

การวิจัยและพัฒนาระบบสูบน้ำด้วยพลังความร้อนจากแสงอาทิตย์

R & D of Flat Plate Solar Collectors for Solar Thermal Water Pumping System

พินิจ ศิริพฤกษ์พงษ์

สำนักงานวิจัยและพัฒนา การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย จังหวัดนนทบุรี 11130

โทร. 0-2436-4901 โทรสาร 0-2436-4991 E-mail : pinij.s@egat.co.th

Pinij Siripuekpong

Research and Development Office, Electricity Generating Authority of Thailand, Nonthaburi 11130, Thailand

Tel : 0-2436-4901 Fax 0-2436-4991 E-mail : pinij.s@egat.co.th

บทคัดย่อ

ปัญหาจากภัยแล้งในภาคการเกษตร และความต้องการใช้น้ำในชุมชนที่กระแสไฟฟ้าเข้าไม่ถึง ทำให้เกิดแนวคิดในการวิจัยและพัฒนาระบบสูบน้ำ ด้วยพลังความร้อนจากแสงอาทิตย์ เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการสูบน้ำ นอกเหนือจากระบบสูบน้ำ ด้วยพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบสูบน้ำจาก กังหันลม และระบบสูบน้ำด้วยเครื่องยนต์ การวิจัยและพัฒนาระบบสูบน้ำที่ออกแบบนี้ อาศัยการทำงานร่วมกันระหว่างแผงรับความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบขนาด 4 ตารางเมตร ร่วมกับ บั้มไดอะแฟรมถึงพัก ถึงจ่ายน้ำยา และระบบระบายความร้อน ซึ่งใช้สารไอโซเพนเทนเป็นสารทำงาน ระบบสูบน้ำนี้สามารถสูบน้ำขึ้นที่สูงได้ 6-10 เมตร ปริมาณน้ำเฉลี่ย 2,000-2,500 ลิตร/วัน ที่ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ 3.90-4.10 kWh/m²/Day การทำงานของระบบเป็นไปโดยอัตโนมัติ ไม่ต้องใช้ไฟฟ้ามาควบคุม จะอาศัยความดันและอุณหภูมิของสารทำงาน มาควบคุมการทำงาน ทำให้ระบบสูบน้ำนี้มีประสิทธิภาพสูง และทำงานได้โดยไม่ต้องอาศัยพลังงานอื่นใดนอกจากพลังงานแสงอาทิตย์

Abstract

To overcome the drought period in the agriculture section and the usage of water in the community where the electricity is not available, so we have made research and development the solar thermal water pumping system to be alternative besides the other systems such as PV, wind and gasoline engine for water pumping system. This system comprises of flat plate solar collectors 4 sq.m., supply tank, storage tank, diaphragm pump and condenser for cooling system that use isopentane as the working fluid. It can pump up 6-10 meters head and flowrate about 2,000-2,500 liters/day. Another advantage is that it can automatically operate, be controlled by pressure and temperature without electric power which can achieve energy conservation.

