Title : Hybrid Water Pumping System for Natural Water Resources

Author : Taweesak Taweewithyakarn

Program : Community Economy and Technology Development

Thesis Advisors : Dr.Worajit Setthapun Main Advisor

: Dr. Jiratkwin Rakwichian Co-Advisor

: Assistant Prof. Dr.Wirachai Roynarin Co-Advisor

ABSTRACT

The main goal of this thesis was to develop the model of appropriate water pumping system model for natural water resources in Northern Thailand. The parameters of the water pump were experimented in the laboratory and the results were used in the design of the prototype water resource such as waterfall and stream. The prototype waterfall had 2-5 m level and the prototype stream had 1 m width, 1 m depth and 10 m length. The water flow could be controlled in the range of 100 – 200 L/min flowrate and 0.5-1.5 m/s velocity. Three types of natural water pumping systems were evaluated with the prototype water resources. Hydraulic Ram Pump (H.R.P.) was tested with prototype waterfall. The Water Wheel Pump (W.W.P.) was tested with the prototype stream. Lastly, the Hybrid Water Pump (H.W.P.) was evaluated with both prototype water resources. The pump performances were determined as Volume flow or Discharge, Delivery head and Mechanical Efficiency. In addition, the economic analysis was performed on all the natural pump systems compared with the conventional electric pump.

The laboratory experiment revealed that the H.R.P. could pump in the range of 8-19 L/min and resulted in mechanical efficiency increase up to 10%. However, with increased in discharge for W.W.P. the mechanical efficiency reduced to about 8%. H.R.P. at 25.4 mm and W.W.P with diameter 2 m could provide similar water discharge volume at 8-19 L/min and delivery head of 2-10 m with mechanical efficiency of 8-9%. The difference in performance was the result from the various operating condition. Therefore, combination of both pump systems with the

appropriate operating condition could provide the optimal pump performance with maximum discharge, delivery head and mechanical efficiency.

The overall performance of H.R.P.,W.W.P. and H.W.P. evaluated with the prototype waterfall and stream resulted in the delivery head of 3-13 m. In addition, the discharge volumes were in the range of 13-1, 14-10, and 27-12 L/min with mechanical efficiency of 3-11, 9-15, and 10-26%, respectively. The inlet flowrate had little effect on the H.R.P. because higher inlet flowrate resulted in higher water loss without discharge increase. However, if the inlet flowrate was less than 100 L/min, the H.R.P. would not be able to pump water. This was due to H.R.P. required enough impact energy to operate. So when the supply head increased from 2 to 5 m, the discharge and delivery head also increased significantly. For the W.W.P. the supply head of the waterfall did not affect the performance of the pump. Appropriate inlet flowrate of 100-200 L/min resulted in sufficient velocity to directly drive the W.W.P. This was due to W.W.P. requires the energy from water velocity to turn the turbine. The appropriate operating velocity were 0.5 – 1.5 m/s to yield discharge of 10-14 L/min which was higher than H.R.P. at 1-13 L/min. Greater velocity than 1.5 m/s could not provide higher discharge or delivery head. The overall performance of H.W.P. was the combination of the performance from H.R.P. and W.W.P. The waste water from the H.R.P. would be reuse for the W.W.P. The natural water could then be fully utilized. The example of the maximum performance for H.W.P. at the condition of inlet 200 L/min and velocity of 1.5 m/s, supply head at 2-5 m provided delivery head at 3-13 m and discharge of 22-27 L/min which were the combined result of individual H.R.P. and W.W.P.

The economic comparison between the 3 natural pumping systems and electric pump (1hp) was compared at delivery head of 10 m and 25.4 mm delivery pipe. When considering the total cost for investment, operation and maintenance of 10-year operation, the electric pump cost (93,794 baht) was approximately 3 times higher than the H.W.P. total cost (31,830 baht). However, the electric pump had lower investment cost comparable to H.R.P. at approximately 4,600 baht. The W.W.P. and H.W.P. investment cost were 7,810 and 12,410 baht, respectively, which were about 2-3 times higher than the electric pump. Therefore, even though the investment cost for electric pump was lower, however, in the long run the electricity price for the

electric pump was the significant cost in operation. The payback period for the investment cost of H.R.P., W.W.P., and H.W.P. were 0.5, 0.75, and 1.5 years, respectively when the annual electricity cost of the electric pump was the reference. However, the mechanical efficiency for electric pump at 60-80% range was significantly higher than the H.W.P. efficiency at 10-26%. Even with low efficiency, the H.W.P. could be used in the remote area without electricity access. The natural water pumps could be operated continuously unlike the electric pump. For farming, the water storage could be pump at any time without the rush as long as there was enough water for the farm. Therefore, the water did not need to be pump at the fast speed with the high efficient electric pump. H.W.P. also used clean energy from nature so the natural pump system could be used in other applications such as maintaining the watershed, creating moisture in the forest, preventing forest fire, and treating air and waste water, etc.

