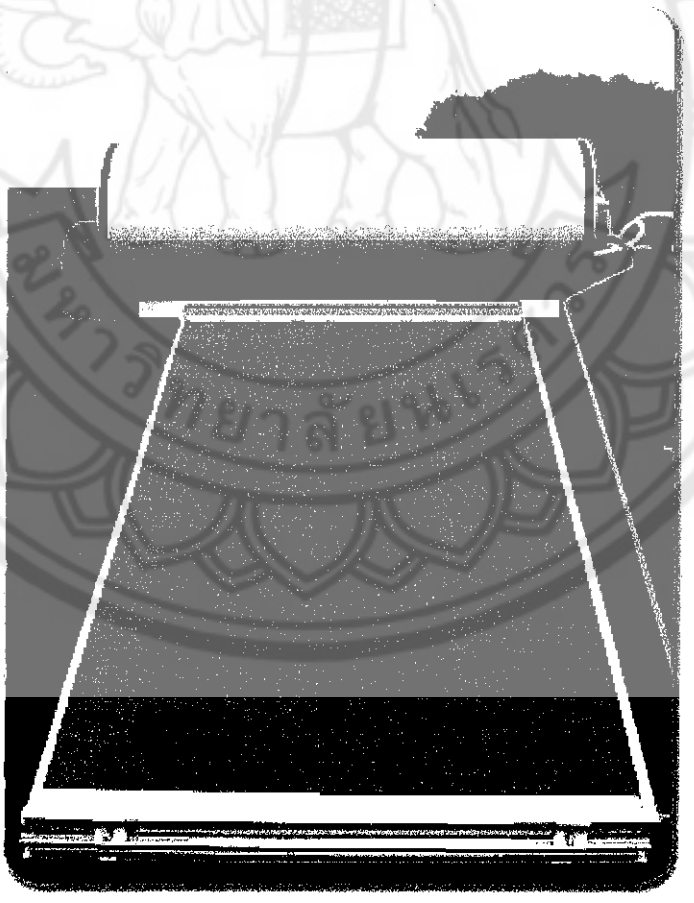
TH
6561.7
ภ329ก
2551

สำนักหอสมุด
22 มิ.ย. 2552
ท.A52A226

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 การสำรวจและรวบรวมข้อมูล

จากการหาข้อมูลจำเพาะของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดตัวรับแสงแบบแผ่นเรียบ เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดตัวรับแสงแบบแผ่นเรียบที่ใช้เทอร์โมไซฟอน โดยทางผู้จัดทำได้เลือกข้อมูลเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบที่ใช้กันทั่วไป ซึ่งน้ำไหลผ่านท่อโดยตรง และมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.1 เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบที่ใช้กันทั่วไป [10]

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงข้อมูลเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้กันทั่วไป [10]

OVERALL DIMENSION	
Capacity (Storage Tank)	180 Liters
Overall Dimensions (WxLxH)	1,490 x 2,430 x 540 (mm)
Overall Weight (Empty)	89 kg
Overall Weight (Full)	274 kg
STORAGE TANK	
Outer Cylinder Case Material	Zinclume
Tank Insulation	Height Density Pressure Injected Polyurethane Foam
End Cover Material	Zinclume
Length	1,490 mm
Outer Tank Dimension	510 mm
Cylinder Thickness	1.5 mm
COLLECTOR	
Outer Dimensions (WxLxH)	1,020 x 1,940 x 80 (mm) 1 p
Glass Thickness	4 mm Thickness
Net Absorber Area	2 m^2
Glass Material	Tempered Glass
Casing Material	Zinclume
Surface Coating	Matt Black Polyester
Plate Material	Aluminum / Copper
Rise Tube Material	Copper
Rise Tube Quantity	6 Tube
PRICE	
CE-180	55,000 Baht
Installation Charge	5,000 Baht
Price not Include vat 7 %	

ท่อทองแดงที่ใช้ในแผงรับรังสีแสงอาทิตย์เป็นท่อทองแดงขนาด 1/2 นิ้ว Type – L ซึ่งในขั้นตอนการวิเคราะห์และออกแบบระบบจะต้องทราบขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของท่อทองแดงด้วย ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 3.2 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.2 ตารางสำหรับใช้เลือกขนาดของท่อทองแดงที่นำมาทำเป็นเทอร์โมไซฟ่อน [11]

ท่อทองแดง(Seamless Copper Tube)							
ขนาด (Nominal Size) (นิ้ว) (Inch)	เส้นผ่าศูนย์กลาง (Outside Diameter)		Type – K ความหนา (Wall Thickness)		Type – L ความหนา (Wall Thickness)		ความยาว (Length)
	นิ้ว (Inch)	(มม.) (mm.)	นิ้ว (Inch)	(มม.) (mm.)	นิ้ว (Inch)	(มม.) (mm.)	(เมตร) (M.)
1/4"	3/8"	9.52	0.035	0.89	0.030	0.76	6
3/8"	1/2"	12.70	0.049	1.24	0.035	0.89	6
1/2"	5/8"	15.88	0.049	1.24	0.040	1.02	6
5/8"	3/4"	19.05	0.049	1.24	0.042	1.07	6
3/4"	7/8"	22.22	0.065	1.65	0.045	1.14	6
1"	1.1/8"	28.58	0.065	1.65	0.050	1.27	6
1.1/4"	1.3/8"	34.92	0.065	1.65	0.055	1.40	6
1.1/2"	1.5/8"	41.27	0.072	1.83	0.060	1.52	6
2"	2.1/8"	53.98	0.083	2.11	0.070	1.78	6
2,1/2"	2.5/8"	66.68	0.095	2.41	0.080	2.03	6
3"	3.1/8"	79.38	0.109	2.77	0.090	2.29	6
3.1/2"	3.5/8"	92.08	0.120	3.05	0.100	2.54	6
4"	4.1/8"	104.78	0.134	3.04	0.110	2.79	6

