต่ 0 ถึง 1660 MW/Mvar/MVA
	กำลังไฟฟ้ารวม จะวัดได้ตั้งแต่ 0 ถึง 8000 MW/Mvar/MVA
การวัดความถี่	วัดค่าได้ตั้งแต่ 45 ถึง 65 Hz
คาบในการตรวจวัด	1 วินาที

รูปที่ ง-4 แสดงลักษณะของ kW Transmitter พร้อมอุปกรณ์การติดตั้ง

อุณหภูมิในการใช้งาน	-10 ถึง +55°C (14 ถึง 131°F)
อุณหภูมิในการเก็บ	-20 ถึง +85°C (-4 ถึง 158°F)
ความชื้นสัมพัทธ์	95% RH

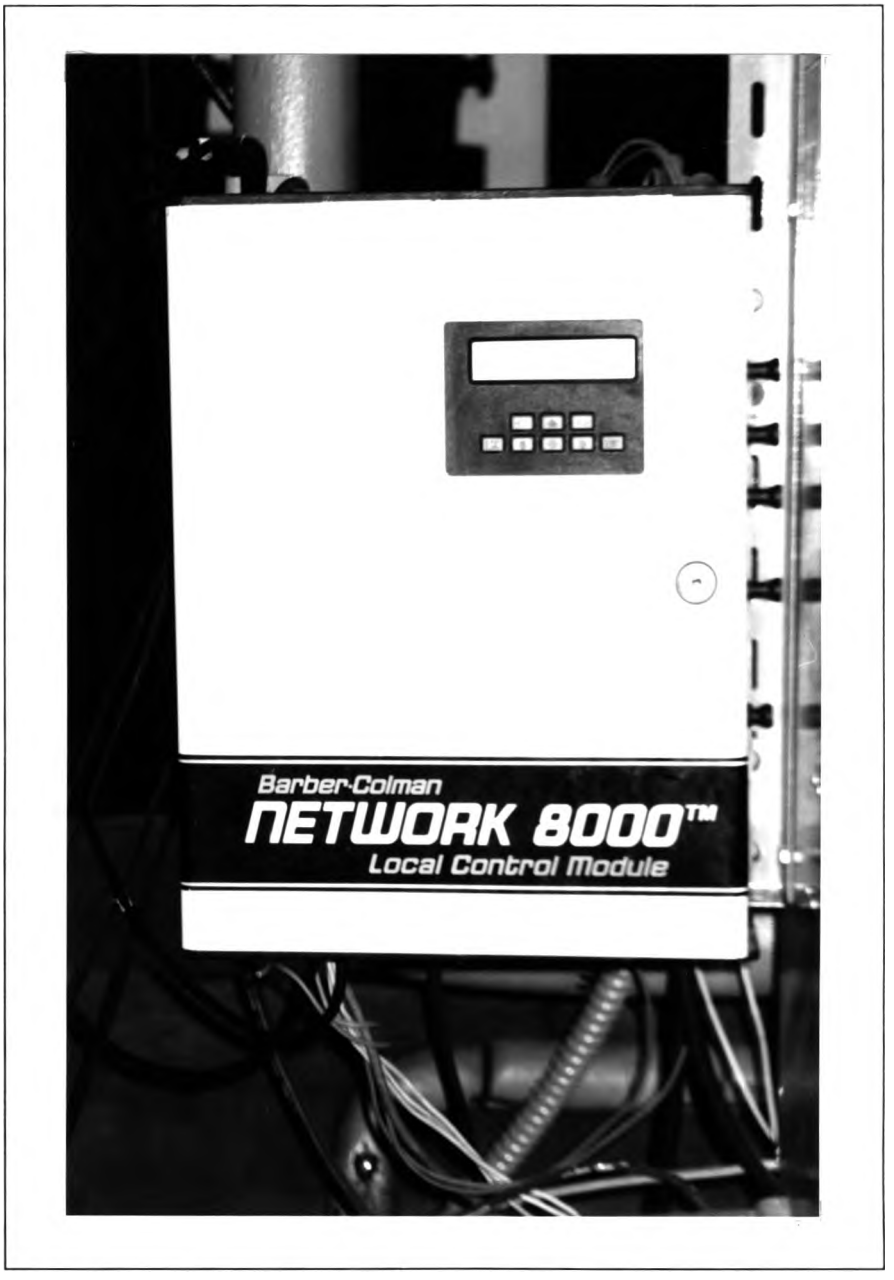
3. กล่องรวบรวมข้อมูล (NETWORK 8000 LCM-88210)

ข้อมูลของกล่องรวบรวมข้อมูล Network 8000

ขนาด : สูง 15-1/2" (394 mm) x กว้าง 12" (305 mm) x หนา 6" (152 mm) .

ไมโครโปรเซสเซอร์: 80C88, 5 MHz clock speed, 16 bit word size.

หน่วยความจำ: 512 Kilobytes of **EPROM, EEPROM** and **RAM** memory



รูปที่ ง-5 แสดงลักษณะของ NETWORK 8000

Real Time Clocks :

Software Driven, Primary system clock, 50/60 Hz operation, auto select, accuracy ± 30 sec./mo. @ 77°F (25°C).

Hardware BBU Clock, Power fail backup, crystal driven, automatic engage, accuracy ± 30 sec./mo. @ 77°F (25°C).

ช่วงของกำลังไฟฟ้าที่ใช้ : 20.4 Vac to 30.0 Vac, 50/60 Hz.

แบตเตอรี่สำรอง : 30 วัน ที่อุณหภูมิ 77°F (25°C).

กำลังไฟฟ้าที่ใช้สูงสุด: 30 Va.

Analog to Digital Conversion Resolution : 12 bit.

Digital to Analog Conversion Resolution : 12 bit.

Keypad : 8 functional keys for parameter entry, system configuration and edit functions.

จอแสดงผลลัพธ์ : 2 line x 20 character alphanumeric liquid crystal displays (LCD).

Analog Output Vlotage : 0-12 Vdc, accuracy ±15 mVdc.

