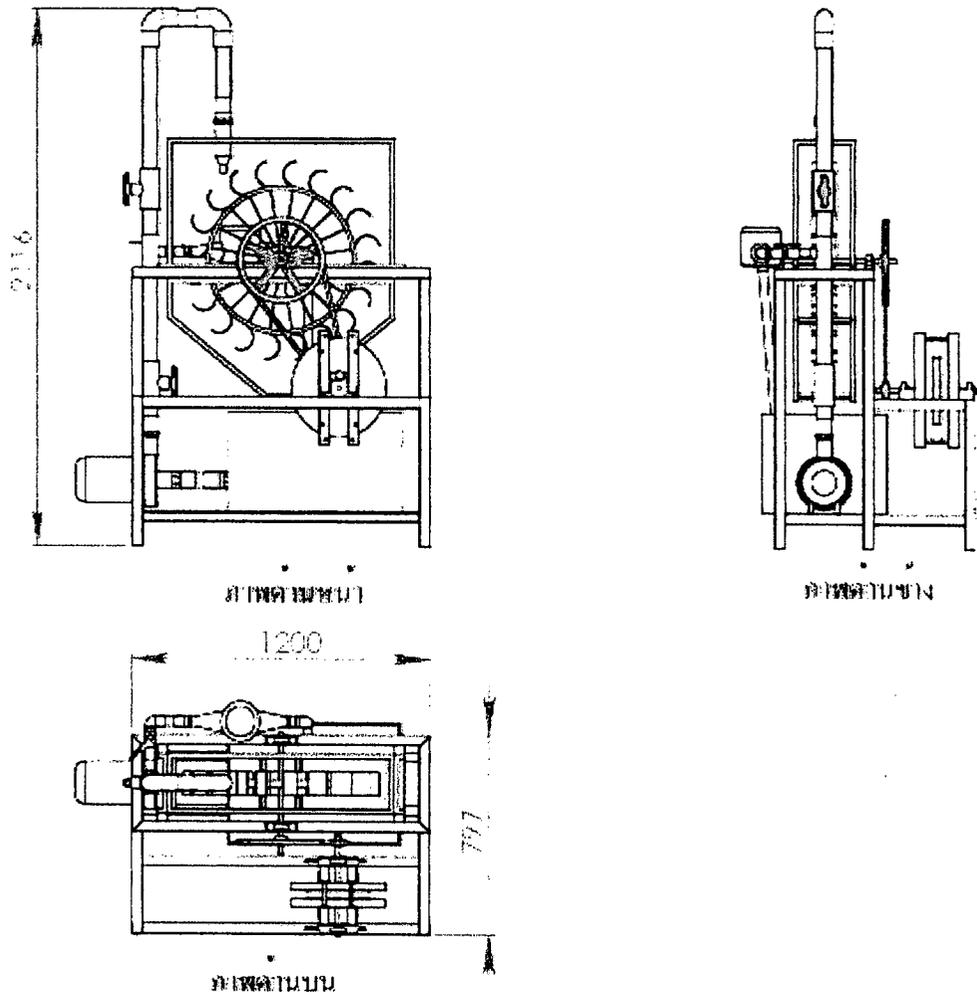
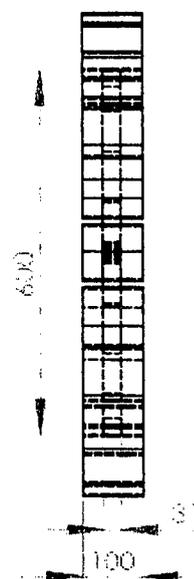
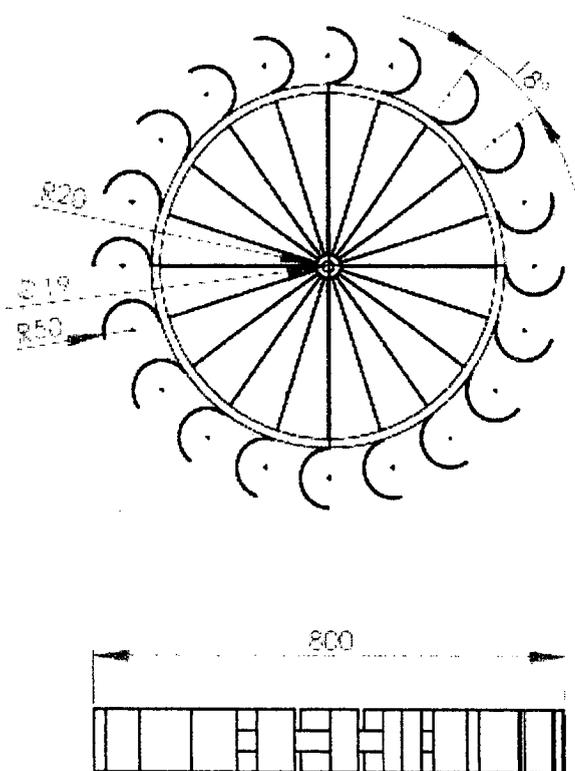


ภาคผนวก

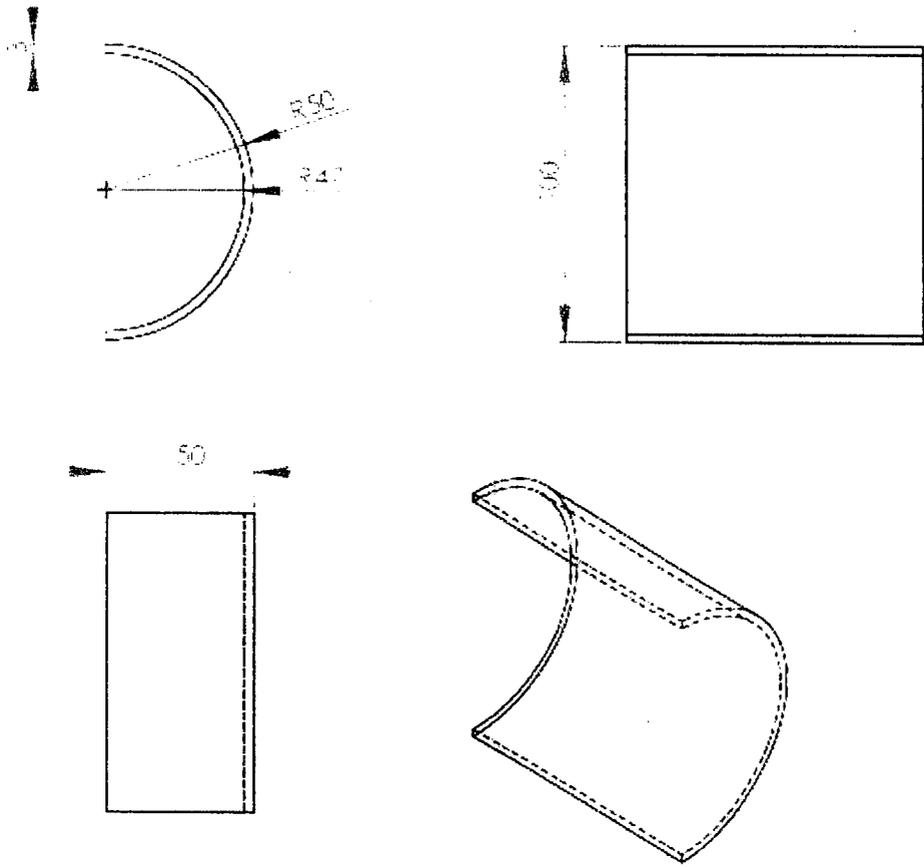
ภาคผนวก ก  
แบบแสดงรายละเอียดกังหันน้ำเพื่อการผลิตพลังงานไฟฟ้า