นอกจากนี้ยังต้องสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับค่ารังสีแสงอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศ ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งจะแสดงในภาคผนวกส่วนของตาราง ค.1

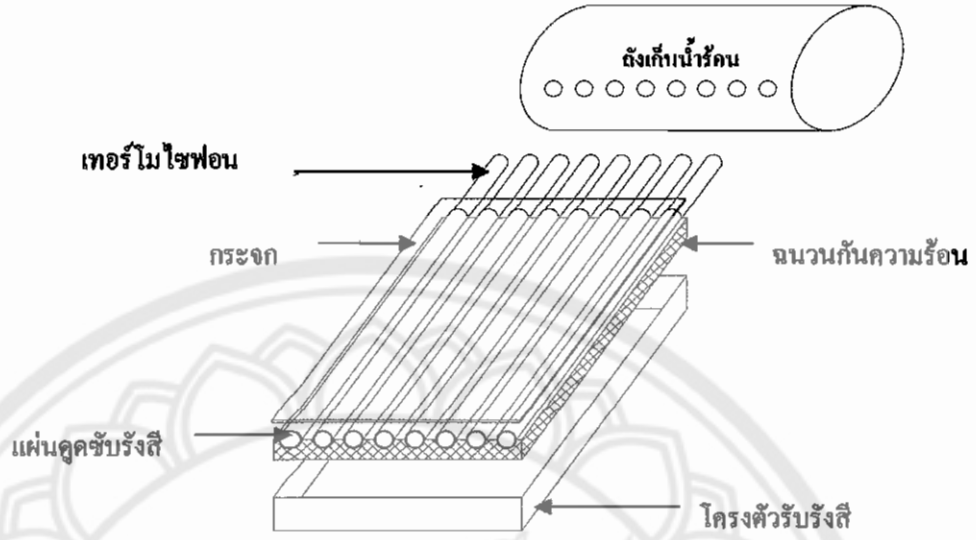
สมการในการคำนวณที่นำมาใช้ ศึกษาจากงานวิจัยของ ESDU ในหัวข้อเรื่อง Heat Pipe-performance of two- phase closed thermosyphons รวมทั้งหนังสือเกี่ยวกับเรื่องการถ่ายเทความร้อนทำให้ได้สมการการถ่ายเทความร้อนของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบที่ใช้เทอร์โมไซฟอน เพื่อหาค่าอุณหภูมิน้ำร้อนในถังเก็บ

3.2 ลักษณะการทำงานของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบที่ใช้เทอร์โมไซฟอน

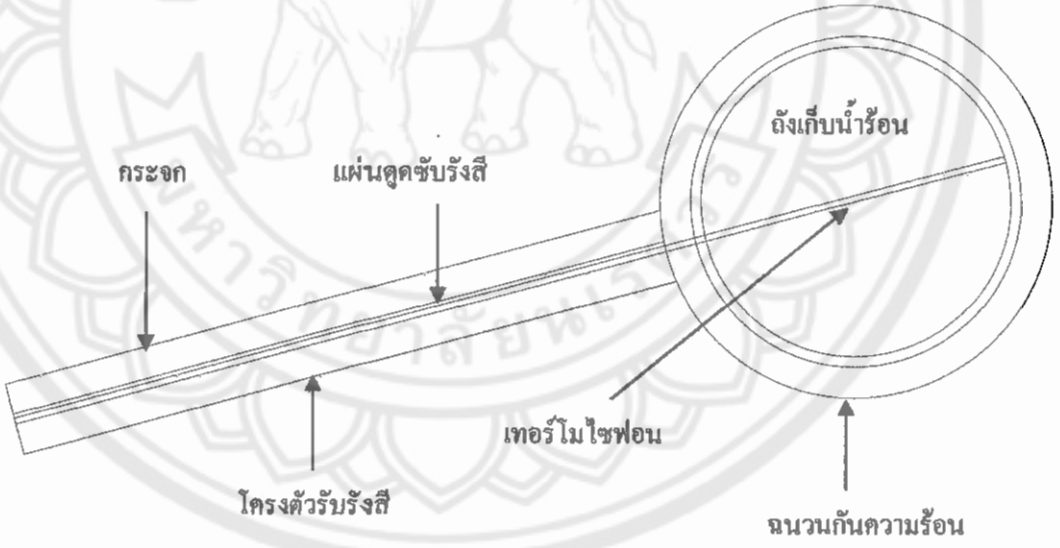
แบบจำลองเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบโดยใช้เทอร์โมไซฟอน มีลักษณะดังรูปที่ 3.2 และรูปที่ 3.3 โดยมีอุปกรณ์ต่างๆ คือ

- ถังเก็บน้ำร้อน
- โครงตัวรับรังสี
- เทอร์โมไซฟอนประกอบด้วยส่วนทำระเหย ส่วนที่ไม่มีการถ่ายเทความร้อน (มีค่าน้อยมาก) และส่วนควบแน่น
- กระจก เพื่อเปลี่ยนความยาวคลื่นของรังสีแสงอาทิตย์เมื่อแสงส่งผ่านกระจก จะเปลี่ยนจากความยาวคลื่นสั้นไปเป็นความยาวคลื่นยาว
- แผ่นดูดซับรังสี
- ฉนวนกันความร้อน

