# บทที่ 3

## การดำเนินการทดลอง

ในการดำเนินการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบจะต้องประกอบด้วยอุปกรณ์การทดลองและลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์การวัด การเตรียมการก่อนที่จะดำเนินการทดสอบ การทดสอบ การบันทึกข้อมูล ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 3.1 อุปกรณ์การทดลอง

อุปกรณ์สำหรับการทำการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์และการติดตั้งได้แสดงไว้ในรูปที่ 3-1 และ 3-2 อันประกอบด้วยแผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบจำนวน 4 แผง อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ อัตราพลังงานแสงอาทิตย์ อัตราการไหลของของไหล ความเร็วลม ผลต่างของความดัน (pressure drop) และถังระดับน้ำ (constant head tank) นอกจากนั้น การเดินท่อระหว่างแผงรับแสงอาทิตย์ได้หุ้มด้วยฉนวนใยแก้ว เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนสู่ภายนอก

ต่อไปนี้จะได้กล่าวถึงส่วนประกอบต่าง ๆ ของอุปกรณ์การทดลองในแง่รายละเอียดและการติดตั้งเพิ่มเติมจากที่ได้กล่าวมาแล้ว

#### 3.1.1 แผงรับแสงอาทิตย์

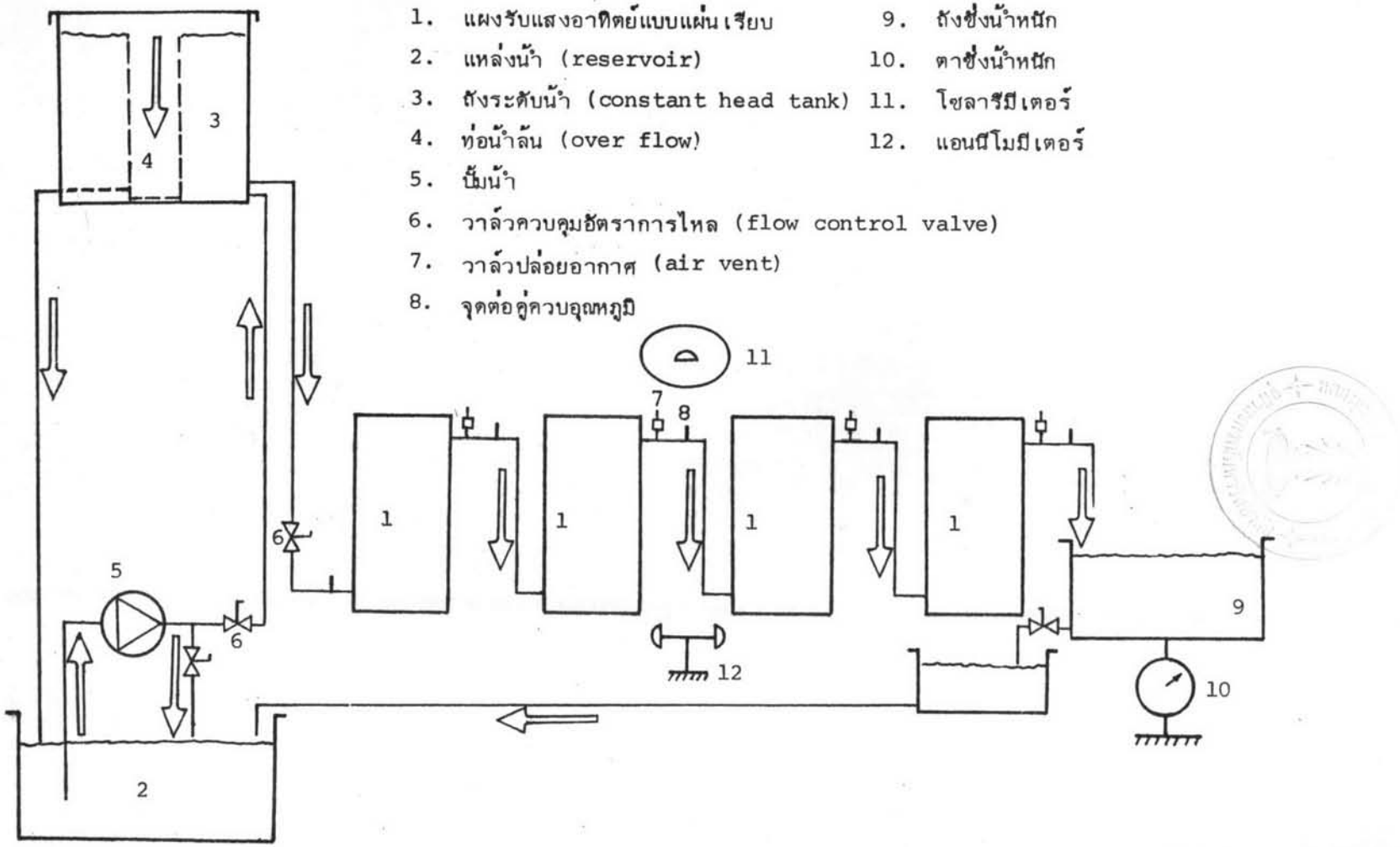
ในการทดสอบจะใช้แผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบจำนวน 4 แผง เป็นของบริษัทสยามเทคโนโลยี จำกัด รุ่นพลังสุริยา ซึ่งรายละเอียดทางเทคนิค* มีดังนี้

