

อิทธิพลของแผ่นเสริมแรงแม่เหล็กต่อกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแม่เหล็กถาวร

Effect of Enhance Magnet Force Plate to Electric Power Generated by Permanent Magnetic Generator

อัศวิน ปศุศฤทธากร^{1*} สัมพันธ์ ไชยเทพ² และธเนศ ไชยชนะ³

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่

โทร 0-5394-2005 โทรสาร 0-5394-2062 *อีเมลล์ aswin_p1@hotmail.com

² ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่

โทร 0-5394-2005 โทรสาร 0-5394-2062 อีเมลล์ sumpun@eng.cmu.ac.th

³ สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่

โทร 081-540-6768 อีเมลล์ tanatecha@hotmail.com

บทคัดย่อ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแม่เหล็กถาวรจะเป็นระบบที่ไม่ต้องการกระแสไฟฟ้ามาเลี้ยงขดลวดเหนี่ยวนำในขณะทำงาน ซึ่งเมื่อมีการเคลื่อนที่ของแม่เหล็กตัดกับขดลวดจะเกิดการเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้าขึ้น งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อทำการเสริมแผ่นเสริมเส้นแรงแม่เหล็กให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแม่เหล็กถาวรแบบวงรอบ และศึกษากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ ทั้งนี้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จัดสร้างประกอบด้วยแม่เหล็กถาวรขนาดกว้าง 2.5 เซนติเมตร ยาว 6 เซนติเมตร และหนา 1.2 เซนติเมตร วัดความเข้มสนามแม่เหล็กได้ประมาณ 0.11 เทสลา จำนวน 16 ชิ้น จัดเรียงเป็นวงกลมรัศมี 20 เซนติเมตร และใช้ขดลวดทองแดงเบอร์ 24 พันรอบจำนวน 500 รอบ เป็นจำนวน 8 มัด ต่อวงจรแบบขนาน เป็นขดลวดเหนี่ยวนำ ทำการศึกษาความสามารถในการผลิตไฟฟ้าในกรณีที่ไม่มีแผ่นเหล็กเสริมเส้นแรงและกรณีที่ใส่แผ่นเหล็กเสริมเส้นแรงหนา 5 มิลลิเมตร พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับความเร็วยรอบของเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวรเป็นแบบเชิงเส้น โดยเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นจะสามารถผลิตแรงดันไฟฟ้าได้มากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับแรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ ในกรณีที่ไม่มีแผ่นเหล็กเสริมนั้นจะทำงานที่ความเร็วรอบ 160 รอบต่อนาที และเมื่อติดตั้งแบบเสริมแผ่นเหล็กหนา 5 มิลลิเมตร จะต้องการความเร็วรอบ 90 รอบต่อนาที อย่างไรก็ตามเมื่อทำการเสริมแผ่นเหล็กจะส่งผลให้แรงบิดมีค่าสูงกว่าในกรณีที่ไม่มีแผ่นเหล็กเสริมประมาณ 3 - 4 เท่า และให้กระแสไฟฟ้าสูงกว่าประมาณ 2 เท่า

Abstract

The permanent magnet generator is not require the current supply to static armature for creating the magnetic

field. It is a major advantage of this generator type. The objective of this paper was studied the effect of enhance force plate of dish type to improve the performance of generator. The generator was consisted of two main parts, magnet part and coil part. The magnet part was consisted of 16 pieces of magnetic field about 0.11 teals. The dimensions of each magnet are 6 cm length, 2.5 cm width and 1.2 cm thick. Coil part was consisted of the parallel connecting of 8 bundles each made of no 24 copper-wire with 500 turns. The result was compared between the thickness of enhance force plate at the magnet part. It was found that the voltage was increased with the rotational speed increase. In case of without enhance force plate the generator was produced 12 V at about 160 rpm but with 5 cm thick of enhance force plate the generator was produced 12 V at about 90 rpm. However, the torque was increased about 2 to 3 time and current was increased about 2 time when add the enhance force plate to magnet part.