จากรูปที่ 3.2 และรูปที่ 3.3 เมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบที่กระจกแสงส่วนหนึ่งจะเกิดการสะท้อนกลับ อีกส่วนหนึ่งจะส่งผ่านกระจกเกิดการหักเหของแสงทำให้ความยาวคลื่นเปลี่ยนจากความยาวคลื่นสั้นไปเป็นความยาวคลื่นยาว แสงที่ผ่านเข้ามานี้จะถูกแผ่นดูดซับรังสีดูดกลืนไว้ และแผ่นดูดซับรังสีนี้ก็จะถ่ายเทความร้อนให้แก่เทอร์โมไซฟอนในส่วนทำระเหย ซึ่งเทอร์โมไซฟอนในส่วนทำระเหยนี้จะบรรจุสารทำงาน R-134a ไว้ เมื่อสารทำงานนี้ได้รับความร้อนก็จะเกิดการระเหยเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอแล้วลอยตัวขึ้นไปยังส่วนควบแน่นซึ่งมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่า ไอก็จะเกิดการควบแน่นกลายเป็นของเหลว และจะมีการคายความร้อนออกมาส่วนหนึ่งเพื่อถ่ายเทสู่น้ำในถังเก็บน้ำร้อน โดยการพาตามธรรมชาติ ของเหลวที่เกิดจากการควบแน่นนี้ก็จะไหลกลับไปยังส่วนทำระเหยด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกเพื่อไปรับความร้อนอีกครั้งซึ่งจะมีการทำงานเป็นวัฏจักรเรื่อยไป



รูปที่ 3.2 แบบจำลองเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบโดยใช้เทอร์โมไซฟอน



รูปที่ 3.3 ภาพด้านข้างของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบที่ใช้เทอร์โมไซฟอน

3.3 เงื่อนไขเริ่มต้นและขอบเขตในการออกแบบ

3.3.1 ระบบเป็นระบบปิด โดยไม่มีน้ำไหลเข้าไหลออกภายในถังเก็บน้ำร้อน

3.3.2 คุณสมบัติของสารทำงานและวัสดุมีค่าคงที่

3.3.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบคือ ตั้งแต่เวลา 7.00 – 18.00 น. เพิ่มขึ้นทีละครึ่งชั่วโมง

3.3.4 อุณหภูมิของน้ำในถังเก็บเริ่มต้นเท่ากับ 27°C

3.3.5 การคำนวณเทอร์โมไซฟอนไม่คิดค่า Z_1 เพราะไม่มีการถ่ายเทความร้อนโดยการพาในส่วนทำระเหยและไม่คิด Z_4, Z_5, Z_6 เนื่องจากมีค่าน้อยมาก

3.3.6 อุณหภูมิที่ผิวแผ่นดูดซับรังสีมีค่าเท่ากับอุณหภูมิที่ส่วนทำระเหยของเทอร์โมไซฟอน

3.3.7 ไม่มีการสูญเสียความร้อนจากส่วนที่ไม่มีการถ่ายเทความร้อนของเทอร์โมไซฟอน

3.3.8 อุณหภูมิของผนังภายในและภายนอกของถังเก็บน้ำร้อนมีค่าเท่ากัน เนื่องจากผนังบาง

3.3.9 การติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อน แผงรับแสงอาทิตย์วางทำมุม 16.4 องศากับแนวระนาบ โดยหันหน้าแผงรับแสงอาทิตย์ไปทางทิศใต้ เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่ตั้งอยู่ทางซีกโลกเหนือ ทำให้แสงแดดจะส่องโดนหลังคาทางทิศใต้ตลอดทั้งปี

3.3.10 ค่ารังสีแสงอาทิตย์และอุณหภูมิบรรยากาศที่ใช้ในการจำลองระบบเป็นของจังหวัดพิษณุโลก วันที่ 2 เมษายน 2551 ซึ่งได้ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา

3.4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในระบบทำน้ำร้อนของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบที่มีเทอร์โมไซฟอน

จากแผนผังการถ่ายเทความร้อนดังรูปที่ 3.4 จะเป็นการแสดงปริมาตรควบคุมของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งระบบ

จากสมการอนุรักษ์พลังงาน

$$\dot{E}_g + \dot{E}_{in} - \dot{E}_{out} = \dot{E}_{ST} \qquad (3.1)$$

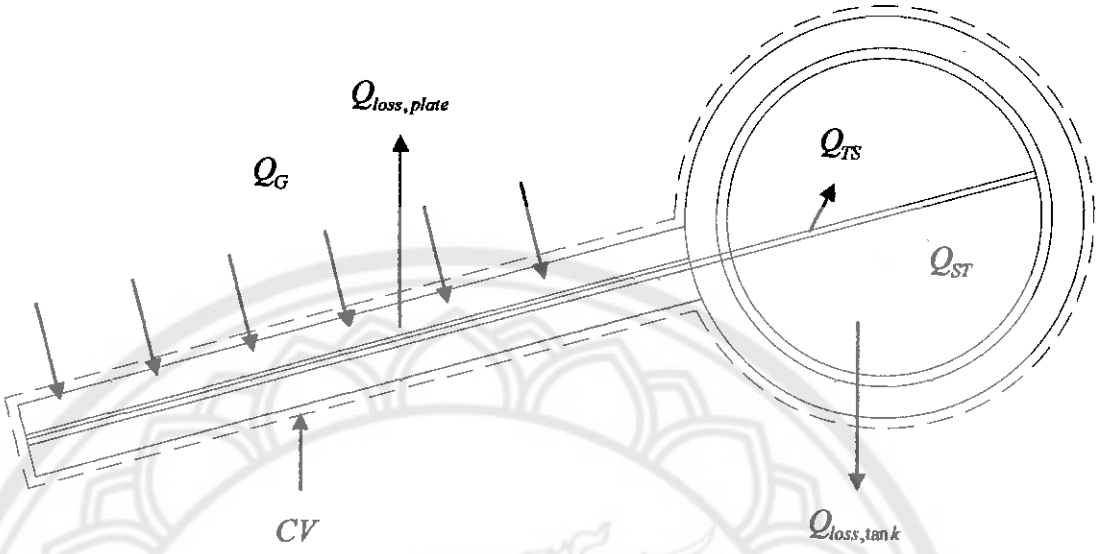
โดยที่

$\dot{E}_g$ = ไม่มีแหล่งสร้างพลังงานความร้อนในปริมาตรควบคุม

$\dot{E}_{in}$ = พลังงานที่เข้าสู่ปริมาตรควบคุม (Q_G)