ชนิด : โครงสร้างเป็นแบบท่ออยู่ใต้แผ่นดูด

แผ่นดูด (absorber plate) : ทำด้วยแผ่นเหล็กอาบสังกะสี (galvanized steel) หนา 0.7 มม. เคลือบด้วยผิวชนิดผิวเลือกมาใช้งาน (selective surface) ที่ให้ค่าดูดรังสี

---

* จากเอกสารของบริษัท




รูปที่ 3-1 ลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์การทดสอบแผงรับแสงอาทิตย์แบบเอ้าท์ดอร์

(absorptivity) 0.93 (ไม่มีรายละเอียดเกี่ยวกับค่าการส่งออกของรังสี (emissivity))

ท่อ (tube) : เป็นท่อเหล็กอาบสังกะสีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ½ นิ้ว

แผ่นใสปิดบน : เป็นกระจกจำนวน 1 แผ่น หนา 2 มม.

ฉนวนป้องกันความร้อน : เป็นใยแก้ว หนา 2 นิ้ว

ขนาด : แผงรับแสงอาทิตย์ มีขนาด 85x190x8.5ซม. มีพื้นที่รับแสงอาทิตย์ (aperture area) 1.4 ม.$^2$

น้ำหนัก : 50 กก.

ในการติดตั้ง จะต่อแผงรับแสงอาทิตย์ทั้ง 4 แผงแบบอนุกรมกันโดยใช้น้ำเป็นของไหล (working fluid) ซึ่งให้ของไหลเข้าทางด้านล่างและไหลออกทางด้านบนของแผงรับแสงอาทิตย์ ซึ่งวางให้ส่วนที่ต่ำที่สุดของแผงรับแสงอาทิตย์อยู่สูงกว่าพื้นราบ 50 ซม. หันหน้าไปทางทิศใต้ ทำมุมเอียง 14$^o$ กับแนวพื้นระดับ สถานที่ที่ใช้เป็นบริเวณทดสอบอยู่บนพื้นราบ ไม่มีเงาจากสิ่งกีดขวางหรือสิ่งก่อสร้างในบริเวณใกล้เคียงมาตกบนพื้นที่ที่รับแสงได้ และไม่อยู่ใกล้กับบริเวณที่สามารถสะท้อนพลังงานแสงอาทิตย์มาตกบนพื้นที่ที่รับแสงได้ นอกจากนี้ยังให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก

