การศึกษากังหันน้ำแบบทุ่นลอยชนิดใบโค้ง

STUDY OF ARC VANE FLOATING TURBINE

วรินทรา แซ่โล้[1] (Warintra Saelo)[1] วุฒิชัย เต็งใช่สุน[1] (Wutthichai Tengchaisun)[1]

และ ธัญดร ออกวะลา[2] (Thundorn Okwala)[2]

บทคัดย่อ

โครงงานวิศวกรรมนี้เป็นการศึกษาการทำงานของกังหันน้ำแบบทุ่นลอยชนิดใบโค้ง โดยทำการศึกษากังหันที่มีรัศมี (Impeller: R) เท่ากับ 20 ซม. โดยจะแปรผันค่ารัศมีของใบพัด (Vane: r) ต่อค่ารัศมีของกังหัน (r/R) เป็น 3 แบบ ได้แก่ 1/4, 1/2 และ 3/4 และแปรผันระยะจมของใบพัด (h) ต่อค่ารัศมีของกังหัน (h/R) เป็น 3 แบบ ได้แก่ 1/4, 1/2 และ 3/4 กำหนดความกว้างของใบพัด (B) เท่ากับ 20 ซม. ผลจากการศึกษาพบว่า ที่ความเร็วกระแสน้ำเท่ากัน เมื่อความเร็วเชิงมุมเพิ่มขึ้น กำลังงานที่ได้จากกังหันจะมีค่าเพิ่มขึ้น จนถึงจุดสูงสุดหลังจากนั้นกำลังงานจะมีค่าลดลง และยังพบอีกว่ากังหันที่มีอัตราส่วนรัศมี (r/R) เท่ากับ 1/4 เมื่อติดตั้งที่อัตราส่วนระยะจม (h/R) เท่ากับ 3/4 สามารถให้กำลังงานมากที่สุดและกังหันที่มีอัตราส่วนรัศมี (r/R) เท่ากับ 1/4 เมื่อติดตั้งที่อัตราส่วนระยะจม (h/R) เท่ากับ 1/4 มีประสิทธิภาพมากที่สุด หรือ รัศมีของใบพัด (r) ที่ได้รับกำลังงานสูงสุด เท่ากับ 1/4 ของรัศมีกังหัน (R) โดยใช้ระยะจมของใบพัด (h) เท่ากับ 3/4 ของรัศมีกังหัน (R) และ รัศมีของใบพัด (r) ที่ได้รับประสิทธิภาพสูงสุด เท่ากับ 1/4 ของรัศมีกังหัน (R) โดยใช้ระยะจมของใบพัด (h) เท่ากับ 1/4 ของรัศมีกังหัน (R)

ABSTRACT

This article explores the performance of the arc vane floating turbine. By studying the radius of impeller (R) is 20 cm then vary the ratio of vane's radius (r) to impeller's radius (r/R) are 3 type that are 1/4, 1/2 and 3/4. And vary the ratio of submerged depth (h) to impeller's radius (h/R) are 3 type that are 1/4, 1/2 and 3/4, By wide of floating turbine (B) is 20 cm. The results of the study at the same velocity found, when the more angular velocity increased, the more power of the turbine generated. After it reaches the peak point, the power will be generally decrease. It also found that the curve of the arc vane is (r/R) equal 1/4, It's installed on the submerged is (h/R) equal 3/4 that can be make the maximum power. And the curve of the arc vane is (r/R) equal 3/4, It's installed on the submerged is (h/R) equal 1/4 that can be make the maximum efficiency, Or the vane's radius (r) can make maximum power equal 1/4 of impeller's radius at submerge depth (h) equal 3/4 of impeller's radius and the vane's radius (r) can make maximum efficiency equal 1/4 of impeller's radius at submerge depth (h) equal 1/4 of impeller's radius.

