วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน
JOURNAL OF RENEWABLE ENERGY FOR COMMUNITY (J-REC)

ผลของสมรรถนะที่กระทำต่อกังหันแบบแรงกระแทกของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารถยนต์ที่ต่อขดลวดสเตเตอร์แบบสตาร์และแบบเดลต้าสำหรับเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กมาก

The Effect of Performance on Impulse Turbine of Automotive Alternator from Star and Delta Stator Windings for Micro Hydro Power Generator

ศรีธร อุปคำ[1,*] จิรศักดิ์ ปัญญา[1] จักรพันธ์ เมฆจันทร์สม[1] ดุลยรัตน์ ไชยโชติวัฒน์[1] และปกรณ์ อินทร์ไชย[1]

[1]สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 128 ถ.ห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300
*ผู้ติดต่อ: E-mail : srithorn@gmail.com , เบอร์โทรศัพท์ 081-7831973

บทคัดย่อ

การศึกษาสมรรถนะที่กระทำต่อกังหันแบบแรงกระแทกของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารถยนต์นี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมากที่ประยุกต์ใช้อุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารถยนต์ เพื่อทดสอบสมรรถนะเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมากที่ประยุกต์ใช้อุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารถยนต์ และเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมากที่ประยุกต์ใช้อุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารถยนต์ที่ต่อขดลวดสเตเตอร์แบบสตาร์และแบบเดลต้า สถานที่ในการดำเนินงานวิจัย คือ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์ หน่วยแม่ยะน้อย ตำบลบ้านหลวง อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ เครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำที่ได้ทำการออกแบบมีกำลังงาน 840 วัตต์ โดยใช้กังหันน้ำแรงกระแทกเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารถยนต์ ขนาด 24 โวลท์ 35 แอมแปร์ ทำการทดสอบสมรรถนะของเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ โดยปรับอัตราการไหลของน้ำ 5 ค่า คือ 0.0050 0.0055 0.0060 0.0065 และ 0.0070 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที โหลดที่ใช้ในการทดสอบ คือ หลอดไฟฟ้า โดยใช้โหลดเริ่มต้น 50 วัตต์ และเพิ่มโหลดครั้งละ 50 วัตต์ จนครบ 1,000 วัตต์ จากผลการทดสอบ พบว่า ที่อัตราการไหลของน้ำน้อย (ความเร็วรอบต่ำ) กำลังงานสูงสุดที่การต่อขดลวดสเตเตอร์แบบสตาร์จะมีค่าสูงกว่าแบบเดลต้า แต่ถ้าเพิ่มอัตราการไหลของน้ำให้สูงขึ้น (ความเร็วรอบสูง) กำลังงานสูงสุดที่การต่อขดลวดสเตเตอร์แบบสตาร์จะมีค่าน้อยกว่าแบบเดลต้า โดยเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำให้กำลังงานสูงสุดที่การต่อขดลวดสเตเตอร์แบบเดลต้าเท่ากับ 509 วัตต์ ที่ความเร็วรอบ 1987 รอบต่อนาที และอัตราการไหลของน้ำ 0.0070 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ซึ่งมีประสิทธิภาพ 58.4 เปอร์เซ็นต์ และยังพบว่ากำลังงานสูงสุดมากกว่าแบบสตาร์ 8.96 เปอร์เซ็นต์

คำหลัก: เครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ารถยนต์ ขดลวดสเตเตอร์

Abstract

This study was investigate the performance of impact turbine for car electric generator. The purpose to design and assembly small electric generator from car electric generator. The aim of study was compared the performance of water power generator between stator as star type and delta type. The car electric generator was used stator as star type and delta type. The study was performed at Inthanon royal agricultural project, Meaya-noi, Banluang, Jomthong, Chiang Mai. The 840 W water power generator was used with impact turbine. The power which used to drive car electric generator are have 24 V voltage and 35 ampere. The testing were separated into five condition of water flow rate as 0.0050, 0.0055, 0.006, 0.0065 and 0.007 m^3/s. The light bulb was used as load by initially 50 W and increasing 50 W until 1,000 W during testing. The result show that the lower of water flow rate, the maximum power of star type stator was greater than delta type stator. But, at the higher of water flow rate, the maximum power of star type stator was less than delta type stator. By the maximum power of delta type stator is 509 W at speed of 1,987 RPM, which the condition of 0.007 m^3/s and have efficiency of 58.4%. Finally, the delta type stator are have maximum power greater than star type stator about 8.96%.