1. บทนำ

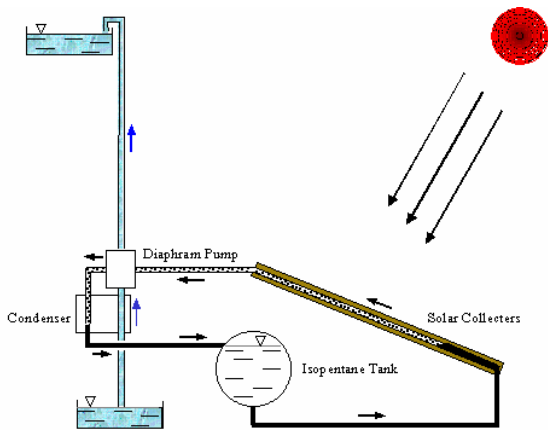
ระบบสูบน้ำเพื่อการเกษตรโดยทั่วไป จะทำการสูบน้ำไปเก็บในถังสูงเพื่อเก็บสำรองเอาไว้ใช้งาน การสูบน้ำไปเก็บในถังสูงนั้นจะต้องใช้ไฟฟ้าจ่ายไปที่บั้ม เพื่อขับเคลื่อนน้ำให้ขึ้นไปสู่ที่สูงได้ การจ่ายน้ำปริมาณมาก ๆ จะต้องใช้พลังงานไฟฟ้ามากตามไปด้วย ดังนั้นเมื่อมีความต้องการใช้ระบบสูบน้ำเพื่อการเกษตรในที่ห่างไกลชุมชนที่ไฟฟ้าเข้าไม่ถึง และมุ่งเน้นให้ระบบทำงานโดยอัตโนมัติ ไม่ต้องอาศัยไฟฟ้าจากภายนอก เช่นการนำพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อน มาใช้เพื่อการสูบน้ำโดยไม่ใช้พลังงานไฟฟ้าเลย ถือว่าเป็นระบบสูบน้ำอีกทางเลือกหนึ่งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งมีอยู่มากมายในประเทศ

การสูบน้ำในปัจจุบันมีการใช้พลังงานรูปแบบอื่น เช่นพลังงานลม ซึ่งต้องติดตั้งในพื้นที่จำกัดในบริเวณที่มีลมเท่านั้น แต่การพัฒนาระบบสูบน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ สามารถใช้งานได้ทั่วประเทศ ซึ่งการนำพลังงานแสงอาทิตย์ มาใช้ประโยชน์ในการสูบน้ำของงานวิจัยนี้ อาศัยความร้อนที่ผลิตได้จากแผงรับแสงอาทิตย์ มาถ่ายเทให้กับสารไอโซเพนเทน (C₅H₁₂) ที่มีจุดเดือดต่ำ (ประมาณ 27 °C ที่ความดันบรรยากาศ) เมื่อสารดังกล่าว ได้รับความร้อนในปริมาณที่ได้ออกแบบไว้จะเกิดการเดือดและขยายตัว ความดันที่เกิดขึ้นจากการขยายตัวนี้ จะถูกส่งผ่านไปยังบั้มไดอะแฟรม ทำให้บั้มไดอะแฟรมทำงาน น้ำจะถูกสูบน้ำขึ้นไปเก็บไว้ที่ถังเก็บน้ำด้านบน เพื่อนำน้ำไปใช้งานต่อไป

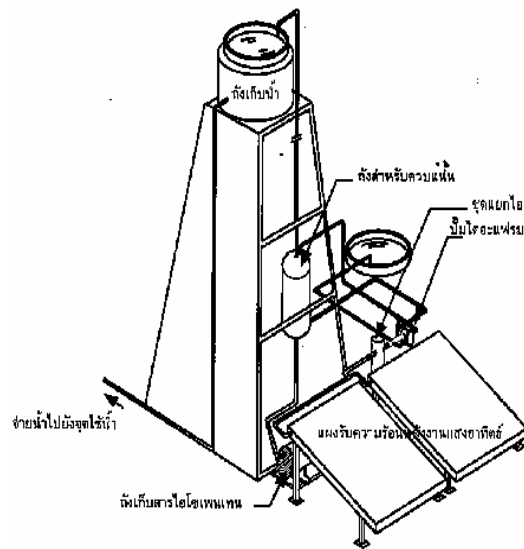
2. หลักการทำงานและส่วนประกอบของระบบ

ระบบสูบน้ำด้วยพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์นี้ ได้เลือกใช้สารไอโซเพนเทน เป็นสารทำงาน (Working fluid) ในการเปลี่ยนความร้อนจากแสงอาทิตย์ ให้เป็นแรงดันเพื่อใช้ขับบั้มในการสูบน้ำ ระบบนี้มีการทำงานตามรูปที่ 1 โดยเริ่มจากสารไอโซเพนเทนเหลว ซึ่งบรรจุอยู่ในถังเก็บขนาดประมาณ 100 ลิตร ส่วนหนึ่งของสารทำงานดังกล่าว จะไหลเข้าไปอยู่ในแผงรับความร้อนซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 4m² เมื่อแผงดังกล่าวได้รับ