$\dot{E}_{out}$ = พลังงานที่ออกจากปริมาตรควบคุมหรือความร้อนสูญเสียจากระบบ (Q_{loss})

$\dot{E}_{ST}$ = พลังงานความร้อนสะสมในถังเก็บน้ำร้อน (Q_{ST})



รูปที่ 3.4 รูปแสดงปริมาตรควบคุมของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งระบบ

จากสมการอนุรักษ์พลังงานจะได้ว่า

$$Q_{ST} = Q_G - Q_{loss} \tag{3.2}$$

$$Q_{loss} = Q_{loss,plate} + Q_{loss,tank} \tag{3.3}$$

เครื่องทำน้ำร้อนสามารถแบ่งเป็น 3 ช่วงเพื่อง่ายแก่การศึกษาโดยแสดงได้ดังนี้

1. สมการถ่ายเทความร้อนจากผิวภายนอกกระจกสู่พื้นที่ผิวดูดซับแสงอาทิตย์

2.สมการถ่ายเทความร้อนจากพื้นที่ผิวดูดซับแสงอาทิตย์ส่งผ่านเทอร์โมไซฟอนไปยังส่วนควบแน่น

3. สมการการถ่ายเทความร้อนจากเทอร์โมไซฟอนในส่วนควบแน่นสู่น้ำในถังเก็บ

3.4.1 สมการถ่ายเทความร้อนจากผิวภายนอกกระจกสู่พื้นที่ผิวดูดซับแสงอาทิตย์

พลังงานความร้อนที่ได้รับจากแสงอาทิตย์คือพลังงานที่แสงอาทิตย์ตกกระทบกับตัวรับแสงแบบแผ่นเรียบผ่านกระจก (Q_G) การหาค่าความร้อนถ่ายเทสู่พื้นผิวดูดซับแสงอาทิตย์ดังรูปที่ 3.5 เป็นตามสมการดังต่อไปนี้

$$Q_G = I \times A \times \alpha \times \tau \tag{3.4}$$

$$Q_{abs} = Q_G - Q_{loss,plate} \tag{3.5}$$

โดยที่

Q_G = พลังงานที่แสงอาทิตย์ตกกระทบกับแผงรับรังสีผ่านกระจก, W

$Q_{loss,plate}$ = พลังงานความร้อนที่สูญเสียเนื่องจากความต้านทานการพาและการแผ่รังสีความร้อน, W

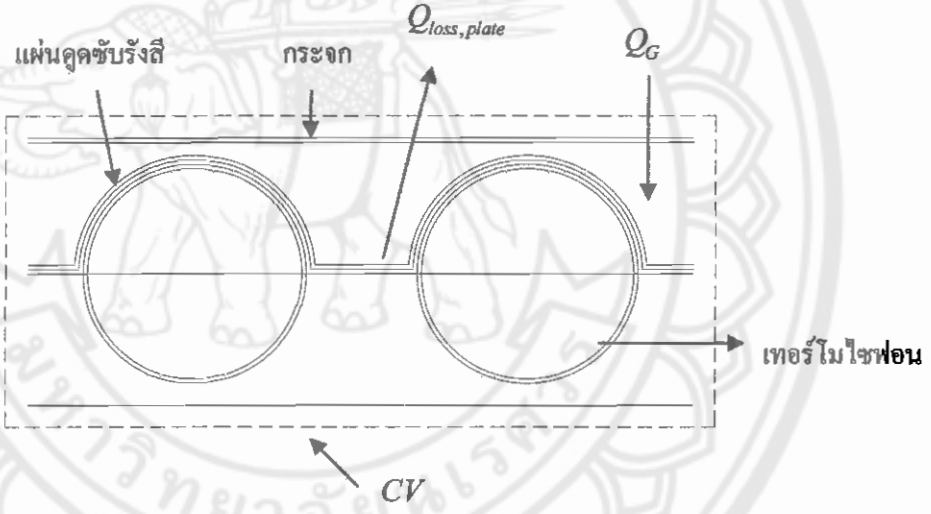
Q_{abs} = พลังงานเข้าสู่พื้นที่ผิวดูดซับแสงอาทิตย์หรือที่ส่งผ่านเทอร์โมไซฟอน, W

A = พื้นที่แผงรับรังสี, m^2

I = ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์, W/m^2

α = สภาพการดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์

τ = สภาพการส่งผ่านรังสีแสงอาทิตย์



รูปที่ 3.5 รูปแสดงปริมาตรควบคุมส่วนของผิวกระจกภายนอกกับพื้นที่ผิวดูดซับแสงอาทิตย์

จากรูปที่ 3.5 เมื่อรังสีแสงอาทิตย์ตกกระทบกับกระจก รังสีแสงอาทิตย์ก็จะเกิดการส่งผ่านกระจก และจะเกิดการหักเห ทำให้ความยาวคลื่นแสงเปลี่ยนไป แสงที่เข้ามาก็จะถูกแผ่นดูดซับรังสีดูดซับไว้ (Q_{abs}) และอีกส่วนหนึ่งก็จะเกิดการสูญเสียออกไป ($Q_{loss,plate}$)

การหาค่าความร้อนสูญเสียทางทฤษฎี (Q_{loss})

$$Q_{loss,plate} = \frac{(T_G - T_{am})}{\left(\frac{1}{Z_{conv}} + \frac{1}{Z_{rad}}\right)^{-1}} \quad (3.6)$$