---

[1] นิสิตหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา-ชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ปีการศึกษา 2555

[2] อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

1) บทนำ

พลังงานน้ำ เป็นพลังงานธรรมชาติที่เป็นพลังงานสะอาด และไม่ก่อให้เกิดมลพิษที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม กังหันน้ำเป็นอุปกรณ์หนึ่งที่สามารถเปลี่ยนพลังงานน้ำให้เป็นพลังงานกล ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนได้

และจากการที่มีผู้ที่ได้ศึกษาเรื่องกังหันน้ำแบบทุ่นลอยมาแล้ว โดยมีลักษณะใบพัดเป็นใบตรง และใบพัดแบบปรับมุมเอียงได้ และได้ผลว่าที่มุม 60° ของใบพัดให้กำลังได้มากที่สุด จึงได้ทำการศึกษาใบพัดแบบใบโค้ง โดยนำค่ามุม 60° มาเป็นมุม ณ จุดตัดของส่วนโค้งของกังหัน ซึ่งจะศึกษาผลกระทบรัศมีใบพัดกังหันน้ำแบบทุ่นลอย ที่มีต่อประสิทธิภาพและกำลังงานที่ได้รับจากกังหัน

2) วัตถุประสงค์ และขอบเขตงานวิจัย

2.1) วัตถุประสงค์

เพื่อทำการศึกษาผลกระทบของรัศมีใบพัดที่แตกต่างกันของกังหันน้ำแบบทุ่นลอย ที่มีผลต่อประสิทธิภาพ และกำลังงานที่ได้รับจากกังหัน

2.2) ขอบเขตงานวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นการศึกษาการทำงานของกังหันน้ำแบบทุ่นลอยชนิดใบโค้งที่มีรัศมี (R) เท่ากับ 20 ซม. ความกว้างของใบพัด (B) เท่ากับ 20 ซม. โดยมี r/R เป็น 3 แบบ ได้แก่ 1/4, 1/2 และ 3/4

3) ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1) แรงกระแทกของน้ำ

(นิมิตร, 2540) จากสมการโมเมนตัมเชิงเส้นในการไหลของของไหล

$$\Sigma \vec{F}_i = \rho Q \left(\vec{V}_{out} - \vec{V}_{in} \right) \quad \text{..... (1)}$$

เมื่อ $\Sigma \vec{F}_i$ = ผลรวมของแรงในทิศทาง i

ρ = ความหนาแน่นของของไหล

Q = อัตราการไหลของปริมาตรของของไหล

$\vec{V}_{out}$ = ความเร็วของการไหลที่จุดออกในทิศทาง i

$\vec{V}_{in}$ = ความเร็วของการไหลที่จุดเข้าในทิศทาง i

แผ่นกั้นแบบแผ่นแบน แผ่นกั้นรูปกรวยมุม 120° แผ่นกั้นรูปกึ่งทรงกลม

รูปที่ 1 ลำน้ำพุ่งกระแทกแผ่นกั้นแบบต่าง ๆ

จากสมการโมเมนตัมข้างต้นเมื่อเปรียบเทียบลักษณะแผ่นกั้นทั้ง 3 แบบ จะได้ว่ารูปทรงของแผ่นกั้นมีผลต่อการเกิดแรงอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมเชิงเส้น

3.2) แรงบิด (torque)

(ปรเมษฐ์,2552) (torque) หรือ โมเมนต์ของแรง (moment of a force) คือความพยายามของแรงที่จะหมุนวัตถุรอบแกนหรือจุดหมุน แรงบิดเป็นผลคูณเชิงเวกเตอร์ของเวกเตอร์ตำแหน่ง $\vec{r}$ กับแรง $\vec{F}$ ถ้าให้ $\vec{r}$ เป็นเวกเตอร์ตำแหน่งของแรง $\vec{F}$ ที่กระทำต่อวัตถุ

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} \quad \text{..... (2)}$$

3.3) กำลังงานของการเคลื่อนที่แบบหมุน

(ปรเมษฐ์, 2552) สมการของกำลังงานขณะหนึ่งที่ป้อนให้แก่ระบบหมุนเป็น

$$P_T = \tau\omega \quad \text{..... (3)}$$

3.4) กำลังงานที่กังหันได้รับ (Power ; P_W)

