บทที่ 3

เครื่องมือทดลอง

3.1 การคำนวณและออกแบบสร้างเครื่องมือทดลอง

เครื่องมือที่จะใช้ทำการทดลอง เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเนื่องจากลมที่พัดผ่านแผงรับแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นราบหรือค่า h_w ประกอบด้วยส่วนสำคัญดังต่อไปนี้คือ แบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์ , แบบจำลองท้องฟ้า , เครื่องกำเนิดลม เป็นต้น การคำนวณและออกแบบสร้างเครื่องมือทดลองแยกออกเป็นส่วนต่างๆดังต่อไปนี้

3.1.1 แบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์

ได้แก่ส่วนที่จำลองแบบแผ่นกระจกปิดหน้าของแผงรับแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นส่วนที่สัมผัสกับอากาศภายนอกที่พัดผ่านแผงรับแสงอาทิตย์ ทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนจากภายในแผงรับแสงอาทิตย์ผ่านแผ่นกระจกปิดหน้าสู่อากาศภายนอก แบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์ประกอบด้วยส่วนต่างๆดังต่อไปนี้

3.1.1.1 แผ่นกระจก

เป็นแผ่นกระจกใส ทำหน้าที่เสมือนแผ่นกระจกปิดหน้าของแผงรับแสงอาทิตย์ กระจกที่จะใช้มีความหนา 3 มม. การเลือกขนาดที่เหมาะสมในการจำลองแบบของแผ่นกระจก จะพิจารณาจากขนาดของแผ่นกระจกปิดหน้าที่ผู้ผลิตแผงรับแสงอาทิตย์ผลิตออกจำหน่ายได้แก่ 2 ตร.ม. โดยมีอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวเป็น 1:2 การจำลองขนาดแผ่นกระจกจะต้องคำนึงถึงอิทธิพลที่จะมีต่อค่าh_wด้วย กล่าวคือถ้าใช้แผ่นกระจกขนาดเล็กเกินไป ผลการทดลองที่ได้ก็จะมีค่าคลาดเคลื่อนมากขึ้น ดังนั้นจึงเลือกขนาดของแผ่นกระจกเท่ากับ 0.125 ตร.ม. มีด้านกว้าง 25 ซม.และด้านยาว 50 ซม. เพราะถ้าเลือกขนาดโตกว่านี้ จะมีปัญหาในการควบคุมการกระจายอุณหภูมิให้เท่ากันทั่วแผ่นกระจก

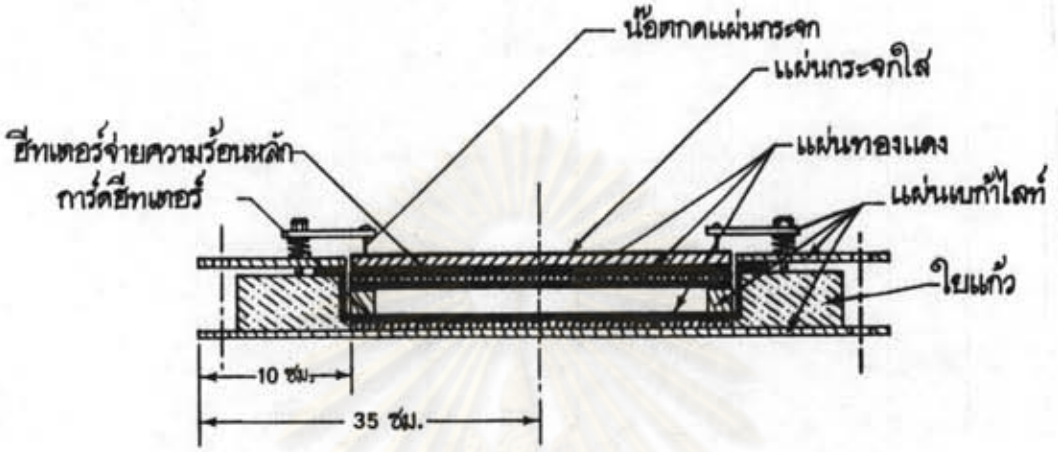
3.1.1.2 ฮีทเตอร์ไฟฟ้า

ประกอบด้วยฮีทเตอร์ไฟฟ้า ชนิดขดลวดความร้อนจำนวน 2 ชุดคือ ก) ฮีทเตอร์จ่ายความร้อนหลัก(Main Heater) ข) การ์ดฮีทเตอร์(Guard Heater) ชุดฮีทเตอร์ดังกล่าวสามารถให้พลังงานความร้อนสูงสุด 500 วัตต์เท่ากัน ตัวฮีทเตอร์จะประกอบด้วยลวดความร้อนชนิดแบนพันอยู่โดยรอบแผ่นไมก้า ยังมีแผ่นไมก้าอีกสองแผ่นประกบแน่นทั้งด้านบนและด้านล่าง เพื่อให้ความร้อนสามารถถ่ายเทออกจากลวดความร้อนอย่างสม่ำเสมอตลอดพื้นที่ผิว