ความร้อนจากดวงอาทิตย์จะทำให้สารไอโซเพนเทน เกิดการเดือดกลายเป็นไอที่ความดันสูงและมีปริมาตรมากขึ้น จากนั้นไอที่มีอุณหภูมิและความดันสูง จะถูกส่งผ่านระบบท่อที่ต่อไปยังปั๊มไดอะแฟรม ความดันดังกล่าวจะขับให้แผ่นไดอะแฟรมเคลื่อนที่ ทำให้เกิดการสูบน้ำขึ้นไปเก็บในถังที่สูงได้ จากนั้นสารไอโซเพนเทน ความดันต่ำจะไหลออกจากปั๊มไดอะแฟรม ผ่านไปเข้าชุดระบายความร้อน เพื่อควบแน่นไอของสารดังกล่าวให้เป็นของเหลวอีกครั้งหนึ่ง หลังจากนั้นของเหลวจะถูกส่งกลับมายังถังเก็บสารไอโซเพนเทน เพื่อนำมาต้มในรอบถัดไป ระบบดังกล่าวจะทำงานโดยอัตโนมัติ ตลอดเวลาที่มีแสงอาทิตย์ จนกระทั่งความเข้มแสงอาทิตย์ไม่เพียงพอ จึงหยุดทำงานเองโดยอัตโนมัติ



รูปที่ 1 ไดอะแฟรมการทำงานของระบบ

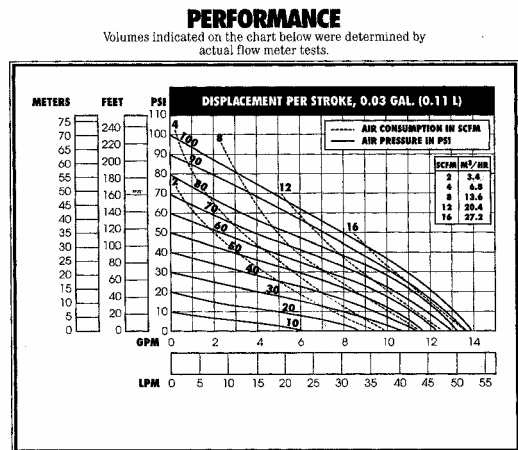


รูปที่ 2 ส่วนประกอบของระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้แผงความร้อน

3. การคำนวณที่ใช้ในการออกแบบระบบ

สิ่งที่เราต้องการคือปริมาณน้ำ และความสูงของน้ำที่ต้องการสูบน้ำขึ้นไปเก็บ โดยออกแบบอุปกรณ์ต่างๆตามรูปที่ 1 ให้มีความสัมพันธ์และเหมาะสม โดยขั้นตอนแรกจะต้องทดสอบหาความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ที่นำมาต่อรวม เช่น อุณหภูมิและความดันของสารไอโซเพนเทน ภายในแผงรับความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ปริมาณสารที่เดือดที่ความดันและอุณหภูมิต่างๆ ความดันที่เข้าและออกจากปั๊มน้ำ และอุณหภูมิที่ใช้สำหรับควบแน่น จากข้อมูลความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นในแง่ของการถ่ายเทความร้อน ที่อุปกรณ์ต่าง ๆ ของระบบ นำมาใช้ในการออกแบบขนาดของระบบสูบน้ำตามปริมาตร และความสูงของน้ำที่ต้องการต่อไป

สำหรับชุดทดสอบแบบแรก มีการออกแบบ ให้สูบน้ำขึ้นไปเก็บในถังสูงประมาณ 6 เมตร และมีปริมาณน้ำที่สูบน้ำได้ประมาณ 2,500 ลิตร/วัน การคำนวณออกแบบจะต้องทราบข้อกำหนดของปั๊มไดอะแฟรมก่อน ว่าจะต้องใช้สารตัวกลางที่ปริมาณและความดันเท่าไร โดยอาศัยกราฟของปั๊ม ดังรูปที่ 3



CAUTION: Do not exceed 125 psig (8.5 bars) air supply or liquid pressure.