Keywords: Hydraulic Ram Pump, Water Wheel Pump Hybric Water Pump, Mechanical efficiency

หัวข้อวิทยานิพนธ์ : ระบบสูบน้ำแบบผสมผสานสำหรับแหล่งน้ำธรรมชาติ

ชื่อผู้วิจัย : นายทวีศักดิ์ ทวีวิทยาการ

สาขาวิชา : พลังงานชุมชนและสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

อาจารย์ ดร.วรจิตต์ เศรษฐพรรค์	อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
อาจารย์ ดร.จิรัสกวินท์ รักษ์วิเชียร	อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรชัย โรยนรินทร์	อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาต้นแบบระบบสูบน้ำที่เหมาะสมกับแหล่งน้ำตามธรรมชาติในเขตภาคเหนือประเทศไทย งานวิจัยนี้ได้ศึกษาตัวแปรเครื่องสูบน้ำซึ่งจัดทดลองขึ้นในห้องทดลอง จากนั้นนำผลมาใช้ในการออกแบบสร้างแหล่งน้ำเสมือนธรรมชาติได้แก่ น้ำตกและลำธาร โดยสร้างน้ำตกมีความสูงเป็นชั้น ๆ 2-5 เมตร และ ร่องลำธาร มีขนาดกว้าง 1 เมตร ลึก 1 เมตร ยาวประมาณ 10 เมตร จากน้ำตกลงมา จัดทำให้น้ำไหลลงมา 100-200 ลิตรต่อนาที ความเร็วกระแสน้ำในลำธาร 0.5-1.5 เมตรต่อวินาที ในการทดลองได้ติดตั้งเครื่องสูบน้ำ 3 แบบ คือแบบแรก ติดตั้งเครื่องสูบน้ำตะบันน้ำ (Hydraulic Ram Pump, H.R.P.) กับแหล่งน้ำตก และแบบที่สองติดตั้งเครื่องสูบแบบกังหันสูบน้ำ (Water Wheel Pump, W.W.P.) ในร่องลำธาร สำหรับแบบสุดท้ายเป็นระบบเครื่องสูบ ที่ทำงานผสมผสานร่วมกันของเครื่องสูบทั้งสองแบบซึ่งเรียกว่า เครื่องสูบแบบผสมผสาน (Hybrid Water Pump, H.W.P.) การทดลอง มุ่งเน้นการหาค่าสมรรถนะในด้านเกี่ยวกับ ปริมาณน้ำที่สูบส่ง (Q) และความสูงของน้ำ (H) ที่สามารถส่งขึ้นไปได้และประสิทธิภาพเชิงกลของเครื่องสูบ รวมทั้งนำมาวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์โดยการเปรียบเทียบระบบเครื่องสูบน้ำพลังงานจากธรรมชาติกับเครื่องสูบที่ใช้พลังงานไฟฟ้า

การทดลองพบว่า ผลจากห้องทดลองเครื่องสูบน้ำตะบันน้ำ เมื่อมีปริมาณน้ำเพิ่มมากขึ้นจาก 8-19 ลิตรต่อนาที ประสิทธิภาพเชิงกล จะเพิ่มขึ้นถึงประมาณร้อยละ 10 แต่เครื่องสูบแบบกังหันน้ำ เมื่อได้ปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพกลับลดลงอยู่ที่ประมาณร้อยละ 8 พิจารณา H.R.P. ขนาด 25.4 มิลลิเมตร และ W.W.P มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกังหัน 2 เมตร สามารถทำปริมาณน้ำได้