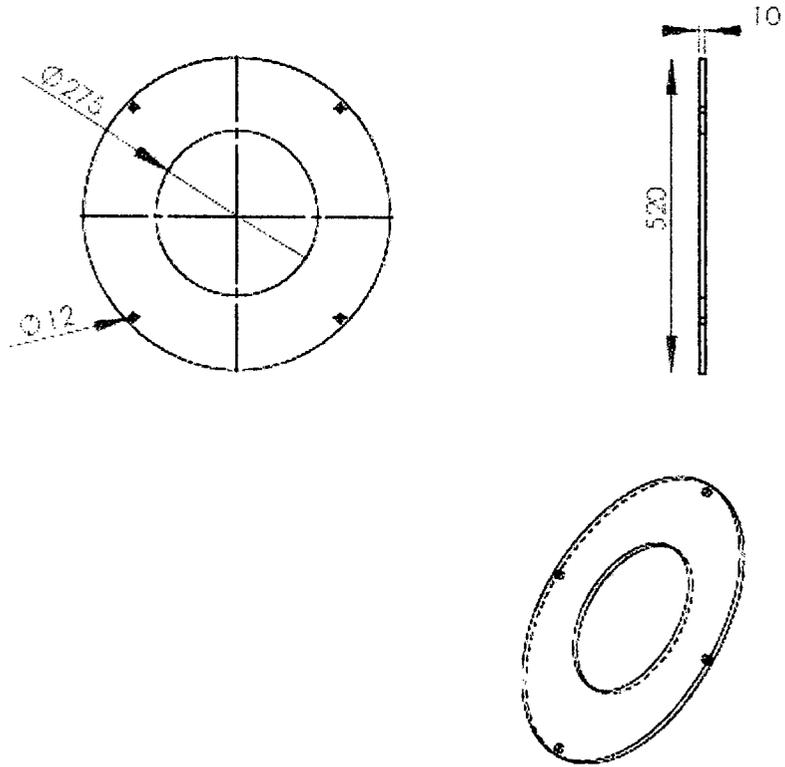
ภาพประกอบ ก1. แบบแสดงภาพฉายกึ่งหันน้ำผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการทดสอบ



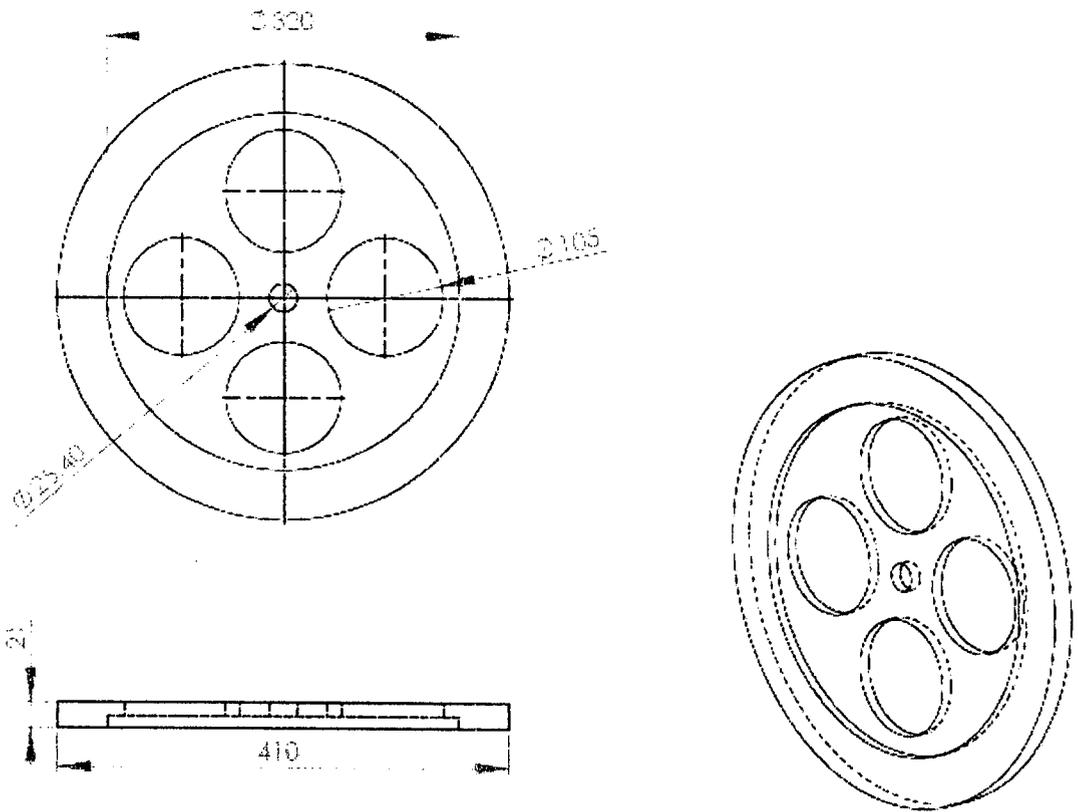
ภาพประกอบ ก2 แบบแสดงภาพฉายล้อกังหันน้ำ



ภาพประกอบ ก3. แบบแสดงภาพฉายใบพัดกังหันน้ำ



ภาพประกอบ ก4. แบบแสดงภาพฉายของงานที่ใช้วางขดลวด



ภาพประกอบ ก5. แบบแสดงภาพถ่ายของงานที่ใช้วางแม่เหล็กไฟฟ้า

ภาคผนวก ข  
ตารางความแข็งแรงของวัสดุ

ตารางภาคผนวก ข คุณสมบัติของเหล็กกล้าตามมาตรฐานเยอรมัน(DIN)

Material	Elastic Modulus $MN/m^2$	Tensile Strength $\sigma_u$ $MN/m^2$	Yield Strength $\sigma_y$ $MN/m^2$	Shear Strength $MN/m^2$	Modulus of rigidity $MN/m^2$
$S_c37$	210 000	370	240	140	80 000
$S_c42$	210 000	420	250	160	80 000
$S_c50$	210 000	500	300	200	80 000
$S_c52$	210 000	520	320	220	80 000
$S_c60$	210 000	600	360	220	80 000
$S_c60$	210 000	700	420	260	80 000
37 Mn Si 5	210 000	1000	750	280	80 000
Sl Cu Mg	72 000	420	280	130	28 000

ที่มา: ชนะ กลิการ์. ความแข็งแรงของวัสดุ. พิมพ์ที่ 9. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ สำนักพิมพ์ชวนพิมพ์, 2528:หน้า 443

ภาคผนวก ค  
ตัวอย่างการคำนวณ

## ตัวอย่างการคำนวณ

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลการทดลองที่อัตราทด 1 ต่อ 5 ที่หัวฉีด 1/2 นิ้ว

อัตราการไหล (L/min)	m1	m2	ความเร็วรอบของกังหันน้ำ (rpm)	ความเร็วรอบของเจนเนอเรเตอร์ (rpm)	กระแส (แอมป์)	v (มีไหล)	v (ไม่มีไหล)
60	0.5	2	70	375	3.26	19.3	105.1
90	0.5	2	84	427	4.93	20.61	129.5
120	0.5	2	87	441	5.04	20.66	131.5

การคำนวณหา  $T = F \times r$  เมื่อ  $r = 0.0225$  เมตร

$$\text{หา } F = (m_2 - m_1)g = (2 - 0.5) \times 9.81 = 14.715 \text{ นิวตัน}$$

$$\text{หา } T = 14.715 \times 0.0225$$

$$T = 0.331 \text{ นิวตัน เมตร}$$

ตารางที่ 4.7 ผลการคำนวณกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ที่อัตราทด 1 ต่อ 5 ที่หัวฉีด 1/2 นิ้ว