1. บทนำ

ในพื้นที่ชุมชนหรือหน่วยงานต่างๆ บนพื้นที่ราบสูงห่างไกลจากสายส่งไฟฟ้า มีความต้องการไฟฟ้าเพื่อใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น แสงสว่างสำหรับกิจกรรมในบ้าน การอ่านหนังสือของเยาวชนในบ้านหรือโรงเรียน รวมถึงระบบการสื่อสาร เช่น การชาร์จโทรศัพท์มือถือ ด้วยแหล่งพลังงานในพื้นที่ราบสูงที่มีป่าไม้จะมีแหล่งน้ำที่สามารถนำมาเป็นต้นกำลังเพื่อการผลิตไฟฟ้าใช้ได้ ซึ่งส่วนใหญ่จะมีขนาดหรือปริมาณน้ำไม่มากจึงต้องใช้เครื่องผลิตไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กหรือเล็กมาก ดังนั้นการผลิตไฟฟ้าในพื้นที่ราบสูงจึงมีขนาดการผลิตที่ไม่มากและต้องสามารถดูแลซ่อมบำรุงได้ง่าย ต้นทุนต่ำ ซึ่งจากการศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำโดย จิระชาติ มนภัทรพิบุล และ ณัฐพล ต้นภู [1] ได้ทำการสร้างและออกแบบชุดทดสอบประสิทธิภาพกังหันเพลตันโดยได้ทำการทดลองหาค่ากำลังทางไฟฟ้าที่ได้รับจากกังหันเพลตันที่ความดันต่างๆ และประสิทธิภาพของกังหันเพลตันในระบบการติดตั้งตามแนวรัศมีและแนวแกน ทำการทดลองประสิทธิภาพของกังหันในย่านความดันตั้งแต่ 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 บาร์ ตามลำดับ โดยติดตั้งกังหันเพลตันให้หมุนตามแนวรัศมีและแนวแกน พบว่าหัวฉีดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 21 มิลลิเมตร ใช้ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ 0.98 ได้ค่ากำลังงานทางไฟฟ้า 801.56 วัตต์ มีประสิทธิภาพสูงสุด 56.29 เปอร์เซ็นต์ อัตราการไหล 283.86 ลิตรต่อนาที ที่ความดัน 3 บาร์ การติดตั้งตามแนวแกนมีประสิทธิภาพมากกว่าแนวรัศมี 0.64 เปอร์เซ็นต์ และได้มีการพัฒนาระบบพลังงานน้ำขนาดเล็กมากไปสู่ระดับชุมชน โดยศรีธร อุปคำและคณะ [2] ได้พบว่าพลังงานที่เหมาะสมในพื้นที่หมู่บ้านขุนตื่นน้อย ต.แม่ตื่น องอมก๋อย จ.เชียงใหม่ ที่จะนำมาใช้เป็นต้นกำลังในการผลิตไฟฟ้า คือ พลังงานน้ำ ซึ่งแหล่งน้ำมีอัตราการไหลต่ำสุด 0.0108 m^3/s ระดับความสูง 57 m และมีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าได้ไม่น้อยกว่า 3 kW ซึ่งเพียงพอสำหรับความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในชุมชนที่ 12.32 kw-hr ต่อวัน โดยระบบผลิตไฟฟ้าใช้กังหันน้ำเป็นต้นกำลังขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซิง โครนัส 1 Phase 3 kW 220V/50Hz 1500 rpm ซึ่งระบบไฟฟ้าสามารถเลือกใช้งานได้ 2 โหมด คือโหมดเชื่อมต่อกับระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยตรง และโหมดเชื่อมต่อเครื่องสำรองไฟฟ้าขนาด 4 kVA ซึ่งต่อร่วมกับแบตเตอรี่ขนาด 300Ahr สำหรับเก็บพลังงานสำรองเพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับชุมชนขุนตื่นน้อย ซึ่งถูกประจุด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าฝั่งขดลวดเชื่อมผ่านเครื่องประจุแบตเตอรี่

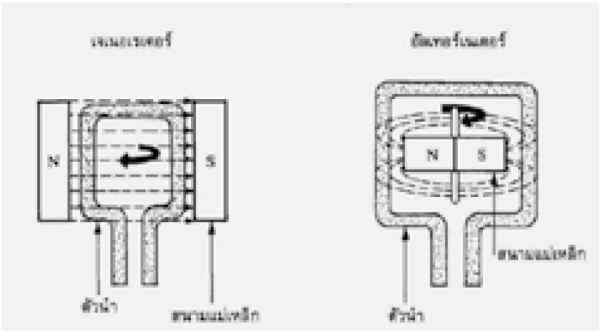
จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ทางคณะทำงานจึงได้มีแนวคิดที่จะทำการศึกษาพัฒนาศักยภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารถยนต์ที่สามารถหาซื้อได้ง่าย มีอายุการใช้งานนาน ซ่อมบำรุงง่าย เพื่อให้สามารถผลิตกระไฟฟ้าได้ดีขึ้น ด้วยการดัดแปลงวงจรของขดลวดในสเตอเตอร์ของเครื่องผลิตไฟฟ้าในรถยนต์ เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมากที่ประยุกต์ใช้อุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารถยนต์ เพื่อทดสอบสมรรถนะเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมากที่ประยุกต์ใช้อุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารถยนต์ และเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมากที่ประยุกต์ใช้อุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารถยนต์ที่ต่อขดลวดสเตเตอร์แบบสตาร์และแบบเดลต้า