ตารางที่ ง-3 แสดงชนิดของ Analog Input และ RTD ที่ใช้กับ Network 8000

ชนิดของ Input	**ช่วงการใช้งาน**
Voltage	0-12 Vdc user programmable range
Current (TSP –58000 Platinum Transmitter)	4-20 mA, 250Ω external load resistance maximum
ชนิดของ RTD	
TS-8000 Balco	1000 Ω @ 70° F(21.1 °C)
TS-5900 Copper	1000 Ω @ 70° F(21.1° C)
TS-5700 Thermistor (10K)	10000 Ω @ 77 °F(25° C)
TS-5700 Thermistor (30K)	30000 Ω @ 77° F(25 °C)
Slidewire Potentiometer	50 to 10000Ω
TS-58000 Platinum	1000 Ω nominal @ 32° F(0.0° C)

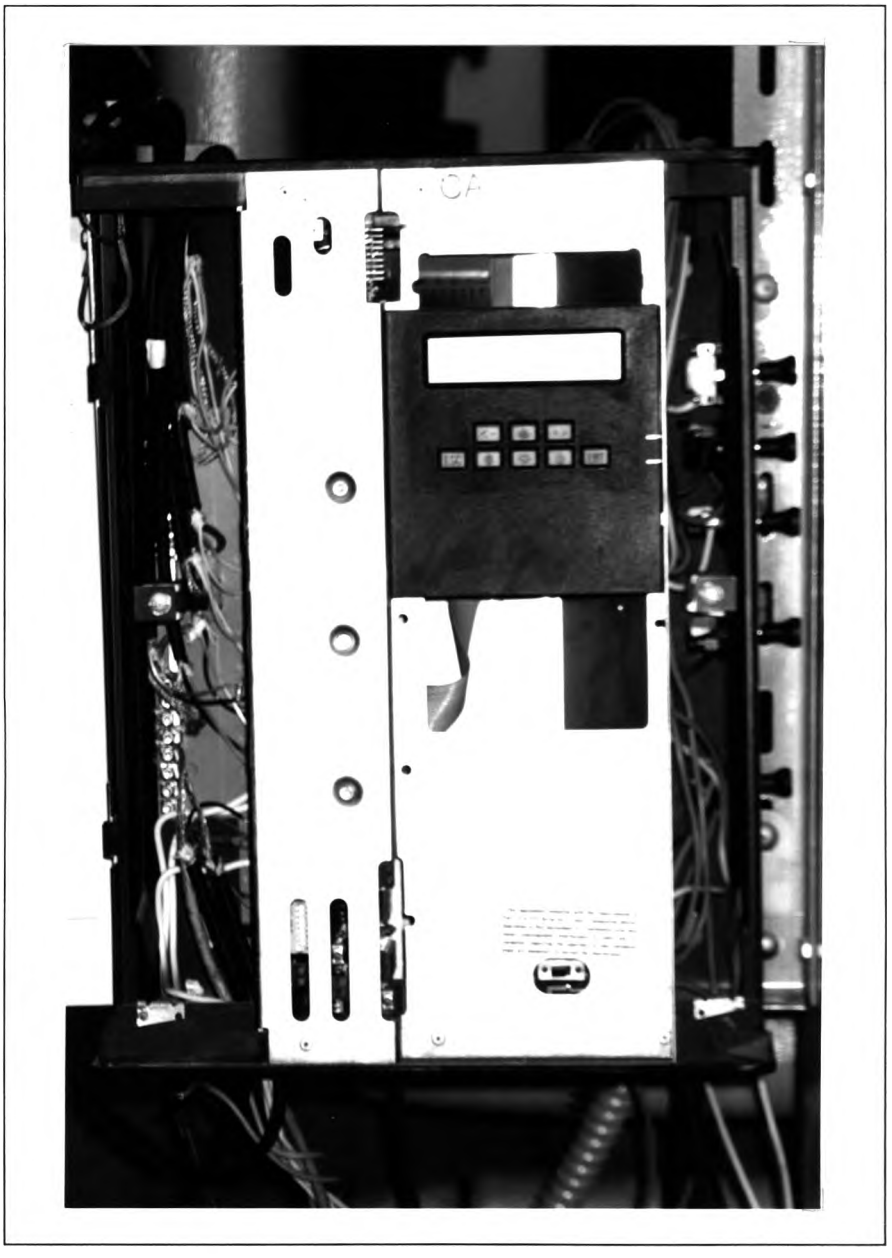
Digital Input : **Standard Contact Closure,** Termination Points P1-P16.

Maximum Pulse Rate, 30 per minute.

Pulse Contact Closure, PC1, PC2.

Maximum Pulse Rate, 8 pulses per second.

Minimum Pulse Rate, 12 pulses per hour.



รูปที่ ง-6 แสดงลักษณะภายในของ NETWORK 8000

Digital Outputs : Optional plug-in module as required. Light Emitting Diode (LED) indication of operating state standard.

พอร์ตสำหรับการสื่อสาร : RS-232C standard for service or auto-answer modem use.

อุณหภูมิในการใช้งาน **LCM-88110 :** -40 to 140°F (-40 to 60°C)