หรือ $$Q_{loss,plate} = \frac{(T_{abs} - T_G)}{\left(\frac{1}{Z_{conv}} + \frac{1}{Z_{rad}}\right)^{-1}} \quad (3.7)$$

$$Z_{conv} = \frac{1}{h_{conv} \times A} \quad (3.8)$$

$$Z_{rad} = \frac{1}{h_{rad} \times A} \quad (3.9)$$

โดยที่

T_G = อุณหภูมิที่พื้นผิวของกระจก, K

T_{am} = อุณหภูมิบรรยากาศ, K

T_{obs} = อุณหภูมิแผ่นดูดซับรังสี, K

Z_{conv} = ความต้านทานความร้อนโดยการพา, K/W

Z_{rad} = ความต้านทานความร้อนโดยการแผ่รังสี, K/W

h_{conv} = สัมประสิทธิ์การพาความร้อน, W/m^2.K

h_{rad} = สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน, W/m^2.K

3.4.2 สมการถ่ายเทความร้อนจากพื้นที่ผิวดูดซับแสงอาทิตย์ผ่านเทอร์โมไซฟอน

พิจารณาปริมาตรควบคุมรอบเทอร์โมไซฟอนดังรูปที่ 3.6 และจากสมดุลพลังงาน

จะได้ว่า $$Q_{TS} = Q_{abs} \quad (3.10)$$

ซึ่ง $$Q_{TS} = \frac{(T_{abs} - T_{co})}{Z_{tot}} \times n \quad (3.11)$$

หรือ $$Q_{TS} = \frac{(T_{co} - T_w)}{Z_9} \times n \quad (3.12)$$

โดยที่

Q_{abs} = พลังงานที่เข้าสู่ปริมาตรควบคุมหรือส่วนทำระเหยของเทอร์โมไซฟอน, W

Q_{TS} = พลังงานที่ออกจากส่วนควบแน่นของเทอร์โมไซฟอน, W

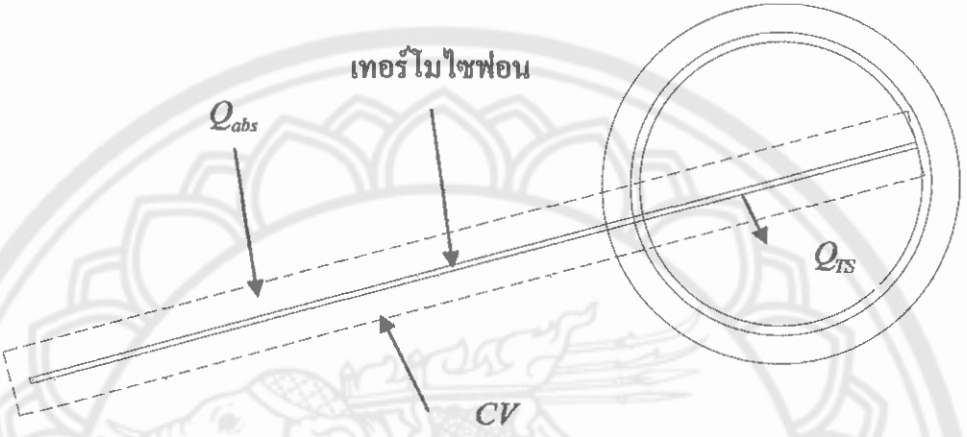
T_{abs} = อุณหภูมิส่วนพื้นที่ผิวดูดซับแสงอาทิตย์, K

T_{co} = อุณหภูมิส่วนควบแน่น, K

Z_{tot} = ความต้านทานความร้อนรวมภายในเทอร์โมไซฟอน, K/W

Z_9 = ค่าความต้านทานความร้อนโดยการพาระหว่างผิวของส่วนควบแน่นกับแหล่งระบายความร้อน, K/W

n = จำนวนเทอร์โมไซฟอน



รูปที่ 3.6 รูปแสดงปริมาตรควบคุมส่วนของเทอร์โมไซฟอน

จากรูป 3.6 เมื่อเทอร์โมไซฟอนในส่วนทำระเหยได้รับความร้อนจากแผ่นดูดซับรังสี สารทำงานที่อยู่ในส่วนนี้ก็จะเกิดการเดือดกลายเป็นไอ แล้วลอยตัวขึ้นไปด้านบนสู่ส่วนควบแน่น สารทำงานจะเกิดการควบแน่นกลายเป็นของเหลว และก็คายความร้อนให้แก่น้ำในถังเก็บ ส่วนที่เป็นของเหลวก็จะไหลย้อนกลับไปยังส่วนทำระเหยตามแรงโน้มถ่วงของโลก

3.4.3 สมการการถ่ายเทความร้อนจากส่วนควบแน่นสู่น้ำในถังเก็บ

พิจารณาปริมาตรควบคุมรอบถังเก็บน้ำร้อนดังรูปที่ 3.7 และจากสมดุลพลังงานจะได้ว่า

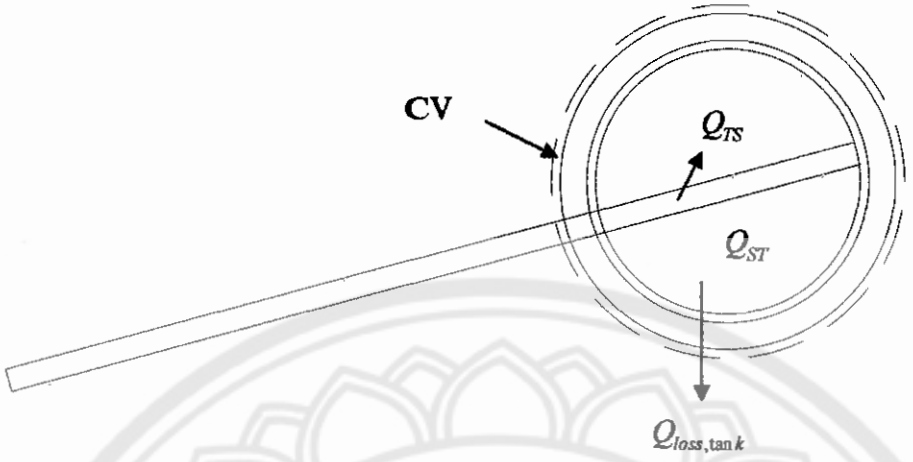
$$Q_{ST} = Q_{TS} - Q_{loss,tank} \tag{3.13}$$

