

ภาคผนวก ก

ผลการทดลอง

ตารางที่ ก.1 อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ของระบบปรับอากาศที่อัตราการไหลเชิงมวล 0.482 kg/s

	Air temperature (°C)					
	Inlet of evap hp	Inlet of evap	Outlet of evap	Out of con hp	Inlet of con	Outlet of con
Without heat pipe		33.12	20.04		21.12	62.64
Pure R22	33.15	28.83	18.23	21.94	21.88	53.21
TiO ₂ 5 ppm	32.55	28.341	15.88	20.23	21.46	56.54
TiO ₂ 10 ppm	31.22	26.94	17.21	20.01	20.01	54.92
TiO ₂ 30 ppm	32.1	29.14	17.961	21.03	21.12	55.43
TiO ₂ 60 ppm	32.81	29.98	17.407	19.04	19.19	57.82

ตารางที่ ก.2 อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ของระบบปรับอากาศที่อัตราการไหลเชิงมวล 0.594 kg/s

	Air temperature (°C)					
	Inlet of evap hp	Inlet of evap	Outlet of evap	Out of con hp	Inlet of con	Outlet of con
Without heat pipe		33.38	20.31		20.35	61.99
Pure R22	32.7	29.54	18.91	22.013	22.47	52.98
TiO ₂ 5 ppm	32.82	29.18	16.97	20.45	20.31	56.14
TiO ₂ 10 ppm	33.23	28.88	17.25	20.11	20.76	54.32
TiO ₂ 30 ppm	33.41	30.898	18.25	21.336	21.56	55.12
TiO ₂ 60 ppm	32.79	30.15	17.98	19.56	18.77	59.18

ตารางที่ ก.3 อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ของระบบปรับอากาศที่อัตราการไหลเชิงมวล 0.698 kg/s

	Air temperature (°C)					
	Inlet of evap hp	Inlet of evap	Outlet of evap	Out of con hp	Inlet of con	Outlet of con
Without heat pipe		33.02	20.53		20.62	61.7
Pure R22	33.49	30.87	19.02	22.1596	22.76	52.32
TiO ₂ 5 ppm	33.42	29.93	17.04	20.934	20.54	55.74
TiO ₂ 10 ppm	32.93	29.56	17.35	20.12	20.32	53.97
TiO ₂ 30 ppm	33.47	31.06	18.77	21.4335	21.63	54.64
TiO ₂ 60 ppm	32.89	30.42	18.37	20.964	21.27	55.82

ตารางที่ ก.4 อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ของระบบปรับอากาศที่อัตราการไหลเชิงมวล 0.785 kg/s

	Air temperature (°C)					
	Inlet of evap hp	Inlet of evap	Outlet of evap	Out of con hp	Inlet of con	Outlet of con
Without heat pipe		33.1	20.6		20.68	61.44
Pure R22	33.31	31.04	19.99	22.64	22.24	52.21
TiO ₂ 5 ppm	33.56	29.54	19.73	23.21	23.54	52.43
TiO ₂ 10 ppm	33.75	30.52	17.44	20.27	20.31	52.88
TiO ₂ 30 ppm	33.88	30.46	18.98	21.73	21.72	52.85
TiO ₂ 60 ppm	32.97	30.25	18.45	21.26	21.56	53.99

ตารางที่ ก.5 ความชื้นสัมบูรณ์ ณ ตำแหน่งต่างๆ ของระบบปรับอากาศที่อัตราการไหลเชิงมวล

0.482 kg/s

	Air absolute humidity (g of water / kg of air)					
	Inlet of evap hp	Inlet of evap	Outlet of evap	Out of con hp	Inlet of con	Outlet of con
Without heat pipe		20.94	15.48		15.48	15.48
Pure R22	19.01	19.01	13.01	13.01	13.13	13.13
TiO ₂ 5 ppm	19.44	18.23	12.1	12.1	12.5	12.5
TiO ₂ 10 ppm	17.88	17.88	11.90	11.90	11.88	11.88
TiO ₂ 30 ppm	18.33	18.33	12.78	12.78	12.77	12.77
TiO ₂ 60 ppm	19.01	19.01	13.22	13.22	13.19	13.19

ตารางที่ ก.6 ความชื้นสัมบูรณ์ ณ ตำแหน่งต่างๆ ของระบบปรับอากาศที่อัตราการไหลเชิงมวล