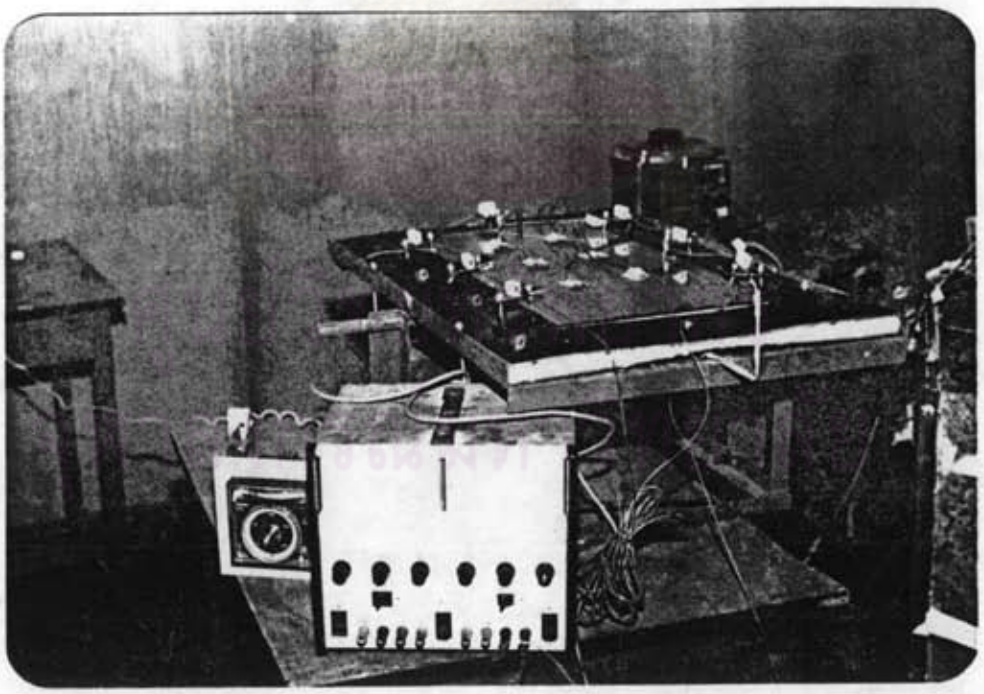
สัมผัส ชุดฮีทเตอร์ทั้งสองชุดมีขนาดเท่ากับแผ่นกระจกคือ 25x50 ซม. โดยฮีทเตอร์จ่ายความร้อนหลักจะทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อนให้แก่แผ่นกระจกโดยตรง ส่วนการ์ดฮีทเตอร์จะทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้เกิดการถ่ายเทความร้อน ออกจากบริเวณด้านล่างและด้านข้างของฮีทเตอร์จ่ายความร้อนหลัก โดยอาศัยหลักการที่ว่า ถ้าผิวสัมผัสสองผิวมีอุณหภูมิเท่ากันแล้วจะไม่เกิดการถ่ายเทความร้อนระหว่างผิวสัมผัสนั้น ดังนั้นเมื่อทำการควบคุมอุณหภูมิที่ผิวของฮีทเตอร์ทั้งสองชุดให้เท่ากันแล้ว ปริมาณความร้อนทั้งหมดจากฮีทเตอร์จ่ายความร้อนหลักก็จะถูกถ่ายเทให้แก่แผ่นกระจก โดยไม่มีการสูญเสียความร้อนออกจากบริเวณด้านล่างและด้านข้างของฮีทเตอร์จ่ายความร้อนหลักเลย และเพื่อให้การถ่ายเทความร้อนจากฮีทเตอร์เป็นไปอย่างสม่ำเสมอตลอดผิวสัมผัส จึงใช้แผ่นทองแดงหนา 1 มม. วางแทรกระหว่างฮีทเตอร์จ่ายความร้อนหลักกับแผ่นกระจก เพื่อเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนจากฮีทเตอร์ไปยังแผ่นกระจกและใช้น็อตปลายแหลมกดลงบนแผ่นกระจกเพื่อกดให้แผ่นกระจกสัมผัสแนบกับแผ่นทองแดงและฮีทเตอร์ สำหรับชุดการ์ดฮีทเตอร์ก็ได้อาศัยแผ่นทองแดงพับขึ้นรูปเป็นกล่องวางทับอยู่บนการ์ดฮีทเตอร์(ดังรูปที่ 3.1) เพื่อให้ความร้อนถ่ายเทไปทั่วกล่องทองแดง จากนั้นก็วางฮีทเตอร์จ่ายความร้อนหลักและแผ่นกระจกลงในกล่องทองแดงโดยไม่ให้ผิวของฮีทเตอร์สัมผัสโดยตรงกับผิวของกล่องทองแดง ดังนั้นเมื่อควบคุมอุณหภูมิที่ผิวด้านในทั้งที่ขอบและพื้นล่างของกล่องทองแดงให้มีค่าเท่ากับอุณหภูมิผิวของฮีทเตอร์จ่ายความร้อนหลักแล้ว ก็จะเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดการสูญเสียความร้อนดังกล่าวมาแล้ว นอกจากนี้จะพบว่ายังมีความร้อนอีกส่วนหนึ่งที่ถ่ายเทออกจากแผ่นกระจกให้แก่น็อตที่ใช้กดแผ่นกระจกให้แนบสนิทกับแผ่นทองแดงที่รองอยู่ข้างใต้ จากนั้นความร้อนก็จะถ่ายเทผ่านไปยังขายึดตัวน็อตแต่ละตัวซึ่งเมื่อรวมพื้นที่ของขายึดทุกตัวแล้ว นับว่ามีพื้นที่ผิวมากเมื่อเทียบกับพื้นที่ผิวของแผ่นกระจก สุดท้ายจะเกิดการพาความร้อนออกจากขายึดตัวน็อตให้แก่อากาศที่อยู่โดยรอบแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์ และเมื่อกระจกมีอุณหภูมิสูงขึ้นความร้อนสูญเสียในส่วนนี้ก็จะยิ่งมีค่ามากขึ้นด้วย ความร้อนสูญเสียส่วนนี้ทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนไปจากที่ควรจะเป็น ดังนั้นจึงต้องมีการป้องกันการสูญเสียความร้อนในส่วนนี้ โดยการใช้ลวดความร้อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 มม.ยาว 10 ซม. พันรอบขาน็อตทุกตัวแล้วต่อลวดความร้อนแบบอนุกรมเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านลวดความร้อน ความร้อนจากลวดความร้อนจะถ่ายเทให้แก่น็อตทุกตัวเท่ากัน จากนั้นก็ทำการควบคุมอุณหภูมิที่น็อตให้เท่ากับอุณหภูมิผิวแผ่นกระจก โดยการปรับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟฟ้า เมื่อน็อตและแผ่นกระจกมีอุณหภูมิเท่ากันแล้วก็จะไม่เกิดการสูญเสียความร้อนจากแผ่นกระจกสู่น็อตอีก แบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์พร้อมทั้งขาตั้งที่ปรับมุมเอียงของแผงได้และอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิที่น็อต เมื่อได้ประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้วจะมีลักษณะดังรูปที่ (3.2)

