

ผลกระทบของมุมเพลาสกรูที่มีต่อสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกน Effect of Screw Axle Angles on Performance of the Axial Flow Pump

มานพ พิพัฒน์หัตถกุล* และ วินัส ทัดเนียม

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

833 ถนนพระราม 1 เขตปทุมวัน แขวงวังใหม่ กรุงเทพฯ 10330

*E-mail : nop_mt@hotmail.com, Tel : 0-2104-9099 (3010), Fax : 0-2219-3872

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลกระทบของมุมเพลาสกรูที่มีต่อสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกน ทำการทดสอบโดยใช้เครื่องสูบน้ำที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อทางด้านทางดูด 5 นิ้วยาว 3.6 เมตร ใช้เครื่องยนต์เบนซิน Honda GX160 ขนาด 5.5 แรงม้า เป็นต้นกำลัง ใบพัดของเครื่องสูบน้ำเป็นแบบชนิด 3 ใบ และมีมุมองศาใบพัด 35 องศา เพลาสกรูเหล็กกล้ามีมุม θ เป็น 30, 45 และ 60 องศา ความยาว 1 เมตร ติดตั้งอยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลาง ภายในท่อทางด้านทางดูด เงื่อนไขในการทดสอบเครื่องสูบน้ำที่เฮด 1 และ 2 เมตร ในช่วงความเร็วรอบ 1500 – 4000 รอบต่อนาที โดยมีความเร็วรอบเพิ่มขึ้น ครั้งละ 500 rpm จากผลการทดลอง พบว่าเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้น จะทำให้กำลังของของไหลที่ได้ และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมีค่าสูงขึ้นตาม โดยเครื่องสูบน้ำที่มีการติดตั้งเพลาสกรู มุม 30, 45 และ 60 องศา จะมีกำลังของของไหลเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 78.5, 30 และ 15.3 เปอร์เซ็นต์, อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 14.7, 9.3 และ 5.5 เปอร์เซ็นต์ และมีประสิทธิภาพเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 54.5, 22.6 และ 12.2 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกนที่มีการติดตั้งเพลาสกรูมุม 30 องศา จะมีประสิทธิภาพดีที่สุด โดยมีประสิทธิภาพสูงสุด 12.9 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที และเฮด 2 เมตร

คำหลัก: เครื่องสูบน้ำ, กำลังของของไหล, ประสิทธิภาพ, เครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกน, เพลาสกรู

Abstract

This research was to study the effect of screw axle angles on performance of the axial flow pump. The test used axial flow pump with diameter of 5 inches and 3.6 m length of a suction pipe. It was driven by gasoline engine 5.5 HP, Honda GX160. The 3 blade impellers of the axial flow pump have 35 degrees. The 1 m length of steel screw axle was $\theta = 30, 45$ and 60 degrees. The screw axle was installed at the middle inside the suction pipe. The experimental condition of head at 1 and 2 meter for the test rotational speed in the range of 1500 – 4000 rpm with increasing of 500 rpm step was tested. The results were found that the fluid power and the fuel consumption rate were increased with rotational speed increasing. For the axial flow pump with screw axle 30, 45 and 60 degrees, the average rate of fluid power was increased about 78.5%, 30% and 15.3%. The average rate of fuel consumption was increased about 14.7%, 9.3% and 5.5%. The average rate of efficiency was increased about 54.5%, 22.6% and 12.2% respectively. The best performance of the axial flow pump was with screw axle when it was installed by the screw axle angle at 30 degrees and the maximum efficiency was 12.9% at 3000 rpm and head 2 m

Keywords: Water pump, Fluid power, Efficiency, Axial flow pump, Screw axle

TSF-2009

1. บทนำ

เครื่องสูบน้ำหรือที่เรียกกันทั่วไปว่าปั๊ม (Pump) เป็นเครื่องจักรกลที่ทำหน้าที่เพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลวเพื่อให้ของเหลวเกิดการไหล จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งและได้อัตราการไหลตามความต้องการ โดยพลังงานที่เครื่องสูบน้ำหรือปั๊มเพิ่มให้แก่ของเหลว จะเป็นงานทางกลซึ่งได้มาจากแหล่งต้นกำลัง คือ เครื่องยนต์, มอเตอร์, แรงลม, แรงคน หรือจากแหล่งพลังงานอื่นๆ ก็ได้ เครื่องสูบน้ำที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปมีอยู่ 2 ประเภท ได้แก่ เครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง และเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกน สำหรับเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง พลังงานจากแหล่งต้นกำลัง จะถูกถ่ายเทให้กับของเหลวโดยอาศัยการผลัดกันของครีบบีพัดที่เคลื่อนที่ในแนวตัดขวาง กับทิศทางการไหลของของเหลวที่อยู่รอบๆ ทำให้ของเหลวถูกผลักให้เคลื่อนที่ไปบนครีบบีพัดออกทางด้านข้าง ทำให้เกิดความเร่งในแนวสัมผัสกับเส้นรอบวง เมื่อมีการไหลในลักษณะดังกล่าว จะเกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางขึ้น ส่วนเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกน ของเหลวที่ไหลเข้าและไหลออกจากบีพัดจะมีทิศทางขนานกับแนวแกนของเพลลา ซึ่งแรงที่เพิ่มพลังงานให้กับของเหลว จะมีเฉพาะแรงผลัดกันในทิศทางการไหลเพียงอย่างเดียว โดยไม่มีแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางซึ่งคุณลักษณะของเครื่องสูบน้ำที่ใช้บีพัดแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางจะให้เฮดสูงในขณะให้อัตราการไหลต่ำ ส่วนเครื่องสูบน้ำที่ใช้บีพัดแบบไหลตามแนวแกนให้อัตราการไหลสูงในขณะให้เฮดต่ำ

ในปัจจุบันเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกน (Axial flow pump) เป็นเครื่องสูบน้ำที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในภาคอุตสาหกรรมและการเกษตร ด้วยคุณลักษณะของเครื่องสูบน้ำที่สามารถให้อัตราการสูบสูงในขณะให้เฮดต่ำ จึงมีการนำเครื่องสูบน้ำประเภทนี้ไปใช้ในงานระบายน้ำเสีย หรือป้องกันน้ำท่วม เป็นต้น สำหรับในภาคการเกษตรเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกนที่เรียกว่าเครื่องสูบน้ำแบบท่อการเกษตรหรือที่เรียกกันอย่างไม่ติดปากโดยทั่วไปว่า “ท่อพญานาค” เป็นเครื่องสูบน้ำที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในงานเกษตรกรรม ซึ่งให้อัตราการสูบสูง

การบำรุงรักษาต่ำ สามารถเลือกใช้เครื่องยนต์หรือมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นแหล่งต้นกำลังได้ตามความเหมาะสมกับพื้นที่ ซึ่งการใช้งานโดยปกติ แหล่งพลังงานที่ต้องจ่ายให้กับเครื่องสูบน้ำที่ใช้เครื่องยนต์ เป็นต้นกำลังจะได้มาจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงเนื่องจากในปัจจุบัน มีการรณรงค์เกี่ยวกับการประหยัดพลังงาน ดังนั้นจะอย่างไรให้สามารถใช้พลังงานที่มีอยู่ได้อย่างคุ้มค่ามากที่สุด ซึ่งหมายถึงเครื่องสูบน้ำจะต้องมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งจากงานวิจัยต่างๆ ที่ผ่านมา แนวคิดในการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกนด้วยเพลลาสกรู ได้มีการนำเสนอไว้โดย วุฒินันท์ นิธิพงษ์วนิช และอภิชาติ ชัยสนธิ [1] ได้ศึกษาสมรรถนะไบพัดท่อสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกน โดยทำการทดสอบกับไบพัดที่มีจำนวน 2 ใบและ 3 ใบพบว่าแบบ 2 ใบ มุม 30 องศา จะให้ประสิทธิภาพดีกว่า โดยมีประสิทธิภาพการไหล 36.55% ในขณะที่ นิคม หล้าไชยสงฆ์ และคณะ [2] ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของท่อสูบน้ำเพื่อการเกษตรขนาด 5 นิ้ว $\times$ 8 ฟุต ที่มีการติดตั้งไบพัดระบบช่วง 2 ใบพัด และ 3 ใบพัด ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินขนาด 6.5 แรงม้าเป็นต้นกำลัง พบว่าการติดตั้งไบพัดแบบระบบช่วง สามารถให้อัตราการสูบน้ำได้ดีขึ้น จากนั้น บัญญัติ เศรษฐฐิติ [3] ได้ทำการศึกษาค้นคว้าประสิทธิภาพประพัตเทพฤทธิ์ พบว่ามีประสิทธิภาพสูงสุดเฉลี่ย ประมาณ 70% จากนั้น ธนาพล สุขชนะ และ ชัยยันต์ ใจบุญมา [4] ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของไบพัดท่อสูบน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว $\times$ 3.6 เมตร ทดสอบโดยใช้ไบพัดชนิด 3, 4 และ 6 ใบ มีมุมมองไบพัด 35 องศา และทำการติดตั้งเพลลาสกรูที่มีมุม 40 องศา ความยาว 1 เมตร ทางด้านท่อทางดูด ใช้เครื่องยนต์ Honda GX160 ขนาด 5.5 แรงม้า เป็นต้นกำลัง จากการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ ที่ใช้ไบพัดชนิด 3 ใบ จะให้ประสิทธิภาพดีที่สุด อยู่ในช่วง 55 – 85% ตามระดับความสูงของการสูบน้ำ และเมื่อให้เครื่องสูบน้ำทำงานร่วมกับเพลลาสกรูจะทำให้ประสิทธิภาพสูงขึ้นเฉลี่ย 12% และจากนั้น ในปี 2556

TSF-2009

มานพ พิพัฒน์หัตถกุล และ วินัส ทัดเนียม ได้ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกนที่มีและไม่มีเพลาสกรู โดยใช้เครื่องสูบน้ำเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.12 เมตร ยาว 3.60 เมตร เพลาสกรูมุม 30 องศาความยาว 1 เมตรทางด้านท่อดูด โดยผลจากการทดลอง เครื่องสูบน้ำที่ไม่มีเพลาสกรูมีประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 8.4 และ เครื่องสูบน้ำที่มีการติดตั้งเพลาสกรู มีประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 12.8 ที่เงื่อนไขการทดลองเดียวกัน จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ เพื่อที่จะทำการศึกษาดังกล่าวถึงผลกระทบของมุมเพลาสกรูที่มีต่อสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกนที่มีการติดตั้งเพลาสกรูภายในท่อทางด้านท่อดูดที่มีมุมของเพลาสกรู θ เป็น 30, 45 และ 60 องศาตามลำดับ โดยพิจารณาสมรรถนะจากกำลังของของไหลที่เครื่องสูบน้ำทำได้ และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

2. ทฤษฎีในการวิเคราะห์

อัตราการไหลเชิงปริมาตรทางทฤษฎี ($\dot{Q}_{cal}$) [6] ที่ได้จากใบพัดเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกนสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1), (2), (3) และ (4)

$$\dot{Q}_{cal} = C_a A \quad (1)$$

$$C_a = \frac{U}{\cot \beta_1 + \cot \beta_2} \quad (2)$$

$$A = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \quad (3)$$

$$U = \frac{\pi N D_m}{60} \quad (4)$$

เมื่อ

C_a = ความเร็วในแนวแกนของของไหล ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย D_m , m/s

A = พื้นที่หน้าตัดการไหลที่มีลักษณะเป็นช่องวงแหวนระหว่างปลายใบพัดและดุมใบพัด, m^2