0.594 kg/s

	Air absolute humidity (g of water / kg of air)					
	Inlet of evap hp	Inlet of evap	Outlet of evap	Out of con hp	Inlet of con	Outlet of con
Without heat pipe		21.61	15.78		15.78	15.78
Pure R22	19.3	19.3	13.48	13.48	13.33	13.33
TiO ₂ 5 ppm	18.94	18.94	12.95	12.95	12.5	12.5
TiO ₂ 10 ppm	18.10	18.10	11.96	11.96	11.90	11.90
TiO ₂ 30 ppm	18.54	18.54	12.95	13.35	13.31	13.31
TiO ₂ 60 ppm	19.2	19.18	13.37	13.37	13.35	13.35

ตารางที่ ก.7 ความชื้นสัมบูรณ์ ณ ตำแหน่งต่างๆ ของระบบปรับอากาศที่อัตราการไหลเชิงมวล

0.698 kg/s

	Air absolute humidity (g of water / kg of air)					
	Inlet of evap hp	Inlet of evap	Outlet of evap	Out of con hp	Inlet of con	Outlet of con
Without heat pipe		21.64	16.2		16.38	16.38
Pure R22	19.51	19.51	13.66	13.66	13.44	13.44
TiO ₂ 5 ppm	19.13	19.13	13.2	13.2	13.32	13.32
TiO ₂ 10 ppm	18.21	18.21	12.22	12.22	12.11	12.11
TiO ₂ 30 ppm	18.66	18.66	13.01	13.01	13.75	13.75
TiO ₂ 60 ppm	19.43	19.43	13.75	13.75	13.71	13.71

ตารางที่ ก.8 ความชื้นสัมบูรณ์ ณ ตำแหน่งต่างๆ ของระบบปรับอากาศที่อัตราการไหลเชิงมวล

0.785 kg/s

	Air absolute humidity (g of water / kg of air)					
	Inlet of evap hp	Inlet of evap	Outlet of evap	Out of con hp	Inlet of con	Outlet of con
Without heat pipe		21.7	16.61		16.63	16.6
Pure R22	19.59	19.59	13.985	13.985	13.951	13.95
TiO ₂ 5 ppm	19.73	19.73	13.95	13.95	13.78	13.66
TiO ₂ 10 ppm	18.14	18.14	12.51	12.51	12.39	12.39
TiO ₂ 30 ppm	18.95	18.95	13.54	13.54	13.59	13.59
TiO ₂ 60 ppm	19.51	19.51	14.01	14.16	14.16	14.2

ตารางที่ ก.9 อัตราการถ่ายเทความร้อนและกำลังงานของคอมเพรสเซอร์ที่อัตราการไหลเชิงมวล
0.482 kg/s

	Heat transfer rate & Power (kW)				
	pre-cooling	evaporator	reheat	condenser	compressor
Without heat pipe		18.93		23.59	6.39
Pure R22	2.17	17.63	2.44	21.86	6.21
TiO ₂ 5 ppm	2.12	17.17	2.23	21.61	6.15
TiO ₂ 10 ppm	2.45	16.94	2.39	20.56	5.91
TiO ₂ 30 ppm	1.81	17.33	1.76	21.32	6.14
TiO ₂ 60 ppm	1.86	17.84	1.89	21.53	6.25

ตารางที่ ก.10 อัตราการถ่ายเทความร้อนและกำลังงานของคอมเพรสเซอร์ที่อัตราการไหลเชิงมวล
0.594 kg/s

	Heat transfer rate & Power (kW)				
	pre-cooling	evaporator	reheat	condenser	compressor
Without heat pipe		19.21		23.87	6.41
Pure R22	2.21	17.87	1.98	22.91	6.28
TiO ₂ 5 ppm	2.19	17.74	2.31	23.38	6.19
TiO ₂ 10 ppm	2.41	17.02	2.39	22.38	5.97
TiO ₂ 30 ppm	1.75	17.74	1.69	23.82	6.15
TiO ₂ 60 ppm	1.813	18.17	1.77	24.08	6.27

ตารางที่ ก.11 อัตราการถ่ายเทความร้อนและกำลังงานของคอมเพรสเซอร์ที่อัตราการไหลเชิงมวล
0.698 kg/s

	Heat transfer rate & Power (kW)				
	pre-cooling	evaporator	reheat	condenser	compressor
Without heat pipe		19.53		24.68	6.41
Pure R22	2.15	18.24	2.16	23.51	6.13
TiO ₂ 5 ppm	2.09	17.87	2.17	23.03	6.04
TiO ₂ 10 ppm	2.46	17.53	2.39	22.74	5.84
TiO ₂ 30 ppm	1.72	18.76	1.77	23.41	6.13
TiO ₂ 60 ppm	1.75	18.93	1.89	24.24	6.24