(ธัญดร, 2553) คือพลังงานที่ของไหลส่งให้กับกังหันต่อหนึ่งหน่วยเวลา กำลังงานที่กังหันได้รับ จะมีค่าเท่ากับ

$$P_W = \gamma Q H \quad \text{..... (4)}$$

เมื่อ η คือประสิทธิภาพของกังหัน จะหาได้จาก

$$\eta = \frac{P_T}{P_W} \quad \text{..... (5)}$$

3.5) การศึกษากังหันน้ำแบบทุ่นลอย

(วัชระและคณะ, 2553) ได้ทำการการศึกษากังหันน้ำแบบทุ่นลอยแบบใบตรง จากผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังที่ได้รับจากกังหัน พบว่า ขณะที่ความเร็วรอบของกังหันเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ กำลังที่ได้รับจากกังหันจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนถึงจุดสูงสุด (P_{max}) และค่อยๆ ลดลงอย่างต่อเนื่อง มีระยะจมที่เหมาะสมที่ h/d = 1/4

3.6) การศึกษากังหันน้ำแบบทุ่นลอยชนิดใบเอียง

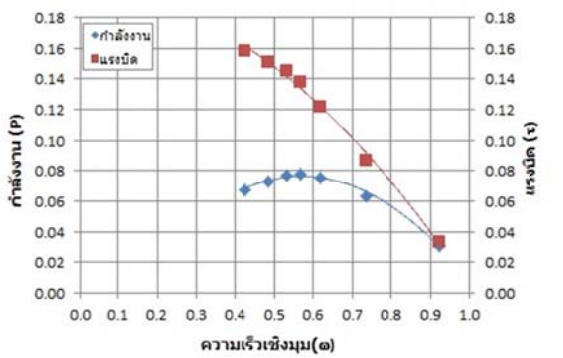
(พณัฏฐ์ และพรพิมล, 2554) ได้ทำการการศึกษากังหันน้ำแบบทุ่นลอยแบบใบเอียง จากผลการศึกษาพบว่าที่ใบพัดของกังหันทำมุม 60^o สามารถให้กำลังงานได้สูงสุด โดยมีระยะจมที่เหมาะสมที่ h/d = 3/8

4) วิธีการดำเนินการวิจัย

1) ทำการติดตั้งชุดกังหัน พร้อมขาตั้ง และอุปกรณ์วัดแรงบิด ณ กึ่งกลางรางทดลอง
2) เปิดบานประตูน้ำของรางทดลอง เป็นความเร็วน้ำ (v) ที่ 1 พร้อมวัดความเร็วน้ำ
3) ติดตั้งชุดกังหันที่มีค่ารัศมีของใบพัดต่อค่ารัศมีของกังหัน (r/R) เท่ากับ 1/4
4) ปรับระยะจมของใบพัดต่อค่ารัศมีของกังหัน (h/R) เท่ากับ 1/4
5) วัดค่าแรงดึงตาชั่งทั้งสองข้าง และนับจำนวนรอบพร้อมจับเวลาเพื่อนำไปคำนวณหาค่าความเร็วเชิงมุม (ω), แรงบิด (τ) และกำลัง (P) ต่อไป
6) ทำซ้ำข้อ 5โดยเพิ่มความตึงของตาชั่งสปริงอย่างน้อย 5 ครั้ง จนใบพัดหยุดหมุน
7) ปรับ h/R จาก 1/4 เป็น 1/2 และ 3/4 ตามลำดับ แล้วทำซ้ำข้อ 5 – 7 จนครบ 3 ระยะจม
8) เปลี่ยนชุดกังหัน r/R จาก 1/4 เป็น 1/2 และ 3/4 ตามลำดับ แล้วทำซ้ำข้อ 4 – 8 จนครบ
9) ปรับบานประตูน้ำของรางทดลอง เพื่อเปลี่ยนเป็นความเร็วน้ำที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ แล้วทำซ้ำข้อ 3 – 9 จนครบ 4 ความเร็วน้ำ