U = ความเร็วปลายใบพัดในแนวเส้นสัมผัสส่วนโค้งที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย D_m , m/s

β_1 = มุมทางเข้าของปลายใบพัด, degree

β_2 = มุมทางออกของปลายใบพัด, degree

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของใบพัด, m

d = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดุมใบพัด, m

D_m = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย = $(D + d)/2$

N = ความเร็วรอบ, rpm

โดยสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกน จะขึ้นอยู่กับ กำลังของของไหล ที่เครื่องสูบน้ำทำได้ (Fluid power, P_{out}) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (5)

$$P_{out} = \rho g \dot{Q} H \quad (kW) \quad (5)$$

เมื่อ

ρ = ค่าความหนาแน่นของน้ำ, kg/m^3

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก = 9.81 m/s^2

$\dot{Q}$ = อัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำ, m^3/s

H = เฮดที่เครื่องสูบน้ำทำงาน, m

ซึ่งเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกนที่ทำการทดสอบใช้เครื่องยนต์เบนซิน Honda GX160 เป็นต้นกำลัง ซึ่งกำลังที่ได้จากเครื่องยนต์ เพื่อจ่ายให้กับเครื่องสูบน้ำได้มาจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงน้ำมันเบนซิน ดังนั้นสามารถที่จะคำนวณกำลังที่ใช้จากเชื้อเพลิง ที่ป้อนให้กับเครื่องสูบน้ำ เนื่องจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง หรือเป็นกำลังงานที่จ่ายให้กับเครื่องสูบน้ำ (P_{in}) ได้ดังสมการที่ (6)

$$P_{in} = \dot{m} \times HHV \quad (kW) \quad (6)$$

เมื่อ

$\dot{m}$ = อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง, kg/s

HHV = ค่าพลังงานความร้อนสูงของเชื้อเพลิงมีค่าเท่ากับ 47300 kJ/kg

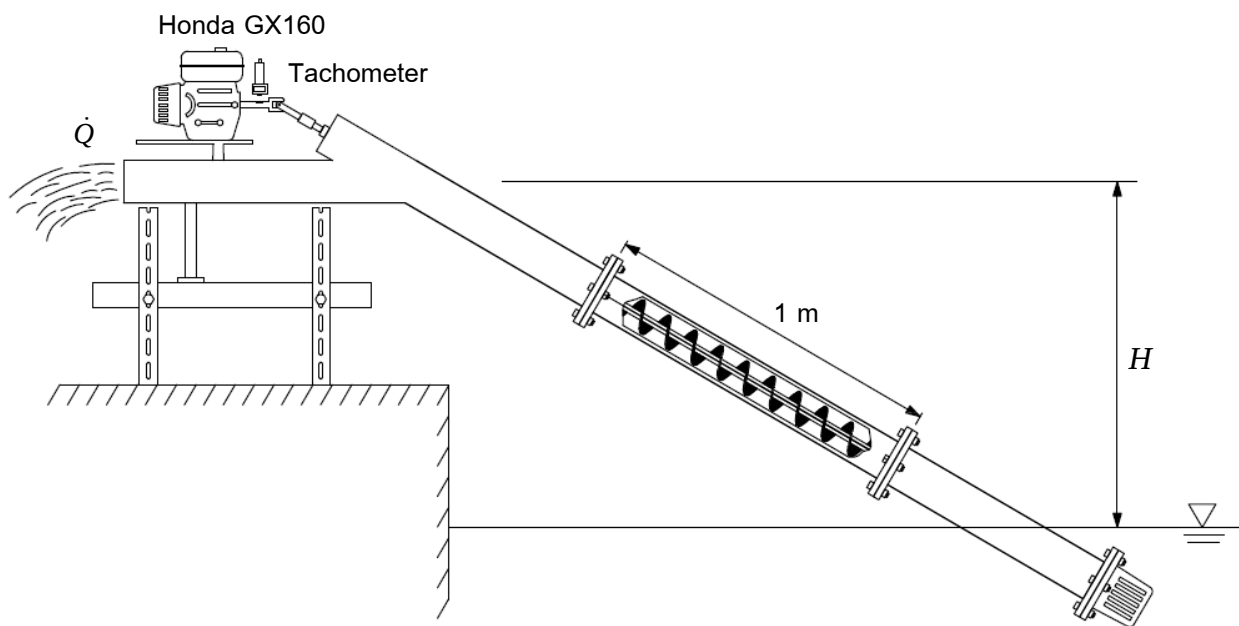
โดยประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ (Efficiency, η) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (7)

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \quad (\%) \quad (7)$$

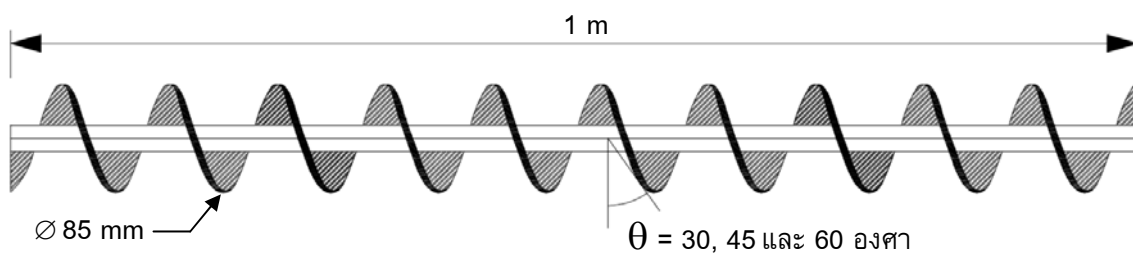
3. ชุดทดลองและวิธีการทดลอง

ในการศึกษาผลกระทบของมุมเพลาสกรูที่มีต่อสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกน โดยมีชุดอุปกรณ์การทดลองดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งเครื่องสูบน้ำแบบท่อการเกษตรที่นำมาใช้ในการทดลอง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว ยาว 3.6 เมตร ใช้ใบพัดแบบ Axial flow ชนิด 3 ใบ ที่มีมุมองศาใบพัด