ตารางที่ ก.12 อัตราการถ่ายเทความร้อนและกำลังงานของคอมเพรสเซอร์ที่อัตราการไหลเชิงมวล
0.785 kg/s

	Heat transfer rate & Power (kW)				
	pre-cooling	evaporator	reheat	condenser	compressor
Without heat pipe		19.87		24.78	6.38
Pure R22	2.03	18.53	2.36	24.32	6.23
TiO ₂ 5 ppm	2.00	17.78	2.24	24.12	6.12
TiO ₂ 10 ppm	2.19	17.95	2.04	24.01	5.88
TiO ₂ 30 ppm	1.61	18.89	1.66	24.21	6.21
TiO ₂ 60 ppm	1.69	18.95	1.75	24.35	6.26

ตารางที่ ก.13 สัมประสิทธิ์สมรรถนะในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ (COP_R) ที่อัตราการไหลเชิงมวลต่าง ๆ

Air mass flow rate (kg/s)	COP_R					
	Without heatpipe	Pure R22	TiO ₂ 5 ppm	TiO ₂ 10 ppm	TiO ₂ 30 ppm	TiO ₂ 60 ppm
0.482	2.96	3.19	3.14	3.28	3.12	3.15
0.594	3.00	3.20	3.22	3.25	3.17	3.19
0.698	3.05	3.33	3.30	3.42	3.34	3.31
0.785	3.11	3.30	3.23	3.42	3.30	3.30

ตารางที่ ก.14 สัมประสิทธิ์สมรรถนะในการทำความร้อนของระบบปรับอากาศ (COP_H) ที่อัตราการไหลเชิงมวลต่าง ๆ

Air mass flow rate (kg/s)	COP_H					
	Without heatpipe	Pure R22	TiO ₂ 5 ppm	TiO ₂ 10 ppm	TiO ₂ 30 ppm	TiO ₂ 60 ppm
0.482	3.69	3.91	3.88	4.48	3.76	3.75
0.594	3.72	3.96	4.15	4.15	4.15	4.12
0.698	3.85	4.19	4.17	4.30	4.11	4.19
0.785	3.88	4.28	4.31	4.43	4.17	4.17

ตารางที่ ก.15 อุณหภูมิของสารทำความเย็นในแต่ละตำแหน่งที่ทำการวัดที่อัตราการไหลเชิงมวล

0.482 kg/s

	Position			
	Inlet of evaporator	Outlet of evaporator	Inlet of condenser	Outlet of condenser
	T(°C)	T(°C)	T(°C)	T(°C)
Without heat pipe	14.77	14.84	119.06	63.7
Pure R22	12.47	13.51	115.76	59.4
TiO ₂ 5 ppm	13.21	15.98	118.94	60.85
TiO ₂ 10 ppm	10.55	8.09	116.45	58.55
TiO ₂ 30 ppm	13.65	18.27	120.77	61.62
TiO ₂ 60 ppm	13.89	17.93	121.67	62.09

ตารางที่ ก.16 อุณหภูมิของสารทำความเย็นในแต่ละตำแหน่งที่ทำการวัดที่อัตราการไหลเชิงมวล

0.594 kg/s

	Position			
	Inlet of evaporator	Outlet of evaporator	Inlet of condenser	Outlet of condenser
	T(°C)	T(°C)	T(°C)	T(°C)
Without heat pipe	14.53	14.64	117.65	63.01
Pure R22	13.4	17.41	118.92	60.29
TiO ₂ 5 ppm	12.16	11.9	117.3	59.6
TiO ₂ 10 ppm	10.7	8.59	116.18	58.17
TiO ₂ 30 ppm	12.87	14.2	116.88	60.26
TiO ₂ 60 ppm	10.54	9.14	115.01	58.01

ตารางที่ ก.17 อุณหภูมิของสารทำความเย็นในแต่ละตำแหน่งที่ทำการวัดที่อัตราการไหลเชิงมวล