3.1.2 <u>การวัดอุณหภูมิ</u>

ในการทดลองนี้อุณหภูมิที่จะต้องทำการวัดมีอยู่ 9 จุด คือ อุณหภูมิของบรรยากาศล้อมรอบ อุณหภูมิของน้ำที่เข้าแผงที่หนึ่ง อุณหภูมิของน้ำที่ออกจากแผงที่หนึ่ง อุณหภูมิของน้ำที่ออกจากแผงที่สอง อุณหภูมิของน้ำที่ออกจากแผงที่สาม อุณหภูมิของน้ำที่ออกจากแผงที่สี่ และอีก 3 จุดเป็นการวัดอุณหภูมิของแผ่นดูดของแผงที่หนึ่ง ซึ่งอุณหภูมิของน้ำที่ออกจากแผงที่หนึ่งก็คือ อุณหภูมิของน้ำที่เข้าแผงที่สอง อุณหภูมิของน้ำที่ออกจากแผงที่สองก็คือ อุณหภูมิของน้ำที่เข้าแผงที่สาม และอุณหภูมิของน้ำที่ออกจากแผงที่สามก็คือ อุณหภูมิของน้ำที่เข้าแผงที่สี่นั่นเอง การวัดอุณหภูมินี้จะใช้คู่ควบอุณหภูมิเป็นตัววัดอุณหภูมิทุกแห่ง โลหะที่ใช้ทำคู่ควบอุณหภูมิก็คือ ทองแดง-คอนสแตนแตนซึ่งมีขั้วเย็นแช่อยู่ในน้ำแข็ง

ในการวัดอุณหภูมิของบรรยากาศล้อมรอบ คู่ควบอุณหภูมิที่ใช้วัดจะอยู่ในสกรีน (screen) เพื่อป้องกันแสงอาทิตย์และลมมิให้กระทบโดยตรงและสกรีนนี้จะอยู่ในบริเวณที่ทำการทดสอบ โดยติดตั้งให้อยู่สูงจากระดับพื้นดิน 1 ม. เพื่อป้องกันความร้อนจากพื้นดิน การวัดอุณหภูมิของน้ำที่เข้า

และออกจากแผงรับแสงอาทิตย์แต่ละแผงได้ให้จุดคู่ควบอุณหภูมิอยู่ห่างจากแผงในช่วง 5-20 ซม. การวัดอุณหภูมิของแผ่นดูดของแผงที่หนึ่ง จุดคู่ควบอุณหภูมิจะอยู่ห่างกัน 47 ซม. ตามแนวยาวของแผงรับแสงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 3.3