ใกล้เคียงกันที่ 8-19 ลิตรต่อนาทีและสูบส่งน้ำขึ้นไปได้สูงประมาณ 2-10 เมตร ประสิทธิภาพเชิงกลที่ร้อยละ 8-9 เช่นเดียวกัน แสดงว่าเครื่องสูบทั้งสองดังกล่าวมีข้อแตกต่างในสมรรถนะ ด้านปริมาณและความสูงของน้ำที่สามารถทำได้ ดังนั้นจากการทำงานที่จะให้เครื่องสูบน้ำ มีปริมาณน้ำ ความสูงที่ส่งได้ และประสิทธิภาพเชิงกล ที่มากขึ้น จึงนำเครื่องสูบทั้งสองมาทำงานร่วมกันเรียกว่า เครื่องสูบน้ำแบบผสมผสาน ผลทดลองของสมรรถนะของเครื่องสูบพลังงานธรรมชาติทั้งหมดคือแบบ H.R.P. W.W.P. และ H.W.P. ที่ติดตั้งในแหล่งน้ำเสมือนธรรมชาติน้ำตกและลำธาร สามารถสูบส่งน้ำขึ้นไปในช่วงความสูงที่ 3-13 เมตร ได้เท่ากัน มีค่าปริมาณน้ำคือ 13-1 14-10 และ 27-12 ลิตรต่อนาที และมีประสิทธิภาพเชิงกล ร้อยละ 3-11 9-15 และ 10-26 ตามลำดับ ปริมาณน้ำที่ไหลลงมาจากน้ำตกที่ 100-200 ลิตรต่อนาที จะพบว่าปริมาณน้ำมีผลไม่มาก สำหรับเครื่องสูบแบบ H.R.P เพราะปริมาณน้ำทางเข้ามากไปก็จะเป็นปริมาณน้ำทิ้งมากกว่าจะใช้ได้ เครื่องสูบแบบนี้จะใช้ความสูงของน้ำที่ตกจากที่สูงมาเป็นแรงกระแทกทำให้เครื่องสูบทำงาน จะมีผลก็ต่อเมื่อ ปริมาณน้ำที่ไหลจากน้ำตกที่น้อยกว่า 100 ลิตรต่อนาที ปริมาณน้ำจะไม่พอให้เครื่องสูบนี้ทำงานได้ สำหรับปริมาณที่น้ำเข้าเครื่องสูบนี้เพิ่มจาก 100-200 ลิตรต่อนาที ระดับชั้นความสูง น้ำตกสูงจาก 2-5 เมตร จะมีผลให้ คือ ช่วงความสูงของน้ำ และปริมาณ ที่ทำได้ ก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย สำหรับแบบ W.W.P. ความสูงของทางเข้า จะไม่มีผลต่อสมรรถนะเครื่องสูบนี้ แต่ปริมาณน้ำทางเข้าเครื่อง ที่ 100-200 ลิตรต่อนาที เป็นปริมาณพอเพียง ส่วนความเร็วกระแสน้ำ จะมีผลต่อสมรรถนะเครื่องสูบแบบ W.W.P โดยตรง เพราะเครื่องสูบใช้แรงจากความเร็วของกระแสน้ำมาเป็นพลังงานในการสูบน้ำ ที่ความเร็ว 0.5-1.5 เมตรต่อวินาที จะได้ปริมาณน้ำประมาณ 10-14 ลิตรต่อนาที ซึ่งเป็นปริมาณที่มากกว่า H.R.P ทำได้ที่ 1-13 ลิตรต่อนาที และพบว่าที่ความเร็วมากกว่านี้ ปริมาณน้ำ และความสูงน้ำก็ไม่ได้เพิ่มขึ้น สำหรับส่วนของผลทดลองของเครื่องสูบแบบผสมผสาน เป็นการทำงานร่วมกันเพื่อเพิ่มสมรรถนะจากระบบทั้งสองคือแบบ H.R.P. และ W.W.P. จากปริมาณน้ำทิ้งที่จะเสียไปกับการทำงานของเครื่องสูบน้ำแบบ H.R.P. ก็จะนำกลับมาใช้ได้อีกครั้ง โดยเครื่องสูบน้ำแบบ W.W.P. ผลการทดลองเครื่องสูบน้ำแบบ H.W.P. พบว่าสามารถทำงานที่ ปริมาณน้ำเข้า 200 ลิตรต่อนาที ความเร็วน้ำที่ 1.5 เมตรต่อวินาที ระดับทางเข้า 2-5 เมตร จะส่งน้ำไปได้สูงประมาณ 3-13 เมตร ปริมาณน้ำที่ 22-27 ลิตรต่อนาที