TSF-2009



รูปที่ 1 Schematic diagram ของอุปกรณ์ทดลอง



รูปที่ 2 ขนาดและมุม θ ของเพลาสกรู

35 องศา ใช้เครื่องยนต์เบนซิน Honda GX160 ขนาด 5.5 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ในขณะที่ เพลาสกรูทำจาก เหล็กกล้า ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเป็น 85 mm มีมุมมองของเพลาสกรู θ เป็น 30, 45 และ 60 องศา ตามลำดับ ความยาวรวม 1 เมตร ดังแสดง ในรูปที่ 2 โดยเพลาสกรูจะถูกติดตั้งอยู่ที่ตำแหน่ง กึ่งกลางของท่อทางด้านทางดูด ดังแสดงในรูปที่ 1 ในการทดสอบให้เครื่องสูบน้ำทำงาน ที่เฮด (H) เท่ากับ 1 และ 2 เมตร โดยปรับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ที่ 1500, 2000, 2500, 3000, 3500 และ 4000 rpm ตามลำดับ ซึ่งความเร็วรอบของเครื่องยนต์ สามารถ วัดได้จากอุปกรณ์วัดรอบแบบดิจิทัล (Tachometer) ในขณะที่ อัตราการไหลเชิงปริมาตร ($\dot{Q}$) ที่เครื่องสูบน้ำ สามารถทำได้ ได้จากการตวงวัด ปริมาณของน้ำที่ ปลายท่อทางด้านจ่าย และจับเวลาจำนวนทั้งสิ้น

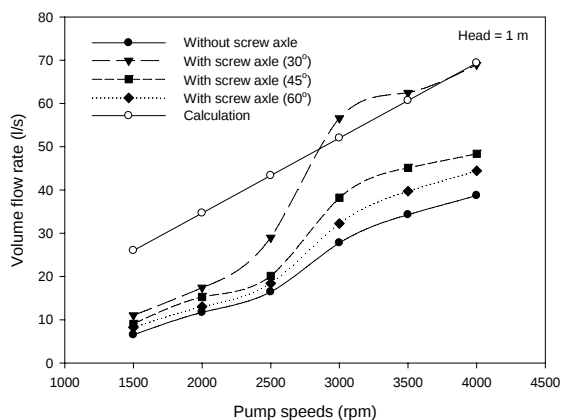
5 ครั้ง แล้วทำการหาค่าเฉลี่ย ของอัตราการไหลเชิง ปริมาตรที่ทำได้ เช่นเดียวกันกับการวัดอัตราการ ลื่นเปลี่ยนน้ำมันเชื้อเพลิง จะได้จากการชั่งมวลของ น้ำมันเชื้อเพลิง ก่อนการทำงานของเครื่องสูบน้ำ และ นำมาซึ่งหลังจากเครื่องสูบน้ำทำงานไปแล้วเป็นระยะเวลา ทั้งสิ้น 15 นาที ในแต่ละความเร็วรอบ โดยใช้เครื่องชั่ง แบบดิจิทัล จากนั้นทำการคำนวณอัตราการไหลเชิง ปริมาตรทางทฤษฎี ($\dot{Q}_{cal}$) ที่ได้จากใบพัดเครื่องสูบน้ำ แบบไหลตามแนวแกนจากสมการที่ (1), กำลังของของ ไหลที่ได้จากเครื่องสูบน้ำ (Fluid power, P_{out}) ในกรณีที่มี และไม่มีเพลาสกรูจากสมการที่ (5) และคำนวณ กำลังที่ใช้จากเชื้อเพลิง ที่ป้อนให้กับเครื่องสูบน้ำ เนื่องจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง หรือเป็นกำลังงานที่ จ่ายให้กับเครื่องสูบน้ำ (P_{in}) จากสมการที่ (6) โดย คำนวณประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ (Efficiency, η)

TSF-2009

จากสมการที่ (7) จากนั้นทำการเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกนที่ไม่มีเพลาสกรู กับเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกนที่มีการติดตั้งเพลาสกรู มุม 30, 45 และ 60 องศาตามลำดับ

4. ผลการทดลอง

วัตถุประสงค์สำคัญของงานวิจัยนี้คือศึกษาถึงผลกระทบของมุมเพลาสกรู ที่มีต่อสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกน เมื่อมีการติดตั้งเพลาสกรู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 85 mm ที่ทำมุม 30, 45 และ 60 องศา ความยาว 1 เมตร เข้าไปที่ตำแหน่งกึ่งกลาง ของท่อทางด้านทางดูด จากผลการทดลองเมื่อทำการพลอตกราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลเชิงปริมาตรที่ได้จากการคำนวณและที่ได้จากการวัด ที่ความเร็วรอบต่างๆ ในแต่ละค่าเฮด ได้ดังรูปที่ 3 และ 4

