บทที่ 4

การทดลองและไดอะแกรมโปรแกรม TRNSYS

4.1 การทดลองหาคุณสมบัติของก้อนหิน

การทดลองหาคุณสมบัติของก้อนหินมีดังนี้คือ (1) ขนาดของก้อนหิน (2) ความหนาแน่น เส้นผ่าศูนย์กลางเทียบเท่าทรงกลมและความพรุนของก้อนหิน (3) ความร้อนจำเพาะของก้อนหิน

4.1.1 ขนาดของก้อนหิน ก่อนที่จะนำก้อนหินไปใช้ในการทดลองต้องทำการเลือกขนาดของก้อนหิน โดยนำก้อนหินไปร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูตะแกรงต่าง ๆ กัน ซึ่งสามารถคัดก้อนหินออกได้เป็น 3 ขนาด คือ (1) ขนาด $\frac{1}{2}$" - $\frac{3}{4}$" (2) ขนาด $\frac{3}{4}$" - 1" (3) 1" - $1\frac{1}{2}$"

4.1.2 ความหนาแน่น เส้นผ่าศูนย์กลางเทียบเท่าทรงกลมและความพรุน นำภาชนะรูปทรงกระบอกมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 28.5 ซม. สูง 33.5 ซม. และภาชนะเปล่ามีน้ำหนักเป็น W_1 นำก้อนหินแต่ละขนาดใส่ลงในภาชนะจนเต็ม บันทึกน้ำหนักของภาชนะรวมกับน้ำหนักของก้อนหินเป็น W_2 จากนั้นเติมน้ำลงในภาชนะอีกจนน้ำเต็มภาชนะแล้วบันทึกน้ำหนักของภาชนะรวมกับน้ำหนักก้อนหินและน้ำหนักน้ำที่แทนที่ช่องว่างภายในภาชนะเป็น W_3 นับจำนวนก้อนหิน N ข้อมูลที่ได้จากการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 4.1 แล้วนำข้อมูลดังกล่าวไปคำนวณหาค่าความพรุน (ε) ความหนาแน่น (ρ_r) และเส้นผ่าศูนย์กลางเทียบเท่าทรงกลม (D_e) ได้ดังในตารางที่ 5.1

4.1.3 ความร้อนจำเพาะของก้อนหิน นำก้อนหินขนาดต่าง ๆ กันไปฝังเทอร์โมคัปเปิลไว้ที่จุดศูนย์กลาง แล้วนำไปแช่ในน้ำเดือดที่มีอุณหภูมิ $212^{o}F$ จนกระทั่งก้อนหินมีอุณหภูมิเท่ากับ $212^{o}F$ แล้วจึงนำก้อนหินใส่ลงในคาลอรีมิเตอร์ซึ่งมีน้ำบรรจุอยู่ บันทึกอุณหภูมิของน้ำที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 10 วินาที เมื่อไม่มีการถ่ายเทความร้อนจากก้อนหินให้แก่น้ำแล้วจึงเลิกบันทึก ดังแสดงในตารางที่ 4.2 นำข้อมูลไปคำนวณหาค่าความร้อนจำเพาะ (C_p) ของก้อนหินได้ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลเพื่อหาคุณสมบัติทางกายภาพของหิน

ขนาดของก้อนหิน	W_1,kg.	W_2,kg.	W_3,kg.	N, ก้อน	m_r,kg.	m_w,kg.
1" - 1½"	1.5	33.2	43.0	941	31.70	9.8
	1.5	33.0	42.9	966	31.50	9.9
3/4" - 1"	1.5	33.0	42.9	1597	31.5	9.9
	1.5	32.9	42.8	1606	31.4	9.9
	1.5	32.8	42.9	1512	31.3	10.1
	1.5	31.5	41.6	2008	30.3	10.1
1/2" - 3/4"	1.5	32.0	41.9	4617	30.5	9.9
	1.5	32.6	42.4	4655	31.1	9.8
	1.5	33.1	43.0	4808	31.6	9.9

