

**การศึกษาเชิงทดลองของโรงไฟฟ้าปล่องลมแสงอาทิตย์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
ของประเทศไทย**

**An Experimental Study of Solar Chimney Power Plant in Northeastern Region
of Thailand**

เสกวุฒิ วรวงศ์^{*} และ บุญสร้าง ดิเรกสถาพร

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002

โทร 08-1056-4528 * อีเมล: seakawut_w@hotmail.com

บทคัดย่อ.

โรงไฟฟ้าปล่องลมแสงอาทิตย์ต้นแบบขนาดเล็กได้ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อศึกษาผลของตัวแปรที่มีต่อสมรรถนะของโรงไฟฟ้าดังกล่าวโดยทำการทดลองในจังหวัดขอนแก่นและเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ต้นแบบมีขนาดความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางปล่องลม 16 m และ 12.7 cm ตามลำดับและพื้นที่รับแสงตัวเก็บรังสี 12.5 m² ภายในปล่องลมมีการติดตั้งกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตไฟฟ้า การทดลองทำที่ความสูงของปล่องลม 16, 14 และ 12 m โดยที่แต่ละความสูงของปล่องลมจะทำการเปลี่ยนขนาดพื้นที่รับแสงตัวเก็บรังสีที่ 12.5, 10 และ 7.5 m² จากผลการทดลองพบว่าตัวแปรที่มีผลต่อกำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าคือความสูงของปล่องลม, พื้นที่รับแสงตัวเก็บรังสีที่ และค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์นอกจากนี้ผลการทดลองที่ได้ยังสอดคล้องเป็นอย่างดีกับผลทางทฤษฎีที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

คำหลัก: โรงไฟฟ้าปล่องลมแสงอาทิตย์, การแผ่รังสีดวงอาทิตย์, ตัวเก็บรังสี

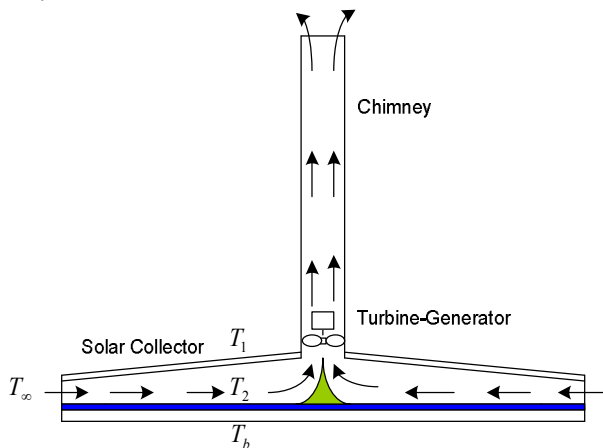
Abstract.

A small prototype of a solar chimney power plant has been constructed for investigating effects of variables on the plant performance, and tested at Khon Kaen province for verifying the validity of the mathematical model. The prototype has the height and diameter of the chimney of 16 m and 12.7 cm respectively, and the solar collector area of 12.5 m². The turbine and generator are installed inside the chimney for power generation. Some experiments have been conducted at the chimney heights of 16, 14 and 12 m. At each of the chimney heights, the solar collector areas are varied at 12.5, 10, and 7.5 m². It has been found from the experimental results that the power output and efficiency of the power plant are dependent upon the chimney height, the solar collector area, and the solar radiation. In addition, the experimental data are in good agreement with the theoretical results obtained from the mathematical model.

Keywords : solar chimney power plant , solar radiation , solar collector

1. บทนำ

โรงไฟฟ้าปล่องลมแสงอาทิตย์ ได้รับการเสนอให้เป็นทางเลือกอันหนึ่งในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงแสงอาทิตย์ หลักการทำงานของโรงไฟฟ้าปล่องลมแสงอาทิตย์ คือ การใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์มาอุ่นอากาศภายใต้หลังคารับแสงอาทิตย์แบบโปร่งให้ร้อนขึ้นโดยใช้หลักการของปรากฏการณ์เรือนกระจกอากาศที่ร้อนนี้จะลอยตัวสูงขึ้นไปในปล่องลมตามหลักการของการพาความร้อนธรรมชาติ อากาศที่ลอยตัวขึ้นด้วยความเร็วอันหนึ่งนี้จะถ่ายพลังงานจลน์ให้แก่กังหันลม ซึ่งสามารถนำไปหมุนเครื่องกำเนิดพลังงานไฟฟ้าต่อไปได้



รูปที่ 1 โรงไฟฟ้าปล่องลมแสงอาทิตย์

2. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

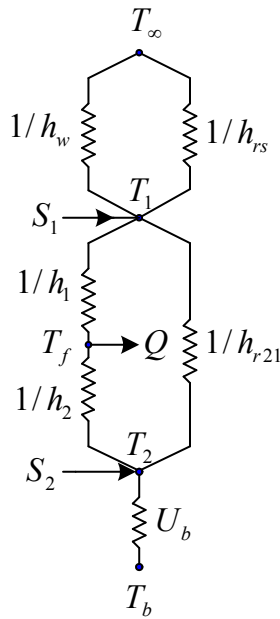
บุญสร้าง ดิเรกสถาพร [1], วิจัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบโรงไฟฟ้าปล่องลมแสงอาทิตย์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งผลการศึกษาพบว่าความสูงของปล่องและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวเก็บรังสีและการแผ่รังสีดวงอาทิตย์มีผลต่อประสิทธิภาพและสมรรถนะของโรงไฟฟ้าและพบว่าศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าที่ขออนุญาตอยู่ในช่วง 110-134 kW. Xinping Zhou และคณะ [2], ได้ทำการศึกษาแบบจำลองคณิตศาสตร์ของโรงไฟฟ้าปล่องลมแสงอาทิตย์ พบว่ากำลังในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าขึ้นอยู่กับความสูงของปล่องลม,