รูปที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำ ความดันของอากาศ และระยะยกของน้ำ

ช่วงเวลาการทำงานของระบบสูบน้ำนี้ประมาณ 7 ชั่วโมง/วัน (9.00-16.00น.) โดยมีอัตราการไหลเฉลี่ยของน้ำ ประมาณ 6 ลิตร/นาที่ จากรูปที่ 3 เป็น Spec. ของปั๊มลมที่นำมาติดตั้งเพื่อหาอัตราการไหลของน้ำดังกล่าว โดยสมมุติให้อากาศที่ไหลผ่านปั๊มไดอะแฟรมมีความดัน 30 psig จากกราฟได้แสดงว่าปั๊มน้ำสามารถขับดันน้ำขึ้นไปได้สูงกว่า 15 เมตร โดยใช้อากาศเป็นตัวกลางในการขับดันน้ำ แต่ในการทดสอบระบบจริงจะใช้สารไอโซเพนเทน ซึ่งมีคุณสมบัติต่างจากอากาศ โดยสารชนิดนี้มีจุดเดือดต่ำกว่าอุณหภูมิบรรยากาศ ดังนั้นจึงต้องกำหนดสภาวะของไอโซเพนเทนในแผงรับความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

สภาวะ 1: ที่ 27 °C ความดัน 0 psig จะได้ค่า $h_f = 146.178$ kJ/kg., $V = 608.722$ kg/m³ (ของเหลว)

สภาวะ 2: ที่ 63.89 °C ความดัน 30 psig จะได้ค่า
 $h_g = 544.633$ kJ/kg., $V = 8.746$ kg/m³ (ก๊าซ)

จากกราฟแสดงประสิทธิภาพของปั๊ม ที่อัตราการสูบของน้ำดังกล่าว จะใช้อัตราการไหลของอากาศที่ขับปั๊มประมาณ 0.85 m³/hr แต่สารทำงานในที่นี้ใช้สารไอโซเพนเทน ที่สภาวะ 2 ที่ความดัน 30 psig และอุณหภูมิ 63.89 °C จะต้องใช้ปริมาตรสารทำงานเท่ากับปริมาตรของอากาศ คือ 0.85 m³/hr (0.236L/s)

$T_1 = 63.89$ °C (147 F, 44.696 Psia) จะได้ค่า
 $h_g = 544.633$ kJ/kg., $V = 8.746$ kg/m³ (ก๊าซ)

ที่สภาวะนี้ จะมีอัตราการไหลของมวลสารไอโซเพนเทน เป็น
 $= 8.746 * 0.85$ kg/hr
 $= 7.434$ kg/hr
 $\dot{m} = 0.00206$ kg/s

ดังนั้นพลังงานที่สารไอโซเพนเทนต้องใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปสู่สถานะของก๊าซ สามารถคำนวณได้จาก

$$Q_{\text{require}} = \dot{m} \Delta h \quad (1)$$

$$= 0.00206 * (544.633 - 146.178)$$

$$= 0.821 \text{ kW}$$

ให้ความเข้มแสงแดดที่ผ่านกระจกตกลงบนแผงเฉลี่ยเท่ากับ 640 W/m² ขนาด 4 m² ให้แผงมีค่า absorptance = 0.92 ดังนั้น พลังงานที่ได้รับ

$$Q_{\text{receive}} = 640 * 4 * 0.92 / 1000$$

$$= 2.355 \text{ kW}$$

พิจารณาค่าความสูญเสียความร้อนที่แผง 40%
 $= 0.4 * 2.355$
 $= 0.942 \text{ kW}$

ดังนั้น จะมีพลังงานความร้อนที่สารทำงานได้รับ
 $= 2.355 - 0.942$
 $= 1.413 \text{ kW}$