0.698 kg/s

	Position			
	Inlet of evaporator	Outlet of evaporator	Inlet of condenser	Outlet of condenser
	T(°C)	T(°C)	T(°C)	T(°C)
Without heat pipe	14.10	21.32	120.54	62.54
Pure R22	13.23	17.78	118.2	59.7
TiO ₂ 5 ppm	13.35	18.43	119.71	60.41
TiO ₂ 10 ppm	12.29	12.82	115.3	58.56
TiO ₂ 30 ppm	13.84	20.93	121.82	61.07
TiO ₂ 60 ppm	12.89	15.83	115.81	59.38

ตารางที่ ก.18 อุณหภูมิของสารทำความเย็นในแต่ละตำแหน่งที่ทำการวัดที่อัตราการไหลเชิงมวล

0.785 kg/s

	Position			
	Inlet of evaporator	Outlet of evaporator	Inlet of condenser	Outlet of condenser
	T(°C)	T(°C)	T(°C)	T(°C)
Without heat pipe	16.01	22.32	123.54	62.94
Pure R22	13.38	19.19	118.86	59.64
TiO ₂ 5 ppm	13.34	18.89	119.63	60.03
TiO ₂ 10 ppm	11.12	10.2	115.26	57.56
TiO ₂ 30 ppm	13.9	21.57	121.94	61.02
TiO ₂ 60 ppm	12.8	15.99	116.43	59.13

ตารางที่ ก.19 สัดส่วนการประหยัดพลังงาน E_{s1} และ E_{s2}

Air mass flow rate (kg/s)	Pure R22		TiO ₂ 5 ppm		TiO ₂ 10 ppm		TiO ₂ 30 ppm		TiO ₂ 60 ppm	
	E_{s1}	E_{s2}	E_{s1}	E_{s2}	E_{s1}	E_{s2}	E_{s1}	E_{s2}	E_{s1}	E_{s2}
0.482	10.96	20.73	10.99	20.21	12.8	22.22	9.46	17.08	9.44	17.37
0.594	11.01	18.99	10.99	20.23	12.4	22	8.98	16.24	9.07	16.46
0.698	10.55	19.12	10.48	19.25	12.29	21.66	8.4	15.67	8.47	16.12
0.785	9.87	19.16	9.87	19.24	10.86	19.06	7.85	14.74	8.19	15.38

ตารางที่ ก.20 อุณหภูมิผิวที่ตำแหน่งต่างๆ ของท่อความร้อนที่อัตราการไหลเชิงมวล 0.482 kg/s

สารทำงาน	Temperature at different position (°C)							
	Evaporator section		Adiabatic section 1		Condenser section		Adiabatic section 2	
	T_{s1}	T_{s2}	T_{s3}	T_{s4}	T_{s5}	T_{s6}	T_{s7}	T_{s8}
Pure R22	31.89	31.56	26.86	26.89	25.31	23.87	26.85	27.10
TiO ₂ 5 ppm	31.81	31.50	26.91	26.85	25.58	24.01	26.93	26.94
TiO ₂ 10 ppm	31.95	31.80	26.16	26.19	25.61	24.69	26.18	26.38
TiO ₂ 30 ppm	32.32	32.51	26.77	26.79	25.07	23.49	26.80	26.95
TiO ₂ 60 ppm	31.68	31.67	26.02	25.99	25.42	23.01	25.94	26.23

ตารางที่ ก.21 อุณหภูมิผิวที่ตำแหน่งต่างๆ ของท่อความร้อนที่อัตราการไหลเชิงมวล 0.594 kg/s

สารทำงาน	Temperature at different position (°C)							
	Evaporator section		Adiabatic section 1		Condenser section		Adiabatic section 2	
	T _{s1}	T _{s2}	T _{s3}	T _{s4}	T _{s5}	T _{s6}	T _{s7}	T _{s8}
Pure R22	31.99	31.80	27.20	27.23	25.69	24.18	27.17	27.39
TiO ₂ 5 ppm	31.85	31.57	27.12	27.08	25.99	24.25	27.15	27.16
TiO ₂ 10 ppm	31.97	31.81	26.26	26.29	25.72	24.80	26.27	26.46
TiO ₂ 30 ppm	32.55	32.74	26.02	27.01	25.28	23.99	27.04	27.18
TiO ₂ 60 ppm	31.71	31.70	26.09	26.06	25.49	23.58	26.01	26.29

ตารางที่ ก.22 อุณหภูมิผิวที่ตำแหน่งต่างๆ ของท่อความร้อนที่อัตราการไหลเชิงมวล 0.698 kg/s