การแผ่รังสีดวงอาทิตย์, ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตัวเก็บรังสี. Y.J.Dai และคณะ [3], ได้ทำการศึกษาด้านแบบโรงไฟฟ้าปล่องลมแสงอาทิตย์ในภาคตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศจีนและพบว่าศักยภาพของกำลังไฟฟ้าอยู่ในช่วง 110 – 190 kW กำลังไฟฟ้าขึ้นอยู่กับเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวเก็บรังสีและขนาดของความสูงของปล่องลม. วิศวกรออสเตรเลีย [4], ได้นำข้อมูลการปฏิบัติการของโรงงานต้นแบบในสเปนไปวิเคราะห์เพื่อพิจารณาการออกแบบให้เหมาะสมกับประเทศออสเตรเลีย. Mullett [5], ได้ใช้ทฤษฎีทางกลศาสตร์ของไหลเบื้องต้นทำการประเมินหาประสิทธิภาพระบบปล่องลมแสงอาทิตย์. Padki และคณะ [6-8], ทำการศึกษาโดยการจำลองและนำเอาผลการจำลองทางคณิตศาสตร์มาใช้โดยแบบจำลองได้สังเคราะห์ขึ้นมาจากสมการอนุพันธ์ทางกลศาสตร์ของไหลการหาคำตอบให้แก่แบบจำลองมีทั้งการหาคำตอบโดยเชิงทฤษฎีแบบประมาณการและระเบียบวิธีเชิงตัวเลข.

3. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรงไฟฟ้าปล่องลมแสงอาทิตย์ได้ถูกสังเคราะห์ขึ้นตามหลักการพื้นฐานของสมการสมดุลพลังงานภายใต้เงื่อนไขดังต่อไปนี้

1. สมรรถนะของโรงไฟฟ้าวิเคราะห์ภายใต้สภาวะคงตัว
2. อากาศเป็นก๊าซอุดมคติ
3. ไม่มีความเสียดทานใดๆภายในระบบ
4. การไหลของความร้อนคือมิติเดียวผ่านครอบคลุมตลอดจนผ่านด้านหลังฉนวนกันความร้อน โครงข่ายความร้อนตัวเก็บรังสีของโรงไฟฟ้าปล่องลมแสงอาทิตย์ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2 พิจารณาจากสมการสมดุลพลังงานความร้อนที่ผาครอบกระจก, อากาศที่ไหลภายในตัวเก็บรังสีและแผ่นดูดซับความร้อนจะได้ว่า



รูปที่ 2 โครงข่ายความร้อนของตัวเก็บรังสี
สมการสมดุลความร้อนที่ฝัครอบกระจกคือ

$$S_1 + h_1(T_f - T_1) + h_{r21}(T_2 - T_1) = h_w(T_1 - T_\infty) + h_{rs}(T_1 - T_\infty) \quad (1)$$

สมการสมดุลความร้อนของอากาศที่ไหล
ภายในตัวเก็บรังสีคือ

$$h_2(T_2 - T_f)A_{col} = h_1(T_f - T_1)A_{col} + Q \quad (2)$$

สมการสมดุลความร้อนที่แผ่นดูดซับความ
ร้อนคือ

$$S_2 = h_2(T_2 - T_f) + h_{r21}(T_2 - T_1) + U_b(T_2 - T_\infty) \quad (3)$$

สมการพลังงานความร้อนที่ฝัครอบกระจก
และแผ่นดูดซับความร้อนที่ได้รับจากการแผ่รังสีดวง
อาทิตย์สามารถหาจากสมการข้างล่าง

$$S_1 = \alpha_1 G \quad (4)$$

$$S_2 = \tau_1 \alpha_2 \cdot G \quad (5)$$

เมื่อ G คือ ปริมาณการแผ่รังสีจากดวง
อาทิตย์มายังพื้นผิวโลก, W/m^2

ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านของฝัครอบกระจก

และค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับความร้อนสามารถคำนวณ
ได้จากสมการข้างล่างตามลำดับ

$$\tau_1 \cong \tau_a \cdot \tau_r \quad (6)$$

$$\alpha_1 = 1 - \tau_a \quad (7)$$

สมการสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเนื่องจากการแผ่รังสีระหว่างแผ่นดูดซับความร้อนกับฝัครอบกระจกคือ

$$h_{r21} = \frac{\sigma(T_2^2 + T_1^2)(T_2 + T_1)}{\left(\frac{1}{\varepsilon_2} + \frac{1}{\varepsilon_1} - 1\right)} \quad (8)$$

สมการสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเนื่องจากการ
ลมธรรมชาติคือ

$$h_w = 2.8 + 3.0V_{wind} \quad (9)$$

เมื่อ V_{wind} คือความเร็วลมธรรมชาติ, m/s

สมการสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเนื่องจากการแผ่รังสีที่ฝัครอบกระจกไปยังท้องฟ้าคือ

$$h_{rs} = \frac{\sigma\varepsilon(T_1 + T_s)(T_1^2 + T_s^2)(T_1 - T_s)}{(T_1 - T_\infty)} \quad (10)$$

สมการของอุณหภูมิของท้องฟ้าคือ

$$T_s = 0.0552T_\infty^{1.5} \quad (11)$$

สมการที่ใช้หาสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติของอากาศที่อยู่ภายในตัวเก็บรังสีคำนวณได้จากเงื่อนไขและสมการดังต่อไปนี้

$$Nu_m = 0.54Ra^{1/4} \quad \text{สำหรับ } 10^4 \leq Ra \leq 10^7 \quad (12)$$

$$Nu_m = 0.14Ra^{1/3} \quad \text{สำหรับ } 10^7 \leq Ra \leq 10^{11} \quad (13)$$

$$h_a = Nu_m \frac{k}{L} \quad (14)$$

เมื่อ k คือ ค่าการนำความร้อนของอากาศ, $W/m \cdot ^\circ C$
 L คือ ความยาวของตัวเก็บรังสี, m