โดยที่

Q_{ST} = พลังงานความร้อนสะสมในถังเก็บน้ำร้อน, W

Q_{TS} = ผลรวมพลังงานที่ออกจากส่วนควบแน่นของเทอร์โมไซฟอน, W

$Q_{loss,tank}$ = พลังงานความร้อนสูญเสียเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนโดยการพาและการนำจากถังเก็บน้ำร้อนสู่บรรยากาศ, W



รูปที่ 3.7 รูปแสดงปริมาตรควบคุมในส่วนของถังเก็บน้ำร้อน

ซึ่ง $Q_{loss,\tan k}$ หาได้จาก

$$Q_{loss,\tan k} = \frac{T_w - T_{am}}{Z_{loss,\tan k}} \tag{3.14}$$

โดยที่

T_{am} = อุณหภูมิบรรยากาศ, K

T_w = อุณหภูมิน้ำร้อนในถังเก็บ, K

$Z_{loss,\tan k}$ = ความต้านทานความร้อนรวมจากน้ำร้อนในถังเก็บสู่บรรยากาศ, K/W

$$Z_{loss,\tan k} = \left(\ln\left(\frac{r_{fiber}}{r_{\tan k,out}} \right) / 2 \times \pi \times L_{\tan k} \times k_{fiber} \right) + \left(\frac{1}{A_{fiber} \times h_{air}} \right) \tag{3.15}$$

โดยที่

$r_{\tan k,out}$ = รัศมีภายนอกถังเก็บน้ำร้อน, m

r_{fiber} = รัศมีภายนอกถังเก็บน้ำร้อนที่หุ้มฉนวนแล้ว, m

k_{fiber} = ค่าการนำความร้อนของฉนวนกันความร้อน, W/m.K

A_{fiber} = พื้นที่ผิวของฉนวนรอบถังเก็บน้ำร้อน, m^2

$L_{\tan k}$ = ความยาวของถังเก็บน้ำร้อน, m

h_{air} = สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของอากาศ, $W/m^2.K$

และ

$$Q_{ST} = \left(\left(\frac{T_{co} - T_w}{Z_9} \right) \times n \right) - Q_{loss,\tan k} \tag{3.16}$$

จากรูปที่ 3.7 หาอุณหภูมิน้ำในถังเก็บปัจจุบัน (T_{wn}) จากสมการอนุรักษ์พลังงาน

$$Q_{ST} = \frac{\left[\left(T_{wn} - T_w\right) M_{water} \times C_p\right]}{\Delta t} \tag{3.17}$$

โดยที่

Δt = ช่วงเวลาที่ใช้ในการคำนวณ, sec

C_p = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำในถังเก็บน้ำร้อน, kJ/kg.K

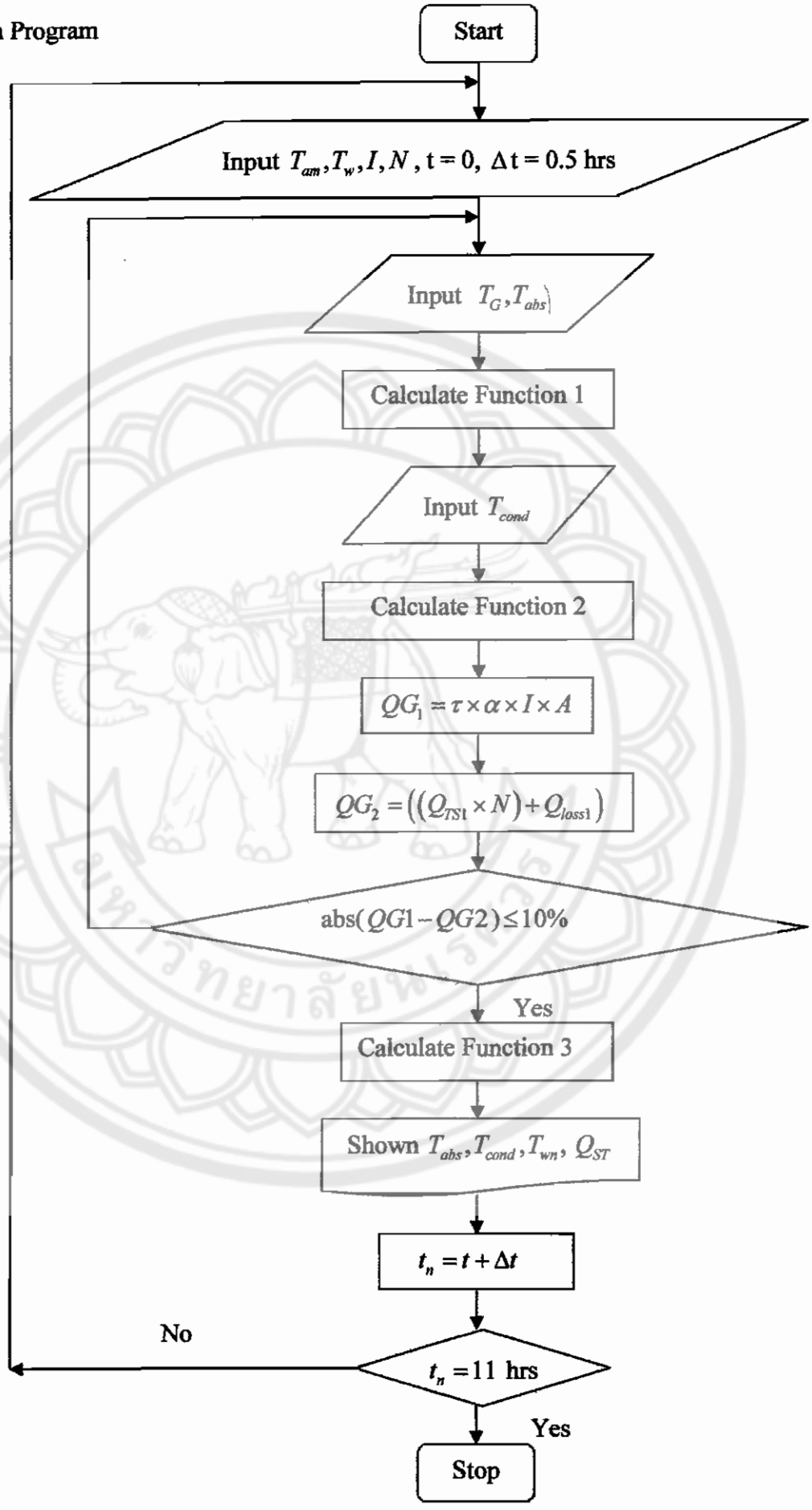
M_{water} = มวลของน้ำในถังเก็บน้ำร้อน, kg