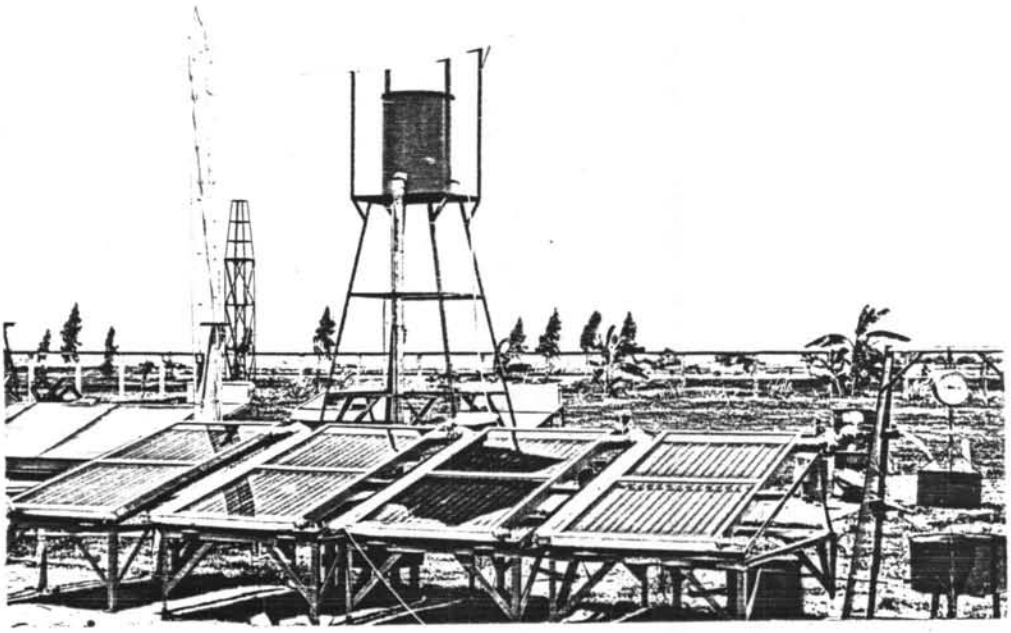
จะเห็นได้ว่า ในการบันทึกข้อมูลครั้งหนึ่ง ๆ มีจุดที่จะต้องวัดอุณหภูมิหลายจุด เพื่อให้การเปลี่ยนจุดที่จะวัดเป็นไปด้วยความสะดวกและรวดเร็ว จึงได้ใช้สวิทช์เลือกจุดเป็นอุปกรณ์เปลี่ยนจุดตามต้องการ วิธีวัดอุณหภูมิใช้โปเทนทิโอมิเตอร์ (potentiometer) วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในคู่ควบอุณหภูมิเป็นมิลลิโวลท์ จากนั้นจึงใช้ตารางเทียบออกมาเป็นองศา โปเทนทิโอมิเตอร์ที่ใช้เป็นแบบ P.3 เบอร์ 18195 ของ Croydon Precision Instrument Co. สามารถวัดได้ละเอียดถึง 1 ไมโครโวลท์ ซึ่งเมื่อใช้ทองแดง-คอนสแตนแตนเป็นคู่ควบอุณหภูมิทำให้สามารถวัดอุณหภูมิได้ละเอียดถึง $\pm 0.1^{\circ}$ ค. รูปที่ 3-4 เป็นโปเทนทิโอมิเตอร์ที่ใช้วัด

3.1.3 <u>การวัดอัตราพลังงานแสงอาทิตย์</u>

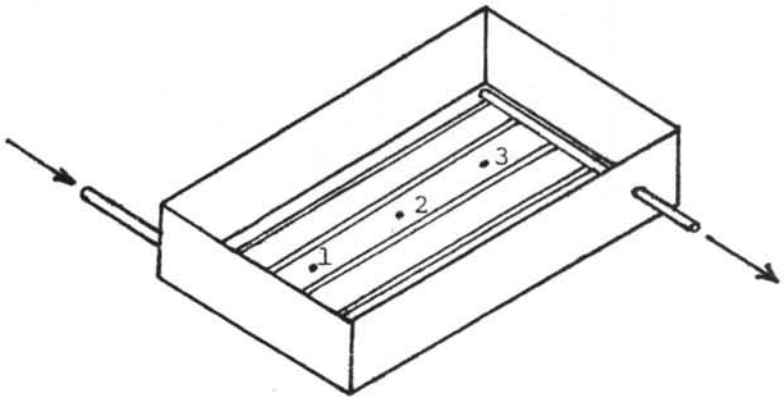
ในการทดลอง การวัดอัตราพลังงานแสงอาทิตย์จะทำการวัดในระนาบเดียวกันกับแผงรับแสงอาทิตย์โดยติดตั้งไว้ด้านบนระหว่างแผงที่สองและสามซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 3-2 วิธีวัดใช้โซลารีมิเตอร์ (solarimeter) ของ Kipp & Zonen ซึ่งประกอบด้วยชุดวัดแบบ CM. 6 และชุดบันทึกแบบ BD 8 วัดได้ละเอียด ± 2 % ช่วงของแรงเคลื่อนที่ใช้ 20 มิลลิโวลท์ ความเร็วของกราฟบันทึก 5 มม./นาที