อัตราการไหล (L/min)	ความเร็วรอบกังหันน้ำ (rpm)	ความเร็วเชิงมุม (rad/s)	ทอร์ก (N.m)	กำลังกังหัน (W)	ความเร็วรอบเจนเนอเรเตอร์ (rpm)	กำลังน้ำ (W)	กำลังไฟฟ้า (W)	ประสิทธิภาพรวม
60	70	7.33	0.331	2.43	375	147.15	62.92	0.42
90	84	8.79	0.331	2.91	427	220.72	101.61	0.45
120	87	9.11	0.331	3.02	441	294.30	104.13	0.40

$$\text{ความเร็วเชิงมุม } (\omega) = \frac{2\pi N}{60} = \frac{2\pi(70)}{60} = 7.33 \text{ เรเดียนต่อวินาที}$$

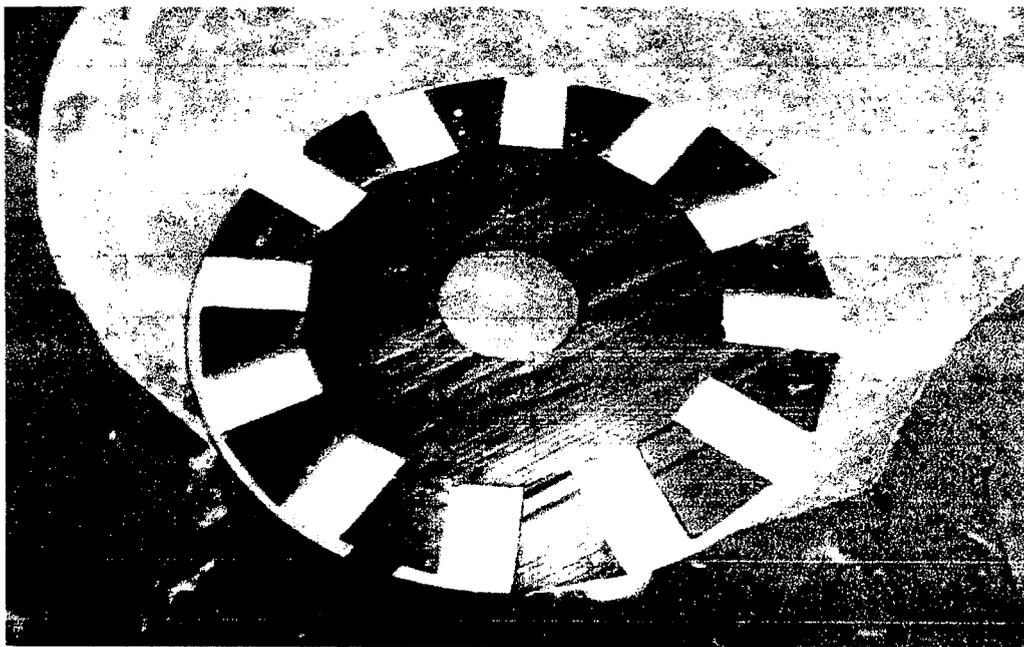
$$\text{กำลังกังหันน้ำ } (P_w) = T \times \omega = 7.33 \times 0.331 = 2.44 \text{ วัตต์}$$

$$\text{กำลังไฟฟ้าสมการ } (P_e) = I \times V = 19.3 \times 3.26 = 62.92 \text{ วัตต์}$$

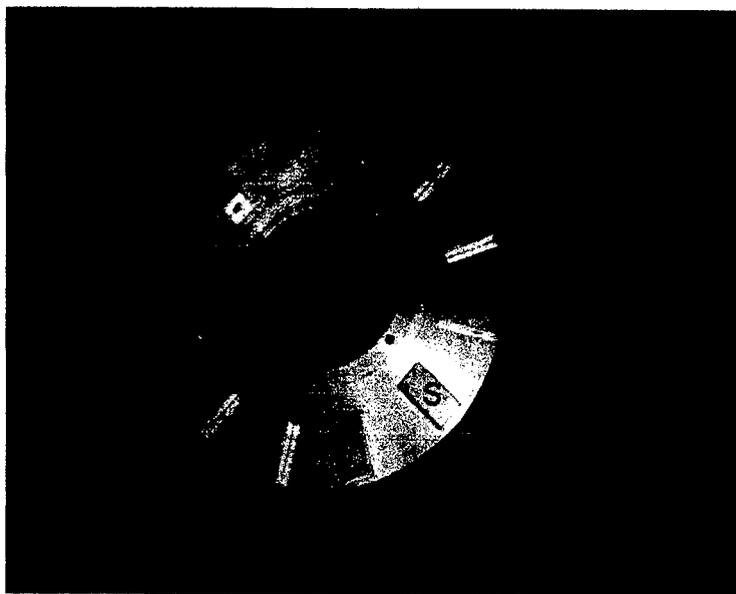
$$\text{กำลังน้ำ } (P_h) = \rho g H Q = \frac{1000 \times 9.81 \times 15 \times 60}{1000 \times 60} = 147.15 \text{ วัตต์}$$

$$\text{ประสิทธิภาพรวม } (\eta) = \frac{P_e}{P_h} = \frac{62.92}{147.15} = 0.42$$