1. บทนำ

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการออกแบบและพัฒนากังหันน้ำแบบลูกตุ้มเพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับโครงการบ้านเล็กในป่าใหญ่ตามพระราชดำริ(ดอยดำ) ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ไฟฟ้าเข้าไม่ถึง เนื่องจากเป็นสถานที่ที่อยู่ห่างไกล การคมนาคมลำบาก ไฟฟ้าที่ได้ก็อาศัยเครื่องย่นปั่นไฟหรือไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ จะเห็นได้ว่าไฟฟ้านำมาซึ่งความสะดวกสบายในด้านต่าง ๆ มากมายหลายด้าน โดยเฉพาะเพื่อใช้ในการส่องสว่าง เมื่อมีแสงสว่างจากไฟฟ้าก็ทำให้สามารถทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้ในตอนกลางคืน

ในพื้นที่ที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าใช้ ความต้องการไฟฟ้าจึงเป็นปัจจัยสำคัญลำดับต้น ๆ ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตและเพื่อเพิ่มคุณภาพชีวิตความเป็นอยู่ให้ดียิ่งขึ้น งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อให้สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อส่องสว่างตัวเองได้ โดยอาศัยพลังงานจากธรรมชาติ คือพลังงานจากการไหลของน้ำจากลำธารเล็ก ๆ ที่อยู่ใกล้ชุมชนและในการผลิตกระแสไฟฟ้านั้นต้องอาศัยเครื่องมือต้นกำลังที่เปลี่ยนพลังงานจากน้ำมาเป็นพลังงานกลเพื่อใช้ขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยทั่วไปเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตามท้องตลาดที่นิยมใช้กันส่วนใหญ่จะมีความเร็วรอบประมาณ 1500 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นความเร็วรอบที่ค่อนข้างสูงและต้องใช้แรงในการขับเคลื่อนมาก เป็นการยากที่จะนำมาใช้ร่วมกับพลังงานน้ำ ที่มีขนาดเล็ก ๆ ดังนั้นจึงทำการออกแบบและทดลองสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีความเร็วรอบต่ำและสามารถใช้แรงต้นกำลังจากธรรมชาติที่มีขนาดเล็ก ๆ และสามารถผลิตไฟฟ้าได้ แม้จะสามารถผลิตไฟฟ้าได้เล็กน้อยแต่ถ้าเพียงพอที่จะใช้กับระบบส่องสว่าง เช่น หลอดไฟที่ใช้กระแสน้อย ๆ หรือประจุเข้าแบตเตอรี่ไว้เพื่อนำไปใช้งาน ก็จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อชุมชนที่ต้องการไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่าง

2. ทฤษฎี

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า คือ เครื่องมือที่ใช้สำหรับแปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการการทำงาน ของการเคลื่อนที่ของขดลวดเคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็ก หรือใช้สนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดขดลวด ก็จะเกิดการเหนี่ยวนำทำให้ได้กระแสไฟฟ้าออกมา จากหลักการนี้สามารถนำมาสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอย่างง่ายได้

กำลังงานที่ให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กำลังงานที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตได้ และประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถหาได้จากสมการต่าง ๆ ต่อไปนี้

กำลังงานที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหาได้จาก

$$\text{จากกฎของโอห์ม} \quad P = IV \quad (1)$$

โดยที่

P = กำลังงาน มีหน่วยเป็น วัตต์ (watt)

I = กระแส มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A)

V = แรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

กำลังไฟฟ้าสูงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ความเร็วรอบใด ๆ คือ

$$P_{out} = I_{op} V_{op} \quad (\text{watt}) \quad (2)$$

โดยที่

P_{out} = กำลังไฟฟ้าที่ได้ออกมาที่ความเร็วรอบใด ๆ

I_{op} = กระแสที่ให้พลังงานไฟฟ้าออกมามากที่สุด

V_{op} = ความดันที่ให้พลังงานไฟฟ้าออกมามากที่สุด

กำลังงานที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหาได้จาก

$$P_{in} = T\omega \quad (3)$$

$$\text{ดังนั้น} \quad P_{in} = 2\pi Tn / 60 \quad (\text{watt}) \quad (4)$$

โดยที่

P_{in} = กำลังงานที่ใช้หมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (watt)

ω = ความเร็วเชิงมุม

T = แรงบิด (Nm)

n = จำนวนรอบที่เพลหมุน (rpm)

ดังนั้นประสิทธิภาพที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า คือ

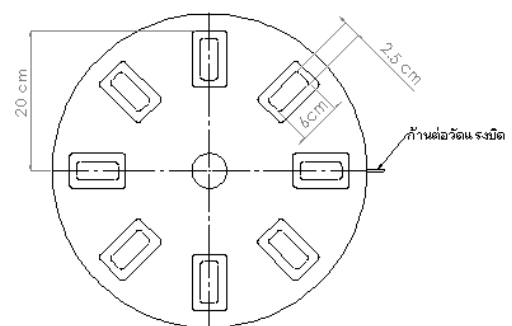
$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \quad (5)$$