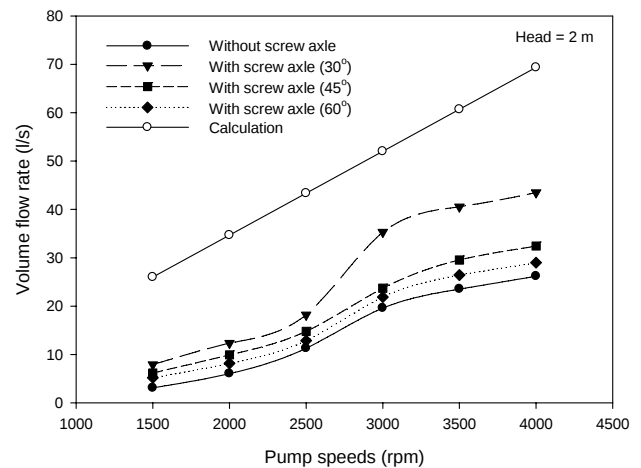


รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับ

ความเร็วรอบของเครื่องสูบน้ำ ที่เฮด 1 เมตร

จากรูปที่ 3 ที่เฮด เท่ากับ 1 m จะเห็นได้ว่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรที่เครื่องสูบน้ำทำได้ ($\dot{Q}$) จะเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้นโดย $\dot{Q}$ ต่ำสุดที่ทำได้ของเครื่องสูบน้ำที่ไม่มีเพลาสกรูจะอยู่ที่ 6.5 l/s ในขณะที่ $\dot{Q}$ สูงสุดที่ทำได้ ที่ 4000 rpm เป็น 38.7 l/s จากนั้นเมื่อทำการติดตั้งเพลาสกรู มุม 30, 45 และ 60 องศา เข้าไปที่ท่อทางด้านทางดูด จะได้ $\dot{Q}$ ต่ำสุดเป็น 11.03, 9.05 และ 8.22 l/s ที่ 1500 rpm ในขณะที่ $\dot{Q}$ สูงสุดที่ทำได้ ที่ 4000 rpm เป็น 68.96, 48.38

และ 44.44 l/s ในแต่ละมุมองศาของเพลาสกรูตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า $\dot{Q}$ ที่เครื่องสูบน้ำทำได้ จะมีค่าเพิ่มขึ้น มากกว่าในกรณีที่ไม่มีเพลาสกรู ในทุกๆ ความเร็วรอบ เนื่องจากเพลาสกรู จะทำหน้าที่ถ่ายทอดพลังงานให้กับของไหล เช่นเดียวกับกับใบพัด จึงทำให้อัตราการไหล ที่เครื่องสูบน้ำทำได้เพิ่มมากขึ้น



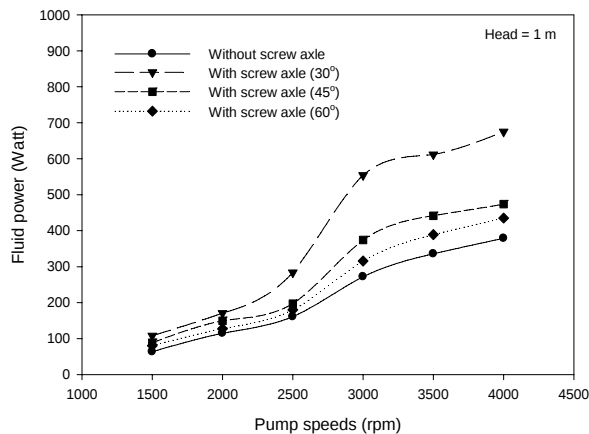
รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับ

ความเร็วรอบของเครื่องสูบน้ำ ที่เฮด 2 เมตร

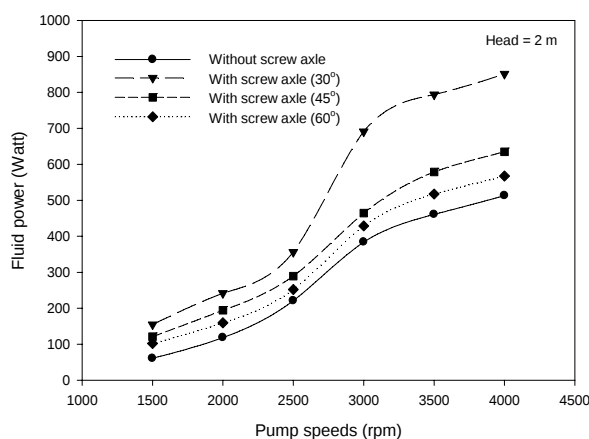
เมื่อพิจารณาอัตราการไหลที่ได้จากการคำนวณ ($\dot{Q}_{cal}$) เทียบกับอัตราการไหลที่ทำได้จริงของเครื่องสูบน้ำ ($\dot{Q}$) จะเห็นได้ว่าอัตราการไหลที่ได้จากการคำนวณมีแนวโน้มที่จะมีค่ามากกว่า อัตราการไหลที่ทำได้จริงโดยเครื่องสูบน้ำ เนื่องจากในการไหลผ่านท่อทางด้านทางดูด จะเกิดการสูญเสียเฮด เนื่องจากความเสียดทาน ส่งผลทำให้พลังงานบางส่วนที่ของไหลได้รับมาจากใบพัดสูญเสียไป ประกอบกับถึงแม้ว่าเพลาสกรู จะช่วยเพิ่มกำลังให้กับของไหล แต่ในขณะเดียวกัน ก็จะทำให้เกิดการไหลอยู่ด้วยบางส่วน ทำให้อัตราการไหลที่ทำได้จริง น้อยกว่าอัตราการไหลที่ได้จากการคำนวณ แต่มีจุดที่น่าสนใจคือจากรูปที่ 3 ที่เฮด 1 m เมื่อทำการติดตั้งเพลาสกรู มุม 30 องศา ที่ช่วงความเร็วรอบ 3000 – 3500 rpm เครื่องสูบน้ำสามารถที่จะให้อัตราการไหลที่ทำได้จริงมากกว่าอัตราการไหลที่ได้จากการคำนวณ เนื่องจากในช่วงความเร็วรอบดังกล่าวเป็นช่วงที่ใบพัดและเพลาสกรู มีสมรรถนะการทำงานสูง ทำให้สามารถถ่ายทอดกำลังได้มาก ส่งผลทำให้อัตราการไหลที่ทำได้จริง