เมื่อ W_1 = น้ำหนักถังรูปทรงกระบอก

W_2 = น้ำหนักของถังและก้อนหิน

W_3 = น้ำหนักของถัง ก้อนหินและน้ำ

N = จำนวนก้อนหินเต็มถัง

m_r = น้ำหนักก้อนหินเต็มถัง

m_w = น้ำหนักน้ำแทนที่ช่องว่างในถังบรรจุก้อนหิน

ตารางที่ 4.2 อุณหภูมิน้ำในคาลอรีมิเตอร์เป็น ^{o}F ที่เวลาต่าง ๆ เมื่อใส่ก้อนหินอุณหภูมิ $212^{o}F$ ลงไป

เวลา นาที	น้ำหนักก้อนหิน, กิโลกรัม/น้ำหนักน้ำในถังคาลอรีมิเตอร์, กิโลกรัม					
	0.0117/0.3	0.0255/0.25	0.0222/0.25	0.0182/0.25	0.0139/0.25	0.0138/0.25
0	91.35	91.50	91.90	90.55	91.80	91.980
10	91.40	91.50	91.90	90.70	92.10	91.95
20	91.80	91.80	92.35	91.05	92.75	92.95
30	92.05	92.40	92.85	91.35	92.85	92.65
40	92.10	92.65	93.15	91.60	92.85	92.75
50	92.15	92.90	93.40	91.75	92.85	92.80
60	92.20	93.10	93.50	91.90	92.86	92.85
70	92.20	93.20	93.60	91.95	92.90	92.90
80	92.20	93.25	93.65	92.00	92.90	92.92
90	92.20	93.35	93.70	92.05	92.91	92.94
100	92.20	93.40	93.75	92.05	92.93	92.95
110		93.45	93.76	92.06	92.93	92.95
120		93.45	93.76	92.07		92.95
130		93.48	93.76	92.07		
140		93.50		92.10		
150		93.54		92.20		

4.2 การทดลองหาชั้นอุณหภูมิของเบด

การทดลองหาค่าของอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของเบดจะกำหนดให้เบดมีความสูงของก้อนหินบรรจุอยู่ภายในที่ 0.7 เมตร และ 1.05 เมตร ขนาดของก้อนหินที่บรรจุอยู่ในเบดจะเปลี่ยนไป 3 ขนาด คือ D_e เท่ากับ 0.0167, 0.0235 และ 0.0285 เมตร ในแต่ละขนาดของก้อนหินมีการเปลี่ยนอัตราการไหลของอากาศผ่านเบด 3 ค่า ดังนี้ 202.32, 238.9 และ 267.2 $m^3/hr.$ ซึ่งอัตราการไหลของอากาศดังกล่าวนี้จะใช้สำหรับการอบกล้วยจำนวน 1000 ผล ตำแหน่งการวางเทอร์โมคัปเปิลเพื่อวัดชั้นอุณหภูมิ ให้มีความหนาแต่ละชั้น เท่ากับ 0.175 เมตร ในช่วงการล่ะล่มความร้อนอากาศที่เข้าสู่เบดจะถูกควบคุมให้มีอุณหภูมิอยู่ในช่วงที่ 60 ± 2°C เมื่ออากาศมีอุณหภูมิตามต้องการแล้วอากาศร้อนจะถูกปล่อยผ่านเข้าสู่เบดอย่างทันทีทันใด ส่วนในช่วงการนำความร้อนออกใช้จะปล่อยให้อากาศซึ่งมีอุณหภูมิบรรยากาศเข้าสู่เบด ปริมาณของอากาศที่ผ่านเข้าสู่เบดจะควบคุมโดยการปรับแดมเปอร์ อากาศเมื่อเข้าสู่เบดแล้วให้ทำการบันทึกอุณหภูมิที่ชั้นต่าง ๆ กัน