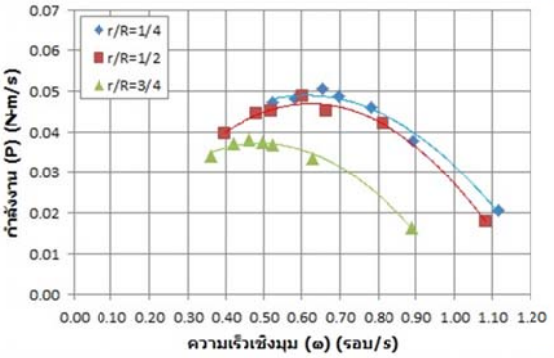
5) ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ที่ความเร็วกระแสน้ำใดๆ เมื่อความเร็วเชิงมุมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ กำลังงานจะมีค่าเพิ่มขึ้น จนกระทั่งสูงสุดที่จุดๆ หนึ่ง จากนั้นจะลดลง ในทางตรงกันข้ามเมื่อความเร็วเชิงมุมเพิ่มขึ้น แรงบิดจะลดลง ดังรูปที่ 2

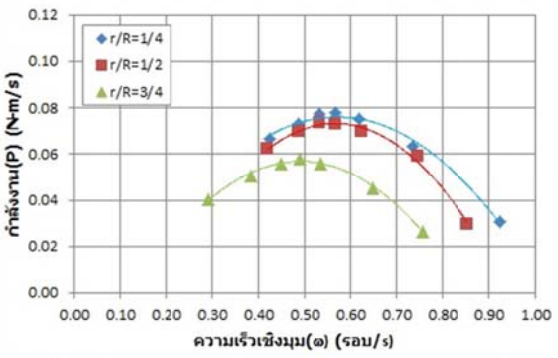


รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานกับแรงบิดกับความเร็วรอบ ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.260 m/s ที่มีค่ารัศมีของใบพัดต่อค่ารัศมีของกังหัน (r/R) เท่ากับ 1/4 ระยะจมของใบพัดต่อค่ารัศมีของกังหัน (h/R) เท่ากับ 1/2

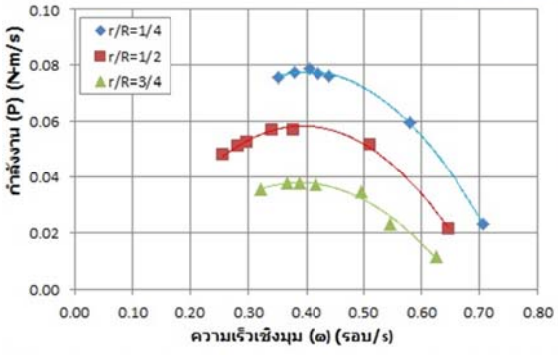
จากความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานกับความเร็วเชิงมุมของกังหันที่มีค่ารัศมีของใบพัดต่อค่ารัศมีของกังหัน (r/R) ต่างๆ โดยเปรียบเทียบที่ระยะจมของใบพัดต่อค่ารัศมีของกังหัน (h/R) เดียวกัน มีลักษณะดังรูปที่ 3 ถึง 5 ซึ่งจะเห็นได้ว่า กังหันที่มี r/R เท่ากับ 1/4 สามารถให้กำลังงานได้มากที่สุด



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานกับความเร็วรอบ ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.260 m/s ที่ระยะจมของใบพัดต่อค่ารัศมีของกังหัน (h/R) เท่ากับ 1/4

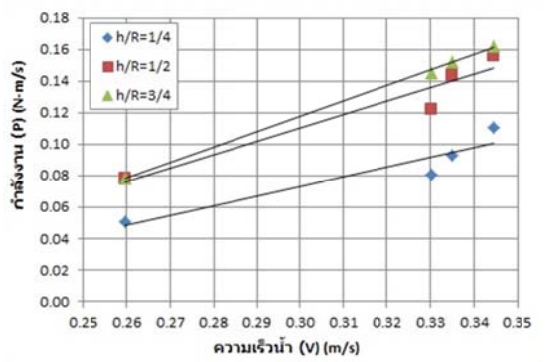


รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานกับความเร็วรอบ ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.260 m/s ที่ระยะจมของใบพัดต่อค่ารัศมีของกังหัน (h/R) เท่ากับ 1/2