สำหรับการควบคุมอุณหภูมิที่ผิวของฮีทเตอร์ให้มีค่าตามที่ต้องการ จะใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิ(Thermostat) ซึ่งสามารถตั้งอุณหภูมิได้ในช่วง 0 ถึง 100 องศาเซลเซียส และใช้อุปกรณ์ปรับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ(Slide Regulator) ทำหน้าที่ควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่ฮีทเตอร์จ่ายความร้อนหลักและการ์ดฮีทเตอร์ อุปกรณ์ควบคุมที่กล่าวมาแล้วได้นำมาต่อรวม

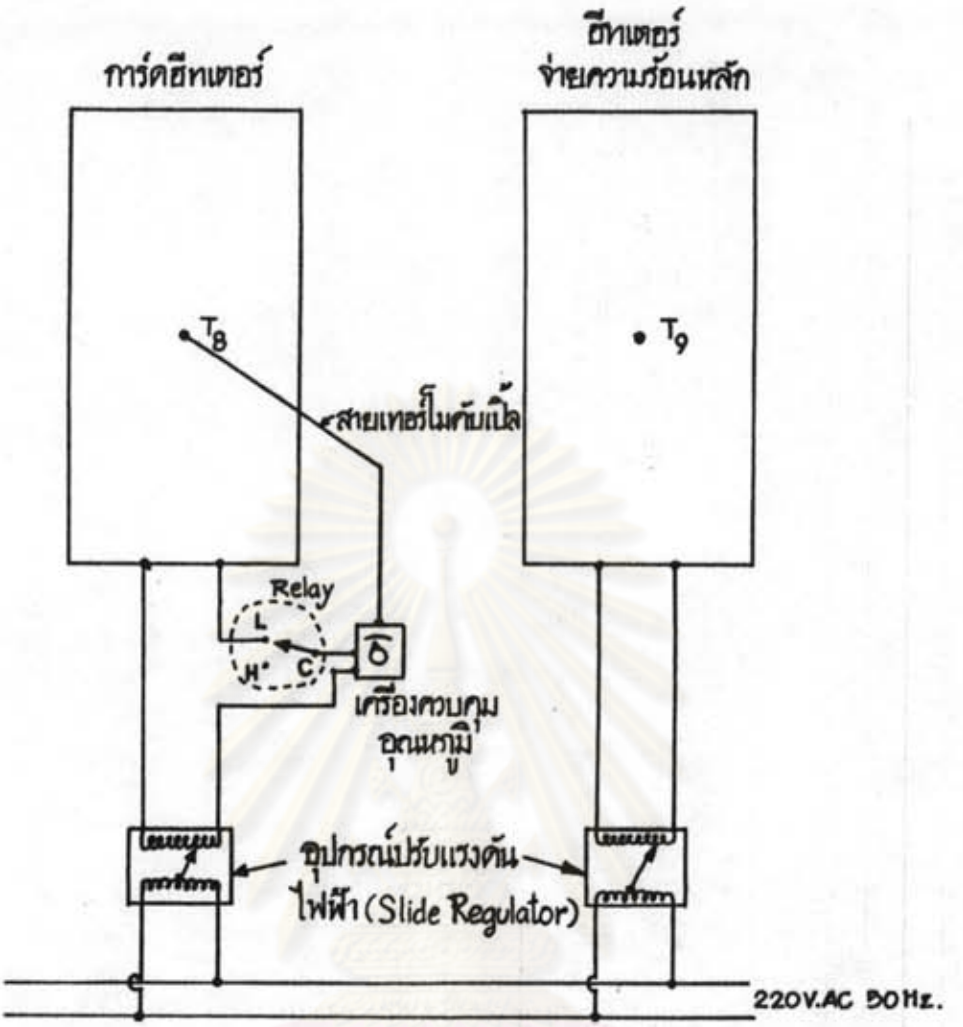
กันเป็นชุดควบคุมซึ่งมีรายละเอียดของวงจรดังรูปที่ (3.3)



รูปที่ 3.1 ภาพตัดขวางของแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์



รูปที่ 3.2 ภาพถ่ายของแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์พร้อมขาตั้ง



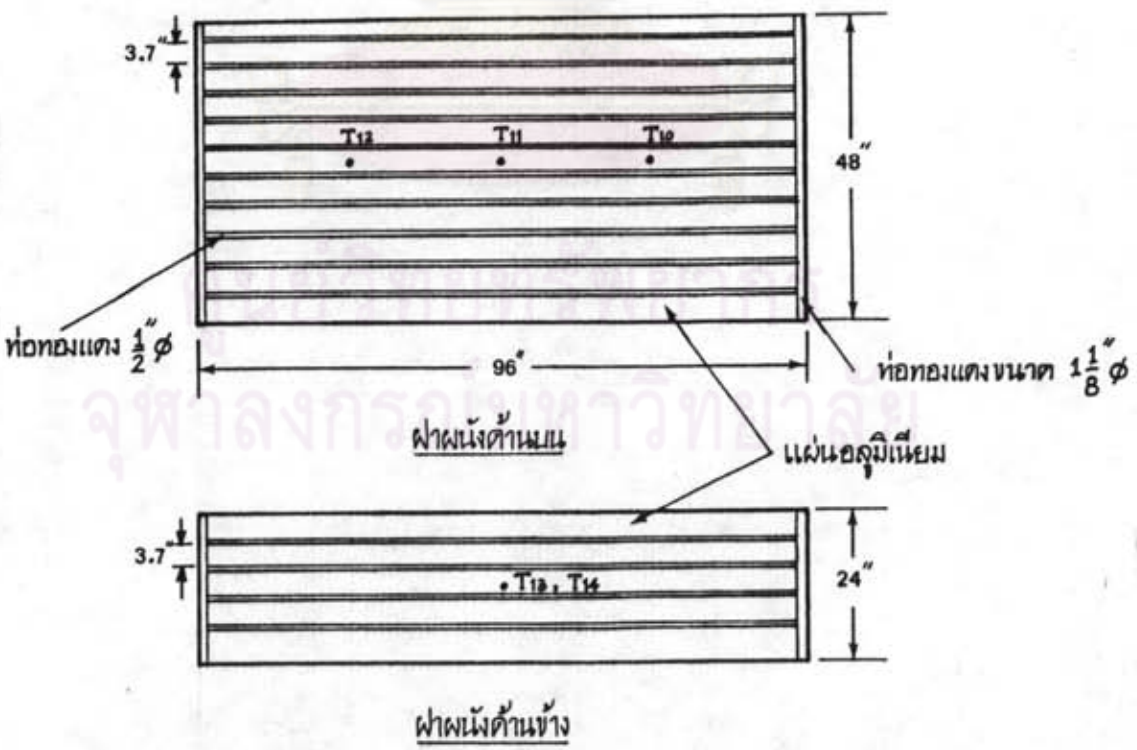
รูปที่ 3.3 วงจรควบคุมอุณหภูมิของชุดฮีทเตอร์ภายในแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์