T_w = อุณหภูมิน้ำในถังเก็บจากช่วงเวลาก่อนหน้านี้, K

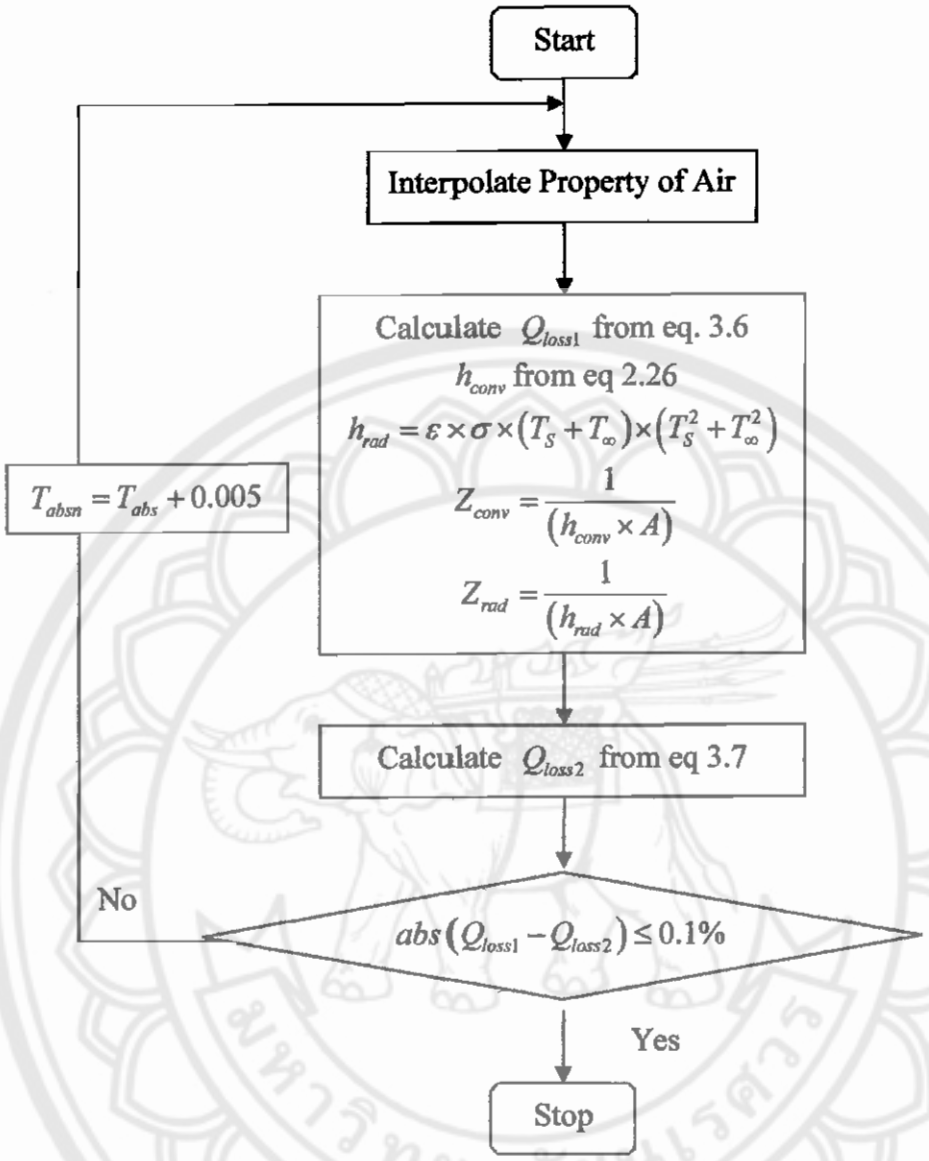
T_{wn} = อุณหภูมิน้ำในถังเก็บค่าใหม่, K

3.5 ลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

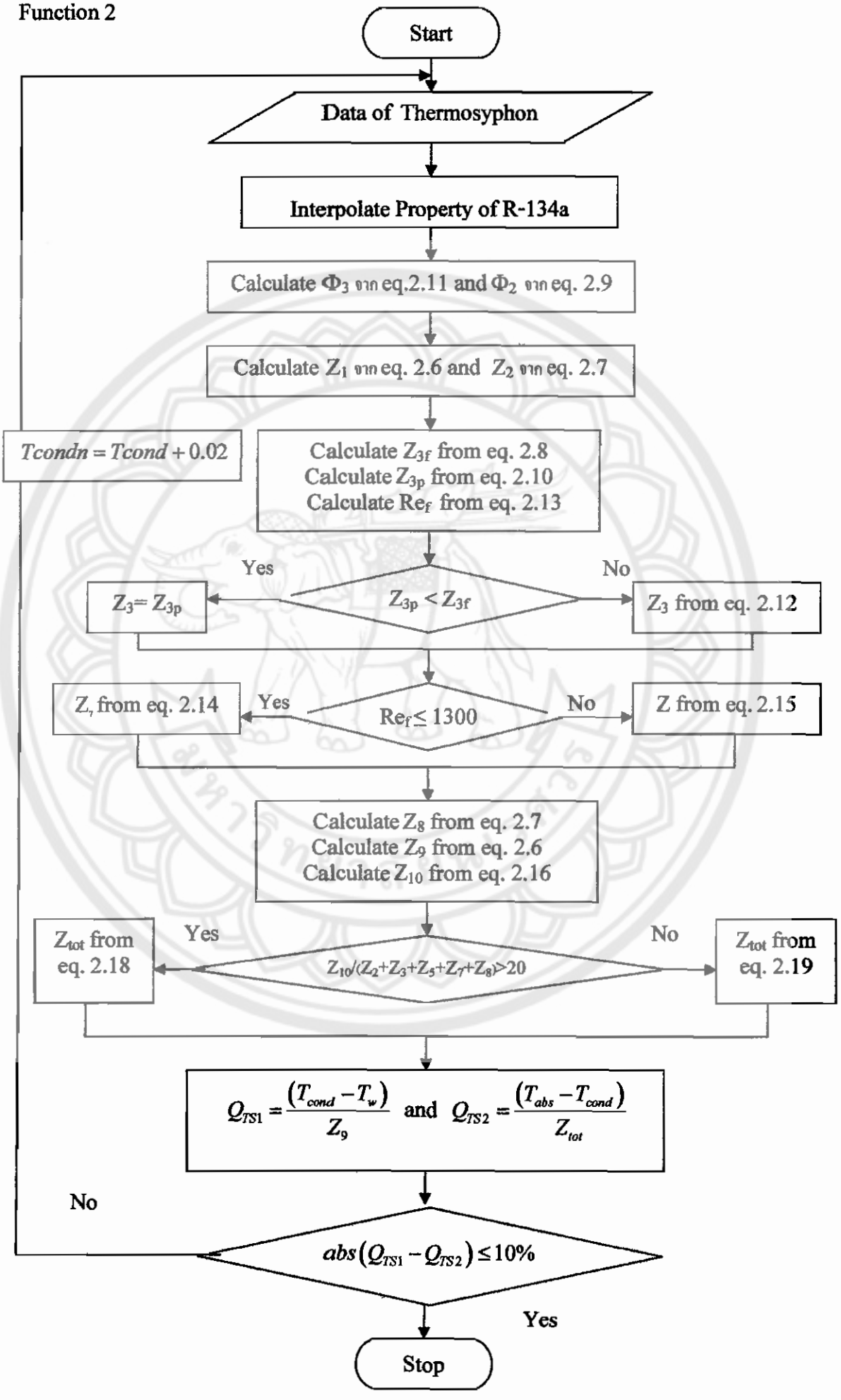
Main Program



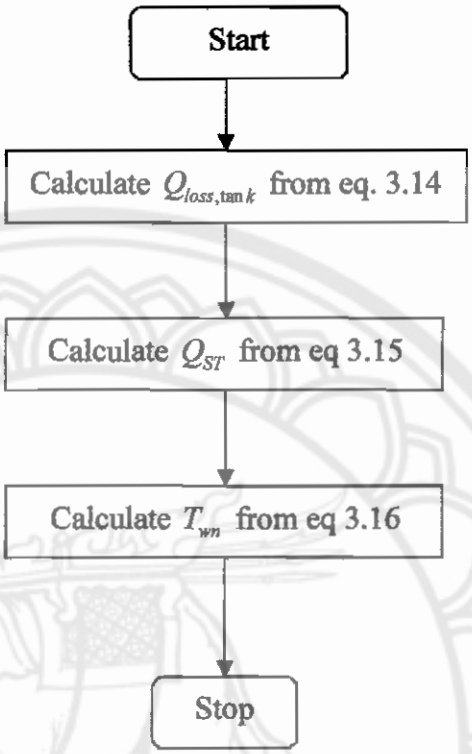
Function1


Start
Interpolate Property of Air
Calculate Q_{loss1} from eq. 3.6
h_{conv} from eq 2.26
$h_{rad} = \varepsilon \times \sigma \times (T_S + T_\infty) \times (T_S^2 + T_\infty^2)$
$Z_{conv} = \frac{1}{(h_{conv} \times A)}$
$Z_{rad} = \frac{1}{(h_{rad} \times A)}$
$T_{absn} = T_{abs} + 0.005$
Calculate Q_{loss2} from eq 3.7
No
$abs(Q_{loss1} - Q_{loss2}) \leq 0.1\%$
Yes
Stop

Function 2


Start
Data of Thermosyphon