TSF-2009

มีค่ามากกว่าอัตราการไหลที่ได้จากการคำนวณ แต่ในขณะเดียวกันเมื่อเพิ่มเฮดเป็น 2 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าอัตราการไหลที่เครื่องสูบลำทำได้จริงจะมีค่าน้อยกว่าอัตราการไหลที่ได้จากการคำนวณในทุกๆ ความเร็วรอบ เนื่องจาก ระบบมีค่าเสถียรภาพเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการไหลที่ทำได้ของเครื่องสูบลำมีค่าลดลงตามนั่นเองซึ่ง Q ที่สามารถทำได้ของเครื่องสูบลำ ที่ค่าเฮด 2 เมตร เมื่อทำการติดตั้งเพลาสกรูม 30, 45 และ 60 องศาจะมีค่ามากกว่าเครื่องสูบลำที่ไม่มีเพลาสกรู ในทุกๆ ความเร็วรอบ เช่นเดียวกันกับในกรณีของเฮด 1 m



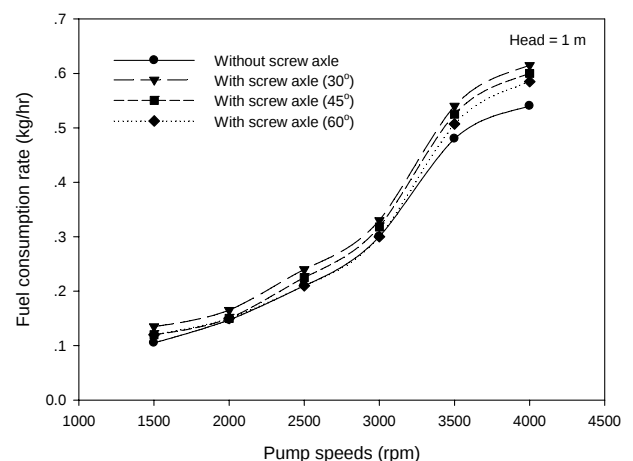
รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของไหลที่เครื่องสูบลำได้กับความเร็วยรอบของเครื่องสูบลำ ที่เฮด 1 เมตร



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของไหลที่เครื่องสูบลำได้กับความเร็วยรอบของเครื่องสูบลำ ที่เฮด 2 เมตร

จากรูปที่ 5 และ 6 แสดงกำลังของของไหลที่เครื่องสูบลำทำได้ (Fluid power, P_{out}) ที่เฮด 1 และ 2 เมตร จะเห็นได้ว่า เครื่องสูบลำที่มีการติดตั้ง

เพลาสกรูม 30, 45 และ 60 องศา จะสามารถให้กำลังของของไหลได้มากกว่า เครื่องสูบลำที่ไม่มีการติดตั้งเพลาสกรู ในทุกๆ ความเร็วรอบ เนื่องจาก ในกรณีที่เครื่องสูบลำที่ไม่มีการติดตั้งเพลาสกรู การแลกเปลี่ยนพลังงาน เพื่อให้เกิดการไหล จะเกิดขึ้นที่ใบพัด ที่ส่วนทางด้านล่างเพียงอย่างเดียว ดังนั้นเมื่อของไหล ไหลผ่านท่อทางด้านทางดูด จะเกิดการสูญเสียพลังงานในการไหล เนื่องมาจากความเสียดทานไปส่วนหนึ่ง ทำให้กำลังของของไหลที่ได้มีค่าลดลง แต่เมื่อทำการติดตั้งเพลาสกรู ที่ตำแหน่งกึ่งกลางทางด้านท่อทางดูด ซึ่งเกลียวของเพลาสกรู จะทำหน้าที่ถ่ายทอดพลังงานให้กับของไหลด้วย ดังนั้น ของไหลจะถูกเพิ่มพลังงานขึ้นในขณะที่ไหลผ่านเพลาสกรู ทำให้กำลังของของไหล ที่เครื่องสูบลำได้มีค่าเพิ่มขึ้น โดยเพลาสกรูที่มีมุม 30 องศา จะสามารถให้กำลังของไหลได้มากที่สุด รองลงมาคือเพลาสกรูที่มีมุม 45 และ 60 องศาตามลำดับ ที่ความเร็วรอบเดียวกัน เนื่องจากเพลาสกรูที่มีมุม 30 องศาจะมีระยะพิทช์ (Pitch) ของสันเกลียวแคบกว่ามุม 45 และ 60 องศา ส่งผลทำให้จำนวนเกลียวต่อความยาวมีมากกว่าด้วย ดังนั้นเมื่อของไหลไหลผ่านเกลียวสกรู ก็จะทำหน้าที่ถ่ายทอดพลังงาน ให้กับของไหลอีกทอดหนึ่งด้วย

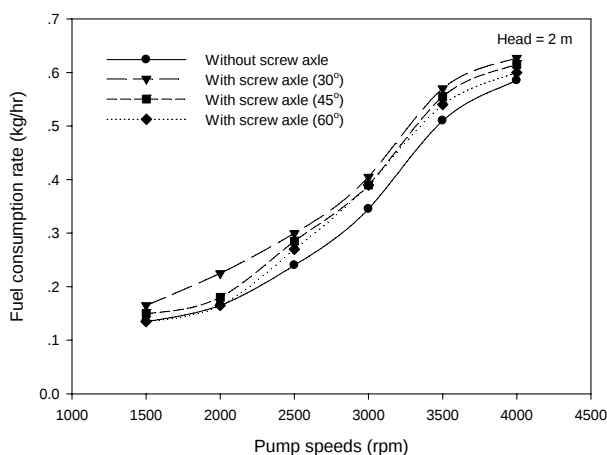


รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันกับความเร็วยรอบของเครื่องสูบลำ ที่เฮด 1 เมตร

เมื่อพิจารณาถึงอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel consumption rate) ที่เกิดขึ้น เมื่อ