3.1.2 <u>แบบจำลองท้องฟ้า</u>

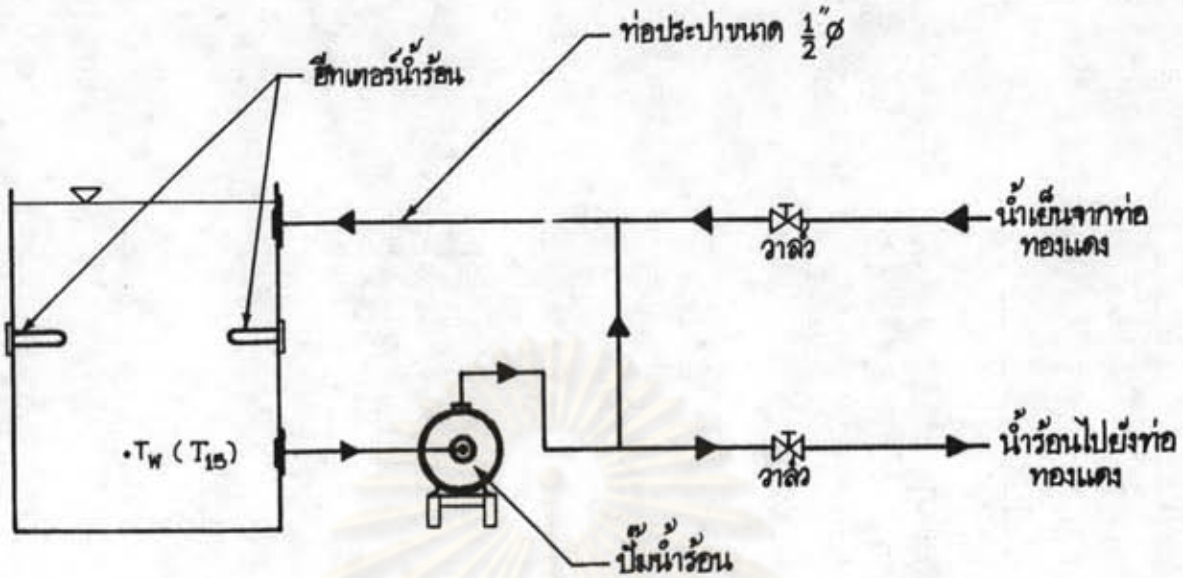
แบบจำลองท้องฟ้ามีหน้าที่ป้องกันมิให้เกิดการแผ่รังสีความร้อนระหว่างแผ่นกระจกกับอากาศเหนือแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์ ซึ่งกระทำได้โดยควบคุมอุณหภูมิท้องฟ้า (Sky Temperature) ให้มีค่าเท่ากับอุณหภูมิผิวของแผ่นกระจก แบบจำลองท้องฟ้ามีลักษณะเป็นอุโมงค์โครงเหล็กหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดหน้าตัด 2×4 ฟุต อุโมงค์ยาว 8 ฟุต ตัวโครงทำด้วยเหล็กฉากขนาด1×1×0.125 นิ้ว ฝาผนังด้านบนและฝาผนังด้านข้างทั้งสองด้านประกอบขึ้นจากแผ่นอลูมิเนียมซึ่งถูกขึ้นรูปให้เป็นร่องในแนวยาว เพื่อให้สามารถวางท่อทองแดงขนาดเส้นผ่าศูนย์-กลาง 0.5 นิ้วลงในร่องได้พอดี ท่อทองแดงดังกล่าวจะถูกต่อรวมเข้ากับท่อทองแดงขนาดเส้นผ่า-ศูนย์กลาง 1.125 นิ้ว (ดังรูปที่ 3.4) การควบคุมอุณหภูมิที่ผิวของฝาผนังดังกล่าว จะใช้น้ำร้อนปั๊มผ่านท่อทองแดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง1.125 นิ้ว จากนั้นน้ำร้อนจะถูกไหลผ่านเข้าสู่ท่อทองแดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว ซึ่งวางอยู่ในร่องตามแนวยาวของแผ่นอลูมิเนียม ความร้อนจะ

ถ่ายเทผ่านผนังท่อทองแดงไปยังแผ่นอลูมิเนียม เนื่องจากได้วางแผ่นอลูมิเนียมไว้ในระยะห่างกันพอเหมาะ จึงทำให้ความร้อนกระจายไปทั่วฝาผนังด้านบนและด้านข้างของแบบจำลองท้องฟ้า และสำหรับการควบคุมอุณหภูมิที่ฝาผนังของแบบจำลองท้องฟ้า กระทำได้โดยควบคุมอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลอยู่ภายในท่อทองแดง ซึ่งน้ำร้อนที่ไหลเวียนอยู่ภายในระบบท่อนั้นจะถูกเก็บเอาไว้ในถังเก็บน้ำร้อน โดยมีฮีทเตอร์เป็นแหล่งจ่ายความร้อนให้แก่น้ำภายในถัง เมื่อน้ำในถังมีอุณหภูมิถึงค่าที่กำหนดก็จะถูกส่งไปยังท่อทองแดงโดยเครื่องปั๊มน้ำร้อน ทำให้เกิดการไหลเวียนของน้ำภายในระบบท่อ น้ำเย็นที่เดิมอยู่ในท่อทองแดงก็จะถูกดันให้ไหลเข้าสู่ถังเก็บน้ำร้อน เพื่อทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงค่าที่ต้องการ จากนั้นก็จะถูกส่งกลับไปยังท่อทองแดงต่อไป การป้องกันการสูญเสียความร้อนจากผนังด้านนอกของแบบจำลองท้องฟ้าให้แก่อากาศภายนอกจะใช้ใยแก้ว(Micro Fiber) ห่อหุ้มรอบนอกแบบจำลองท้องฟ้า ระบบท่อน้ำร้อนจะมีรายละเอียดดังรูปที่ (3.5)