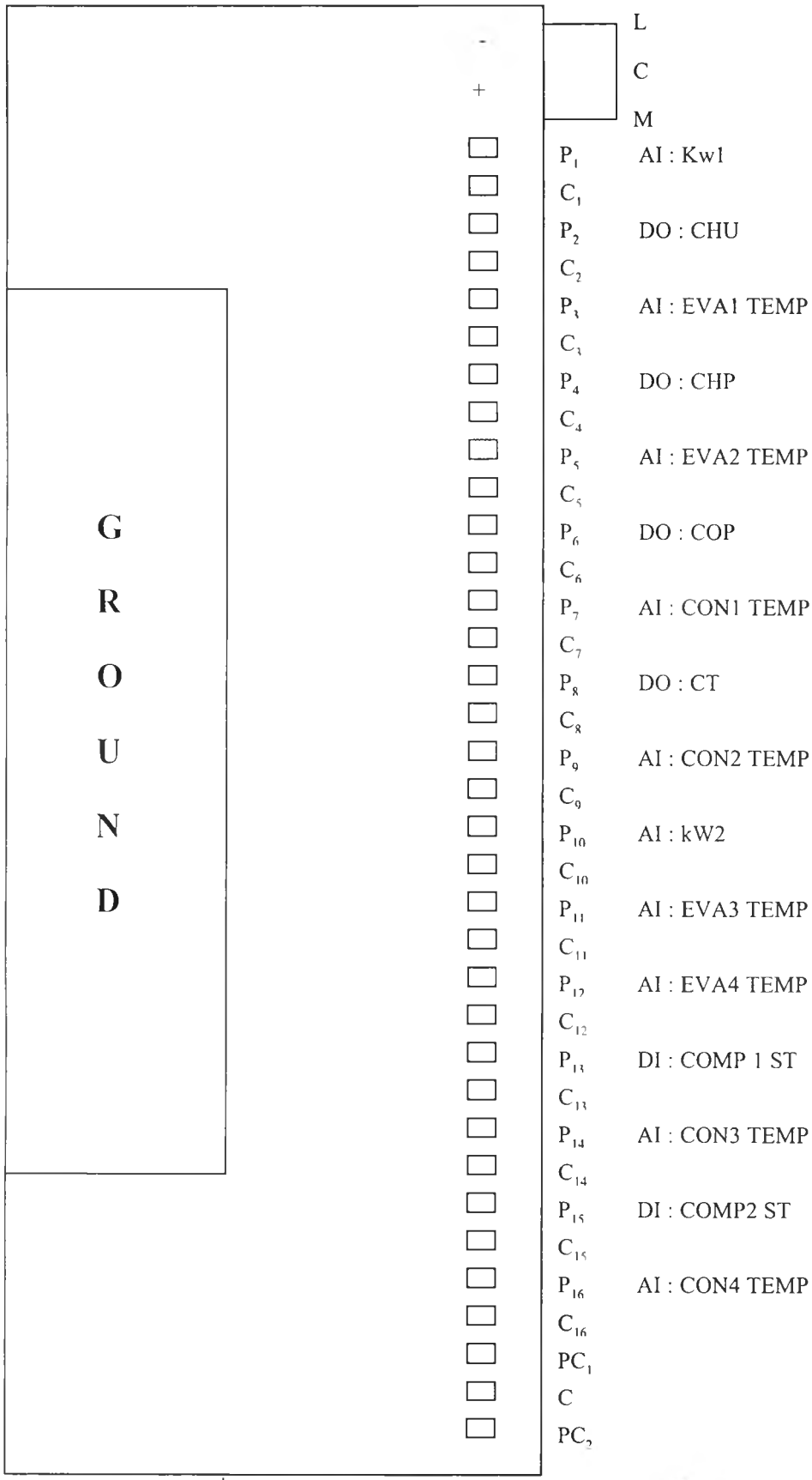
LCM-88210 : -40 to 140 °F (-40 to 60°C)

LCD Display Only : 10 to 140° F (-12 to 60°C)

ความชื้นสัมพัทธ์: 5-95% RH

ลักษณะการต่อสายจาก RTD TS-8000 Balco เข้าสู่ NETWORK 8000

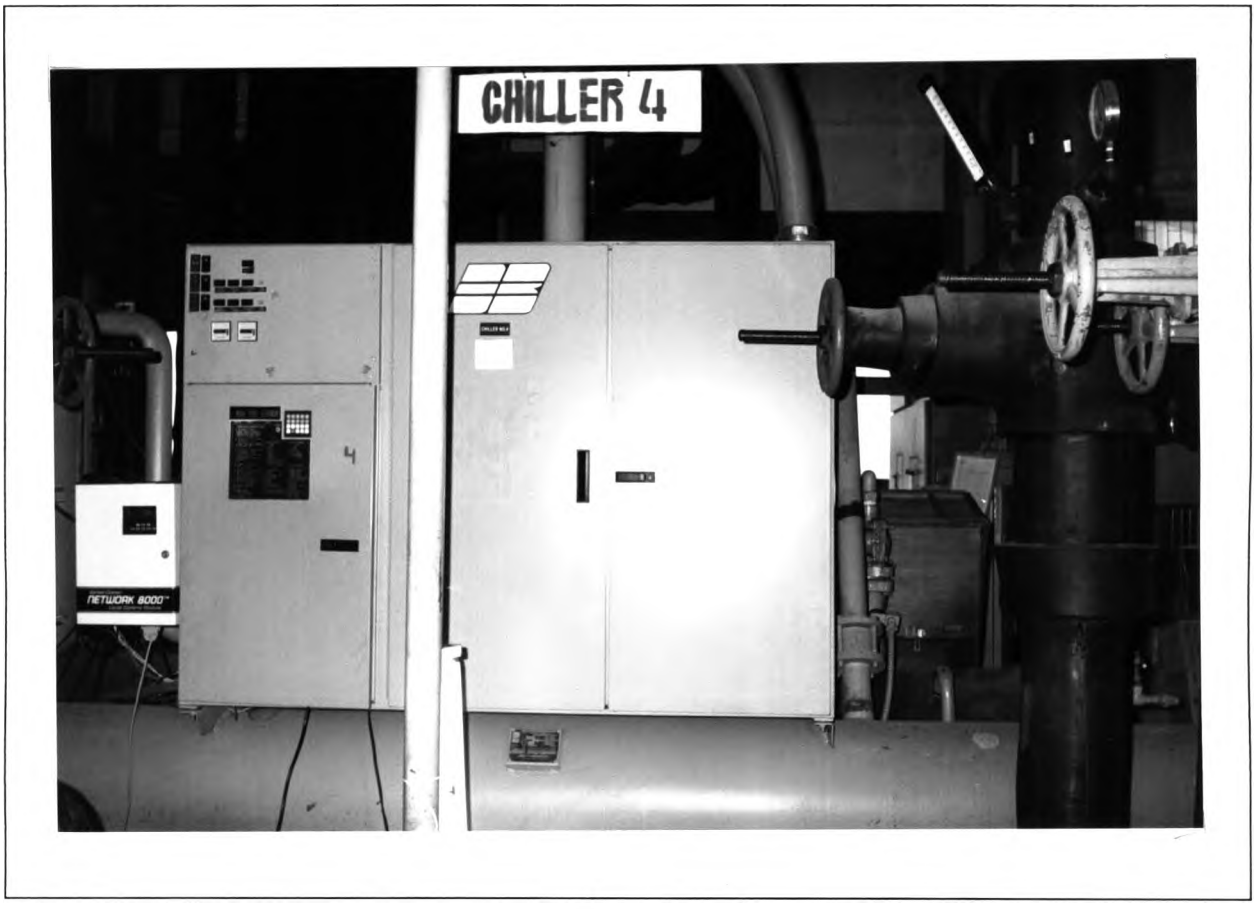
สัญลักษณ์	ความหมาย
AI	ANALOG INPUT
CHP	Chiller Pump
CHU	Chiller System
COMP1ST	Status of compressor 1
COMP2ST	Status of compressor 2
CON1TEMP	Cond. Entering Temp. of Chiller 1
CON2TEMP	Cond. Leaving Temp. of Chiller 1
CON3TEMP	Cond. Entering Temp. of Chiller 2
CON4TEMP	Cond. Leaving Temp. of Chiller 2
COP	Coefficient of Performance
CT	Cooling Tower
DO	DIGITAL OUTPUT
EVA1TEMP	Eva. Return Temp. of Chiller 1
EVA2TEMP	Eva. Supply Temp. of Chiller 1
EVA3TEMP	Eva. Return Temp. of Chiller 2
EVA4TEMP	Eva. Supply Temp. of Chiller 2
kW1	Power of Chiller 1
kW2	Power of Chiller 2