โดยที่

η = ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

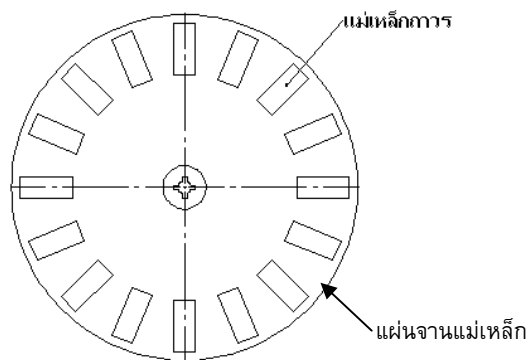
3. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการดำเนินการทดลอง

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีทดลองประกอบด้วยสองส่วนหลัก ๆ คือ ส่วนที่อยู่กับที่คือชุดขดลวด และส่วนที่เคลื่อนที่ คือชุดแม่เหล็กถาวร ส่วนที่อยู่กับที่ประกอบด้วย ขดลวดทองแดงเบอร์ 24 นำมาพันให้มีช่องว่างด้านในกว้างประมาณ 2.5 ซม. และยาวประมาณ 6 ซม. แต่ละขดพันจำนวน 500 รอบ จำนวน 8 ขด ต่อกันแบบขนาน วางลงบนแผ่นไม้อัดกลมตามแนวรัศมี ประมาณ 20 ซม. ด้านขอบของไม้อัด เชื่อมต่อกับ ตาข่ายสปริงเพื่อใช้สำหรับวัดแรงที่เกิดจากการเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้าระหว่างชุดขดลวดกับสนามแม่เหล็กดังรูปที่ 3.1



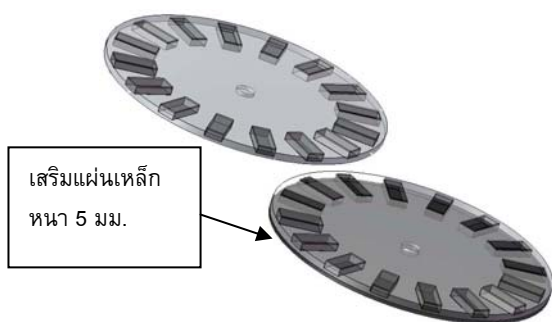
รูปที่ 3.1 ชุดจานและขดลวดทองแดง

และส่วนที่เคลื่อนที่คือชุดแม่เหล็กถาวร ประกอบด้วย แท่งแม่เหล็กถาวรขนาด 2.5 × 6 ซม. จำนวน 16 แท่ง ฝังอยู่ในแผ่นพลาสติกหนา 1 เซนติเมตร เป็นวงกลม รัศมี 20 เซนติเมตร โดยแม่เหล็กชุดแรกจะทำการเสริมแผ่นเหล็กหนา 5 มม. ไว้ด้านหลังและแม่เหล็กอีกชุดไม่เสริมแผ่นเหล็ก ดังรูป 3.2 และรูป 3.3



รูปที่ 3.2 ชุดจานแม่เหล็กถาวร

การทดลอง กรณีแรกทดลองโดยติดตั้งชุดขดลวดทองแดง และชุดแม่เหล็กถาวรแบบไม่เสริมแผ่นเหล็ก ต่อเพลาชุดแม่เหล็ก ถาวรเข้ามอเตอร์แบบ 3 เฟส โดยมู่เล่สายพาน ซึ่งปรับความเร็วรอบ โดย Inverter ที่จานชุดขดลวดทองแดงติดตั้งแขนวัดแรงบิดที่ ระยะห่างจากศูนย์กลาง 25 เซนติเมตร และใช้ตาชั่งสปริงชนิดแขวน สำหรับวัดแรง กระแสและแรงดันที่ได้ต่อเข้ากับหลอดไฟฟ้าชนิดไส้ ขนาด 60 วัตต์ และกรณีทดลองที่ 2 ทดลองโดยใช้แผ่นเหล็กเสริม เส้นแรงติดทางด้านหลังชุดแม่เหล็กถาวรหนา 5 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.3 แสดงการเสริมแผ่นเหล็กเจนเนอเรเตอร์