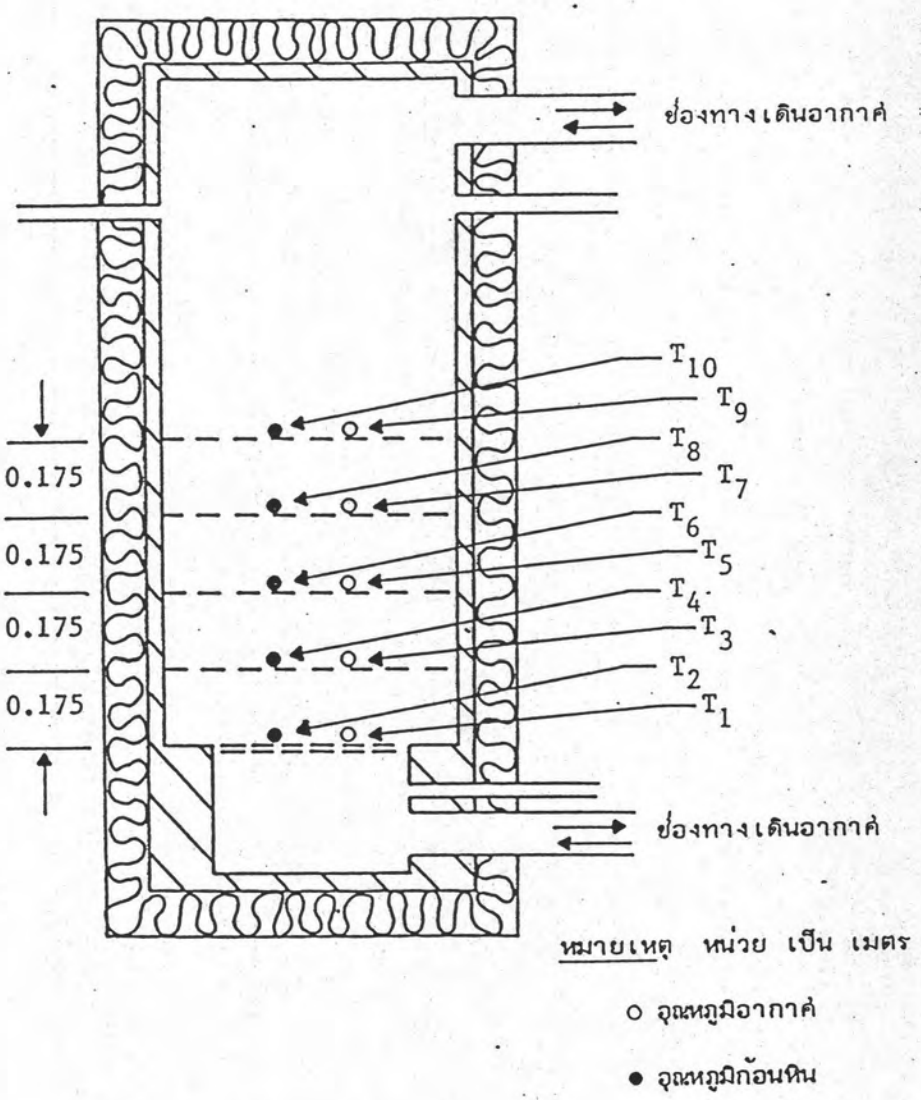
รูปที่ 4.1 แสดงตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิภายในถังล่ะล่มความร้อน เมื่อเบดมีความสูง 0.70 เมตร

รูปที่ 4.2 แสดงตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิภายในถังล่ะล่มความร้อน เมื่อเบดมีความสูง 1.05 เมตร