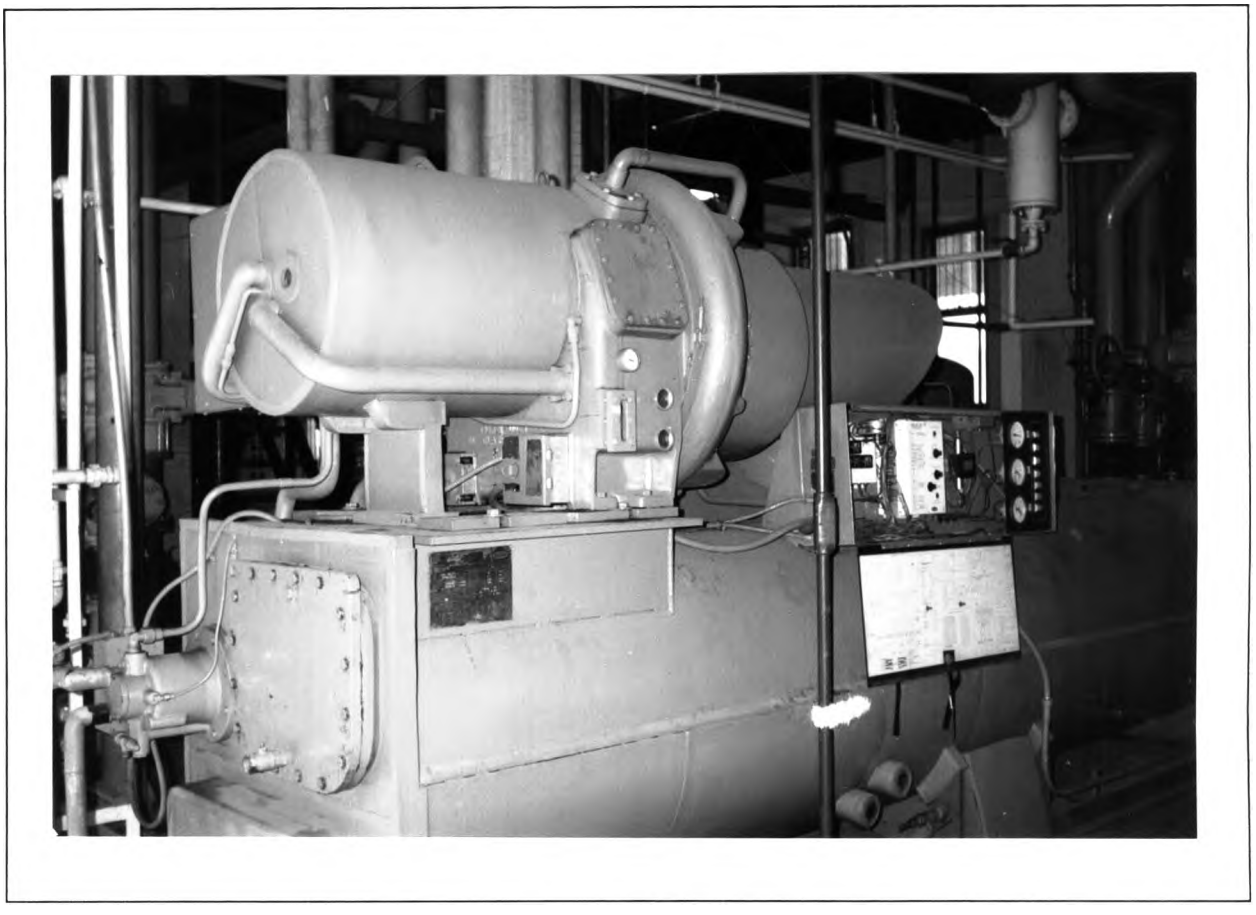
รูปที่ ง-7 แสดงการต่อสายจาก RTD TS-8000 Balcoเข้ามาสู่ NETWORK 8000

ภาคผนวก จ.
ลักษณะของระบบที่ใช้ในการวิจัย

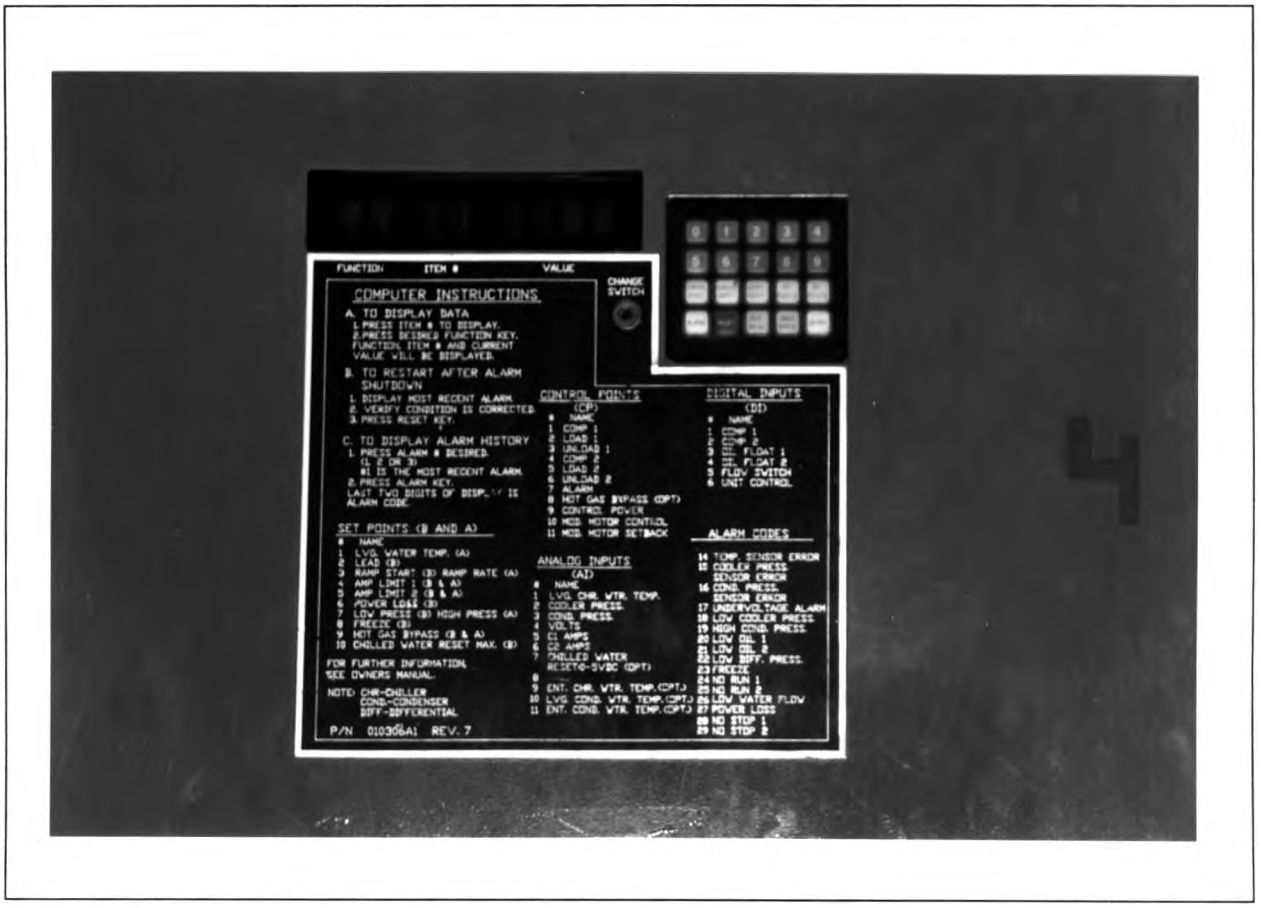
1. ลักษณะของเครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้ในการวิจัย