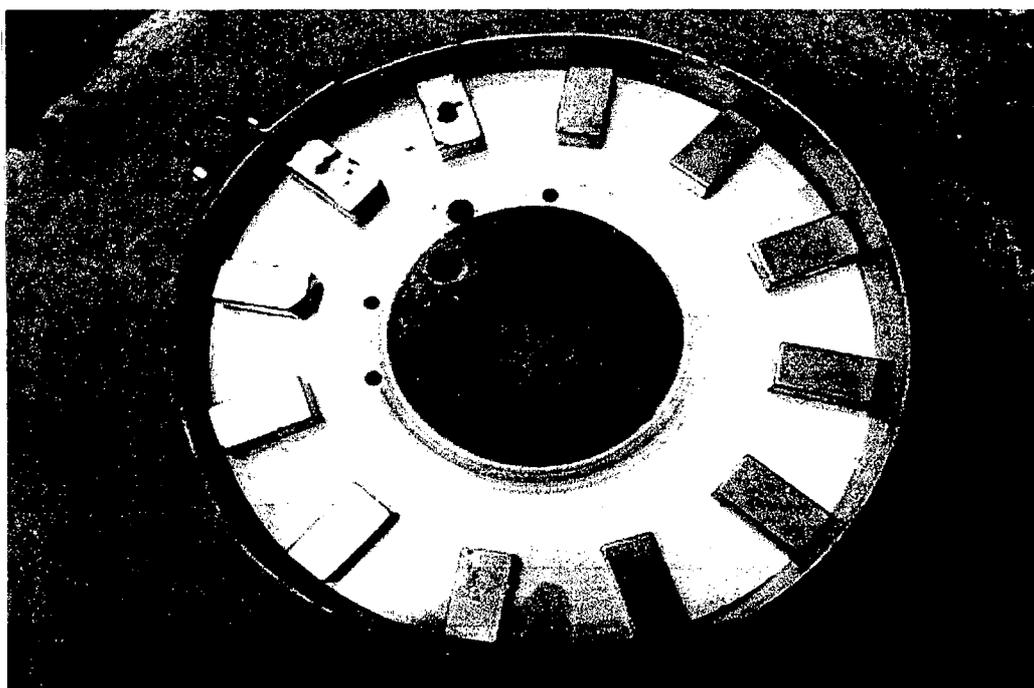
ภาคผนวก ง  
ขั้นตอนการทำเงินเนอ์เตอร์



ภาพประกอบ ง.1 ทำเครื่องหมายสำหรับติดแม่เหล็กจำนวน 12 ก้อน



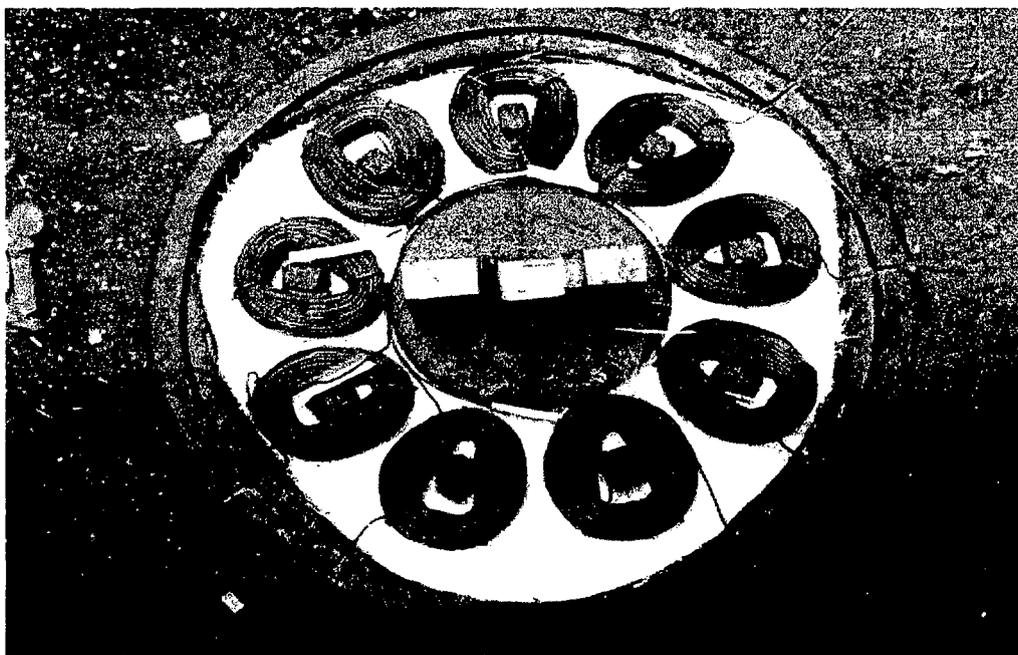
ภาพประกอบ ง.2 แสดงลักษณะการวางแม่เหล็กโดยการวางสลับขั้วกันจำนวน 12 ก้อน



ภาพประกอบ ง.3 แสดงการวางแบบเพื่อหล่อเรซินทับแม่เหล็กทั้ง 12 ก้อนทำเหมือนกัน 2 ด้าน



ภาพประกอบ ง.4 ทำการทาแว็กซ์หรือวาสลินลงบนแบบเพื่อไม่ให้ชิ้นงานติดแบบ



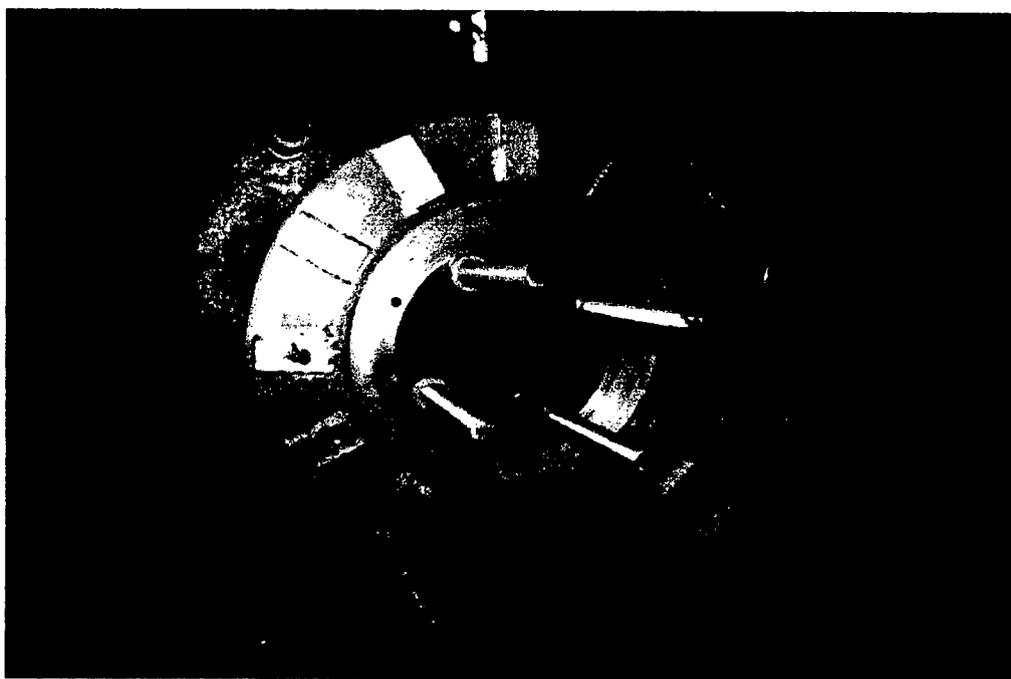
ภาพประกอบ ง.5 ทำการวางขดลวดลงในแบบและตั้งองศาเพื่อให้เรซินที่เทลงเท่ากัน



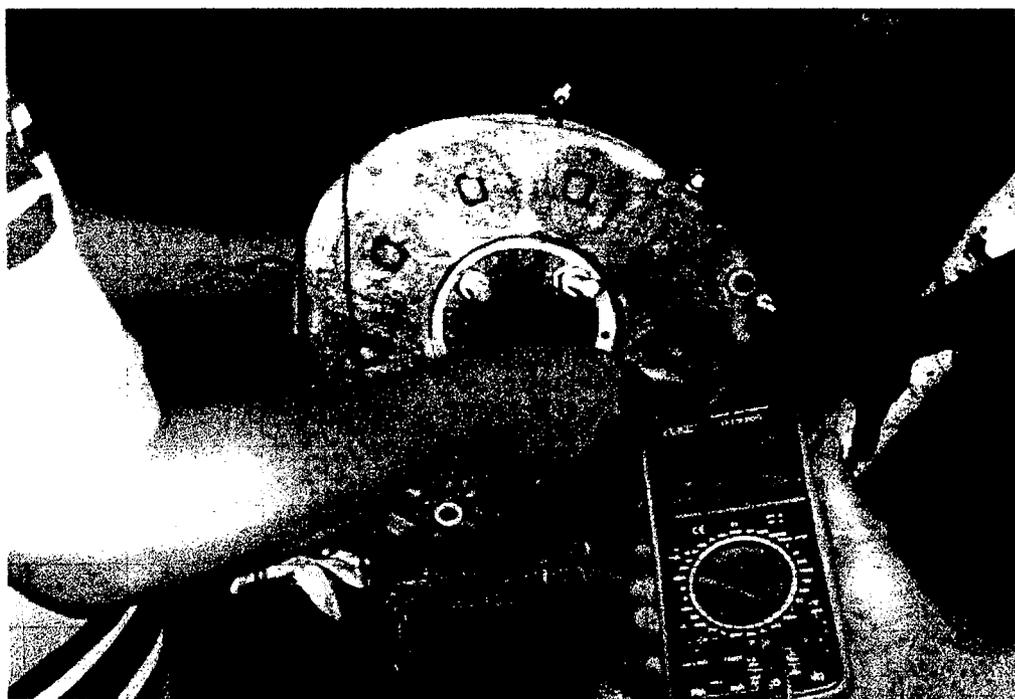
ภาพประกอบ ง.6 ทำการเทเรซินลงในแบบและปล่อยให้แห้งประมาณ 8-12 ชั่วโมง เพื่อให้เรซินจับตัวกัน