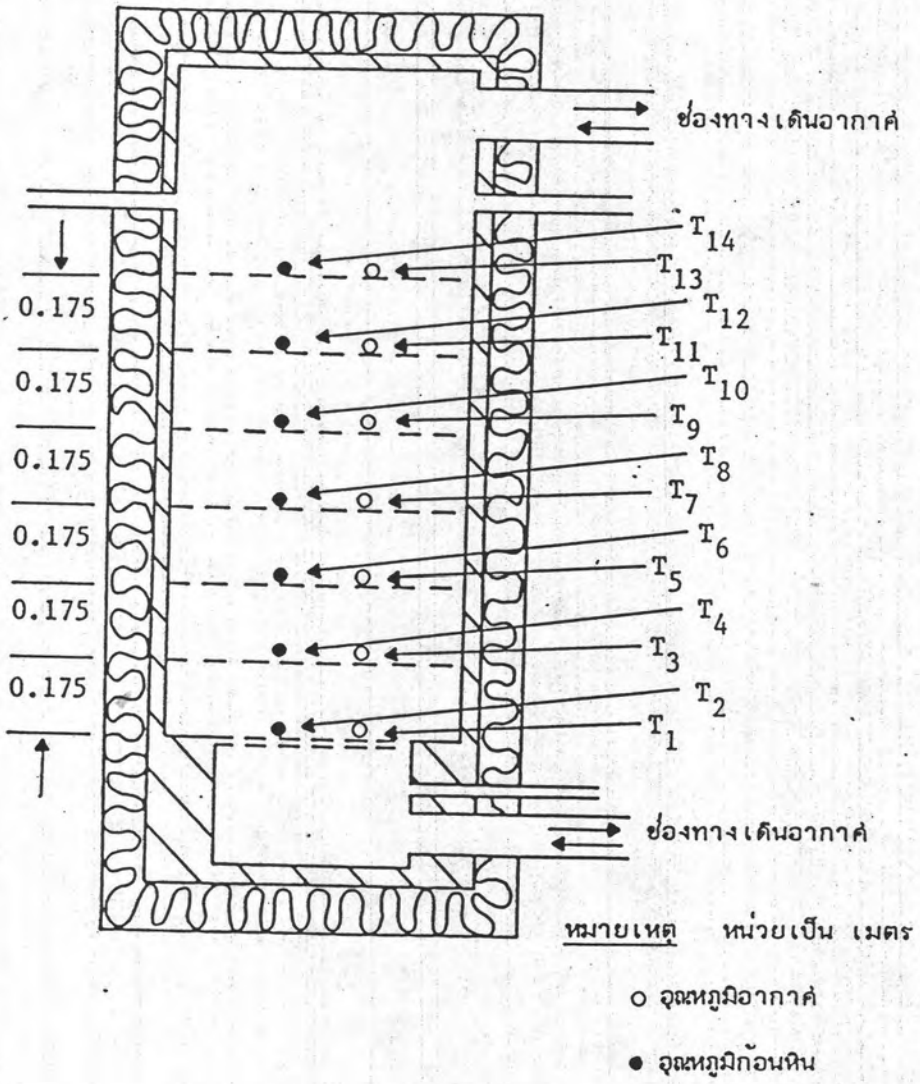
ตารางที่ 4.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ ในถังล่ะล่มความร้อนเมื่อใช้ก้อนหินขนาด 1" - $1\frac{1}{2}$ " อัตราการไหลของอากาศ 267.2 m^3/hr ความสูงของเบด 1.05 เมตร สำหรับข้อมูลชุดอื่น ๆ อยู่ในภาคผนวก ก. และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของชั้นบนของเบดสำหรับการล่ะล่มความร้อนและนำความร้อนออกใช้แสดงไว้ในรูปที่ 5.1

4.3 การหาค่าความดันลด (ΔP)

ในการหาค่าความดันลดของถังล่ะล่มความร้อนได้ทำการทดลองวัดที่ความสูงของเบด ขนาดของก้อนหิน และอัตราการไหลของอากาศซึ่งมีค่าเปลี่ยนแปลงเช่นหัวข้อที่ 4.2 แล้วนำข้อมูลไปเปรียบเทียบกับสมการคาดคะเนความดันลดจากสมการที่ (1.1) ของ Chandra & Willits ดังแสดงในตารางที่ 5.2



รูปที่ 4.1 แสดงตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิ เมื่อเบดมีความสูง 0.70 เมตร



รูปที่ 4.2 แสดงตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิ เมื่อเบดมีความสูง 1.05 เมตร

ตารางที่ 4.3 แสดงอุณหภูมิภายในถังสะสมความร้อน เมื่ออัตราการไหลของอากาศ 267.2 m^3/hr, ขนาดก้อนหิน 1" - $1\frac{1}{2}$", เบดสูง 1.05 เมตร