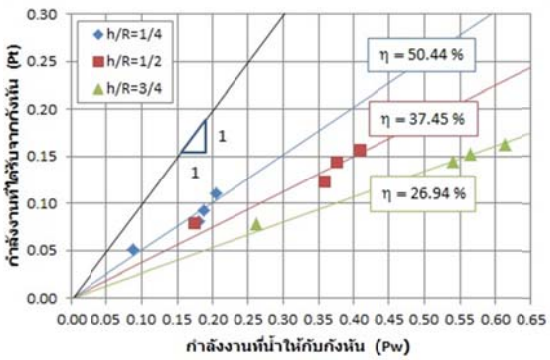
รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานกับความเร็วรอบ ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.260 m/s ที่ระยะจมของใบพัดต่อค่ารัศมีของกังหัน (h/R) เท่ากับ 3/4

เมื่อพิจารณาระหว่างกำลังงานสูงสุดเทียบกับความเร็วของกระแสน้ำต่างๆ สำหรับระยะจมของใบพัดต่อค่ารัศมีของกังหัน (h/R) ที่เหมาะสม ที่มีค่ารัศมีของใบพัดต่อค่ารัศมีของกังหัน (r/R) เท่ากับ 1/4 จะได้ความสัมพันธ์ดังรูปที่ 6 ซึ่งกังหันที่มี r/R เท่ากับ 1/4 จะสามารถสร้างกำลังงานได้มากที่สุดที่ h/R เท่ากับ 3/4

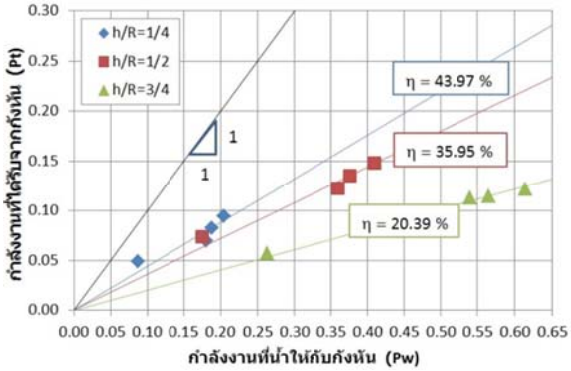


รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานสูงสุดกับความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ยของกังหันที่มีค่ารัศมีของใบพัดต่อค่ารัศมีของกังหัน (r/R) เท่ากับ 1/4

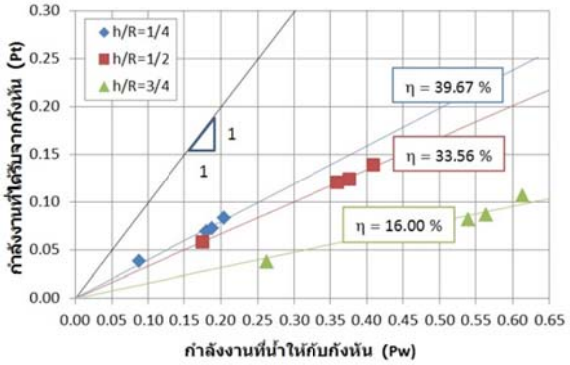
เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานที่ได้รับจากกังหัน (Pt) กับกำลังงานที่น้ำให้กับกังหัน (Pw) ของกังหันที่มีค่ารัศมีของใบพัดต่อค่ารัศมีของกังหัน (r/R) ต่างๆ ดังรูปที่ 7 ถึง 9 พบว่า ที่ระยะจมของใบพัดต่อค่ารัศมีของกังหัน (h/R) เท่ากับ 1/4 จะมีประสิทธิภาพสูงสุด



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานที่ได้รับจากกังหัน (Pt) กับกำลังงานที่น้ำให้กับกังหัน (Pw) ที่ระยะจมของใบพัดต่อค่ารัศมีของกังหัน (h/R) ต่างๆ ของกังหันที่มีค่ารัศมีของใบพัดต่อค่ารัศมีของกังหัน (r/R) เท่ากับ 1/4