ค่าพลังงานความร้อนที่สารทำงานได้รับ จะเป็นค่าเฉลี่ยของแสงแดดที่ 800 W/m² (ผ่านกระจกเป็น 640 W/m²) ซึ่งเป็นค่าที่มากกว่าค่าความร้อนที่สารทำงานใช้ในการระเหยตัวจาก สภาวะที่ 1 ไปสภาวะที่ 2 เนื่องจากในการทำงานจริง ความร้อนส่วนหนึ่งจะใช้อุ่นสารทำงานในถังเก็บ ดังนั้นในการทดสอบเบื้องต้นจึงใช้พื้นที่ของแผงรับความร้อนขนาด 4 m²

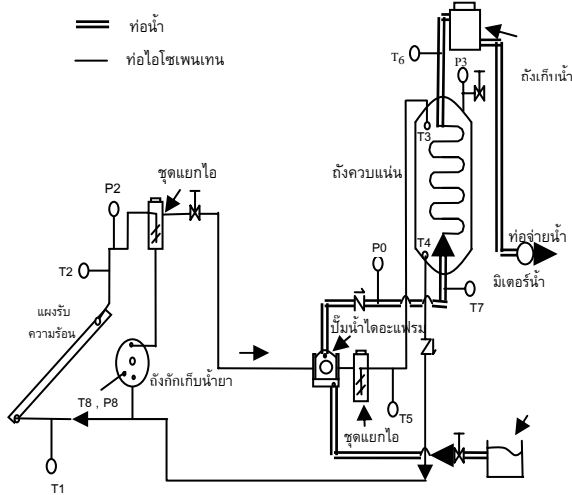
ได้ออกแบบปริมาณสารทำงาน ให้สามารถใช้งานได้ตลอดวันประมาณ 100 ลิตร และบรรจุไว้ในถังกักเก็บ เนื่องจากการเดือดเป็นไอของสารทำงาน ที่แผงรับความร้อน จะมีความดันและขยายตัวไหลผ่านเข้าปั๊มไดอะแฟรม ซึ่งมีวาล์วปิดเปิดสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของแผ่นไดอะแฟรม เมื่อสารทำงานไหลออกจากปั๊มจะมีความดันต่ำ และไปควบแน่นที่ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำที่ได้จากการปั๊ม ได้ของเหลวเก็บอยู่ในถังควบแน่น ซึ่งได้ออกแบบให้ถังควบแน่น สามารถเก็บสารทำงานเหลวได้ประมาณ 100 ลิตร เพราะในขณะทำงานความดันในถังควบแน่นจะมีความดันต่ำกว่าความดันในถังกักเก็บจึงไม่สามารถไหลเข้าไปได้ ต้องรอการปรับอุณหภูมิในตอนกลางคืนก่อน