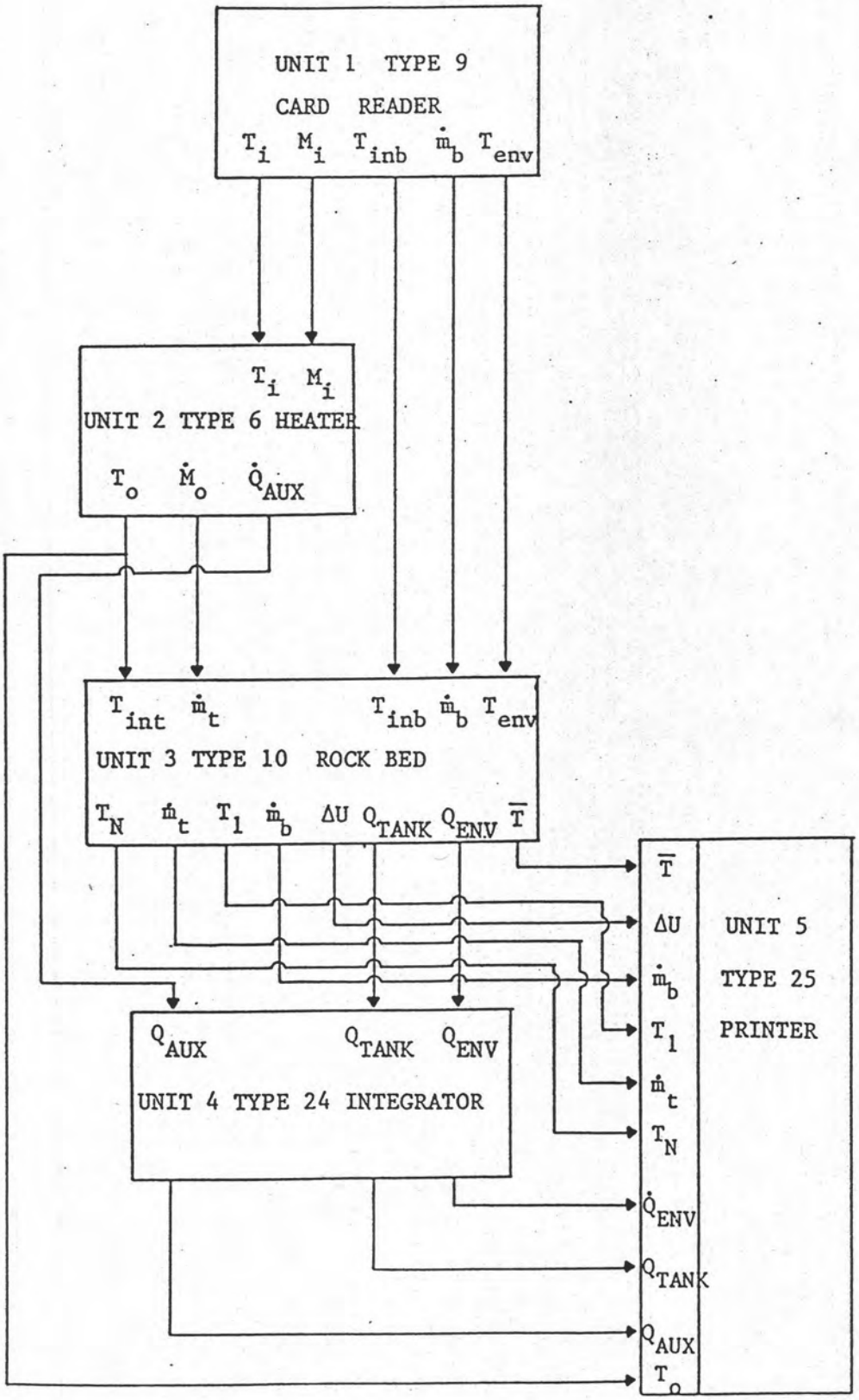
TIME, hr.	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}	T_{11}	T_{12}	T_{13}	T_{14}
0:00	29.8	29.7	30.4	30.5	39.1	30.9	31.3	31.3	31.4	31.5	30.5	30.9	28.6	28.7
0:30	30.2	30.1	30.8	30.8	31.2	31.0	31.1	31.1	32.0	31.8	40.3	36.5	54.7	52.4
1:00	31.0	31.0	31.5	31.5	32.3	31.9	35.0	33.5	42.1	40.7	51.8	49.6	57.6	56.9
1:30	32.8	32.7	33.0	33.0	37.3	35.9	44.0	41.2	51.5	50.3	56.5	55.7	57.9	57.7
2:00	37.5	37.3	38.2	38.0	45.3	43.6	51.6	49.5	55.8	55.3	57.7	57.5	59.1	58.7
2:30	44.2	44.1	45.4	45.2	52.0	50.6	55.5	54.6	57.6	57.4	58.7	58.5	59.2	58.8
3:00	50.2	50.0	51.3	51.2	55.7	54.8	57.3	57.0	58.5	58.5	58.9	58.9	59.1	58.9
3:30	54.1	53.8	55.2	55.2	57.7	56.9	58.2	58.0	58.9	58.8	59.2	59.0	59.2	59.2
4:00	56.7	56.5	57.5	57.5	58.6	58.6	58.8	58.6	59.4	59.4	59.5	59.4	59.7	59.6
DISCHARGE														
4:00	56.7	56.5	57.5	57.5	58.6	58.6	58.8	58.6	59.4	59.4	59.5	59.4	59.7	59.6
4:30	35.4	36.6	43.3	47.3	53.7	55.7	58.4	58.6	59.4	59.4	59.5	59.4	59.7	59.6