3.1.4 <u>การวัดอัตราการไหลของของไหล</u>

การวัดอัตราการไหลของของไหลที่ออกจากแผงรับแสงอาทิตย์แผงสุดท้ายด้วยการชั่งน้ำหนักด้วยตาชั่งแล้วจับเวลา ตาชั่งที่ใช้เป็นแบบตาชั่งแขวน ช่วงน้ำหนักวัดได้จาก 0-15 กิโลกรัม สามารถวัดได้ละเอียด ± 25 กรัม นาฬิกาจับเวลาสามารถวัดได้ละเอียด ± 0.1 วินาที เมื่อนำมาใช้กับการทดลองนี้สามารถวัดได้ละเอียดน้อยกว่า ± 1 %



รูปที่ 3-2 ลักษณะทั่วไปของอุปกรณ์การทดลอง




รูปที่ 3-3 การติดตั้งเทอร์โมคับเบิ้ลของแผ่นดูดของแผงที่หนึ่ง

3.1.5 การวัดความเร็วลม

การวัดความเร็วลมใช้คัพแอนนีโมมีเตอร์ (cup anemometer) แบบ CI-26 ของ Climet Instrument Co. ซึ่งประกอบด้วยชุดวัด ชุดแปรสัญญาณและชุดบันทึกเป็นกราฟ สามารถวัดได้ละเอียด ± 0.3 ม./ว(0.625 ไมล์/ชม.) การวัดจะทำการวัดที่ด้านหน้าอยู่สูงระหว่างกึ่งกลางของแผงรับแสงอาทิตย์และห่างจากแผงรับแสงอาทิตย์ประมาณ 3 ม. ค่าที่ได้จะเป็นค่าเฉลี่ยในช่วงระยะเวลาทดสอบ รูปที่ 3-5 เป็นอุปกรณ์การวัดความเร็วลม

3.1.6 การวัดผลต่างของความดัน

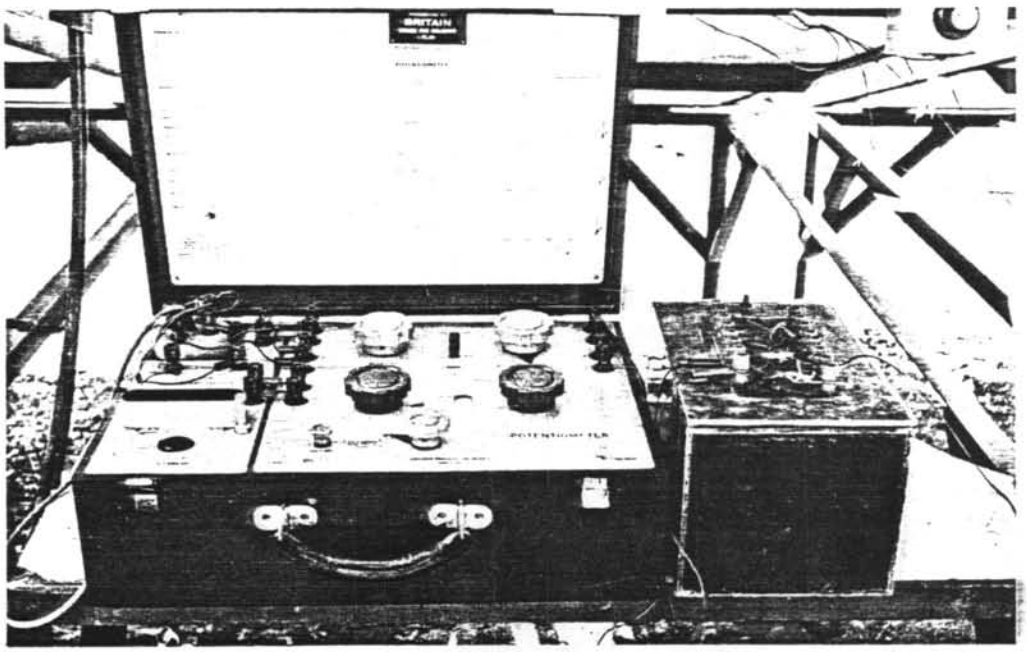
การวัดผลต่างของความดันโดยใช้มานอมีเตอร์ (manometer) ต่อคร่อมระหว่างแผงรับแสงอาทิตย์ 2 แผง ทำให้ค่าที่อ่านได้ละเอียดยิ่งขึ้น การอ่านค่าผลต่างของความดันนี้จะอ่านเป็นความสูงของน้ำ มานอมีเตอร์ที่ใช้เป็นแบบ U Type วัดช่วงความสูงของน้ำได้จาก 0 ถึง 40 มม. ความละเอียด ± 0.5 มม. ซึ่งเมื่อคิดเป็นผลต่างของความดันต่อแผงรับแสงอาทิตย์แล้วจะวัดได้ละเอียดถึง ± 0.25 มม.