4. วิธีการทดลอง

ได้ทำการประกอบอุปกรณ์ตามที่ออกแบบไว้ โดยวัสดุที่ใช้จะเน้นวัสดุที่มีอยู่ในท้องตลาด เช่น ขาดังเหล็ก ถังเก็บน้ำรวมทั้งระบบท่อต่างๆ ส่วนปั๊มไดอะแฟรมที่ใช้สูบน้ำเป็นอุปกรณ์ที่มีขายในประเทศ (นำเข้าจากต่างประเทศ) เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่ง่ายและนำมาใช้งานได้สะดวก สำหรับงานวิจัยในเมืองต้น เพื่อหาความเป็นไปได้ในการสูบน้ำด้วยแผงรับความร้อน รวมทั้งประสิทธิภาพที่ได้ของระบบสูบน้ำนี้ ในส่วนของ การประกอบชุดอุปกรณ์ ต้องมีความระมัดระวังในช่วงข้อต่อต่างๆ เพื่อป้องกันการรั่วซึมของสารทำงาน และในช่วงการเติมสารทำงานเข้าไปในระบบ ต้องทำการดูดความชื้น หรือเขมาควินต่าง ๆ ที่เกิดจากการเชื่อมท่อด้วยปั๊มสุญญากาศ เมื่อความดันในระบบเป็นสุญญากาศ จึงสามารถเติมสารทำงานเข้าไปในระบบได้ โดยเติมสารทำงานเข้าสู่ถังกักเก็บประมาณ 100 ลิตร การเติมสารทำงานควรเติมให้แล้วเสร็จในช่วงเช้า หรือในช่วงที่แสงแดดอ่อนในตอนเย็น เพื่อลดอันตรายจากการเดือดและความดันที่เกิดขึ้นในขณะที่เติมสารทำงาน ผลการทดลอง ปั๊มน้ำจะเริ่มทำงานเมื่อเวลา 9.00 น. และสิ้นสุดเวลา 16.30 น. ซึ่งเป็นเวลาที่แสงแดดอ่อน ไม่สามารถปั๊มน้ำได้อีก ในช่วงเช้า ความร้อนที่ได้รับจากแผงจะน้อย ทำให้สารทำงานเดือดไม่เพียงพอ (มีของเหลวปนอยู่) จึงได้ติดตั้งถังแยกไอเพิ่มเติม เพื่อป้องกันความเสียหายที่เกิดกับปั๊มไดอะแฟรม และช่วยให้การทำงานของปั๊มมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ในการทดลองได้จัดค่าอุณหภูมิ ความดัน ตามจุดวัดต่าง ๆ ที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4 พร้อมทั้งอัตราการไหลของสารทำงานในระบบ และอัตราการไหลของน้ำที่ไหลไปสู่ถังกักเก็บที่ความสูง 6 เมตร โดยข้อมูลที่ได้จะใช้คำนวณหาพลังงานที่เกิดขึ้นในจุดต่างๆ เพื่อหาค่าสมดุลพลังงานที่เกิดขึ้นจริงในการทำงานของปั๊มน้ำ

ตารางที่ 1 แสดงตัวอย่างข้อมูลต้นแบบเครื่องปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ทำการทดลองในวันที่ 28 เมษายน 2546

เวลา	Solar Radiation W/m ²	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	P0	P2	P3	P8	H1	Water meter
9:00	328.0	27.20	50.30	30.90	30.50	29.30	28.00	25.00	28.00	0.80	1.20	0.10	1.20	0.0	0
9:30	435.8	27.70	63.80	31.20	31.90	31.60	30.00	28.00	32.00	0.80	1.50	0.20	1.40	0.0	197
10:00	543.7	29.30	61.50	37.00	32.20	31.20	32.00	30.00	34.00	0.80	1.60	0.20	1.40	0.0	298
10:30	640.4	27.70	79.70	47.10	31.90	31.90	34.00	32.00	38.00	0.80	1.80	0.40	1.70	3.0	515
11:00	737.0	28.10	87.50	54.10	33.50	34.10	36.00	34.00	44.00	0.80	1.90	0.50	1.80	8.0	731
11:30	797.5	28.60	91.30	56.40	29.90	34.30	36.00	34.00	52.00	0.80	1.90	0.50	1.80	11.0	888
12:00	858.0	29.30	94.60	59.10	33.50	36.30	36.00	36.00	54.00	0.80	2.00	0.50	1.90	14.0	1059
12:30	868.5	30.2	97.1	61.8	36.0	38.4	38.0	36.0	56.0	0.9	2.1	0.6	2.0	18.0	1293
13:00	879.0	32.0	98.1	56.2	29.9	38.2	38.0	34.0	56.0	1	2.1	0.6	1.9	21.0	1490
13:30	907.5	33.1	89.3	57.0	34.5	38.0	38.0	36.0	54.0	1	2.0	0.6	1.9	24.0	1659
14:00	936.0	35.2	92.3	57.9	36.8	39.1	40.0	38.0	56.0	1	2.1	0.7	2.0	27.5	1838
14:30	826.0	37.0	77.0	51.9	36.7	37.5	40.0	38.0	52.0	1	2.0	0.7	1.9	30.0	2006
15:00	716.0	38.3	81.2	50.8	37.9	38.9	40.0	38.0	54.0	1	2.1	0.8	1.9	32.0	2134
15:30	445.6	37.9	62.4	42.4	33.6	33.8	40.0	38.0	52.0	0.7	2.1	0.8	1.8	34.0	2244
16:00	175.3	37.9	58.4	42.2	33.8	34.2	40.0	38.0	52.0	0.5	1.9	0.8	1.8	35.0	2272
16:30		41.6	55.5	38.2	34.1	34.1	40.0	36.0	50.0	0.5	1.8	0.8	1.6	35.5	2298