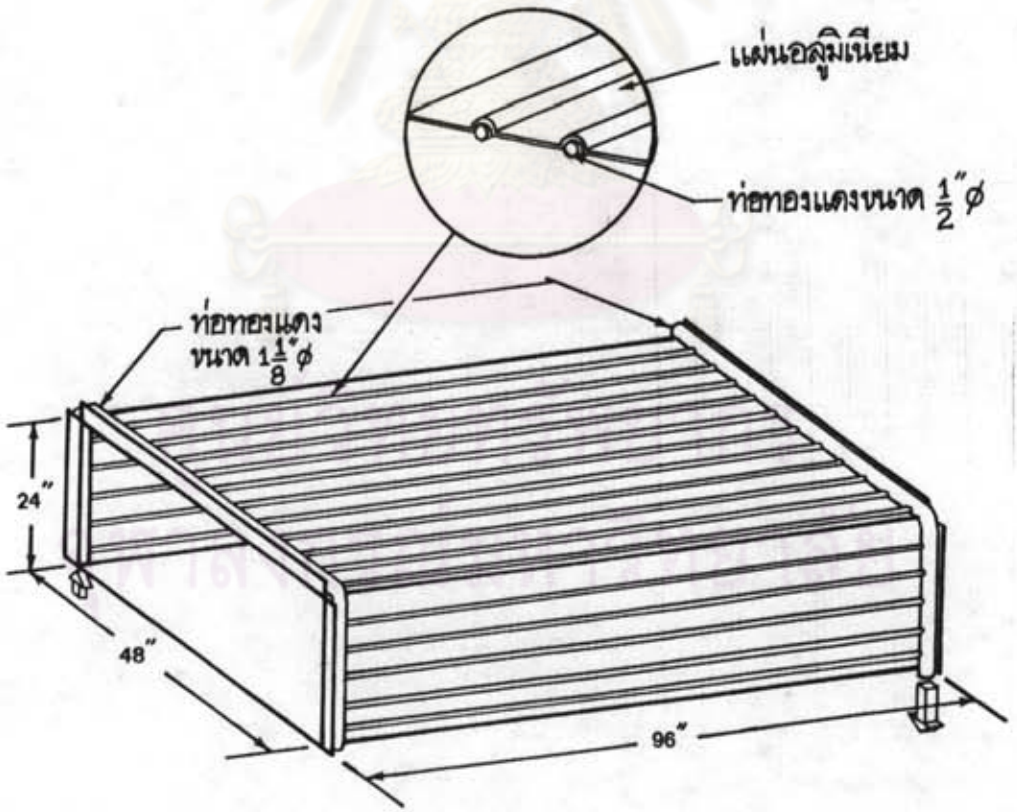
ในการทดลองจะวางแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์ภายในแบบจำลองท้องฟ้า ซึ่งจากการคำนวณหาค่าShape Factorจากแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์ไปยังแบบจำลองท้องฟ้าพบว่ามีค่าเท่ากับ0.9828 ดังนั้นจึงถือได้ว่าขบวนการแผ่รังสีความร้อนที่เกิดขึ้นในการทดลอง จะมีการส่งผ่านรังสีความร้อน(Emission) และการดูดกลืนรังสีความร้อน(Absorption)ไปมาระหว่างแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์และแบบจำลองท้องฟ้าเท่านั้น (การคำนวณหาค่าShape Factorได้แสดงวิธีการไว้ในภาคผนวก ข) แบบจำลองท้องฟ้าเมื่อประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้วจะมีลักษณะดังรูปที่ (3.6)