3.1.7 อุปกรณ์อื่น ๆ

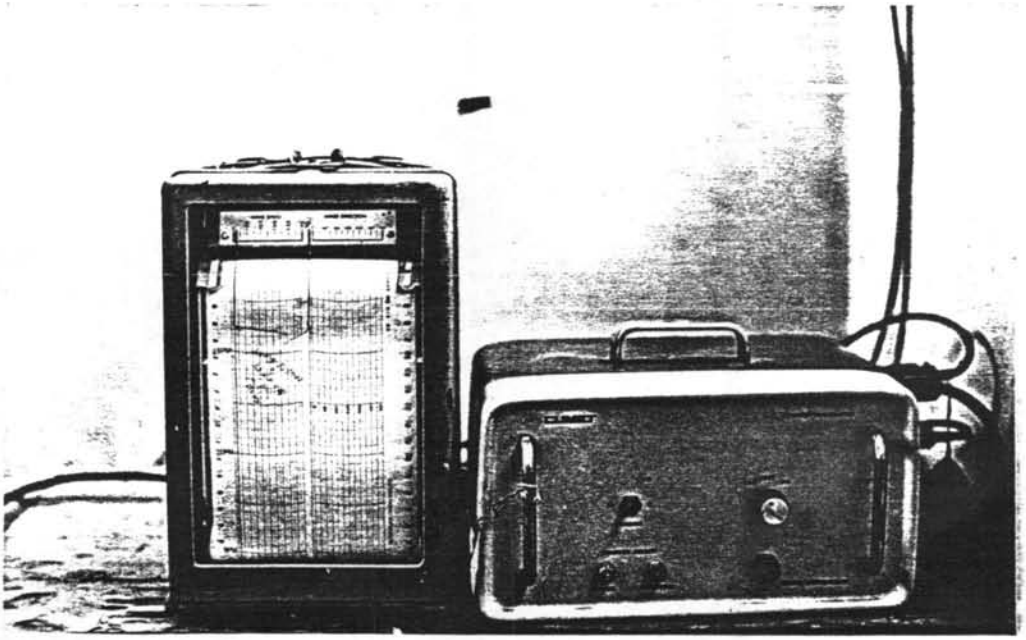
ปั๊ม เป็นชนิดหอยโข่ง ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับ 220/240 โวลท์ 50/60 เฮิทซ์ 250 วัตต์ ความสามารถในการสูบ 26 แกลลอน/นาที สูง 100 ฟุต

ถังระดับน้ำ เป็นถังขนาด 200 ลิตร ตั้งไว้สูงจากแผงรับแสงอาทิตย์ประมาณ 2.5 ม. หุ้มด้วยฉนวนใยแก้ว มีท่อน้ำเข้า น้ำออกและท่อน้ำล้น (over flow) เพื่อรักษาระดับน้ำในถังให้คงที่