4.ผลการทดลอง

จากการทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแม่เหล็กถาวรรอบต่ำกรณีที่ 1 คือแบบไม่เสริมแผ่นเสริมเส้นแรงแม่เหล็ก ผลที่ได้ดังตารางที่ 4.1 คือ เริ่มต้นทำการทดลองที่ความเร็ว 50 รอบต่อนาที แล้วปรับความเร็วขึ้นไปเรื่อย ๆ จนถึง 250 รอบต่อนาที ปรากฏว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบนี้ที่ความเร็วรอบ 50 รอบต่อนาทีเริ่มผลิตไฟฟ้าได้ที่ 0.5 โวลท์ กระแส ประมาณ 0.2 แอมป์ ใช้แรงในการหมุน 0.49 นิวตันเมตร ได้กำลัง 0.1 วัตต์ (รูป 4.1) ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานกลเป็นไฟฟ้า 3.9 % และเมื่อเพิ่มความเร็วรอบขึ้นไปเรื่อย ๆ พบว่า ผลิตไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้นตาม จากการคำนวณได้ประสิทธิภาพ สูงสุด 45.46 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบประมาณ 195 รอบต่อนาที ได้กำลังไฟฟ้า 14.79 วัตต์ ใช้แรงในการขับ 1.59 นิวตันเมตร ขณะที่ การทดลองกรณีที่ 2 คือเสริมแผ่นเหล็กเพื่อเสริมเส้นแรง(รูป 4.2) ได้ประสิทธิภาพสูงสุด 50.66 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบประมาณ

187 รอบต่อนาที ได้กำลังไฟฟ้า 54.72 วัตต์ ใช้แรงในการขับ 5.52 นิวตันเมตร และจากการทดลองทั้งสองกรณีได้ว่า ณ ความเร็วรอบที่ เท่ากัน การเสริมแผ่นเหล็กเพื่อเสริมเส้นแรง จะทำให้สามารถผลิต กระแสไฟฟ้าและให้กำลังไฟฟ้าได้มากกว่าการไม่ได้เสริมแผ่นเหล็ก แต่ในขณะเดียวกันการเสริมแผ่นเหล็กก็ใช้แรงบิดในการขับให้เครื่อง กำเนิดไฟฟ้าทำงานมากกว่า และเมื่อนำข้อมูลแรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าแรงบิด และประสิทธิภาพจากการทดลองที่ได้ทั้งสอง กรณีมาเปรียบเทียบในรูปของกราฟ จะได้ดังรูปที่ 4.3 ถึง 4.6 ตามลำดับ

ตาราง 4.1 ผลการทดลองกรณีไม่เสริมแผ่นเหล็ก

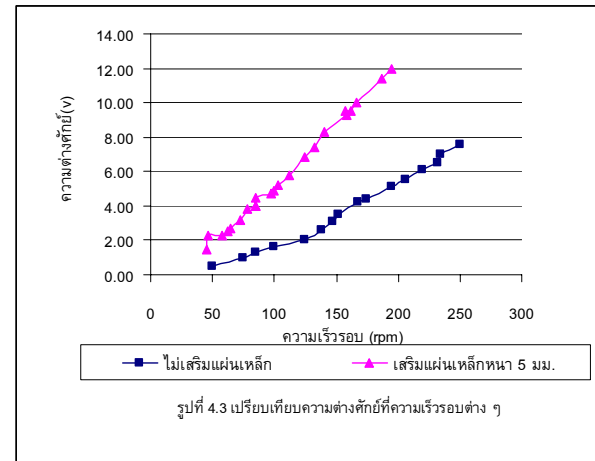
ที่	ความเร็ว รอบ (rpm)	แรงดัน (V)	กระแส (amp)	กำลัง (Watt)	แรงบิด (Nm)	ประสิทธิภาพ (%)
1	50	0.50	0.20	0.10	0.49	3.90
2	75	1.00	1.00	1.00	0.86	14.84
3	85	1.30	1.00	1.30	1.10	13.24
4	100	1.60	1.25	2.00	1.10	17.31
5	125	2.00	1.60	3.20	1.10	22.16
6	138	2.60	1.80	4.68	1.10	29.36
7	147	3.10	2.00	6.20	1.23	32.86
8	152	3.50	2.25	7.88	1.30	38.08
9	167	4.20	2.50	10.50	1.47	40.82
10	174	4.40	2.50	11.00	1.47	41.05
11	195	5.10	2.90	14.79	1.59	45.46
12	206	5.50	2.90	15.95	1.72	43.09
13	220	6.10	3.00	18.30	1.77	45.01
14	232	6.50	3.00	19.50	1.84	43.66
15	234	7.00	3.20	22.40	2.21	41.44
16	250	7.60	3.50	26.60	2.45	41.45