รูปที่ 3.4 รายละเอียดของฝาผนังด้านบนและด้านข้างของแบบจำลองท้องฟ้า



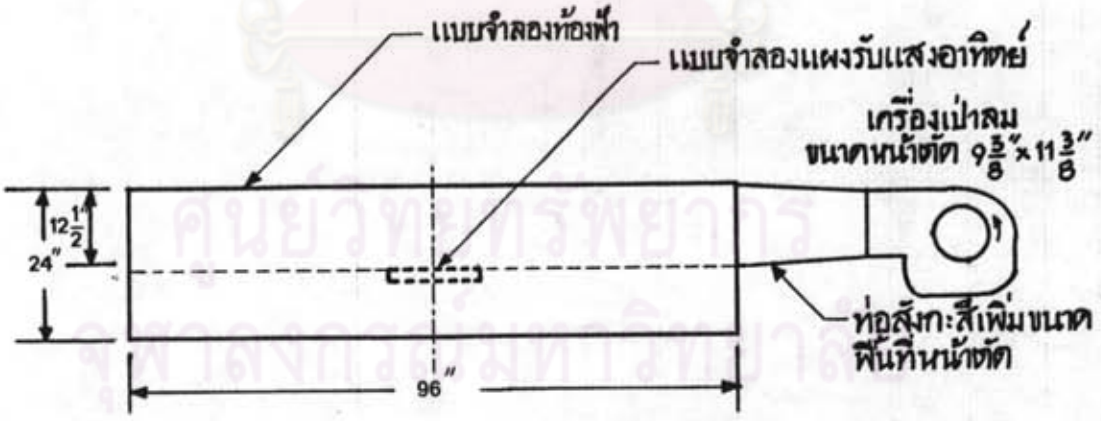
รูปที่ 3.5 รายละเอียดของระบบท่อน้ำร้อน



รูปที่ 3.6 แบบจำลองท้องฟ้าที่ประกอบเรียบร้อยแล้ว

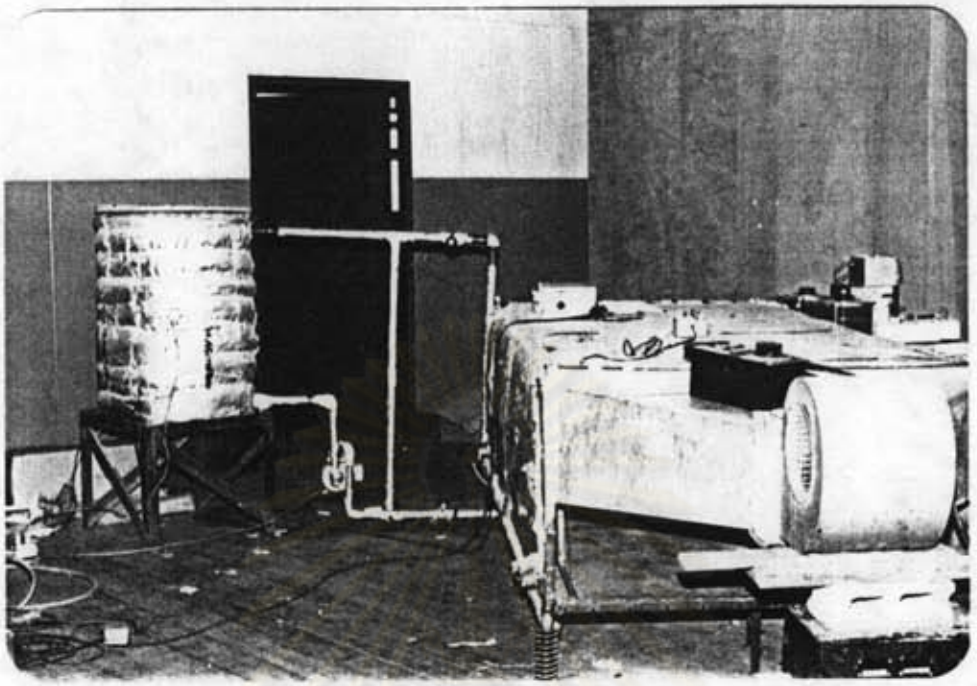
3.1.3 เครื่องกำเนิดลม

เนื่องด้วยความเร็วลมที่จะใช้ในการทดลองจะต้องอยู่ในช่วงตั้งแต่0.5 ถึง 3.0 เมตรต่อวินาที ดังนั้นจึงต้องเลือกพัดลมที่สามารถให้ความเร็วลมอยู่ในช่วงดังกล่าวได้ และความเร็วลมที่ได้จะต้องมีค่าคงที่ อีกทั้งต้องสามารถปรับค่าความเร็วลมได้หลายค่า ในการทดลองจึงเลือกใช้เครื่องเป่าลมชนิดแรงเหวี่ยง(Centrifugal Blower) ขนาดพื้นที่หน้าตัดทางออกของลมเท่ากับ 9.375×11.375 ตร.นิ้ว ซึ่งสามารถให้ความเร็วลมสูงสุดที่หน้าตัดทางออกถึง 17 เมตรต่อวินาที แต่เนื่องจากแบบจำลองท้องฟ้ามีพื้นที่หน้าตัด 24×48 ตร.นิ้ว ซึ่งมีขนาดโตกว่าพื้นที่หน้าตัดของเครื่องเป่าลมประมาณ 10 เท่า ความเร็วลมที่ผ่านหน้าตัดของแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์จะเหลือประมาณ 1.7 เมตรต่อวินาที ซึ่งต่ำกว่าช่วงความเร็วลมที่จะทำการทดลอง ดังนั้นจึงต้องลดพื้นที่หน้าตัดของแบบจำลองท้องฟ้าลงเพื่อให้ได้ความเร็วลมเพิ่มขึ้น พบว่าเมื่อลดพื้นที่หน้าตัดของแบบจำลองท้องฟ้าลงเหลือ12.4×48ตร.นิ้ว สามารถวัดความเร็วลมเฉลี่ยที่หน้าตัดเหนือแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์ได้สูงสุดเท่ากับ 3.05 เมตรต่อวินาที ซึ่งตรงกับค่าความเร็วลมที่ต้องการ การลดพื้นที่หน้าตัดของแบบจำลองท้องฟ้ากระทำได้โดยวางแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์ให้สูงขึ้นจากพื้นล่างของแบบจำลองท้องฟ้า เว้นระยะห่างจากผนังด้านบน 12.5 นิ้ว แล้วทำพื้นกั้นลมที่ระดับเดียวกับแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์ จากนั้นจึงติดตั้งเข้ากับเครื่องเป่าลมโดยใช้ท่อเพิ่มขนาด (ดังรูปที่ 3.7)

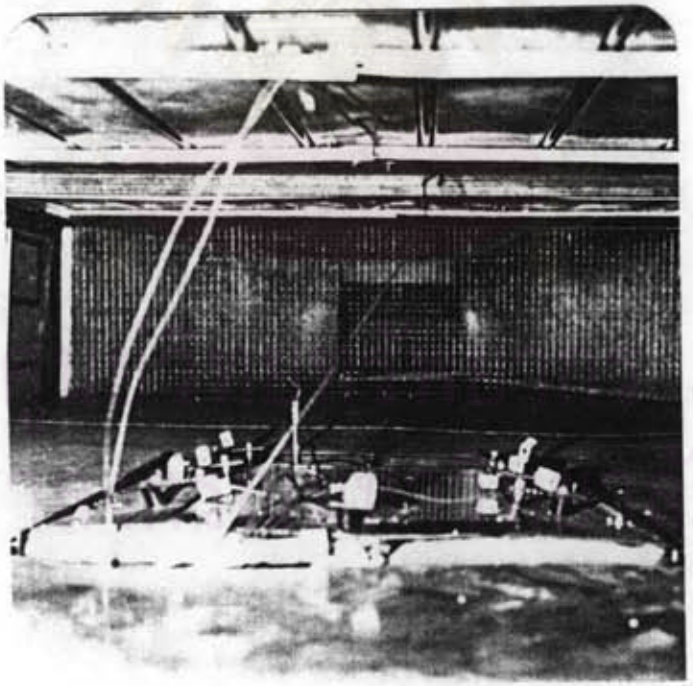


รูปที่ 3.7 การลดพื้นที่หน้าตัดของแบบจำลองท้องฟ้าเพื่อเพิ่มความเร็วลม

เมื่อประกอบชิ้นส่วนของแบบจำลองท้องฟ้า , แบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์ , เครื่องเป่าลมและระบบท่อน้ำร้อนเข้าด้วยกันแล้ว จะมีลักษณะดังภาพถ่ายในรูปที่ (3.8)และ(3.9)