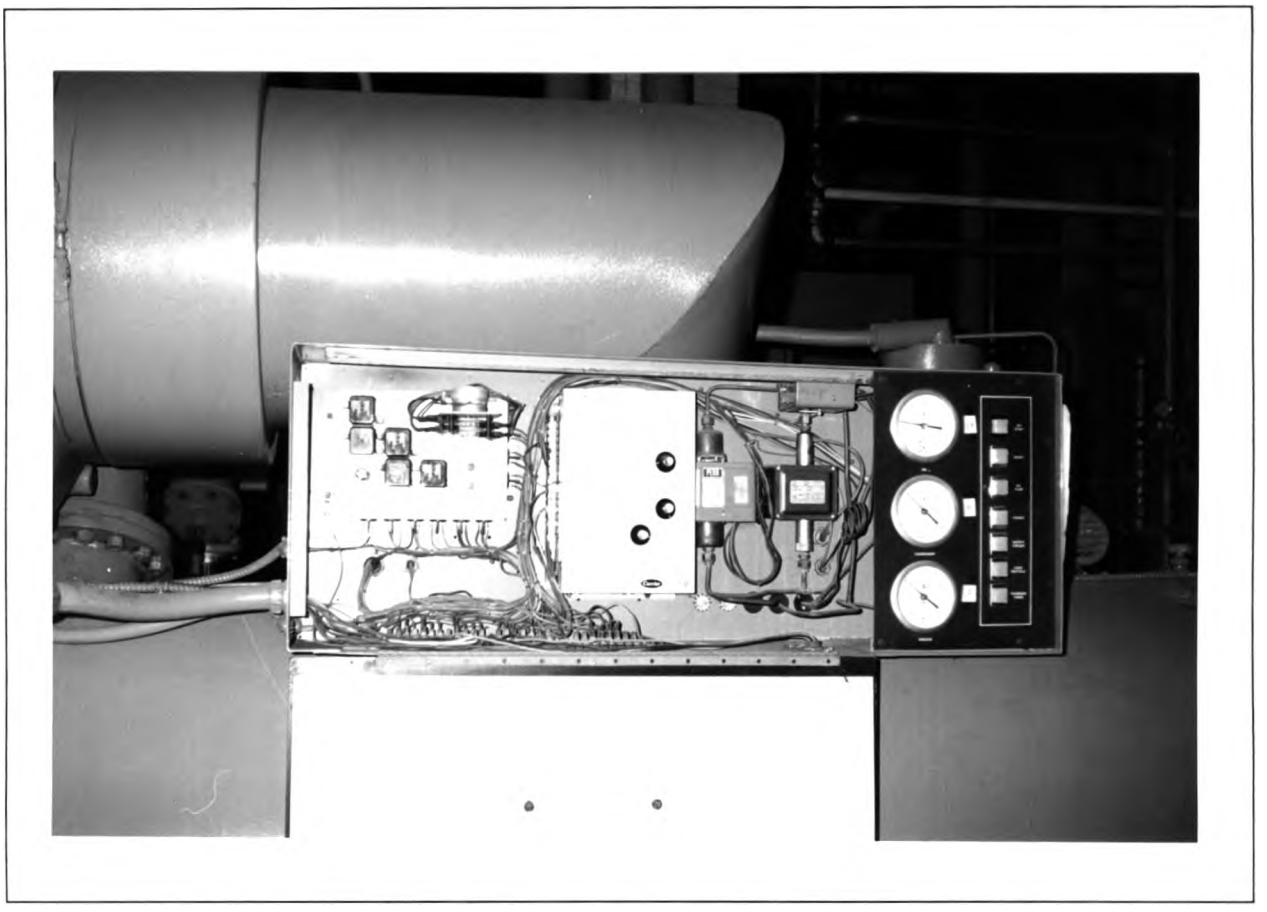
รูปที่ จ-1 แสดงลักษณะของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1 Screw Water Chiller ขนาด 220 ตัน



รูปที่ จ-2 แสดงลักษณะของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2 Centrifugal Water Chiller ขนาด 200 ตัน