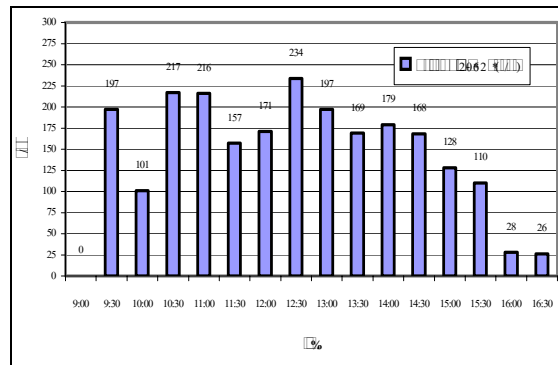


รูปที่ 4 รูปแบบการทำงานของระบบสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

5. ผลการทดลอง

การทดลองได้ทดลองในช่วงเดือน เมษายน - พฤษภาคม 2546 ผลการทดลองได้เลือกตัวอย่าง ข้อมูลดิบที่จัดบันทึกไว้ของวันที่ 28 เมษายน 2546

- T1 = อุณหภูมิของสารเหลวที่เข้าแผงรับความร้อน (°C)
- T2 = อุณหภูมิของก๊าซที่ไหลออกจากแผงฯ (°C)
- T3 = อุณหภูมิของก๊าซที่ไหลเข้าถังควบคุม (°C)
- T4 = อุณหภูมิของเหลวที่ไหลออกจากถังควบคุม (°C)
- T5 = อุณหภูมิของก๊าซที่ไหลออกจากบีม (°C)
- T6 = อุณหภูมิของน้ำที่ออกจากถังควบคุม (°C)
- T7 = อุณหภูมิของน้ำที่ไหลเข้าถังควบคุม (°C)
- T8 = อุณหภูมิภายในถังกักเก็บ (°C)
- T_{amb} = อุณหภูมิอากาศภายนอก (°C)
- P0 = ความดันของน้ำไหลออกจากบีมไดอะแฟรม (bar.)
- P2 = ความดันของก๊าซที่ไหลออกจากแผงฯ (bar.)
- P3 = ความดันของก๊าซที่ไหลเข้าถังควบคุม (bar.)
- P8 = ความดันภายในถังกักเก็บ (bar.)
- H1 = ระดับความสูงของสารทำงานที่กลั่นตัวภายในถังควบคุม (cm.)