สมการที่ใช้หาค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสีย
เนื่องจากฉนวนความร้อน

$$U_b = \frac{k}{L} \quad (15)$$

เมื่อ k และ L คือ ค่าการนำความร้อนและ
ความหนาของฉนวนความร้อนตามลำดับ

สมการที่ใช้หาอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศที่ไหล
ภายในตัวเก็บรังสี ค่าประมาณโดยเฉลี่ยหาจากสมการ
ข้างล่าง

$$T_f = \varepsilon T_\infty + (1 - \varepsilon) T_0 \quad (16)$$

โดย T_0 คืออุณหภูมิของอากาศขาออกจาก
ตัวเก็บรังสีและ ε คือค่าคงที่ 0.25 ซึ่งเสนอโดย
Hirulabh [9]. สำหรับการประมาณค่า T_f

ปริมาณความร้อนของอากาศที่อยู่ภายในตัว
เก็บรังสีสามารถหาได้จากสมการข้างล่าง

$$Q = \dot{m} c_p (T_0 - T_\infty) = \dot{m} c_p (T_f - T_\infty) / (1 - \varepsilon) \quad (17)$$

เมื่อ \dot{m} คืออัตราการไหลของอากาศร้อน
ภายในตัวเก็บรังสีหรืออัตราการไหลของอากาศร้อน
บริเวณทางเข้าปล่องลม

$$\dot{m} = \rho \cdot A_{ch} V_{ch} \quad (18)$$

เมื่อ ρ คือความหนาแน่นของอากาศบริเวณ
ทางเข้าปล่องลม, A_{ch} คือพื้นที่หน้าตัดของปล่อง
ลม, V_{ch} คือความเร็วลมภายในปล่องลม

สมการความเร็วลมภายในปล่องลมหาได้จาก
สมการข้างล่าง

$$V_{ch} = C_d \sqrt{2 \cdot g \cdot H_{ch} (T_0 - T_\infty) / T_\infty} \quad (19)$$

เมื่อ H_{ch} คือความสูงปล่องลม, m

C_d คือ coefficient of discharge (0.65-0.7)

ในทำนองเดียวกันกำลังไฟฟ้าทางทฤษฎีที่ได้
จากระบบของโรงไฟฟ้าปล่องลมแสงอาทิตย์สามารถ
หาได้ดังนี้

$$P = \frac{1}{2} \eta_g \eta_t \cdot \rho \cdot A_{ch} \cdot V_{ch}^3 \quad (20)$$

เมื่อ η_g คือประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิด
ไฟฟ้า

เมื่อ η_t คือประสิทธิภาพของกังหัน
สำหรับประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าปล่องลม
แสงอาทิตย์หาได้จากสมการข้างล่าง

$$\eta_{power-plant} \equiv \frac{P}{G \cdot A_{coll}} \quad (21)$$

กำลังไฟฟ้าที่วัดได้จริงจากเครื่องกำเนิด
สามารถหาได้จากสมการข้างล่าง

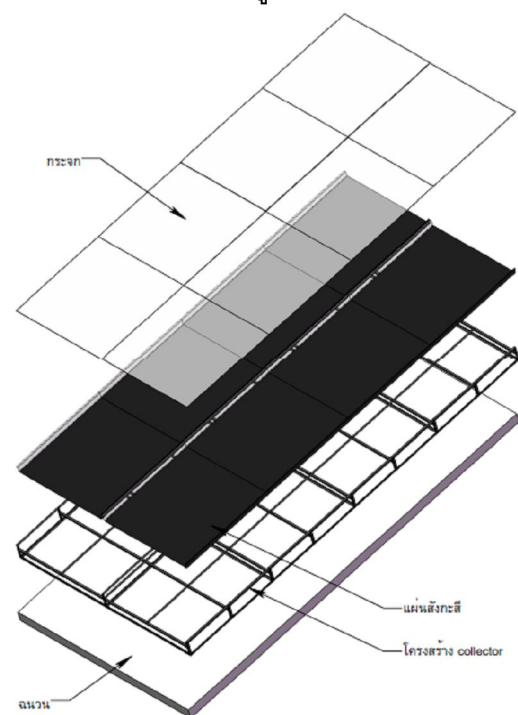
$$P_{exp} = I V_0 \quad (22)$$

I คือ กระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
 V_0 คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิด
ไฟฟ้า

4. ต้นแบบของโรงไฟฟ้าปล่องลมแสงอาทิตย์

4.1 ตัวเก็บรังสี (solar collector)

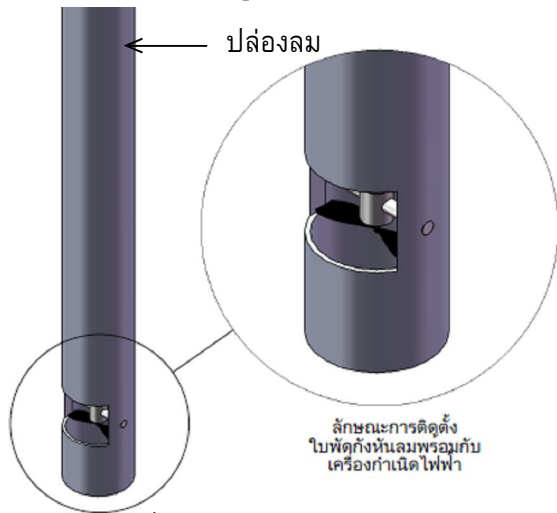
ทำหน้าที่เป็นตัวสร้างลมเทียมให้กับโรงไฟฟ้า
โดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์มาอุ่นอากาศภายใน
ตัวเก็บรังสีให้ร้อนขึ้นโครงสร้างโดยทั่วไปเป็นเหล็ก
ฉากขนาด 1"x1" มีพื้นที่รับแสงอาทิตย์ 5 x 2.5 m²
ภายในถูกบรรจุด้วยแผ่นดูดซับความร้อนและฉนวน
ความร้อน ส่วนด้านบนถูกปิดด้วยฝาครอบกระจกเพื่อ
ป้องกันไม่ให้ความร้อนของอากาศภายในตัวเก็บรังสี
รั่วไหลออกไปได้ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ส่วนประกอบตัวเก็บรังสี