Interpolate Property of R-134a
Calculate Φ3 จาก eq.2.11 and Φ2 จาก eq. 2.9
Calculate Z1 จาก eq. 2.6 and Z2 จาก eq. 2.7
Tcondn = Tcond + 0.02
Calculate Z3f from eq. 2.8
Calculate Z3p from eq. 2.10
Calculate Ref from eq. 2.13
Yes
No
Z3= Z3p
Z3p < Z3f
Z3 from eq. 2.12
Zr from eq. 2.14
Yes
Ref≤ 1300
No
Z from eq. 2.15
Calculate Z8 from eq. 2.7
Calculate Z9 from eq. 2.6
Calculate Z10 from eq. 2.16
Ztot from eq. 2.18
Yes
Z10/(Z2+Z3+Z5+Z7+Z8)>20
No
Ztot from eq. 2.19
$Q_{TS1} = \frac{(T_{cond} - T_w)}{Z_9}$ and $Q_{TS2} = \frac{(T_{abs} - T_{cond})}{Z_{tot}}$
No
$abs(Q_{TS1} - Q_{TS2}) \leq 10\%$
Yes
Stop

Function 3


Start
Calculate $Q_{loss,tank}$ from eq. 3.14
Calculate Q_{ST} from eq 3.15
Calculate T_{wn} from eq 3.16
Stop