สารทำงาน	Temperature at different position (°C)							
	Evaporator section		Adiabatic section 1		Condenser section		Adiabatic section 2	
	T _{s1}	T _{s2}	T _{s3}	T _{s4}	T _{s5}	T _{s6}	T _{s7}	T _{s8}
Pure R22	32.49	32.30	27.64	27.65	26.09	24.57	27.59	27.81
TiO ₂ 5 ppm	32.04	32.53	27.20	27.15	26.08	24.83	27.23	28.24
TiO ₂ 10 ppm	31.83	31.84	27.54	27.50	26.47	25.56	27.49	27.69
TiO ₂ 30 ppm	33.01	33.12	28.05	28.06	26.39	24.85	28.11	29.22
TiO ₂ 60 ppm	31.98	31.91	26.84	26.84	26.32	23.53	26.82	27.06

ตารางที่ ก.23 อุณหภูมิผิวที่ตำแหน่งต่างๆ ของท่อความร้อนที่อัตราการไหลเชิงมวล 0.785 kg/s

สารทำงาน	Temperature at different position (°C)							
	Evaporator section		Adiabatic section 1		Condenser section		Adiabatic section 2	
	T _{s1}	T _{s2}	T _{s3}	T _{s4}	T _{s5}	T _{s6}	T _{s7}	T _{s8}
Pure R22	32.68	32.48	27.93	27.94	26.38	24.88	27.89	28.11
TiO ₂ 5 ppm	32.32	32.05	26.82	26.77	26.62	25.13	27.82	28.84
TiO ₂ 10 ppm	32.08	31.90	28.50	28.52	26.95	25.84	28.51	28.72
TiO ₂ 30 ppm	33.38	33.53	28.37	28.35	27.69	25.05	28.42	29.57
TiO ₂ 60 ppm	31.83	31.80	26.37	26.33	25.78	24.42	26.31	26.58

ตารางที่ ก.24 ค่าความต้านทานทางความร้อนของท่อความร้อนที่สารทำงานต่างๆ

Air mass flow rate (kg/s)	Thermal resistance (°C/kW)				
	สารทำงาน				
	Pure R22	TiO ₂ 5 ppm	TiO ₂ 10 ppm	TiO ₂ 30 ppm	TiO ₂ 60 ppm
0.482	3.91	3.59	3.00	4.94	4.62
0.594	3.73	3.37	2.99	4.98	4.54
0.698	3.86	3.38	2.59	4.68	4.64
0.785	3.55	3.39	2.48	5.04	4.30

ตารางที่ ก.25 ค่าสัดส่วนในการลดความชื้นของระบบปรับอากาศที่มีและไม่มีท่อความร้อน

Air mass flow rate (kg/s)	สัดส่วนในการลดความชื้น (%DF)					
	สารทำงาน					
	Without heat pipe	Pure R22	TiO ₂ 5 ppm	TiO ₂ 10 ppm	TiO ₂ 30 ppm	TiO ₂ 60 ppm
0.482	26.07	31.56	33.63	33.45	30.28	30.46
0.594	26.98	30.16	31.63	33.92	30.15	30.29
0.698	25.14	29.98	31	32.89	30.28	29.23

ตารางที่ ก.26 ค่าความดันด้านต่ำของระบบปรับอากาศที่มีและไม่มีท่อความร้อน

Air mass flow rate (kg/s)	Low Pressure (kPa)					
	Without heat pipe	Pure R22	TiO ₂ 5 ppm	TiO ₂ 10 ppm	TiO ₂ 30 ppm	TiO ₂ 60 ppm
0.482	682.6	653.45	708.36	541.08	765.3	744.7
0.594	682.6	744.7	620.6	551.6	668.8	565.4
0.698	841.2	751.6	765.3	641.2	827.4	710.2
0.785	868.8	786	779	586.1	848.1	710.3

ตารางที่ ก.27 ค่าความดันด้านสูงของระบบปรับอากาศที่มีและไม่มีท่อความร้อน

Air mass flow rate (kg/s)	High Pressure (kPa)					
	Without heat pipe	Pure R22	TiO ₂ 5 ppm	TiO ₂ 10 ppm	TiO ₂ 30 ppm	TiO ₂ 60 ppm
0.482	2,530.40	2,296	2,371	2,254.60	2,413.20	2,440.80
0.594	2,489	2,344.20	2,302.90	2,233.90	2,344.20	2,227
0.698	2,461.50	2,309.80	2,351.10	2,247.70	2,378.70	2,296
0.785	2,482.10	2,302.90	2,330.50	2,199.50	2,378.70	2,282.20