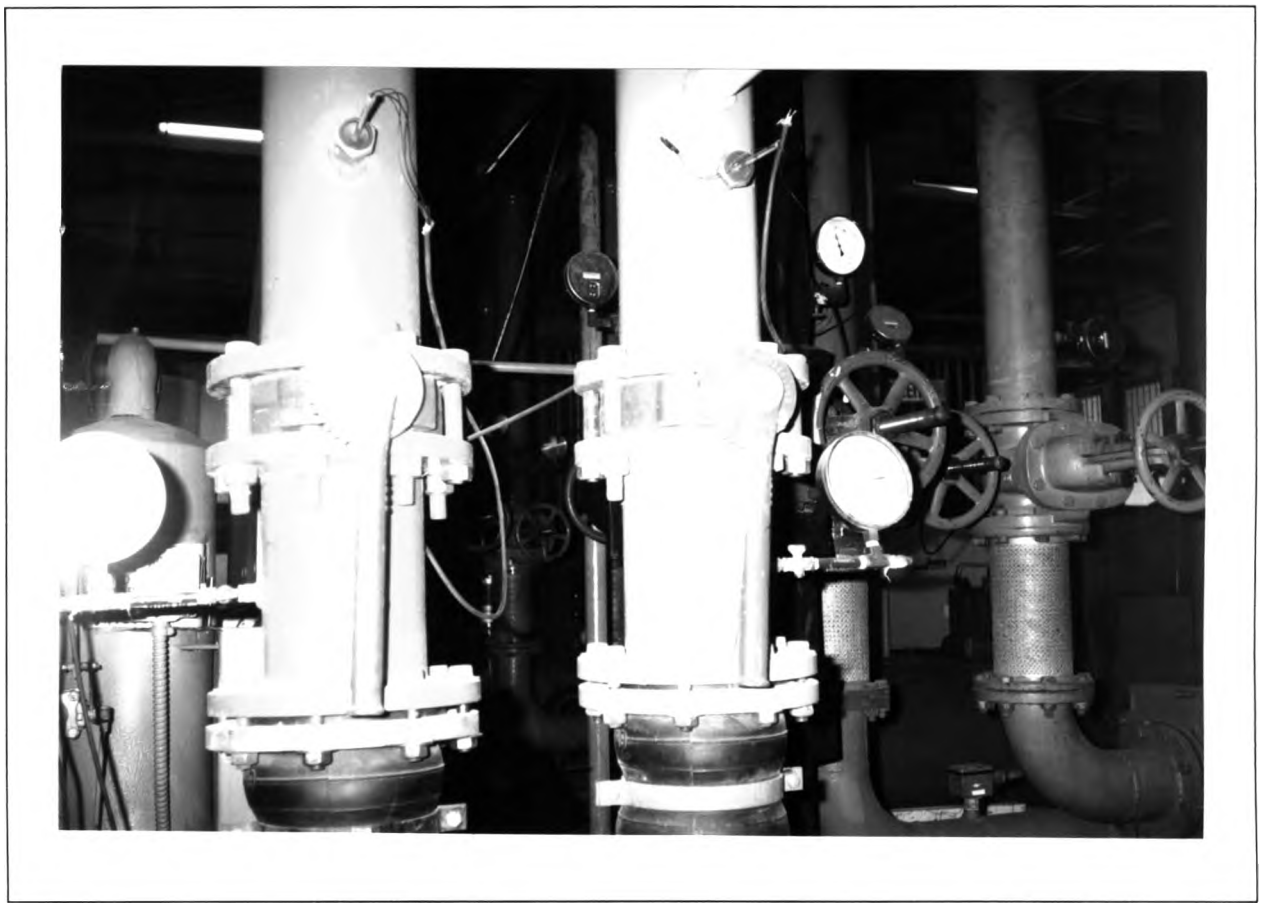


รูปที่ จ-3 แสดงลักษณะแผงควบคุมการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1

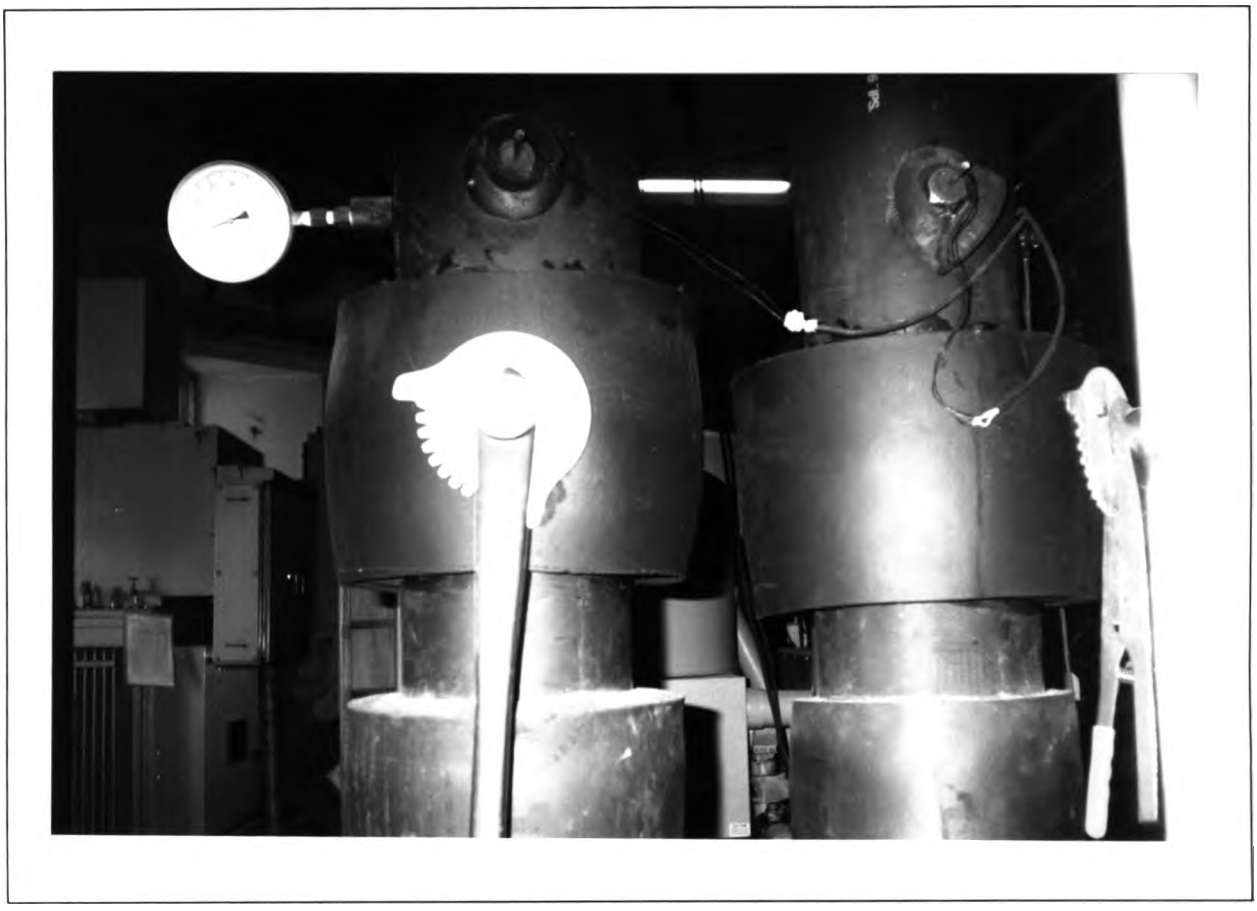


รูปที่ จ-4 แสดงลักษณะแผงควบคุมการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2