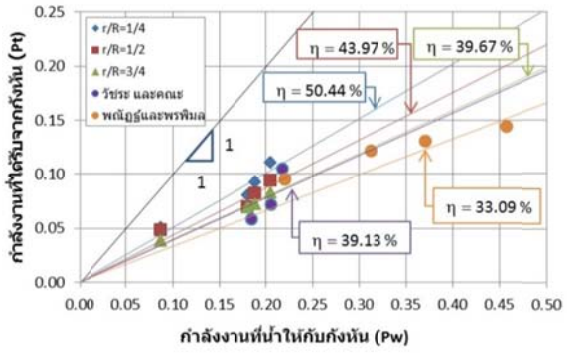


รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานที่ได้รับจากกังหัน (Pt) กับกำลังงานที่น้ำให้กับกังหัน (Pw) ที่ระยะจมของใบพัดต่อค่ารัศมีของกังหัน (h/R) ต่างๆ ของกังหันที่มีค่ารัศมีของใบพัดต่อค่ารัศมีของกังหัน (r/R) เท่ากับ 1/2



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานที่ได้รับจากกังหัน (Pt) กับกำลังงานที่น้ำให้กับกังหัน (Pw) ที่ระยะจมของใบพัดต่อค่ารัศมีของกังหัน (h/R) ต่างๆ ของกังหันที่มีค่ารัศมีของใบพัดต่อค่ารัศมีของกังหัน (r/R) เท่ากับ 3/4

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานที่ได้รับจากกังหัน กับกำลังงานที่น้ำให้กับกังหัน โดยเปรียบเทียบความสัมพันธ์ดังกล่าวของกังหันน้ำทุ่นลอยชนิดใบโค้งที่ทำการศึกษา กับ ผลการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า กังหันน้ำทุ่นลอยชนิดใบโค้งที่มีค่ารัศมีของใบพัดต่อค่ารัศมีของกังหัน (r/R) เท่ากับ 1/4 ที่ระยะจมของใบพัดต่อค่ารัศมีของกังหัน (h/R) เท่ากับ 1/4 จะสามารถสร้างพลังงานมากที่สุด และมีประสิทธิภาพสูงสุด ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานที่ได้รับจากกังหัน (Pt) กับกำลังงานที่น้ำให้กับกังหัน (Pw) ที่ระยะจมของใบพัดต่อค่ารัศมีของกังหัน (h/R) เท่ากับ 1/4

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษา เมื่อพิจารณาถึงกำลังงานที่ได้รับจากกังหัน พบว่ากังหันที่มีค่ารัศมีของใบพัดต่อค่ารัศมีของกังหัน (r/R) เท่ากับ 1/4 ที่ระยะจมของใบพัดต่อค่ารัศมีของกังหัน (h/R) เท่ากับ 3/4 จะสามารถให้กำลังงานได้มากที่สุด

และเมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพของกังหัน พบว่ากังหันที่มีค่ารัศมีของใบพัดต่อค่ารัศมีของกังหัน (r/R) เท่ากับ 1/4 ที่ระยะจมของใบพัดต่อค่ารัศมีของกังหัน (h/R) เท่ากับ 1/4 จะมีประสิทธิภาพมากที่สุด

หรือ รัศมีของใบพัด (r) ที่ได้รับกำลังงานสูงสุด เท่ากับ 1/4 ของรัศมีกังหัน (R) โดยใช้ระยะจมของใบพัด (h) เท่ากับ 3/4 ของรัศมีกังหัน (R)

และ รัศมีของใบพัด (r) ที่ได้รับประสิทธิภาพสูงสุด เท่ากับ 1/4 ของรัศมีกังหัน (R) โดยใช้ระยะจมของใบพัด (h) เท่ากับ 1/4 ของรัศมีกังหัน (R)

บรรณานุกรม

ธัญดร ออกวะลา. (2553). กลศาสตร์ของไหล. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิมิตร เฉิดฉันท์พิพัฒน์. (2540). **เอกสารประกอบการสอนวิชา ปฏิบัติการกลศาสตร์ของของไหล**. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

ปรเมษฐ์ ปัญญาเหล็ก. (2552). **ฟิสิกส์ 1**.กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศรีปทุม

พณัฏฐ์ พัฒนนันทพันธ์ และ พรภิมล คำแก้ว. (2554). **โครงงานวิศวกรรมชลประทาน เรื่อง การศึกษากังหันน้ำแบบทุ่นลอยชนิดใบเอียง**. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

วัชระ หลักชัย และคณะ. (2553). **โครงงานวิศวกรรมชลประทาน เรื่อง การศึกษากังหันน้ำแบบทุ่นลอย**. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.