นำผลที่ได้จากการทดลองมาเปรียบเทียบทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งเครื่องสูบน้ำพลังงานจากธรรมชาติทั้งสามแบบและเครื่องสูบที่ใช้ไฟฟ้า ขนาด 1 แรงม้า โดยให้เครื่องสูบทั้งหมด สามารถสูบน้ำส่งไปได้สูง ประมาณ 10 m โดยมีขนาดท่อส่งขนาด 25.4 mm พิจารณา วิเคราะห์ ด้าน ราคาต้นทุน

การลงทุน ค่าใช้จ่ายต่างๆ ในการทำงานของเครื่องสูบ คิดเวลาทำงาน 10 ปี โดยเครื่องสูบแบบใช้ไฟฟ้ามีค่าใช้จ่ายประมาณ 93,794 บาท ซึ่งเครื่องสูบพลังงานธรรมชาติ H.W.P. มีค่าใช้จ่ายที่ 31,830 บาท เครื่องสูบน้ำแบบใช้ไฟฟ้าค่าใช้จ่าย มากกว่า ถึง 3 เท่า เปรียบเทียบกับ เครื่องสูบใช้ไฟฟ้ามีราคาทุนเริ่มต้นใกล้เคียงกับเครื่องสูบแบบ H.R.P. ที่ราคา 4,600 บาท เครื่องสูบน้ำแบบ H.R.P.และ W.W.P. มีราคาลงทุนเริ่มต้นที่ 7,810 และ 12,410 บาท ตามลำดับ ซึ่งเครื่องสูบแบบพลังงานธรรมชาติก็ยังมีราคาสูงกว่า 2-3 เท่า แต่การใช้งานและระยะเวลาทำงาน นานไปเครื่องสูบแบบใช้ไฟฟ้ามีค่าใช้จ่ายในการทำงาน ส่วนระยะเวลาคืนทุน ของเครื่องสูบน้ำแบบ H.R.P. W.W.P. และ H.W.P. อยู่ที่ 0.5 0.75 และ 1.5 ปี ตามลำดับ ประสิทธิภาพเชิงกล เช่น เครื่องสูบน้ำแบบ H.W.P. ที่มีประสิทธิภาพเชิงกล ร้อยละ 10- 25 และเครื่องสูบใช้ไฟฟ้ามี ประมาณ ร้อยละ 60-80 ซึ่งสูงมาก แต่เครื่องสูบแบบ H.W.P. มีข้อได้เปรียบคือ สามารถทำงานได้ ในที่ห่างไกล ที่ไม่มีไฟฟ้า สำหรับงานเกษตรกรรม การกักเก็บน้ำ เครื่องสูบต้องทำงานใช้ระยะเวลา ไปเรื่อย ๆ ไม่เร่งรีบ ซึ่งจะมีน้ำใช้อย่างเพียงพอสำหรับการเกษตร และเป็นพลังงานสะอาดปราศจากมลพิษ และผลจากงานวิจัยนี้ ชาวเกษตรกร สามารถนำเป็นต้นแบบและเทคโนโลยี เป็นแนวทางสำหรับการใช้เครื่องสูบพลังงานจากธรรมชาติ อย่างเหมาะสม และประยุกต์ใช้กับงานรักษาต้นน้ำ คืนน้ำให้แก่ต้นแหล่งน้ำ สร้างความชื้น ช่วยลดไฟไหม้ป่า ระบบบำบัดอากาศและน้ำเสีย

คำสำคัญ: เครื่องสูบน้ำตะบันน้ำ, เครื่องสูบกังหันน้ำ, เครื่องสูบน้ำแบบผสมผสาน และประสิทธิภาพเชิงกลเครื่องสูบน้ำ

CHIANG MAI RAJABHAT UNIVERSITY

ACKNOWLEDGEMENT

Firstly, I would like to express my sincere gratitude to all of my advisors, Dr. Worajit Setthapun, Dr. Jiratkwin Rakwichian and Assistant Prof. Dr. Wirachai Roynarin for the continuous support of my Ph.D. study. Their guidance helped motivate me during the research process and writing of this dissertation. Besides my advisors, I would like to thank Assistant Prof. Dr. Numpon Panyoyai and Associate Prof. Dr. Sumpun Chaitep and Associate Prof. Dr. Wattanapong Rakwichian for their insightful comments and encouragement. I am also grateful to Dr. Nuttiya Tantranont and all of adiCET staff for providing technical support and essential information which could improve the research significantly. Many thanks to my colleagues from adiCET and RMUTL for their kind support. Lastly, I would like to thank my family and my parents for supporting me spiritually throughout the writing of this dissertation.

Taweesak Taweewithyakarn