2. วิธีการวิจัย

2.1 เครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ

2.1.1 หลักการเกิดไฟฟ้า [3]

เมื่อนำขดลวดตัวนำหมุนตัดกับสนามแม่เหล็กหรือให้สนามแม่เหล็กหมุนตัดกับขดลวดก็จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำของกระแสไฟฟ้าขึ้นภายในขดลวดนั้น



รูปที่ 1 เปรียบเทียบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสไฟตรงและกระแสไฟสลับ [2]

ซึ่งการที่ขดลวดหมุนตัดกับสนามแม่เหล็ก คือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง (DC current) และสนามแม่เหล็กหมุนตัดขดลวดคือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (AC current) อัลเทอร์เนเตอร์ จะประกอบไปด้วยขดลวดฟิลด์คอยล์หรือขดลวดโรเตอร์(ประกอบด้วยขั้ว N และขั้ว S) และขดลวดตัวนำทางไฟฟ้าหรือขดลวดสเตเตอร์ เมื่อตัวโรเตอร์หมุนตัดขดลวดสเตเตอร์ครบ 1 รอบ จะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเกิดขึ้นทั้งคลื่นบวกและคลื่นลบ กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเรียกว่าไฟฟ้ากระแสสลับ ดัง

รูปที่ 1 และลักษณะการต่อขดลวดสเตเตอร์มี 2 แบบคือ แบบสตาร์และเดลต้า ดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 การต่อขดลวดแบบสตาร์และเดลต้า

2.1.2 กำลังและพลังงานของของไหล [4]

การประยุกต์ใช้พลังงานจากน้ำที่อยู่ในแหล่งกักเก็บที่อยู่สูงอย่างเช่น น้ำตก หรือเขื่อน ซึ่งน้ำสะสมพลังงานอยู่ในรูปของพลังงานศักย์นั้น สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$PE = mgH \qquad (1)$$

โดยที่ PE = พลังงานศักย์ของของไหล ; J

m = มวลของของไหล ; kg

g = ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ; m/s^2

H = ความสูงในแนวดิ่งของแหล่งน้ำเหนือระดับอ้างอิง ; m

จากสมการที่ (1) ถ้าเปลี่ยนค่าพลังงานให้อยู่ในรูปของกำลัง หรือค่าพลังงานต่อหนึ่งหน่วยเวลา จะมีค่าเท่ากับ

$$P_i = \gamma QH \qquad (2)$$

โดยที่ P_i = กำลังงานของของไหล ; W

γ = น้ำหนักจำเพาะของของไหล ; N/m^3

Q = อัตราการไหลของของไหล ; m^3/s

H = ความสูงในแนวดิ่งของแหล่งน้ำเหนือระดับอ้างอิง ; m

และสามารถหาประสิทธิภาพของเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำได้ ดังต่อไปนี้

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} x100 \qquad (3)$$

โดยที่ η = ประสิทธิภาพของเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ ; %

P_i = กำลังงานของของไหล ; W

P_o = กำลังงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ; W

2.2 สถานที่ดำเนินการวิจัย

ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์ หน่วยแม่ยะน้อย ตำบลบ้านหลวง อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่

2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดสอบ

1) เครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ ใช้ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารถยนต์ กำลังงาน 800 W ขนาด 24 V 35 A ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกังหัน 250 mm ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวฉีด 25 mm ทดสอบที่ความดันของหัวฉีด 127 kPa

รูปที่ 3 เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าพลังน้ำ

2) หลอดไฟฟ้า ที่ใช้เป็นโหลดของเครื่องผลิตไฟฟ้า

3) เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำ

4) วัตต์มิเตอร์

5) เครื่องวัดความเร็วรอบ

6) เครื่องวัดความดันน้ำ

2.4 ขั้นตอนการทดสอบ

1) ติดตั้งเครื่องมือวัดต่างๆ เพื่อบันทึกค่าการทดลอง

2) หมุนเปิดวาล์วหัวฉีดเพื่อเดินเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ