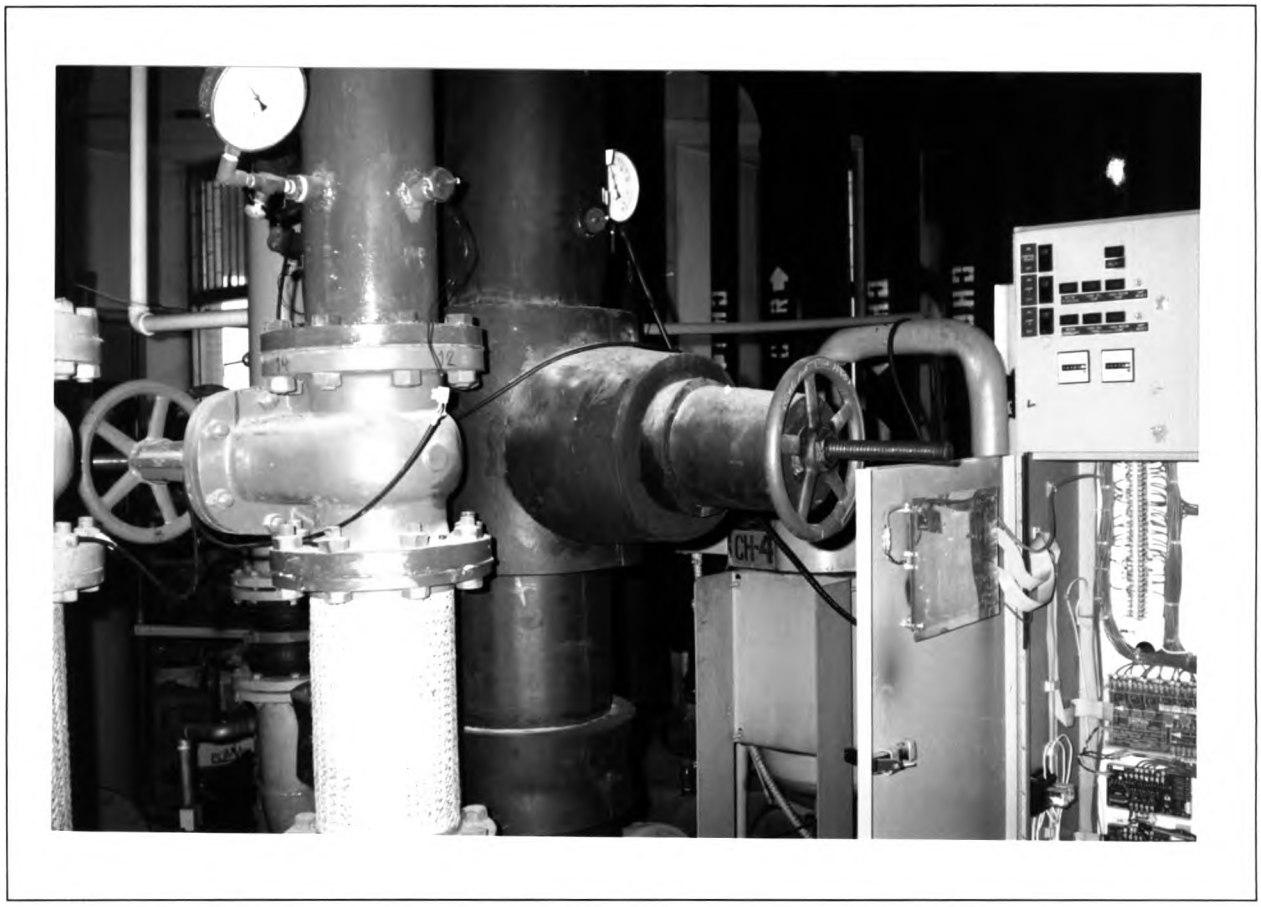
2. การติดตั้ง Temperature Sensor เข้ากับท่อในตำแหน่งต่างๆ