ภาพประกอบ ง.7 เมื่อแกะชุดขดลวดออกจากแบกก็นำมาเจาะรูเพื่อประกอบและต้องเจาะทั้งสอง  
แผ่นให้ตรงตำแหน่งเดียวกัน



ภาพประกอบ ง.8 ทำการประกอบเจนเนอเรเตอร์โดยการให้แม่เหล็กอยู่ตรงกลางและชุดขดลวดอยู่  
ด้านนอกทั้งสองข้าง



ภาพประกอบ ง.9 ทำการหมุนเจนเนอเรเตอร์เพื่อวัดโวลต์ออกมาได้ 12.62 โวลต์ เจนเนอเรเตอร์ตัวที่ทำขึ้นนี้เป็นแบบ 18ขดลวด 24 ก้อนแม่เหล็ก



การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

ครั้งที่ 3

เรื่อง สหวิทยาการงานวิจัยเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน:

ภูมิปัญญาไทยก้าวไกลสู่อาเซียน

25 กรกฎาคม พ.ศ. 2555

# สารบัญ

หน้า

## งานวิจัยภาคบรรยาย กลุ่มสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

การทดสอบกักกันน้ำขนาดจิ๋วเพื่อการผลิตพลังงานไฟฟ้า .....	3
ยุทธชัย เกี่ยวสัมพันธ์ยะ	
การวัดประสิทธิภาพความแรงสัญญาณของแอ็กเซสพ้อยท์ที่ติดตั้งภายในอาคาร .....	11
ธเนศ ตั้งจิตเจริญเลิศ	
สืบสานภูมิปัญญาพืชท้องถิ่นจากการศึกษาพันธุกรรมของ .....	22
สืบประดสายพันธุ์ท้องถิ่นอินทรีชิตของประเทศไทย	
โองการ วณิชชาชีวะ	
Self-compacting Concrete Mixed with Limestone Powder: .....	32
Mechanical Properties and Lead encapsulation	
กฤษดา เสือเอี่ยม ณ์ภูรี มากุล	
การประยุกต์เทคนิค ABC ร่วมกับการพยากรณ์แบบ MAPE .....	40
สำหรับการวางแผนเพื่อดำเนินการผลิตชิ้นงานแบบผสม	
ชาญชัย วัลลิสิต	
อิทธิพลของเก้าแกลบต่อความร้อนของคอนกรีตชนิดไหลตัวได้ .....	46
กฤษดา เสือเอี่ยม ประกาศิต ไสไกร และ ณ์ภูรี มากุล	
ฤทธิ์ต่อต้านเชื้อราของสารสกัดจากน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย Bacillus subtilis B02 .....	52
ต่อการเจริญเติบโต ของเชื้อรา Phytophthora palmivora สาเหตุโรคเน่าดำในกล้วยไม้	
รัตนนุช จันทร์เพ็ญ	
การใช้ประโยชน์จากเนื้อลูกสำรองในผลิตภัณฑ์ไก่ยอ .....	61
ศศิพร รัตนสุวรรณ	
การพัฒนาไอศกรีมหน้านมข้าวกล้องพลังงานต่ำ .....	68
ศศิพร รัตนสุวรรณ	
การนับจำนวนเซลล์เม็ดเลือดแดงแบบอัตโนมัติโดยวิธี .....	75
Parallel Sum-Result Indexing Algorithm	
เกศศักดิ์ดา ศรีโคตร รุติพร จันทร์ดา สุทธิพงษ์ พุ่งเดช และวรางคณา เหนือคูเมือง	
การศึกษาลำดับการทำรังวางไข่ของนกน้ำในแหล่งทำรังวางไข่ที่สำคัญ 4 แห่ง .....	86
ชินะพัทธ์ นาคะสิงห์ ศิริวัฒน์ สุนทรโรทก	
การสร้างต้นแบบอุปกรณ์วัดเท้ากะลามะพร้าวจากภูมิปัญญาชาวบ้าน .....	93
ดุชนิ คุภวรรธนะกุล ละอองทิพย์ มัทธูรศ ทีเชษฐ บัญญัติ และธนวรรธน์ อิมสมบุญ	



## การทดสอบกังหันน้ำขนาดเล็กเพื่อการผลิตพลังงานไฟฟ้า Pico Hydro Turbine Testing for Electricity Generating

ยุทธชัย เกี้ยวสันเทียะ\*

\*สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล

E-mail: keawsa2000@yahoo.com\*

Yuttachai Keawsuntia\*

\* Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Vongchavalitkul University

Email: keawsa2000@yahoo.com\*

### บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้เป็นการนำเสนอผลการทดสอบเครื่องกังหันน้ำขนาดเล็ก สำหรับผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อเก็บไว้ในแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ จากการทดสอบกังหันน้ำแบบ Crossflow ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 เมตร จำนวนใบพัด 20 ใบ ต่อเข้ากับเจนเนอเรเตอร์ แบบแม่เหล็กถาวร ที่อัตราการไหล 60 ถึง 120 ลิตรต่อนาที ขนาดของหัวฉีด 0.0127, 0.0190 และ 0.0254 เมตร โดยให้อัตราการระหว่างล้อกังหันน้ำกับเจนเนอเรเตอร์ เท่ากับ 1 ต่อ 3 และ 1 ต่อ 5 พบว่า อัตราการระหว่างล้อกังหันน้ำกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขนาดของหัวฉีด และอัตราการไหลของน้ำเป็นตัวแปรที่มีผลต่อการผลิตกำลังไฟฟ้า โดยที่อัตราการไหล 120 ลิตรต่อนาที ขนาดของหัวฉีด 4 มม และอัตราทด 1 ต่อ 3 ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 121.68 วัตต์ ที่ความเร็วรอบ 468 รอบต่อนาที

คำสำคัญ : กังหันน้ำขนาดเล็ก พลังงานน้ำ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวร

### Abstract

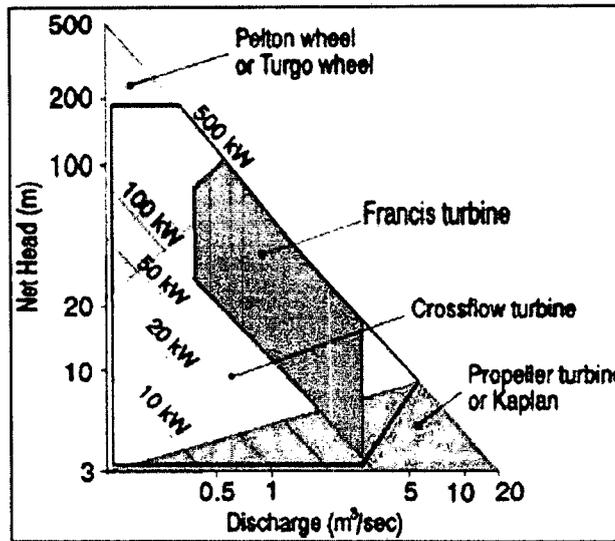
This research paper presents the testing results of the electricity generating from the pico hydro turbine, in order to save in a battery 12 V. A testing of pico crossflow turbine with 0.6 meter diameters of wheel and a 20 blades water turbine which has a semi-circle shape at 0.1 meter diameters of blade, connected with permanent magnet generator at gear up ratio of 1:3 and 1:5 respectively, was undertaken. The results from the test run of crossflow turbine by varying flow rate from 60 to 120 L/min at 0.0127, 0.0190 and 0.0254 meter diameter of nozzle respectively, showed that the gear ratio between the water wheel and generator, diameter of nozzle and volume flow rate are variables that affect the electric production. A combination of water flow rate at 120 L/min, 0.017 meter diameter of nozzle and gear ratio of 1:3 gives the maximum electric power of 121.68 watts at generator speed of 468 rpm.