รูปที่ 3.8 ภาพถ่ายอุโมงค์ลมซึ่งประกอบด้วยแบบจำลองท้องฟ้า, เครื่องเป่าลมและระบบท่อน้ำร้อน

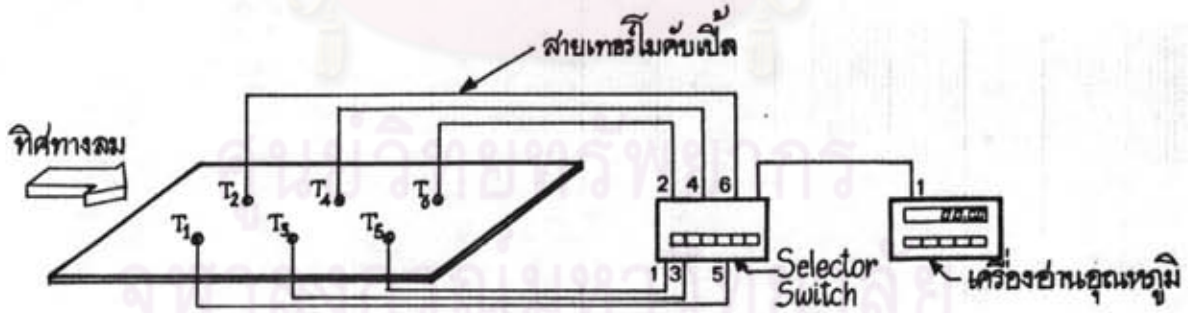


รูปที่ 3.9 ตำแหน่งที่ตั้งของแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์ภายในแบบจำลองท้องฟ้า

3.2 <u>การวัดข้อมูลและเครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดลอง</u>

3.2.1 อุณหภูมิ การวัดอุณหภูมิผิวของวัตถุที่ตำแหน่งต่างๆ จะใช้เครื่องมือเทอร์โมคับเปิ้ล(Thermocouple)ในการวัด ประกอบด้วยสายเทอร์โมคับเปิ้ลชนิดเค(K-type) ซึ่งมีปลายด้านหนึ่งสัมผัสกับผิวของวัตถุในตำแหน่งที่ต้องการจะวัดอุณหภูมิ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะต่ออยู่กับเครื่องอ่านอุณหภูมิชนิดตัวเลข(Digital Display)ของบริษัทRIKAKOGYOรุ่น DP-2 ซึ่งมีความละเอียดถึงทศนิยมตำแหน่งที่หนึ่ง ทั้งยังมีช่องสำหรับต่อสายเทอร์โมคับเปิ้ลได้พร้อมกันห้าจุด ทำให้สามารถเลือกวัดค่าอุณหภูมิได้ 5 จุด โดยการกดปุ่มที่หน้าปัทม์ของเครื่องอ่านอุณหภูมิ เนื่องจากตำแหน่งที่ต้องการวัดอุณหภูมิมีมากกว่า 16 จุด ดังนั้นจึงต้องใช้Selector SwitchของบริษัทRIKAKOGYOรุ่นSP-3 ซึ่งมีช่องสำหรับต่อสายเทอร์โมคับเปิ้ลได้อีก 6 ช่องและใช้Selector Switch ที่ประกอบขึ้นเองอีกหนึ่งเครื่อง (ดังรูปที่ 3.11) ทำให้สามารถเลือกวัดค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆได้ตามต้องการ โดยการกดปุ่มที่หน้าปัทม์ของเครื่องอ่านอุณหภูมิและของSelector Switchทั้งสอง ซึ่งค่าอุณหภูมิต่างๆที่ต้องการวัดและตำแหน่งที่ต่อสายเทอร์โมคับเปิ้ลเข้ากับเครื่องอ่านอุณหภูมิจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.1.1 อุณหภูมิผิวแผ่นกระจก ,T_w ได้แก่อุณหภูมิเฉลี่ยบนแผ่นกระจก 6 ตำแหน่งดังรูปที่(3.10) โดยต่อสายเทอร์โมคับเปิ้ลเข้าที่Selector Switchในช่องที่(1)ถึง(6) ตามลำดับ สายเทอร์โมคับเปิ้ลที่ต่อออกจากด้านOutputของSelector Switch จะถูกต่อเข้ากับเครื่องอ่านอุณหภูมิที่ช่องหมายเลข(1) เมื่อกดปุ่มหมายเลข(1)ที่เครื่องอ่านอุณหภูมิ ก็จะสามารถเลือกวัดค่าอุณหภูมิทั้ง 6 จุดบนแผ่นกระจกได้โดยการกดปุ่มที่ Selector Switch



รูปที่ 3.10 ตำแหน่งที่ทำการวัดอุณหภูมิบนแผ่นกระจก

3.2.1.2 อุณหภูมิอากาศเหนือแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์ ,T_∞ หรือT_7 คืออุณหภูมิของอากาศ วัดที่หน้าแผ่นกระจกในตำแหน่งสูงจากแผ่นกระจก 3 นิ้ว เพื่อให้สูงกว่าระยะความหนาของThermal Boundary-Layer(δ_t) สายเทอร์โมคับเปิ้ลที่ต่อจากตำแหน่งดังกล่าวจะถูกต่อเข้ากับช่องหมายเลข(2)ของเครื่องอ่านอุณหภูมิ

3.2.1.3 อุณหภูมิผิวด้านล่างของกล่องทองแดง ,T_{cb} หรือ T_8จะถูกต่อเข้ากับช่องหมายเลข(3) ของเครื่องอ่านอุณหภูมิ

3.2.1.4 อุณหภูมิผิวของฮีทเตอร์จ่ายความร้อนหลัก ,T_{MH} หรือ T_9 ได้แก่อุณหภูมิผิวของแผ่นทองแดงที่วางรองอยู่ใต้ฮีทเตอร์จ่ายความร้อนหลัก ตำแหน่งนี้จะถูกต่อกับเครื่องอ่านอุณหภูมิที่ช่องหมายเลข(4)