รูปที่ 4.1 ทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบไม่เสริมแผ่นเหล็ก

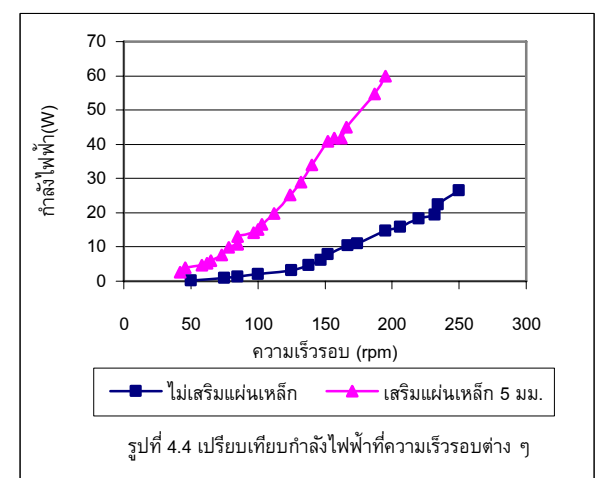


รูปที่ 4.2 ทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเสริมแผ่นเหล็ก 5 มม.

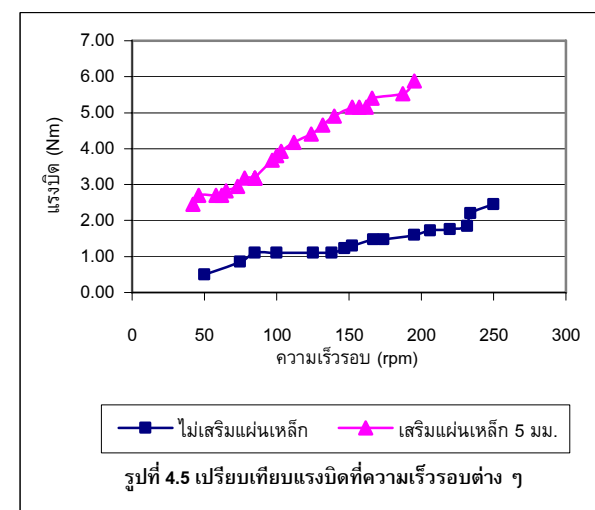


รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบความต่างศักย์ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

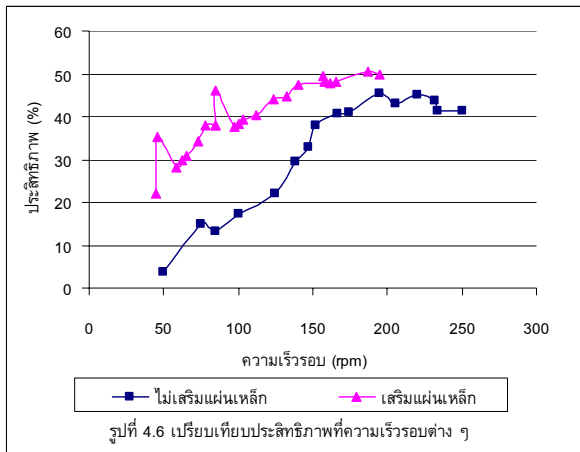
ตาราง 4.2 ผลการทดลองกรณีเสริมแผ่นเหล็ก หนา 5 มม.						
ที่	ความเร็วรอบ (rpm)	แรงดัน (V)	กระแส (amp)	กำลัง (Watt)	แรงบิด (Nm)	ประสิทธิภาพ (%)
1	45	1.50	1.70	2.55	2.45	22.08
2	46	2.30	2.00	4.60	2.70	35.42
3	58	2.30	2.00	4.60	2.70	28.09
4	62	2.50	2.10	5.25	2.70	29.99
5	65	2.70	2.20	5.94	2.82	30.96
6	73	3.20	2.40	7.68	2.94	34.15
7	78	3.80	2.60	9.88	3.19	37.96
8	85	4.00	2.70	10.80	3.19	38.08
9	85	4.00	2.70	10.80	3.19	38.08
10	85	4.50	2.90	13.05	3.19	46.01
11	97	4.70	3.00	14.10	3.68	37.75
12	100	4.90	3.10	15.19	3.80	38.18
13	103	5.20	3.20	16.64	3.92	39.33
14	112	5.80	3.40	19.72	4.17	40.35
15	124	6.80	3.70	25.16	4.41	43.91
16	132	7.40	3.90	28.86	4.66	44.83
17	140	8.30	4.10	34.03	4.91	47.35
18	158	9.30	4.40	40.92	5.15	48.04
19	157	9.50	4.40	41.80	5.15	49.39
20	162	9.50	4.40	41.80	5.15	47.87
21	166	10.00	4.50	45.00	5.40	48.00
22	187	11.40	4.80	54.72	5.52	50.66
23	195	12.00	5.00	60.00	5.89	49.94



รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่ความเร็วรอบต่าง ๆ



รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบแรงบิดที่ความเร็วรอบต่าง ๆ



5. สรุปและข้อเสนอแนะ

การทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแม่เหล็กถาวรเปรียบเทียบที่ความเร็วรอบที่เท่ากับ กรณีเสริมแผ่นเหล็กเพื่อเสริมเส้นแรงแม่เหล็กที่ด้านหลังของชุดแม่เหล็กถาวร สามารถผลิตไฟฟ้าได้กำลังได้มากกว่ากรณีไม่เสริมแผ่นเหล็ก ในการทดลองช่วงความเร็วรอบ 100-200 รอบต่อนาที เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแม่เหล็กถาวรแบบไม่เสริมแผ่นเหล็กผลิตไฟฟ้า ได้ประมาณ 2-15 วัตต์ ในขณะที่เสริมแผ่นเหล็กผลิตไฟฟ้าได้ ถึง 15-60 วัตต์ และได้ประสิทธิภาพสูงกว่ากรณีไม่เสริมแผ่นเหล็ก ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปเป็นกรณีศึกษาปรับใช้ในการออกแบบสร้างกังหันน้ำแบบลูกตุ้มเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไป

อย่างไรก็ตามต้องคำนึงถึงแหล่งต้นกำลังที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแม่เหล็กถาวรนี้ด้วย เพราะว่าการเสริมแผ่นเสริมเส้นแรงแม่เหล็กต้องใช้แรงในการขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามากกว่าการไม่เสริมแผ่นเหล็กเสริมเส้นแรง 3 ถึง 4 เท่าด้วยกัน

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้

ขอบคุณบุคลากรและเพื่อน ๆ นักศึกษาในห้องปฏิบัติการทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

ขอบคุณห้องปฏิบัติการโครงการจัดตั้งภาควิชาวิศวกรรมเกษตรที่เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือในการทำการออกแบบสร้างและการทำการทดลอง

7. เอกสารอ้างอิง

1. สัมพันธ์ ไชยเทพ และ ธเนศ ไชยชนะ "กังหันน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ระบบบังคับน้ำ" (poster) งานประชุมวิชาการประจำปี สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2550
2. สัมพันธ์ ไชยเทพ และ ธเนศ ไชยชนะ "อิทธิพลของระดับการจมตัวของใบพัดต่อประสิทธิภาพของกังหันน้ำแบบทุ่นลอย" (poster) งานประชุมวิชาการประจำปี สำนักงานพัฒนา

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2550

3. นิกร มังกรทอง ผ่องศรี มังกรทอง และสุภาพ ณ เชียงใหม่ การผลิตไฟฟ้าโดยใช้กังหันน้ำ Electricity Generation by Means of a Water wheel. ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2549
4. นที ศรีทอง "กังหันลมผลิตไฟฟ้า"[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://windmill.thaiza.com/> (2 กุมภาพันธ์ 2551)
5. Micro Hydro PMG in Cameroon whole story;[Online]. Available : <http://www.fieldlines.com/story> (10 February 2008)
6. Shepherd, W. & Shepherd, D.W. (1998). Energy Studies. Singapore : World Scientific. British Petroleum. (2004). Energy in Focus.[On-line]. Available:<http://www.bp.com/statisticalreview2004>. (20 February 2008)
7. Home Power System' ; [Online]. Available : <http://www.homepower.ca/index.htm>. (20 February 2008)
8. Allan "Undershot Water Wheel" [on line]. Available:<http://www.builditsolar.com/Projects/Hydro/UnderShot/WaterWheel.htm>. (21December 2007).