**Keywords :** Pico hydro turbine, Hydro power, Permanent magnet generator

จากรายงานสถิติการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยปี พ.ศ. 2553 โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2554) พบว่า ภาพรวมการใช้พลังงานด้านนี้ของประเทศไทยขึ้นอย่างค่อนเนื่องทุกปี เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประชากรและการเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจ ประกอบกับวัตถุดิบหลักสำหรับผลิตพลังงานไฟฟ้าในปัจจุบันได้แก่ ถ่านหิน ลิกไนต์ และน้ำมัน ได้ถูกประเมิน ว่ากำลังจะหมดไปในอนาคตอันใกล้ เป็นผลให้ต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้ามีแนวโน้มที่สูงขึ้น ทำให้หลายหน่วยงานได้ให้ความสำคัญในการ พัฒนาเทคโนโลยีสำหรับผลิตไฟฟ้าโดยใช้ร่วมกับแหล่งพลังงานสะอาด (Green energy) เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานชีวมวลและพลังงานน้ำ เป็นต้น พลังงานน้ำเป็นพลังงานหมุนเวียนประเภทหนึ่งที่มีความสนใจในการผลิตพลังงานไฟฟ้า เนื่องจากเป็นพลังงานสะอาดไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ ต้นทุนต่ำเมื่อเทียบกับพลังงานหมุนเวียนชนิดอื่น (วัฒนา, 2547) โดยใช้ร่วมกับกังหันน้ำ (Hydro turbine) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ในอดีตการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานน้ำต้องอาศัยแหล่งน้ำขนาดใหญ่ เช่น เขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ ระบบพลังน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ เป็นระบบที่มีความมั่นคงในการจ่ายพลังงาน มีประสิทธิภาพสูงและมีอายุการใช้งานนาน แต่อย่างไรก็ตามการสร้างเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำจะมีผลกระทบด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม เช่น พื้นที่ป่าไม้ลดลง และการอพยพที่อยู่อาศัยของประชาชนบริเวณใกล้อ่างเก็บน้ำ อีกทั้งยังมีความแตกต่างของลักษณะทางภูมิศาสตร์ของแต่ละพื้นที่ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการสร้างแหล่งจ่ายพลังงานน้ำ (Boyle, G., 1996) เพื่อลดผลกระทบด้านการอพยพที่อยู่อาศัยและผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากน้ำโดยใช้โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบดั้งเดิม การพัฒนาระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจาก แหล่งพลังงานขนาดเล็ก (Small hydro power) ถึงขนาดจิ๋ว (Pico hydro power) จึงมีความสำคัญ แต่สำหรับประเทศไทยการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำขนาดเล็กมาก มีค่าใช้จ่ายสูงถึง 7-8 หมื่นบาทต่อกิโลวัตต์ (ประเทือง, 2551) เพราะต้องนำเข้าเทคโนโลยีกังหันน้ำจากต่างประเทศเนื่องจากไม่มีบริษัทผู้ผลิตกังหันน้ำขนาดเล็กในประเทศ กังหันน้ำสำหรับผลิตพลังงานไฟฟ้าในปัจจุบันแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ตามลักษณะการทำงาน (S.L. Dixon, 2005) คือ กังหันน้ำแรงกระแทก (Impulse Turbines) ได้แก่ กังหันน้ำเพลตัน (Pelton turbines) กังหันน้ำเทอร์โก (Turgo turbines) และกังหันน้ำครอสโฟลว์ (Crossflow turbines) เป็นต้น อีกประเภทหนึ่งคือกังหันน้ำแรงสะท้อน (Reaction Turbine) ที่ยังคงใช้งานในปัจจุบันได้แก่กังหันน้ำ ฟรานซิส (Francis turbines) กังหันน้ำใบพัด (Propeller turbine) และกังหันน้ำ Kaplan (Kaplan turbines) เป็นต้น ซึ่งแต่ละแบบมีลักษณะการใช้งานแตกต่างกันตามอัตราการไหลและหัวน้ำ (Khan et al., 2009) ดังแสดงในภาพที่ 1 โรงไฟฟ้าพลังน้ำสามารถแบ่งได้ตามกำลังการผลิต ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบ่งตามกำลังการผลิต (Paish, 2002)

Hydro type	Scale	Application
Pico hydro	100 W - 5 kW	Stand alone
Micro hydro	5 - 100 kW	Remote areas
Mimi hydro	100 kW - 1 MW	Grid connected
Small hydro	1 - 15 MW	Grid connected
Medium hydro	15 - 100 MW	Grid connected
Large hydro	More than 100 MW	Grid connected

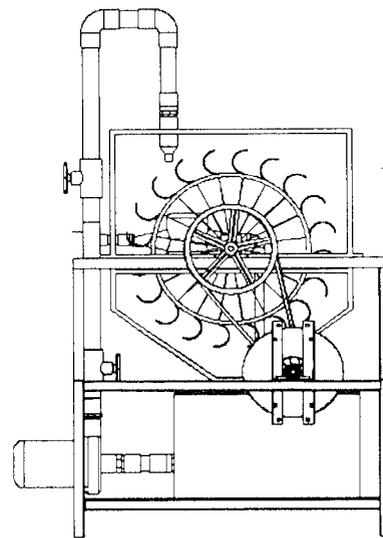
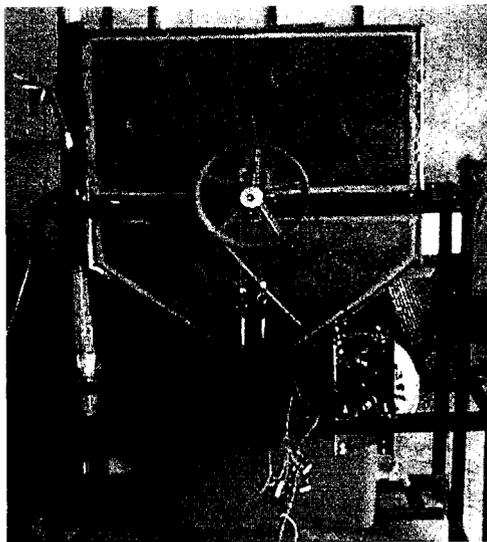


ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ของหัวน้ำ (Head) และอัตราการไหล (Flow rate) ของกังหันน้ำแต่ละแบบ

เพื่อเป็นการพัฒนาระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานน้ำขนาดเล็กมากให้เหมาะสมกับการใช้งานในครัวเรือนหรือชุมชนที่มีศักยภาพพลังงานน้ำไม่สูงมากนัก เช่น อัตราการไหล และหัวน้ำต่ำ ในงานวิจัยนี้จึงเป็นการนำเสนอการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กที่มีใบพัดกังหันน้ำเป็นแบบครอสฟลว์ (Crossflow turbines) เนื่องจากกังหันน้ำแบบนี้มีอัตราการไหล และหัวน้ำในการทำงานต่ำ สร้างได้ง่าย ราคาต้นทุนต่ำ เคลื่อนย้ายได้ อีกทั้งวัสดุที่ใช้ผลิตสามารถหาได้ในท้องถิ่น โดยประยุกต์ใช้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แบบแม่เหล็กถาวร (Permanent magnet generator) ที่สร้างขึ้นสำหรับการทำงานที่ความเร็วรอบต่ำ เพื่อใช้เป็นเครื่องต้นแบบสำหรับการพัฒนากังหันน้ำขนาดเล็ก เพื่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าในระดับครัวเรือนและระดับชุมชนต่อไป

### อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ชุดกังหันน้ำขนาดเล็กที่ใช้ในการทดสอบเพื่อการผลิตพลังงานไฟฟ้า สำหรับเก็บไว้ในแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ มีส่วนประกอบหลักได้แก่ ชุดใบกังหันน้ำ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง และแบตเตอรี่ ดังแสดงในภาพที่ 2 โดยล้อกังหันน้ำทำมาจากล้อรถจักรยานมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 600 มิลลิเมตร ชิดติดกับใบกังหันน้ำจำนวน 20 ใบ ซึ่งแต่ละใบทำจากท่อ PVC มีขนาดความยาวคอรัล 100 มิลลิเมตร ชุดล้อกังหันน้ำได้ถูกต่อเข้ากับ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง (Generator) จำนวน 2 ชุด โดยแต่ละชุด มีขดลวด 9 ขด แต่ละขดมีการพันลวดทองแดงเบอร์ 17 จำนวน 100 รอบ แม่เหล็กแรงดันสูง 12 ก้อน ติดกับจานหมุน และต่อชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้ากับ ชุดไดโอด เพื่อแปลงกระแสไฟฟ้าที่ได้ซึ่งเป็นกระแสสลับให้เป็นกระแสตรงและปรับแรงดันที่ได้ให้สูงกว่า 12 โวลต์ DC เล็กน้อย โดยใช้วงจรบริดไดโอดสำหรับชาร์จเข้าแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ กระแส 30 แอมแปร์ ชั่วโมง



ภาพที่ 2 ส่วนประกอบชุดกังหันน้ำขนาดเล็กที่ใช้ทดสอบ

ในการทดสอบ การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากกังหันน้ำขนาดเล็ก จีวีวี น้ำได้ถูกส่งจากถังเก็บน้ำไปยังหัวฉีดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.7 มิลลิเมตร (4 หุน) เพื่อฉีดน้ำเข้าที่ใบพัดกังหันน้ำ โดยใช้เครื่องสูบน้ำ อัตราการไหลที่ใช้ในการทดสอบคือ 60, 90 และ 120 ลิตรต่อวินาที ที่ระยะหัวน้ำ (Head) 15 เมตร ในการวัดอัตราการไหลของน้ำ ได้วัดจากปริมาณน้ำที่ไหลผ่านมิเตอร์น้ำเทียบกับเวลา เพื่อนำไปคำนวณหากำลังงานของน้ำ (Hydraulics power) ดังสมการที่ 1 เมื่อล่อกังหันหมุนด้วยความเร็วรอบคงที่ จากนั้นได้วัดค่าแรงดัน และกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อหา กำลังงานทางไฟฟ้า (Electric power) ดังสมการที่ 2 เมื่อได้ค่ากำลังทางไฟฟ้าและกำลังงานน้ำได้นำค่าที่ได้มาคำนวณหาประสิทธิภาพรวมของระบบ (Total efficiency) โดยประสิทธิภาพรวมของระบบ สามารถคำนวณได้จาก กำลังทางไฟฟ้าหารด้วย กำลังงานของน้ำที่ให้แก่ล่อกังหันน้ำ ดังแสดงในสมการที่ 3

$$\text{กำลังงานของน้ำ} \quad P_W = \rho ghQ \quad \text{-----} \quad (1)$$

$$\text{กำลังงานไฟฟ้า} \quad P_E = IV \quad \text{-----} \quad (2)$$

$$\text{ประสิทธิภาพรวม} \quad \eta_T = \frac{P_E}{P_W} \quad \text{-----} \quad (3)$$

โดยที่	$P_W$	คือ	กำลังงานน้ำ, W
	$\rho$	คือ	ความหนาแน่นของน้ำ เท่ากับ $1,000 \text{ kg/m}^3$
	$g$	คือ	ค่าความโน้มถ่วงของโลก เท่ากับ $9.81 \text{ m/s}^2$
	$h$	คือ	ระยะหัวน้ำ, m เท่ากับ 15 เมตร
	$Q$	คือ	อัตราการไหลโดยปริมาตร, $\text{m}^3/\text{s}$
	$P_E$	คือ	กำลังงานไฟฟ้า, W
	$I$	คือ	กระแสไฟฟ้า, Amp
	$V$	คือ	แรงดันไฟฟ้า, V
	$\eta_T$	คือ	ประสิทธิภาพรวมของระบบ



## ผลการทดสอบ

จากการทดสอบกังหันน้ำขนาดจิ๋วเพื่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าสำหรับเก็บเข้าแบตเตอรี่ ขนาด 12 โวลต์ 30 แอมแปร์ ชั่วโมง เมื่ออัตรา  
 ทดความเร็วรอบระหว่างล้อยก้นน้ำกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเท่ากับ 1:3 และ 1:5 หัวฉีดที่ใช้มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.7, 19.0 และ 25.4  
 มิลลิเมตร อัตราการไหลในการทดสอบเท่ากับ 60, 90 และ 120 ลิตรต่อนาที สามารถแสดงผลการทดสอบได้ดังตารางที่ 2 ถึง ตารางที่ 7

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบที่หัวฉีด 12.7 มิลลิเมตร อัตราทด 1:3

อัตราการไหล (L/min)	กำลังน้ำ (Watt)	ความเร็วรอบ กังหันน้ำ(rpm)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (A)	กำลังไฟฟ้า (Watt)	ประสิทธิภาพ รวม
60	147.15	125	28.50	3.69	68.27	0.46
90	220.72	145	20.66	5.04	104.13	0.47
120	294.30	162	20.80	5.85	121.68	0.41

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบที่หัวฉีด 19.0 มิลลิเมตร อัตราทด 1:3

อัตราการไหล (L/min)	กำลังน้ำ (Watt)	ความเร็วรอบ กังหันน้ำ(rpm)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (A)	กำลังไฟฟ้า (Watt)	ประสิทธิภาพ รวม
60	147.15	102	15.9	1.25	19.88	0.13
90	220.72	140	19.95	4.50	89.78	0.40
120	294.30	144	20.61	4.93	101.61	0.34

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบที่หัวฉีด 25.4 มิลลิเมตร อัตราทด 1:3

อัตราการไหล (L/min)	กำลังน้ำ (Watt)	ความเร็วรอบ กังหันน้ำ(rpm)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (A)	กำลังไฟฟ้า (Watt)	ประสิทธิภาพ รวม
60	147.15	82	14.25	0.97	13.82	0.09
90	220.72	105	16.14	1.43	23.08	0.10
120	294.30	107	16.33	2.40	39.20	0.13

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบที่หัวฉีด 12.7 มิลลิเมตร อัตราทด 1:5

อัตราการไหล (L/min)	กำลังน้ำ (Watt)	ความเร็วรอบ กังหันน้ำ(rpm)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (A)	กำลังไฟฟ้า (Watt)	ประสิทธิภาพ รวม
60	147.15	75	19.3	3.26	62.92	0.42
90	220.72	85	20.1	5.03	101.10	0.45
120	294.30	88	20.7	5.70	118.00	0.40

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบที่หัวฉีด 19.0 มิลลิเมตร อัตราทด 1:5

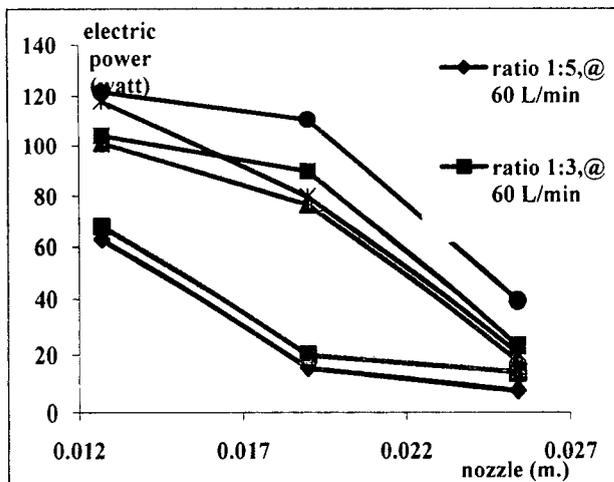
อัตราการไหล (L/min)	กำลังน้ำ (Watt)	ความเร็วรอบ กังหันน้ำ(rpm)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (A)	กำลังไฟฟ้า (Watt)	ประสิทธิภาพ รวม
60	147.15	52	14.45	1.25	19.88	0.13
90	220.72	77	19.17	4.00	76.71	0.34
120	294.30	81	19.20	4.15	79.80	0.27