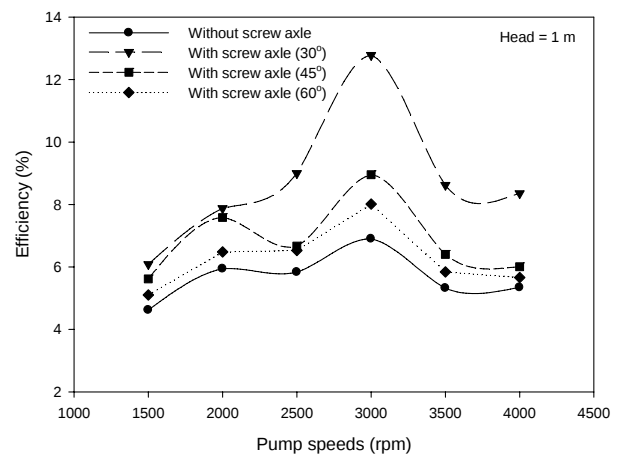
TSF-2009

เครื่องสูบน้ำงานที่เฮด 1 และ 2 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 7 และ 8 จะเห็นได้ว่า อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์มีค่าสูงขึ้น เนื่องจากเมื่อเครื่องยนต์ทำงานที่ความเร็วรอบสูงขึ้น จะมีความต้องการปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงมากขึ้นนั่นเอง ซึ่งเครื่องสูบน้ำที่มีการติดตั้งเพลาสกรู จะมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมากกว่าเครื่องสูบน้ำที่ไม่มีเพลาสกรู ในทุกๆ ความเร็วรอบ เนื่องจากเครื่องสูบน้ำที่มีเพลาสกรู จะมีการะในการทำงานเพิ่มขึ้นจากอัตราการไหลที่สูงขึ้น ประกอบกับน้ำหนักของตัวเพลาสกรูเอง ที่เพิ่มเข้าไป ทำให้ความต้องการปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ ที่เป็นต้นกำลัง เพิ่มขึ้นตาม เพื่อให้เพียงพอกับภาระการทำงาน ของเครื่องสูบน้ำที่เพิ่มมากขึ้นนั่นเอง โดยจะเห็นได้ว่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของเพลาสกรู ที่มีมุม 30 องศาจะมีค่าสูงสุด รองลงมาคือเพลาสกรูที่มีมุม 45 และ 60 องศาตามลำดับ จะเห็นได้ว่า เมื่อเครื่องสูบน้ำงานที่เฮดสูงขึ้นเป็น 2 เมตร ดังรูปที่ 8 ค่าความแตกต่างกันของอัตราการสิ้นเปลือง ระหว่างเครื่องสูบน้ำที่มีและไม่มีเพลาสกรู จะมีค่าความแตกต่างกันมากกว่าในกรณีที่เครื่องสูบน้ำงานที่เฮด 1 เมตร



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันกับความเร็วรอบของเครื่องสูบน้ำ ที่เฮด 2 เมตร
จากรูปที่ 9 และ 10 แสดงประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำที่ความเร็วรอบต่างๆ ที่เฮด 1 และ 2 เมตร จะเห็นได้ว่า เครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกนที่นำมาทดสอบ มีแนวโน้มที่จะให้ประสิทธิภาพสูงในช่วงความเร็วรอบ

2500 – 3500 rpm โดยเครื่องสูบน้ำแบบที่ไม่มีเพลาสกรู จะมีประสิทธิภาพสูงสุด 8.4% ที่ 3000 rpm และเฮด 2 เมตร จากนั้นเมื่อทดสอบโดยให้เครื่องสูบน้ำทำงานร่วมกับเพลาสกรูที่มีมุม 30, 45 และ 60 องศา จะเห็นได้ว่าขอบเขตการทำงานในช่วงที่มีประสิทธิภาพสูงยังคงอยู่ในช่วงความเร็ว 2500 – 3500 rpm ซึ่งเครื่องสูบน้ำที่มีเพลาสกรู มีแนวโน้มที่จะให้ประสิทธิภาพสูงกว่าเครื่องสูบน้ำแบบที่ไม่มีเพลาสกรูในทุกๆ ช่วงความเร็วรอบ โดยเครื่องสูบน้ำที่มีเพลาสกรูมุม 30 จะมีประสิทธิภาพดีที่สุดเท่ากับ 12.9% ที่ 3000 rpm และเฮด 2 เมตร รองลงมาคือเพลาสกรูมุม 45 และ 60 องศา โดยมีประสิทธิภาพ 9.06% และ 8.36% ที่ 3000 rpm และเฮด 2 เมตร ตามลำดับ ถึงแม้ว่าที่เฮด 2 เมตร เพลาสกรูมุม 60 องศาจะให้ประสิทธิภาพที่จุดสูงสุดน้อยกว่าแบบไม่มีเพลาสกรูแต่ถ้าพิจารณาถึงประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นโดยรวมในแต่ละความเร็วรอบ ก็จะทำให้เพลาสกรูมุม 60 องศา ก็จะทำให้ประสิทธิภาพเฉลี่ยได้สูงกว่าแบบไม่มีเพลาสกรูเช่นกัน



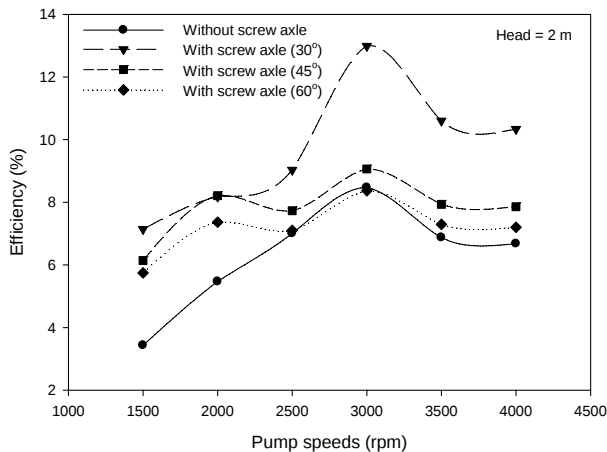
รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับ

ความเร็วรอบของเครื่องสูบน้ำ ที่เฮด 1 เมตร

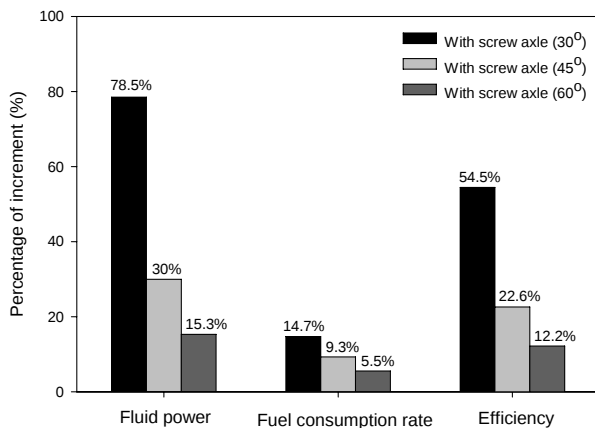
เมื่อพิจารณาถึงสมรรถนะที่เปลี่ยนแปลงไป ของเครื่องสูบน้ำที่มีการติดตั้งเพลาสกรูดังแสดงในรูปที่ 11 จะเห็นได้ว่าเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกนที่มีการติดตั้งเพลาสกรูมุม 30, 45 และ 60 องศา ทางด้านท่อทางดูด จะสามารถให้กำลังของของไหลเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเป็น 78.5%, 30% และ 15.3% ในขณะที่มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย เพิ่มขึ้นจากเดิมเป็น

TSF-2009

14.7%, 9.3% และ 5.5% ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ยของเครื่องสูบน้ำที่มีการติดตั้งเพลาสกรูมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิมเป็น 54.5%, 22.6% และ 12.2% ซึ่งจะเห็นได้ว่าเพลาสกรูที่มีมุม 30 องศาจะมีสมรรถนะดีที่สุด รองลงมาคือเพลาสกรูที่มีมุม 45 และ 60 องศาตามลำดับ



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับความเร็วยรอบของเครื่องสูบน้ำ ที่เฮด 2 เมตร



รูปที่ 11 กำลังของไหล, อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน และประสิทธิภาพเฉลี่ย ที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีเพลาสกรู

5. สรุป

ในการศึกษาผลกระทบของมุมเพลาสกรู ที่มีต่อสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกนที่มีและไม่มีเพลาสกรู ติดตั้งทางด้านท่อทางดูด โดยเครื่องสูบน้ำแบบไหลตามแนวแกน ที่นำมาใช้ทดสอบเป็นเครื่องสูบน้ำแบบท่อการเกษตรที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว ยาว 3.6 เมตร ใช้ใบพัดแบบ Axial

flow ชนิด 3 ใบ ที่มีมุมองศาใบพัด 35 องศา ใช้เครื่องยนต์เบนซิน Honda GX160 ขนาด 5.5 แรงม้า เป็นต้นกำลัง ในขณะที่เพลาสกรูทำจากเหล็กกล้า ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 85 mm มีมุมองศาของเพลาสกรู θ เท่ากับ 30, 45 และ 60 องศาตามลำดับ ความยาวรวม 1 เมตร โดยเพลาสกรูจะถูกติดตั้งอยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางของท่อทางด้านทางดูด ทำการทดสอบ ที่เฮด 1 และ 2 เมตร ความเร็วรอบที่ 1500, 2000, 2500, 3000, 3500 และ 4000 rpm ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่า อัตราการไหลเชิงปริมาตร และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความเร็วรอบสูงขึ้น โดยเครื่องสูบน้ำที่นำมาทดสอบ จะมีประสิทธิภาพการทำงานสูงในช่วงความเร็วรอบ 2500 – 3500 rpm ซึ่งเครื่องสูบน้ำแบบที่ไม่มีเพลาสกรู จะมีประสิทธิภาพสูงสุด 8.4% ที่ 3000 rpm และเฮด 2 เมตร ในขณะที่เครื่องสูบน้ำที่มีเพลาสกรูมุม 30 องศา จะมีประสิทธิภาพดีที่สุด 12.9% ที่ 3000 rpm และเฮด 2 เมตร โดยเครื่องสูบน้ำที่มีการติดตั้งเพลาสกรูมุม 30, 45 และ 60 องศา ทางด้านท่อทางดูดจะสามารถให้กำลังของของไหลเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเป็น 78.5%, 30% และ 15.3% ในขณะที่มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย เพิ่มขึ้นเป็น 14.7%, 9.3% และ 5.5% และประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ยของเครื่องสูบน้ำที่มีการติดตั้งเพลาสกรู จะมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิมเป็น 54.5%, 22.6% และ 12.2% ตามลำดับ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] วุฒินันท์ นิธิพงษ์วนิช และ อภิชาติ ชัยสนธิ (2547). การพัฒนาใบพัดท่อสูบน้ำแบบ Axial flow, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- [2] นิคม หลีไชยสงฆ์ และ คณะ (2548). ศึกษาประสิทธิภาพของท่อสูบน้ำเพื่อการเกษตรขนาด 5 นิ้ว $\times$ 8 ฟุต ระบบ 2 ช่วงใบพัดและ 3 ใบพัดที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินขนาด 6.5 แรงม้า, วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีสุโขทัย
- [3] บัญญัติ เศรษฐวิจิตร, ระหัดเทพฤทธิ์, ภาควิชาเกษตรกลวิธาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

TSF-2009

- [4] ธนาพล สุขชนะ และ ชัยยันต์ ใจบุญมา (2553).
การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำแบบไหลตาม
แนวแกนด้วยเพลาสกรู, *การประชุมวิชาการเครือข่าย
วิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24*
- [5] มานพ พิพัฒน์หัตถกุล และ วินัส ทัดเนียม (2556).
การเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำแบบไหลตาม
แนวแกนที่มีและไม่มีเพลาสกรู, *วิศวกรรมสารฉบับ
วิจัยและพัฒนา*, 24(3), เมษายน 2556, หน้า 41 – 47
- [6] A.T. Sayers. (1992). *Hydraulic and
Compressible Flow Turbo machines*. Singapore:
McGraw-Hill