รูปที่ 5 ปริมาณน้ำที่สูบได้ต่อครึ่งชั่วโมงในรอบวัน

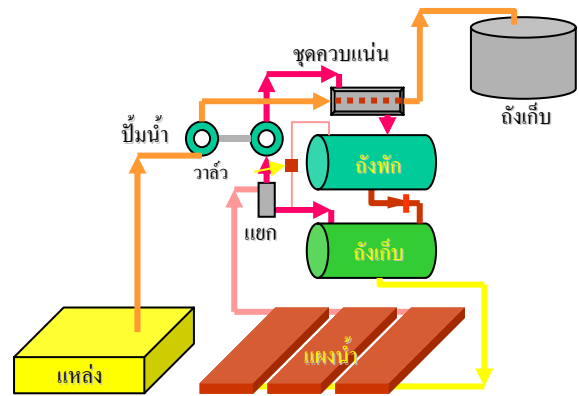
จากข้อมูลดิบที่ได้ สามารถคำนวณค่าพลังงานที่สารทำงานได้รับแสดงผลในรูปของค่าเอนทาลปีและประสิทธิภาพการผลิตไอของสารทำงานในแผงรับความร้อน ประสิทธิภาพทางความร้อนของระบบฯ จะอยู่ในช่วง 0.21-0.25% (คิดจากค่าพลังงานในการยกน้ำขึ้นที่สูงต่อค่าพลังงานงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบ)

6. สรุปผลการใช้งาน

ระบบสูบน้ำด้วยพลังความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้ออกแบบโดยใช้สารไอโซเพนเทนเป็นสารทำงาน การใช้งานในเบื้องต้นได้ผลเป็นที่น่าพอใจอย่างยิ่ง เนื่องจากสารดังกล่าวทำงานได้ดีตามที่คาดการณ์ไว้ทั้งปริมาณไอที่ผลิตได้ อุณหภูมิและความดันที่ต้องการจะสอดคล้องกับความสูงของน้ำที่ต้องการปั๊มขึ้นไปเก็บระบบดังกล่าวสามารถทำงานได้ ในช่วงเวลา 9.00 – 16.30 น. และได้ปริมาณน้ำในถังกักเก็บที่ระยะสูง 6 m. ประมาณ 2,298 ลิตรต่อวัน โดยมีอัตราการไหลเฉลี่ย ประมาณ 5.41 liter/min

ตามผลการทดลองวันที่ 28 เมษายน 2546 และวันที่ 29 พฤษภาคม 2546 จะได้ปริมาณน้ำที่สูบขึ้นไปเก็บได้ประมาณ 2,500 ลิตรต่อวัน

น้ำที่เก็บไว้ในถังสูงจะนำไปใช้ประโยชน์ในการเกษตรหรือนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน โดยปริมาณน้ำที่สูบได้นี้จะสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันสำหรับครัวเรือนได้อย่างเพียงพอ หรือนำไปใช้เพื่อการเกษตรในระบบน้ำหยด ซึ่งจะเหมาะสำหรับพืชผักบางชนิดที่ไม่ต้องการให้น้ำสัมผัสใบ ลำต้น และส่วนอื่น ๆ ของต้นพืชเพื่อหลีกเลี่ยงการเข้าทำลายของเชื้อราและแบคทีเรีย ระบบน้ำหยดเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูง ประหยัดน้ำและควบคุมวัชพืชได้ง่าย เช่น การปลูกคะน้าในแปลงทดลองของนักเรียนภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช จากผลการทดลองสรุปว่า ระบบดังกล่าวจะใช้น้ำหยดในอัตราการใช้ของน้ำ 4 ลิตรต่อวันต่อต้น ดังนั้นถ้าใช้ปั้มน้ำแบบนี้จะสามารถปลูกคะน้าได้ประมาณ 550 ต้น/ชุด



รูปที่ 6 ใตอะแกรมการทำงานของระบบปั้มน้ำที่ได้พัฒนาแล้ว

7. ภาคผนวก



รูปที่ 7 ชุดประกอบระบบปั้มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบแรก
โดยใช้สารไอโซเพนเทน



รูปที่ 8 ชุดประกอบระบบปั้มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่สอง
โดยใช้สารไอโซเพนเทน