รูปที่ จ-5 แสดงลักษณะการติดตั้ง Temperature Sensor เข้ากับท่อ



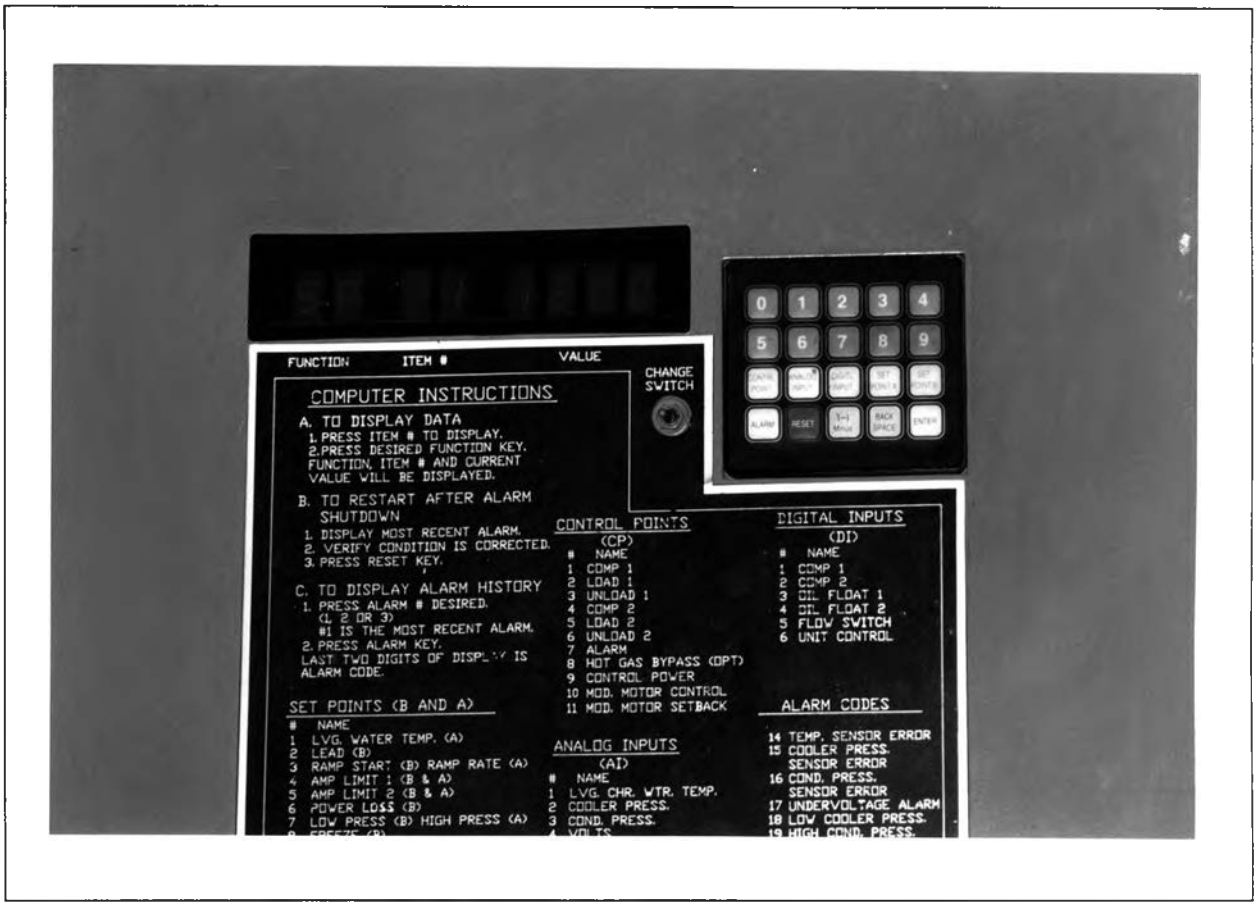
รูปที่ จ-6 แสดงลักษณะการติดตั้ง Temperature Sensor เข้ากับท่อ



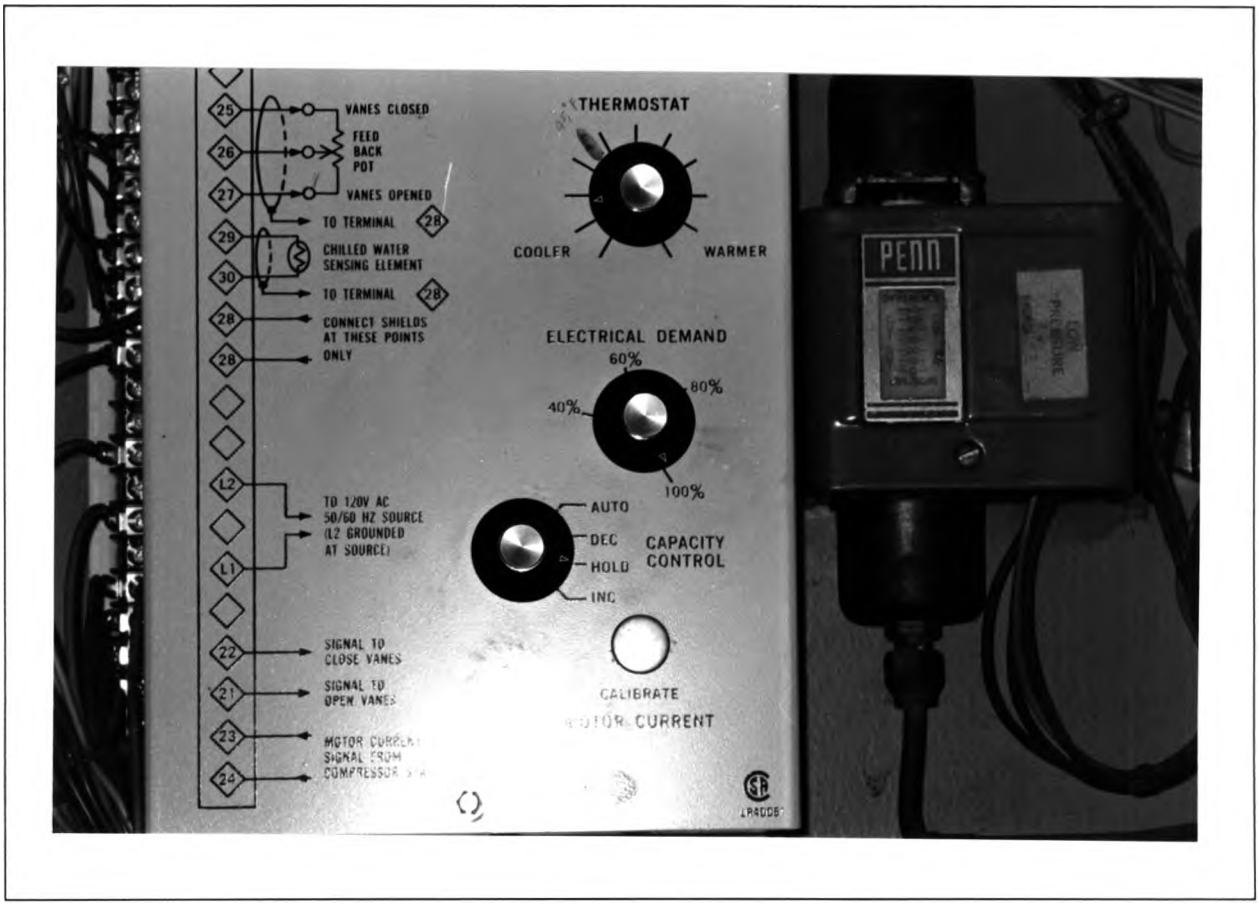
รูปที่ จ-7 แสดงลักษณะการติดตั้ง Temperature Sensor เข้ากับท่อ

รูปที่ จ-8 แสดงลักษณะการติดตั้ง Temperature Sensor เข้ากับท่อ

3. การปรับเปลี่ยนการเดินเครื่องทำน้ำเย็น



รูปที่ จ-9 แสดงลักษณะการปรับการเดินเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 1



รูปที่ จ-10 แสดงลักษณะการปรับการเดินเครื่องทำน้ำเย็นตัวที่ 2

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย ฉัตรชัย เปล่งสะอาด เกิดเมื่อ 26 ตุลาคม พ.ศ. 2519 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี เมื่อปีการศึกษา 2541 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2542