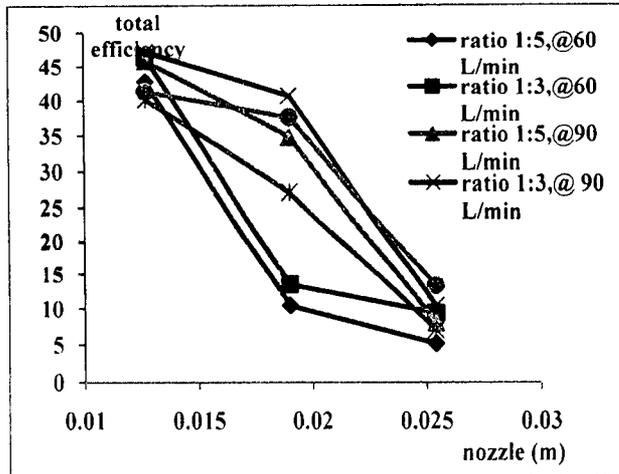
ตารางที่ 7 ผลการทดสอบที่หัวฉีด 25.4 มิลลิเมตร อัตราทด 1:5

อัตราการไหล (L/min)	กำลังน้ำ (Watt)	ความเร็วรอบ ก้านน้ำ(rpm)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (A)	กำลังไฟฟ้า (Watt)	ประสิทธิภาพ รวม
60	147.15	43	14.47	0.52	7.52	0.05
90	220.72	60	16.13	1.21	17.7	0.08
120	294.30	62	16.33	1.26	20.57	0.07

จากตารางที่ 2 ถึง 7 สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ได้กับขนาดของหัวฉีดที่อัตราทดและอัตราการไหลต่าง ๆ ได้ดังภาพที่ 3 และประสิทธิภาพรวมของระบบเมื่อเทียบกับขนาดของหัวฉีดที่อัตราทดและอัตราการไหลต่าง กัน ได้ดังภาพที่ 4 ตามลำดับ ซึ่งจากภาพที่ 3 พบว่า ที่อัตราทด 1:3 อัตราการไหล 120 ลิตรต่อนาที หัวฉีด 12.7 มิลลิเมตร ระบบได้ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดคือ 121.68 วัตต์ เมื่อเปรียบเทียบโดยให้อัตราการไหลคงที่แต่ปรับขนาดหัวฉีด พบว่าเมื่อหัวฉีดเล็กลง ระบบได้ให้กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเนื่องจากความเร็วของน้ำเพิ่มขึ้นเป็นผลให้พลังงานจลน์และพลังงานกลของล้อยก้านน้ำเพิ่มขึ้น โดยเห็นได้จากภาพที่ 3 และจากภาพที่ 4 พบว่า ประสิทธิภาพรวมของระบบนั้นมีค่าประมาณ 0.4 ถึง 0.47 ในกรณีหัวฉีดมีขนาดเล็ก และเมื่อหัวฉีดมีขนาดใหญ่ขึ้น ประสิทธิภาพรวมของระบบได้มีค่าลดลงเนื่องจากความเร็วของน้ำมีค่าลดลงเมื่อพื้นที่หน้าตัดของท่อเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบอัตราทดระหว่างล้อยก้านน้ำกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ 1:3 และ 1:5 โดยให้อัตราการไหลและขนาดหัวฉีดคงที่ พบว่า อัตราทดรอบ 1:3 ได้ให้กำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพรวมของระบบมากกว่าอัตราทด 1:5 ดังแสดงในภาพที่ 4 และภาพที่ 5 ทั้งนี้เนื่องจากอัตราทด 1:5 ระบบมีการสูญเสียพลังงานเพิ่มขึ้นเพราะต้องใช้ แรงขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามากขึ้นเมื่อเทียบกับอัตราทด 1:3 ซึ่งเป็นผลจากพหุคูณของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่อัตราทด 1:5 มีขนาดเล็กกว่าอัตราทด 1:3



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับหัวฉีดที่อัตราทดและอัตราการไหลต่าง ๆ



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพรวมของระบบกับหัวฉีดที่อัตราการไหลและอัตราการไหลต่าง ๆ

**สรุป**

จากการทดสอบเครื่องกังหันน้ำขนาดเล็ก เพื่อผลิตและเก็บกระแสไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่ ความวัตถุประสงค์และขอบข่ายการทำงานที่กำหนดไว้ โดยกังหันน้ำมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 เมตร จำนวนใบพัด 20 ใบ ต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงหรือเจนเนอเรเตอร์ ที่มีแม่เหล็กแรงดันสูง 24 ก้อน ขดลวด 18 ขด ซึ่งแต่ละขดลวด การพันขดลวด 100 รอบ พบว่า อัตราทดระหว่างล้อกังหันน้ำกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีผลต่อกำลังไฟฟ้าที่ได้ โดยอัตราทด 1 ต่อ 3 ให้กำลังไฟฟ้าสูงกว่าอัตราทดรอบ 1 ต่อ 5 ทุกอัตราการไหลของน้ำ ขนาดของหัวฉีดมีผลต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้า ซึ่งจากการทดสอบโดยลดขนาดของหัวฉีดลง พบว่า ได้กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น เนื่องจากความเร็วของน้ำที่กระทบกับใบกังหันมีค่าเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความเร็วรอบของชุดใบกังหันน้ำและความเร็วรอบของเจนเนอเรเตอร์มีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน ในทางกลับกันเมื่อขนาดของหัวฉีดน้ำใหญ่ขึ้นกำลังไฟฟ้าที่ได้มีค่าน้อยลง อัตราการไหลของน้ำเป็นตัวแปรที่มีผลต่อการผลิต กำลังไฟฟ้าเนื่องจากการทดสอบ โดยปรับอัตราการไหลของน้ำ เมื่อให้ขนาดของหัวฉีดและอัตราการไหลคงที่ พบว่า เมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้น กระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน เป็นผลให้ได้กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นด้วย

**กิตติกรรมประกาศ**

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล จังหวัดนครราชสีมา ที่ได้ให้ทุนในการทำวิจัยในเรื่องระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากกังหันน้ำขนาดเล็ก และได้สนับสนุนค่าใช้จ่ายในการนำเสนอบทความ ครั้งนี้

**เอกสารอ้างอิง**

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2554). รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2553. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน.  
 ประเทือง พันแก้ว. (2551). เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก. โครงการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (มทร. ธัญบุรี) วัฒนา ถาวร. (2547). โรงไฟฟ้าต้นกำเนิด. (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น).

Boyle, G. (1996). *Renewable Energy Power for a Sustainable Future*. Alden : Alden University.



on, S. L. (2005). Fluid Mechanical and Thermodynamics of Turbomachinery. n.p.:Elsevier Butterwort-Heinemann publications, UK.

J. Khan et al. (2009). Hydrokinetic energy conversion system and assessment of horizontal and vertical axis turbine for river and tidal application : A technology status review. **Applied energy.** : 1823-1835.

sh, O. (2002). Small hydro power technology and current status. **Renewable and Sustainable Energy.** : 537-556