4.2 ปล่องลม (chimney)

ภายในปล่องลมประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้มีการติดตั้งกั้นไว้กับแกนเพลลาของเครื่องกำเนิดเพื่อรับการถ่ายเทพลังงานจลน์จากการไหลของลมที่ออกจากตัวเก็บรังสีขึ้นไปยังปล่องลมเพื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังรูปที่ 4

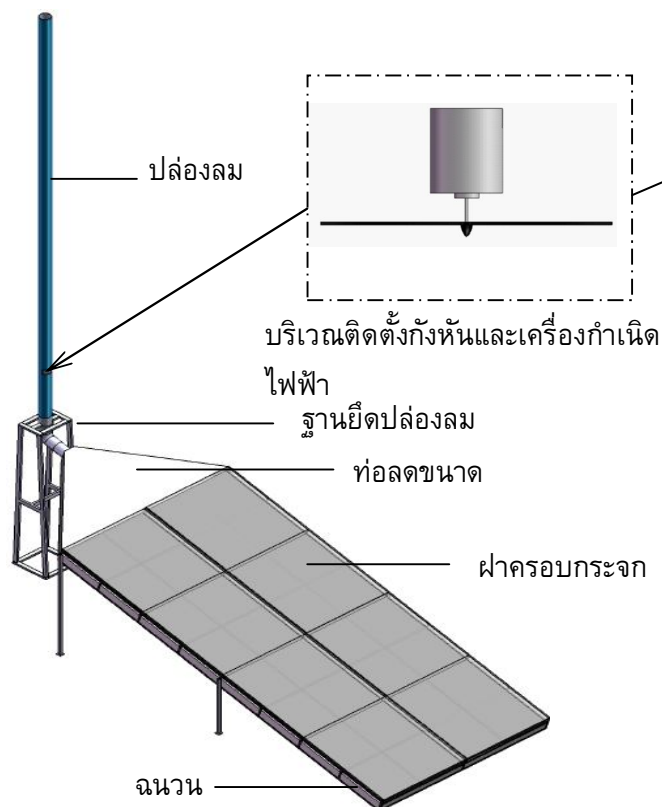


รูปที่ 4 ส่วนประกอบของปล่องลม



รูปที่ 6 ต้นแบบของโรงไฟฟ้าปล่องลมแสงอาทิตย์

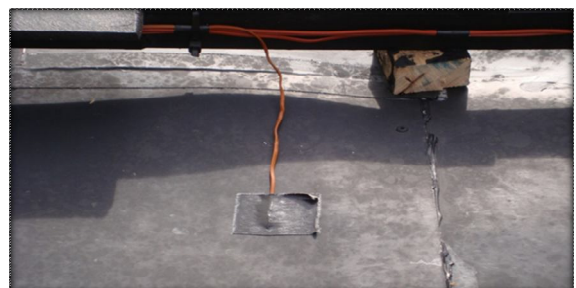
4.3 องค์ประกอบของโรงไฟฟ้าปล่องลมแสงอาทิตย์