วาล์ว เป็นวาล์วควบคุมการไหลของน้ำแบบ Gate valve รวมทั้งวาล์วปล่อยอากาศซึ่งจะติดอยู่ในระดับส่วนที่สูงที่สุดระหว่างแผงรับแสงอาทิตย์ทั้ง 4 แผง



รูปที่ 3-4 โปเทนทิโอมิเตอร์



รูปที่ 3-5 อุปกรณ์วัดความเร็วลม

การเดินท่อระหว่างถังระดับน้ำกับแผงรับแสงอาทิตย์ และระหว่างแผงรับแสงอาทิตย์ด้วยกันทั้ง 4 แผง จะหุ้มด้วยฉนวนใยแก้วหนา 1 นิ้ว

## 3.2 วิธีการทดลอง

เมื่อประกอบอุปกรณ์การทดลองเรียบร้อยแล้วดังปรากฏอยู่ในรูปที่ 3-1 ซึ่งก่อนที่จะเริ่มทำการทดสอบ จะต้องเตรียมการก่อนทดสอบดังนี้

### 3.2.1 การเตรียมการก่อนที่จะดำเนินการทดสอบ

1. ตรวจดูว่าแผงรับแสงอาทิตย์ทุกแผงอยู่ในสภาพที่เรียบร้อยไม่มีความเสียหายใด ๆ
2. ตรวจดูอุปกรณ์การวัดต่าง ๆ ให้อยู่ในสภาพพร้อมที่จะเริ่มทำงานได้
3. ก่อนที่จะดำเนินการทดสอบในแต่ละวัน ต้องให้แผงรับแสงอาทิตย์ทำงานก่อนประมาณ 30 นาที เพื่อไล่ความชื้นออกจากแผงรับแสงอาทิตย์
4. กระจกของแผงรับแสงอาทิตย์ต้องสะอาดไม่มีฝุ่นจับ
5. ต้องเปิดเครื่องโปเทนทิโอมิเตอร์ไว้ให้พร้อมก่อนการทดสอบประมาณ 2 ชั่วโมง
6. ต้องทำความสะอาดลูกแก้วของเครื่องมือวัดอัตราพลังงานแสงอาทิตย์ และตรวจดูว่ามีการควบแน่นของไอน้ำภายในลูกแก้วหรือไม่ ถ้ามีต้องทำความสะอาดเสียก่อน

### 3.2.2 การทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์

หลังจากตรวจอุปกรณ์และเตรียมการก่อนที่จะเริ่มดำเนินการทดสอบเรียบร้อยแล้ว ให้เริ่มดำเนินการทดสอบได้ดังนี้

1. เปิดปั๊มน้ำให้น้ำเข้าสู่ถังระดับน้ำและระบบทดสอบ ปรับวาล์วควบคุมการไหลของน้ำให้น้ำล้น (over flow) ออกจากระดับที่ต้องการ

2. ตรวจดูว่ามีอากาศค้างอยู่ในระบบของไหลทำงานหรือไม่ ถ้ามีให้เอาออกทางวาล์วไล่อากาศ
3. ปรับวาล์วควบคุมอัตราการไหลของน้ำให้เข้าแผงรับแสงอาทิตย์ให้อยู่ในช่วง 0.0075–0.0215 kg/s ซึ่งในการทดลองแต่ละวันจะปรับอัตราการไหลของน้ำให้คงที่ค่า ๆ หนึ่ง (± 1 %) ตลอดระยะเวลานั้น เมื่อได้ข้อมูลเรียบร้อยแล้ว จึงปรับอัตราการไหลของน้ำให้เปลี่ยนไปสำหรับข้อมูลชุดต่อไป
4. อัตราพลังงานแสงอาทิตย์ในขณะที่ทำการทดสอบต้องไม่น้อยกว่า 600 วัตต์/ม.$^2$ (17)
5. มุมตกกระทบของรังสีจากดวงอาทิตย์บนแผงรับแสงอาทิตย์ต้องน้อยกว่า $40^o$ (17)
6. เพื่อให้ระบบการทำงานและตัวแปรต่าง ๆ เป็นไปได้ด้วยดี ต้องเดินเครื่องไว้ก่อนที่จะเริ่มบันทึกข้อมูลประมาณ 30 นาที
7. การทำงานของระบบการทดสอบแผงรับแสงอาทิตย์จะเป็นการทำงานแบบต่อเนื่อง