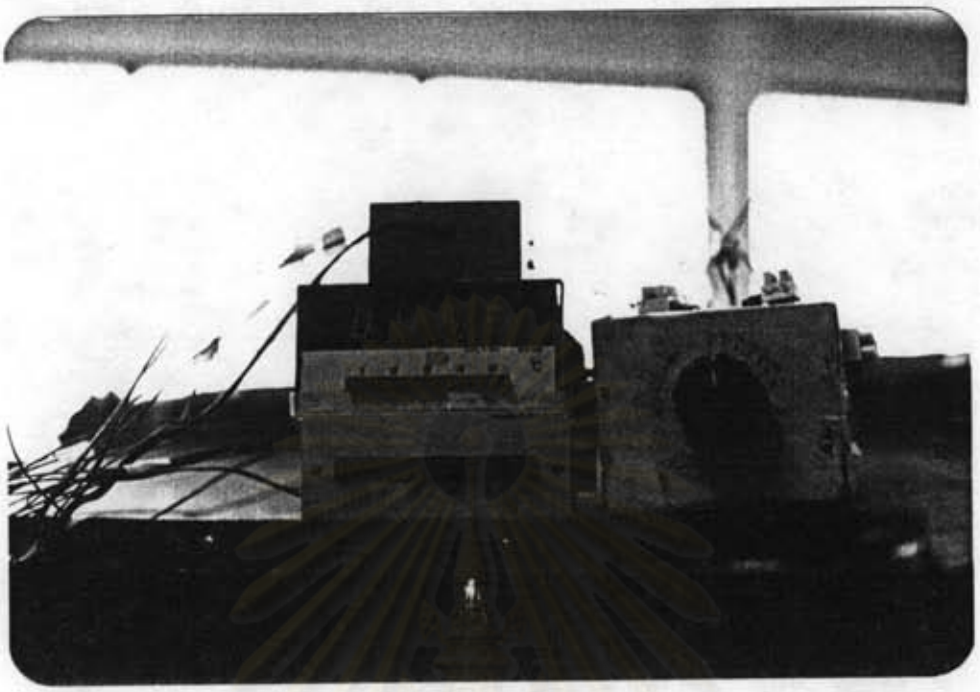
3.2.1.5 อุณหภูมิท้องฟ้า ,T_{SKY} (T_{10}-T_{14}) เป็นอุณหภูมิผิวของผนังด้านในของแบบจำลองท้องฟ้าทั้งทางด้านบนและด้านข้าง ซึ่งตำแหน่งที่จะทำการวัดอุณหภูมิได้แสดงไว้ในรูปที่(3.4) สายเทอร์โมคับเปิ้ลจากSelector Switchจะต่อเข้าที่ช่อง(5)ของเครื่องอ่านอุณหภูมิ

3.2.1.6 อุณหภูมิน้ำร้อน ,T_w หรือ T_{15} คืออุณหภูมิของน้ำร้อนภายในถังเก็บน้ำร้อน

3.2.1.7 อุณหภูมิที่ปลายน็อต , T_{16} ได้แก่อุณหภูมิที่ปลายของน็อตที่กดแผ่นกระจก

3.2.2 ค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า ได้แก่ค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่อุปกรณ์ปรับแรงดันไฟฟ้าจ่ายให้แก่ฮีทเตอร์จ่ายความร้อนหลัก จะใช้เครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์ชนิดตัวเลข(Digital Multimeter) ของบริษัทAKIGAWA รุ่น AD-901(ดังรูปที่ 3.12) ซึ่งมีความสามารถวัดค่ากระแสไฟฟ้าตั้งแต่ 0 ถึง 10 แอมป์ และแรงดันไฟฟ้าในช่วง 0 ถึง 750 โวลท์. เอซี มีความละเอียดทศนิยมตำแหน่งที่หนึ่ง สำหรับการวัดค่ากระแสไฟฟ้าจะต่อเครื่องมือวัดอนุกรมกับวงจรไฟฟ้าของเครื่องมือทดลอง ส่วนการวัดแรงดันไฟฟ้าจะต่อเครื่องมือวัดขนานกับวงจร

3.2.3 การวัดความเร็วลม จะใช้เครื่องมือวัดความเร็วลมชนิดตัวเลขของบริษัทAIR FLOW DEVELOPEMENTS รุ่นEdra-Five ซึ่งสามารถวัดความเร็วลมได้ตั้งแต่ 0.05 ถึง 99 เมตรต่อวินาทีและมีความละเอียดทศนิยมหนึ่งตำแหน่ง ตัวProbที่ใช้วัดความเร็วลมจะมีลักษณะเป็นกังหันลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 11 ซม. ดังนั้นค่าความเร็วลมที่อ่านได้จากเครื่องมือนี้จะเป็นค่าเฉลี่ยที่หน้าตัดนั้นๆ การวัดความเร็วลมจะวางProbไว้สูงจากแผ่นกระจกประมาณ3นิ้ว เพื่อให้สูงกว่าความหนาของVelocity Boundary-Layer(δ) ซึ่งจากการคำนวณโดยใช้สมการที่(2.14) พบว่าที่ความเร็วลมเท่ากับ 3.03 เมตรต่อวินาที ที่ปลายกระจก δมีค่าเป็น 0.96 นิ้ว ตำแหน่งที่ต้องการวัดความเร็วลมมี 3 ตำแหน่งคือ ตำแหน่งแรกที่ลมเริ่มผ่านกระจก,ตำแหน่งกึ่งกลางกระจกและตำแหน่งปลายกระจก แล้วอ่านค่าความเร็วลมได้จากหน้าปัทม์ของเครื่องมือ จากนั้นจึงนำค่าความเร็วลมที่วัดได้ทั้ง 3 ค่ามาหาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยที่ได้นี้จะเป็นค่าที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลองต่อไป(ดังรูปที่ 3.12)



รูปที่ 3.11 เครื่องอ่านอุณหภูมิชนิดตัวเลขและSelector Switch

รูปที่ 3.12 อุปกรณ์มัลติมิเตอร์และเครื่องวัดความเร็วลม