รูปที่ 5 ส่วนประกอบต่างๆของโรงไฟฟ้าปล่องลมแสงอาทิตย์

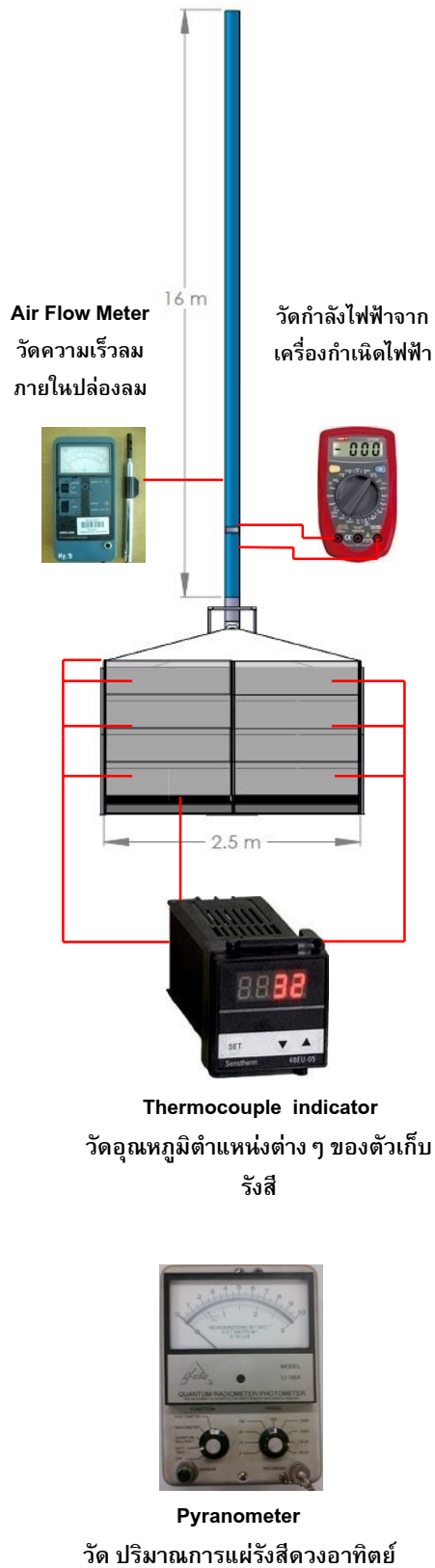


รูปที่ 7 ต้นแบบของโรงไฟฟ้าปล่องลมแสงอาทิตย์



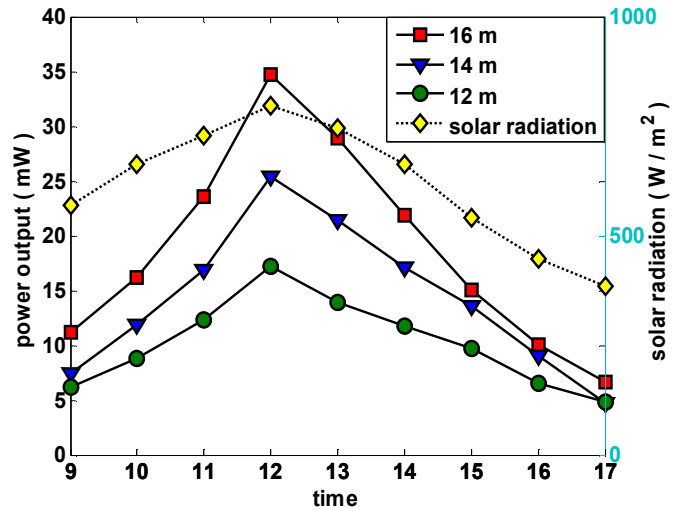
รูปที่ 8 การติดสายวัดอุณหภูมิที่แผ่นดูดซับความร้อน

4.4 เครื่องมือวัดในการทดลอง

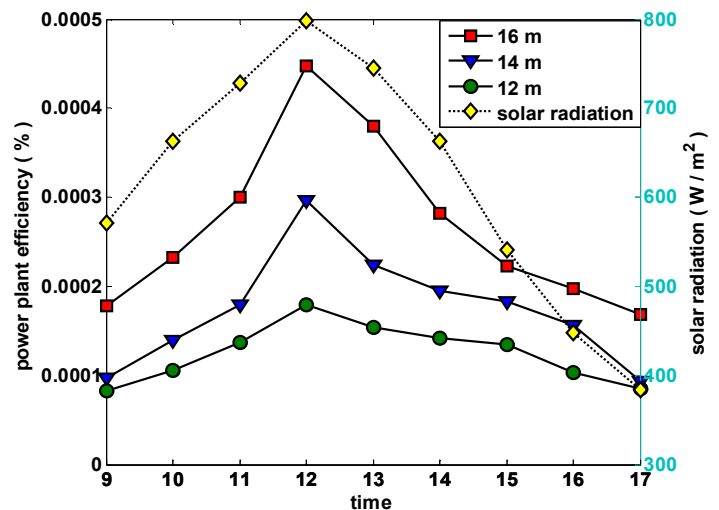


รูปที่ 9 เครื่องมือวัดในการทดลอง

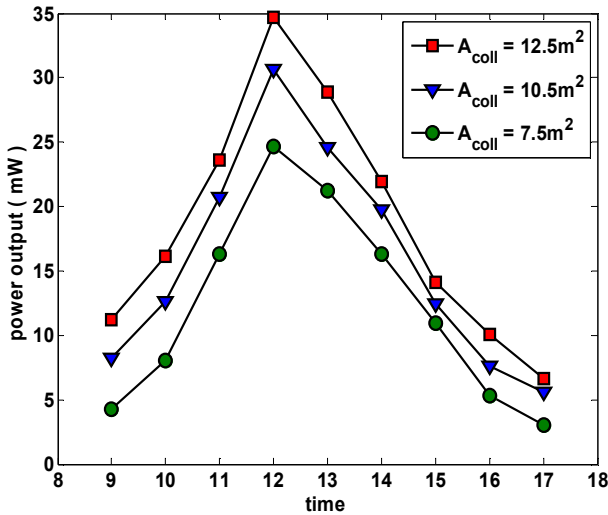
5. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล



รูปที่ 10 กำลังไฟฟ้าที่ความสูงปล่องลม 12, 14, 16 เมตร และการแผ่รังสีดวงอาทิตย์จากการทดลองในวันเฉลี่ย 1 สัปดาห์ต่อพื้นที่รับแสงตัวเก็บรังสี 12.5 m²



รูปที่ 11 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าที่ความสูงปล่องลม 12, 14, 16 เมตรและการแผ่รังสีดวงอาทิตย์จากการทดลองในวันเฉลี่ย 1 สัปดาห์ต่อพื้นที่รับแสงตัวเก็บรังสี 12.5 m²

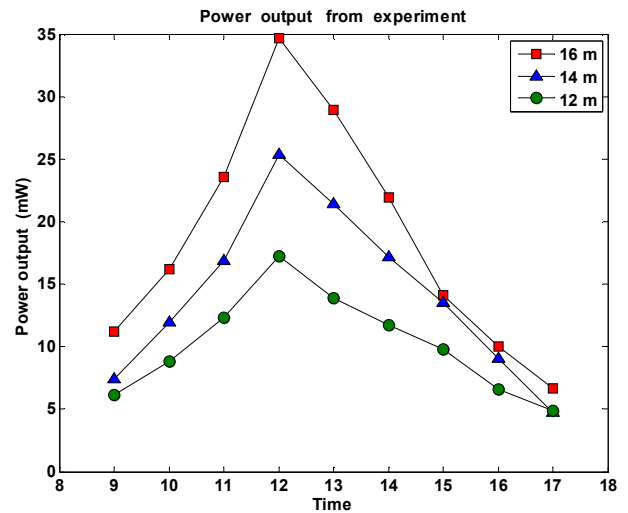


รูปที่ 12 กำลังไฟฟ้าจากการทดลองที่พื้นที่รับแสงตัวเก็บรังสี 12.5, 10.5, 7.5 m² ใน 1 วัน เฉลี่ย 1 สัปดาห์ ที่ต่อความสูงปล่องลม 16 เมตร