หมายเหตุ จากข้อ 4 และข้อ 5 ถ้าเกินจากข้อจำกัดนี้จะทำให้มีค่าผิดพลาดมาก เนื่องจากอัตราพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกบนแผงรับแสงอาทิตย์มีค่าน้อยเกินไป

<u>การบันทึกข้อมูล</u> ในการบันทึกข้อมูลจะทำการบันทึกทุก 15 นาทีติดต่อกันไปเรื่อย ๆ ขณะทำการทดสอบค่าที่จะต้องบันทึกมีดังต่อไปนี้

1. อัตราพลังงานแสงอาทิตย์
2. ความเร็วลม
3. อัตราการไหลของน้ำ
4. อุณหภูมิของบรรยากาศล้อมรอบ
5. อุณหภูมิขาเข้าของน้ำ

6. อุณหภูมิของน้ำที่ออกจากแผงที่หนึ่ง
7. อุณหภูมิของน้ำที่ออกจากแผงที่สอง
8. อุณหภูมิของน้ำที่ออกจากแผงที่สาม
9. อุณหภูมิของน้ำที่ออกจากแผงที่สี่
10. อุณหภูมิของแผ่นดูดของแผงที่หนึ่ง รวม 3 จุด

3.2.3 <u>การทดลอง เพื่อหาผลต่างของความดัน</u>

จะทำการทดลองต่างหากจากการทดสอบ เพื่อหาประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์โดย ปรับวาล์วให้อัตราการไหลของของไหลคงที่ที่จุดหนึ่ง ก็จะได้ผลต่างของความดัน เป็นความสูงของ น้ำ ณ จุด นั้น แล้วจึง เปลี่ยนอัตราการไหลของของไหลไปเรื่อย ๆ จาก 0 ถึง 0.07 กก./ว. ก็จะได้ความสูงของน้ำ ณ จุดต่าง ๆ

<u>การบันทึกข้อมูล</u> จะต้องบันทึกอัตราการไหลของน้ำและผลต่างของความดัน เป็นความ สูงของน้ำ

3.2.4 <u>การทดลอง เพื่อหา เวลาคงที่</u> (time constant)

จะทำการทดลองโดยปรับให้อัตราการไหลของของไหลคงที่ (0.0233 กก./ว.) โดย ให้ระบบการทำงานของแผงรับแสงอาทิตย์ทำงานอย่างต่อ เนื่องจนกระทั่ง เกือบถึง เวลา เที่ยงสุริยะ ซึ่งสภาวะการทำงานของแผงรับแสงอาทิตย์จะใกล้ เคียงกับสภาวะค เวซิ-ส เตดดี้ แล้วจึง เปลี่ยน อัตราการไหลทันทีทันใด (0.0126 กก./ว.) โดยให้ระบบการทำงานของแผงรับแสงอาทิตย์ ทำงานอย่างต่อ เนื่องจนกระทั่งสภาวะการทำงานของแผงรับแสงอาทิตย์ใกล้ เคียงกับสภาวะค เวซิ-ส เตดดี้อีกครั้งหนึ่ง

<u>การบันทึกข้อมูล</u> จะทำการบันทึกทุก 10 นาที คล้ายกับการทดสอบ เพื่อหาประสิทธิภาพ ข้อมูลที่จะใช้หา เวลาคงที่จะใช้ข้อมูลของแผงที่หนึ่ง เนื่องจากอุณหภูมิขา เข้าของของไหลของแผง ที่หนึ่งมีการ เปลี่ยนแปลงน้อยกว่าแผงอื่น ๆ