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

TIME, hr.	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}	T_{11}	T_{12}	T_{13}	T_{14}
5:00	34.9	35.2	36.2	37.4	42.9	45.6	53.3	54.7	57.6	58.1	59.4	59.4	59.7	59.6
5:30	35.1	35.1	34.9	35.0	36.6	37.8	44.1	46.0	51.4	52.9	56.9	57.4	58.1	58.5
6:00	34.7	34.7	34.7	34.6	35.0	35.2	37.8	38.9	43.2	44.7	50.4	52.2	54.4	55.1
6:30	34.7	34.7	34.6	34.6	34.8	34.8	35.4	35.8	37.6	38.4	43.0	44.0	48.5	49.4
7:00	34.5	34.5	34.5	34.4	34.4	34.3	34.5	34.6	35.2	35.5	39.1	41.0	43.7	44.8
7:30	33.8	33.9	34.0	33.9	34.1	34.0	34.0	34.1	34.4	34.5	35.8	36.6	39.5	40.1
8:00	33.2	33.1	33.4	33.3	33.4	33.5	33.5	33.6	33.6	33.7	34.8	35.0	36.7	36.9

4.4 ไดอะแกรมของโปรแกรม TRNSYS พร้อมบัตรควบคุมและรายงานผล

การจำลองปัญหาในระบบส่ะสมความร้อนแบบรอคเบดโดยใช้เครื่องทำความร้อน (Heater) แทนแผงรับแส่งอาทิตย์และแส่ดงผลจากการคำนวณทุก $\frac{1}{4}$ ชั่วโมง มี Error tolerance 0.01, 0.01 ผลลัพธ์ที่ได้จะถูกพิมพ์แส่ดงผลออกมาและนำผลลัพธ์ไปเปรียบเทียบผลจากการทดลอง ซึ่งแส่ดงไว้ในรูปที่ 5.1 รายละเอียดของการเปรียบเทียบผลที่ได้จากโปรแกรม TRNSYS กับผลที่ได้จากการทดลองอยู่ในภาคผนวก ค. ไดอะแกรมการส่งข้อมูลและผลการคำนวณของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ TRNSYS แส่ดงในรูปที่ 4.3 ส่วนบัตรควบคุมและการรายงานผลของโปรแกรม TRNSYS อยู่ในภาคผนวก ง.



รูปที่ 4.3 ไดอะแกรมการส่งข้อมูลของโปรแกรม TRNSYS