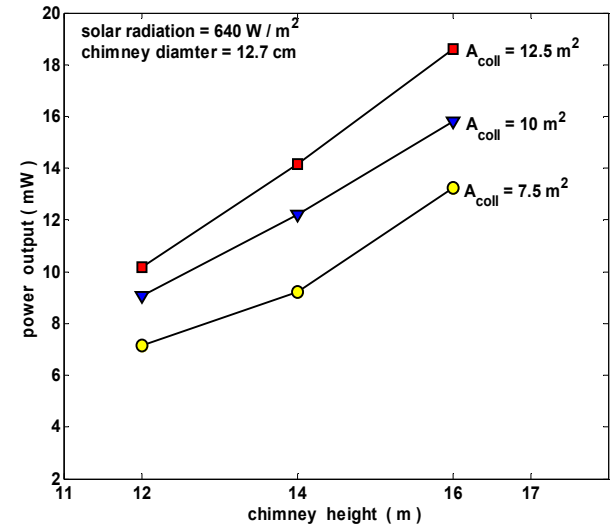
กำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพจากการทดลองที่ความสูงของปล่องลม 16, 14 และ 12 เมตร ขนาดพื้นที่รับแสงตัวเก็บรังสี 12.5 m² ในช่วงเวลา 9.00 - 17.00 น. พบว่ากำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าในแต่ละความสูงปล่องลมเป็นปฏิสัมพันธ์กับการแผ่รังสีดวงอาทิตย์เห็นได้อย่างชัดเจนในรูปที่ 10 และ 11 ที่ความสูงปล่องลม 16 เมตร มีกำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพมากที่สุด กำลังไฟฟ้ากับประสิทธิภาพที่แต่ละความสูงปล่องลมมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีปฏิสัมพันธ์ตามการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวันและกำลังไฟฟ้ากับประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าจะมีมากที่สุดในช่วงเวลา 12.00 น. เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่มีการแผ่รังสีดวงอาทิตย์มากที่สุด หลังจากเวลา 12.00 น. กำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพจะลดลงอย่างมีปฏิสัมพันธ์กับปริมาณการแผ่รังสีดวงอาทิตย์

นอกจากความสูงปล่องลมและปริมาณการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่มีผลต่อกำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้ายังพบว่าขนาดพื้นที่รับแสงของตัวเก็บรังสีมีผลต่อกำลังไฟฟ้าด้วยเช่นกันเมื่อเปรียบเทียบที่ความสูงปล่องลม 16 เมตร พบว่าตัวเก็บรังสีที่มีพื้นที่รับแสงมากกำลังไฟฟ้าจะมีมากขึ้นจากรูปที่ 12 พื้นที่รับ

แสง 12.5 m² มีกำลังไฟฟ้ามากกว่า 10.5 m² และ 7.5 m² เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละชั่วโมงต่อวัน



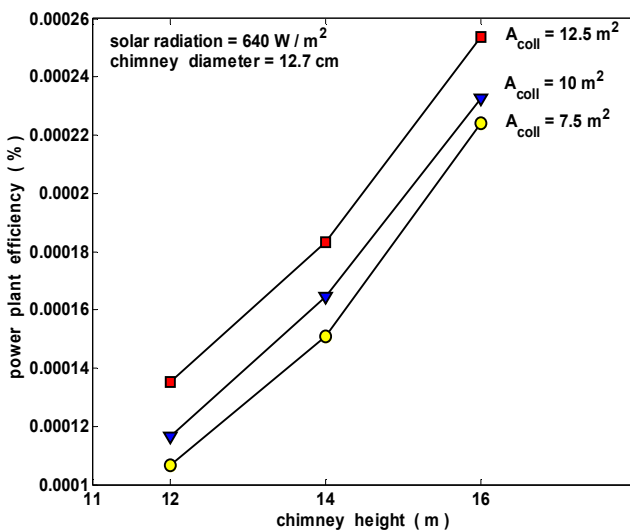
รูปที่ 13 กำลังไฟฟ้าจากการทดลองที่แต่ละความสูงปล่องลมที่ขนาดพื้นที่รับแสงตัวเก็บรังสี 12.5 m² ใน 1 วัน เฉลี่ย 1 สัปดาห์



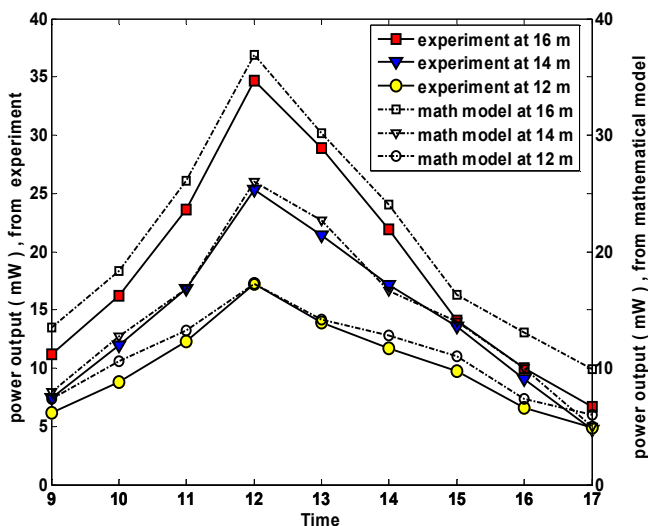
รูปที่ 14 กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองที่ความสูงของปล่องลม 12, 14 และ 16 m ที่ขนาดพื้นที่รับแสงตัวเก็บรังสี 7.5, 10 และ 12.5 m²

เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าในช่วงเวลา 9.00 - 17.00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่มีแสงแดดตลอดทั้งวันดังรูปที่ 13 กำลังไฟฟ้าที่แต่ละความสูงปล่องลมมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละชั่วโมงโดยพิจารณาที่พื้นที่รับแสงตัวเก็บรังสีขนาดเดียวกันที่ความสูงปล่องลม 16 เมตรจะมีกำลังไฟฟ้ามากที่สุด

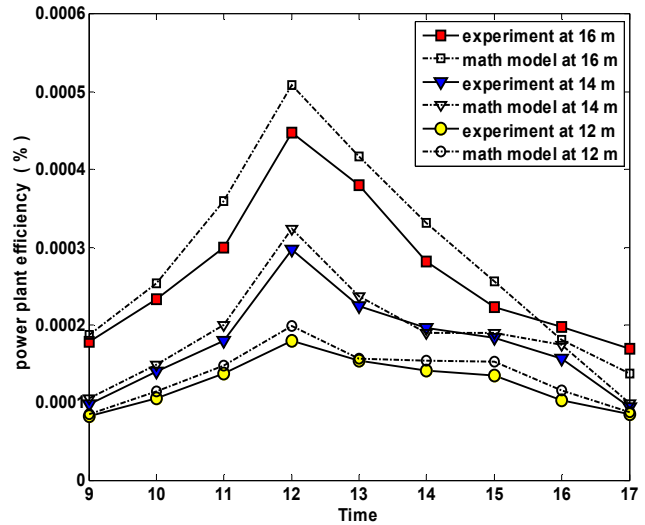
รูปที่ 14 แสดงให้เห็นว่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยจะแปรผันโดยตรงกับความสูงของปล่องลมและพื้นที่รับแสงตัวเก็บรังสีที่ความสูงปล่องลม 16 เมตร พื้นที่ตัวเก็บรังสี 12.5 m^2 ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุด 18.5 มิลลิวัตต์ เช่นเดียวกับประสิทธิภาพเฉลี่ยของโรงไฟฟ้า ประสิทธิภาพที่ได้จะเพิ่มขึ้นเมื่อความสูงของปล่องลมและพื้นที่รับแสงตัวเก็บรังสีเพิ่มขึ้นดังรูปที่ 15 มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ 0.000257 เปอร์เซ็นต์



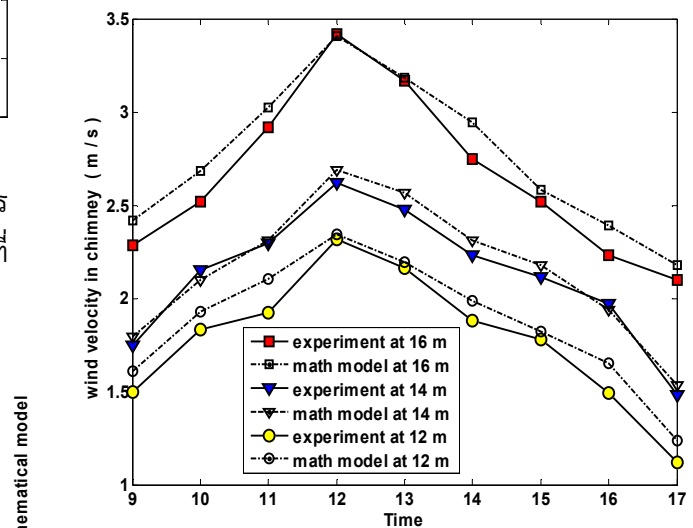
รูปที่ 15 ประสิทธิภาพเฉลี่ยของโรงไฟฟ้าจากการทดลองที่ความสูงของปล่องลม 12, 14 และ 16 m ที่พื้นที่รับแสงตัวเก็บรังสี $7.5, 10$ และ 12.5 m^2



รูปที่ 16 กำลังไฟฟ้าจริงจากการทดลองกับกำลังไฟฟ้าของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่ความสูงของปล่องลม 12, 14 และ 16 m, พื้นที่รับแสงตัวเก็บรังสี 12.5 m^2 ใน 1 วันเฉลี่ยใน 1 สัปดาห์



รูปที่ 17 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าจากการทดลองกับประสิทธิภาพของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ความสูงของปล่องลม 12, 14 และ 16 m, พื้นที่รับแสงตัวเก็บรังสี 12.5 m^2 ใน 1 วันเฉลี่ยใน 1 สัปดาห์



รูปที่ 18 ความเร็วลมในปล่องลมจากการทดลองกับความเร็วลมในปล่องลมของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ความสูงของปล่องลม 12, 14, 16 m, พื้นที่ตัวเก็บรังสี 12.5 m^2 ใน 1 วันเฉลี่ยใน 1 สัปดาห์

กำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพในแต่ละชั่วโมงที่ได้จากต้นแบบของโรงไฟฟ้าปล่องลมแสงอาทิตย์ดังรูปที่ 16 และ 17 ตามลำดับ ได้นำเอาผลจากการทดลองจริงที่แต่ละความสูงของปล่องลมมาเพื่อตรวจสอบกับผลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์พบว่าเส้นแนวโน้มจากการทดลองกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้

สอดคล้องกันเป็นอย่างดี ส่วนรูปที่18 เป็นความเร็วลมในปล่องลมจากการทดลองที่แต่ละความสูงของปล่องลมแสดงให้เห็นว่าความเร็วลมจะสูงสุดที่3.4 m/s ณเวลา12.00น. ที่ความสูงปล่องลม16 เมตรและผลการทดลองยังสอดคล้องกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นอย่างดีเช่นกัน

6. สรุปและข้อเสนอแนะ

โรงไฟฟ้าปล่องลมแสงอาทิตย์ต้นแบบขนาดเล็กได้ถูกสร้างขึ้นเพื่อศึกษาผลของตัวแปรที่มีต่อสมรรถนะของโรงไฟฟ้าดังกล่าวและเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยทำการทดลองในจังหวัดขอนแก่นสามารถสรุปผลลัพธ์จากการศึกษาเชิงทดลองของโรงไฟฟ้าปล่องลมแสงอาทิตย์ได้ดังนี้

1. ตัวแปรที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อกำลังไฟฟ้าที่ได้จากโรงไฟฟ้าปล่องลมแสงอาทิตย์คือ ความสูงปล่องลม,ขนาดของพื้นที่รับแสงตัวเก็บรังสี และการแผ่รังสีดวงอาทิตย์

2. ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าขึ้นอยู่กับความสูงปล่องลม,การแผ่รังสีดวงอาทิตย์และขนาดของพื้นที่รับแสงตัวเก็บรังสี

3. ต้นแบบโรงไฟฟ้าปล่องลมแสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้18.5มิลลิวัตต์และมีประสิทธิภาพ 0.000257 เปอร์เซนต์

4. ตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อการทำงานของโรงไฟฟ้าปล่องลมแสงอาทิตย์ทั้งในเชิงทฤษฎีและจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าผลการทดลองของต้นแบบโรงไฟฟ้าที่ได้สร้างขึ้นถูกต้องและสอดคล้องกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นอย่างดี

ข้อเสนอแนะ

1. ต้นแบบโรงไฟฟ้าปล่องลมแสงอาทิตย์ขนาดเล็กดังกล่าวเป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนาสร้างต้นแบบให้มีประสิทธิภาพให้มากยิ่งขึ้นเพื่อเป็นพื้นฐานเทคโนโลยีนี้ให้แก่ประเทศต่อไป

2. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีศักยภาพพอที่จะผลิตไฟฟ้าด้วยระบบปล่องลมแสงอาทิตย์เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่ไม่สูงมากนักวัสดุและอุปกรณ์ต่างๆสามารถสร้างและออกแบบได้เองภายในประเทศ

คำอธิบายสัญลักษณ์

Latin Symbol

A_{ch}	Cross-sectional area of solar chimney , m^2
A_{coll}	Solar collector area , m^2
c_p	Specific heat of air , $kJ / kg . ^\circ C$
g	Acceleration of gravity , m / s^2
G	Solar radiation, W / m^2
h_1	Convective heat transfer coefficient between cover and air inside collector , $W / m^2 . ^\circ C$
h_2	Convective heat transfer coefficient between absorber and air inside collector , $W / m^2 . ^\circ C$
h_a	Air heat transfer coefficient, $W / m^2 . ^\circ C$
h_{r21}	Radiation heat transfer coefficient between cover and absorber , $W / m^2 . ^\circ C$
h_{rs}	Radiation heat transfer to sky , $W / m^2 . ^\circ C$
h_w	Convective heat transfer coefficient do to wind , $W / m^2 . ^\circ C$
H_{ch}	Solar chimney height , m
I	electrical current from generator , mA
m^o	Air mass flow rate , kg / s
Q	Useful heat gain of air in the collector, kW
P	Electrical power output (theory) , mW
P_{exp}	Electrical power output from turbine generator , mW

T_∞	Ambient air temperature , $^{\circ}K$
T_0	Air temperature at collector outlet , $^{\circ}K$
T_1	Cover temperature , $^{\circ}K$
T_2	Absorber temperature, $^{\circ}K$
T_f	Air inside collector temperature , $^{\circ}K$
T_s	Sky temperature , $^{\circ}K$
V_0	Electrical voltage output from generator , V
V_{ch}	Air velocity at chimney inlet, m / s

Greek Symbol

η_g	Generator efficiency
η_t	Turbine efficiency
α_1	Cover absorptivity
α_2	Absorber absorptivity
ε_1	Cover emissivity
ε_2	Absorber emissivity
ρ	Air density , kg / m^3
σ	Stefan-Boltzmann constant , $W/m^2 .K^4$
τ_1	Cover transmittance
τ_a	Transmittance considering only absorption losses
τ_r	Transmittance of initially unpolarized radiation

เอกสารอ้างอิง

- [1] Boonsrang Direksataporn . (2008). Potential Study of solar chimney power plant in Northeastern regions of Thailand. Technology and Innovation for Sustainable Development Conference, pp. 25-33
- [2] Xinping Zhou , Jiakuan Yang , Bo Xiao , Guoxiang Hou, Fang Xing. (2007). Analysis of chimney height for solar chimney power plant, Applied Thermal Engineering, Vol. 29, pp.178-185.
- [3] Y.J.Dai , H.B.Huang , R.Z.Wang. (2005). Case study of solar chimney power plant in Northwestern regions of China. Renewable Energy, Vol.28, pp. 1295 –1304.
- [4] A. Luzzi, et. al. (1993) .Solar Chimney Power Plant for Australia, in Proceeding of a conference sponsored by the ASEAN Sub-Committee on Non-Conventional Energy Research, pp. 605-610.
- [5] L.B. Mullett. (1987).The solar chimney – overall efficiency design and performance, International Journal of Applied Energy, Vol. 8(1), pp.35-40.
- [6] M.M. Padki, S.A. Sherif. (1988). Fluid Dynamics of Solar Chimney, Presented at The Winter Annual Meeting of ASME, Chicago, Illinois, pp.43-46.
- [7] M.M. Padki, S.A. Sherif. (1989). Solar Chimney for Medium-to-Large Scale Power Generation, Proceedings of The Manila International Symposium on the Development and Management of Energy Resources, pp. 432-443.
- [8] M.M. Padki and S.A. Sherif. (1992) . A Mathematical Model for Solar Chimneys, Proceedings of the 1992 International Renewable Energy Conference, Vol.1, pp. 289-294.
- [9] Hirulabh, j.Kongduang, W.Namprakai , P. and Khedari N. (1998). Study of natural ventilation of house by metallic solar wall under tropical climate. Renewable Energy, Vol.18, pp.109-119.