3) ปรับอัตราการไหลของหัวฉีดที่ 0.0050 m^3/s

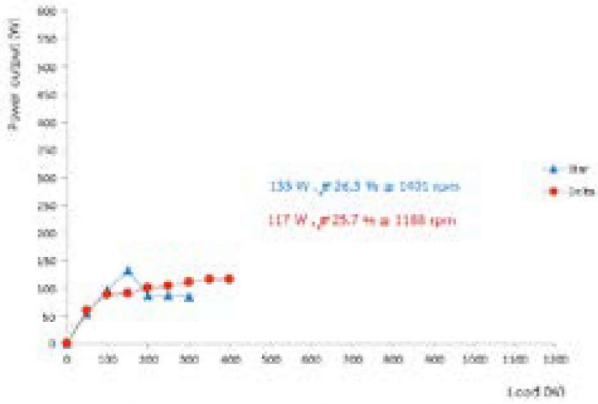
4) เปิดโหลดหลอดไฟฟ้าขนาด 50 W แล้วทำการวัดค่ากำลังไฟฟ้าและความเร็วรอบของเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ

5) เปิดโหลดหลอดไฟฟ้าเพิ่มขึ้นครั้งละ 50 W แล้วทำการวัดค่ากำลังไฟฟ้าและความเร็วรอบของเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ จนครบ 1,000 วัตต์

6) ทำซ้ำขั้นตอนที่ 3 – 5 โดยปรับอัตราการไหลของหัวฉีดที่ 0.0055 m^3/s , 0.0060 m^3/s , 0.0065 m^3/s และ 0.0070 m^3/s ตามลำดับ

3. ผลการวิจัย

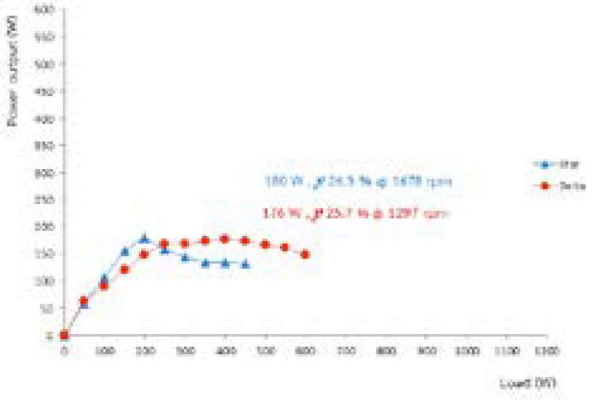
3.1 ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ ที่อัตราการไหล 0.0050 m^3/s



รูปที่ 4 สมรรถนะของเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ ที่อัตราการไหล 0.0050 m^3/s

จากผลการทดสอบดังรูปที่ 4 พบว่า เครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำให้กำลังงานสูงสุดที่การต่อขดลวดสเตเตอร์แบบสตาร์ เท่ากับ 133 W ที่ความเร็วรอบ 1401 rpm ซึ่งมีประสิทธิภาพ 26.30 % สูงกว่าการต่อขดลวดสเตเตอร์แบบเดลต้า 2.33 %

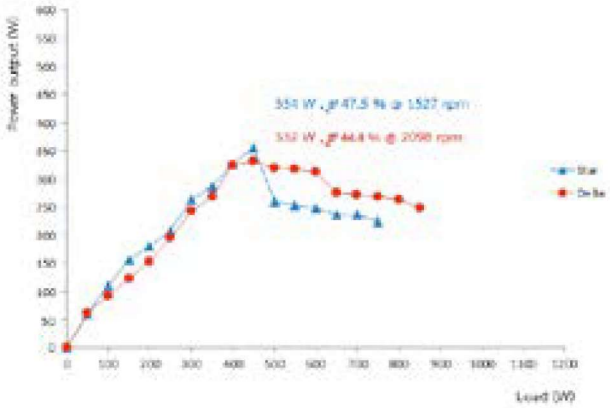
3.2 ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ ที่อัตราการไหล 0.0055 m^3/s



รูปที่ 5 สมรรถนะของเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ ที่อัตราการไหล 0.0055 m^3/s

จากผลการทดสอบดังรูปที่ 5 พบว่า เครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำให้กำลังงานสูงสุดที่การต่อขดลวดสเตเตอร์แบบสตาร์ เท่ากับ 180 W ที่ความเร็วรอบ 1678 rpm ซึ่งมีประสิทธิภาพ 26.30 % สูงกว่าการต่อขดลวดสเตเตอร์แบบเดลต้า 2.33 %

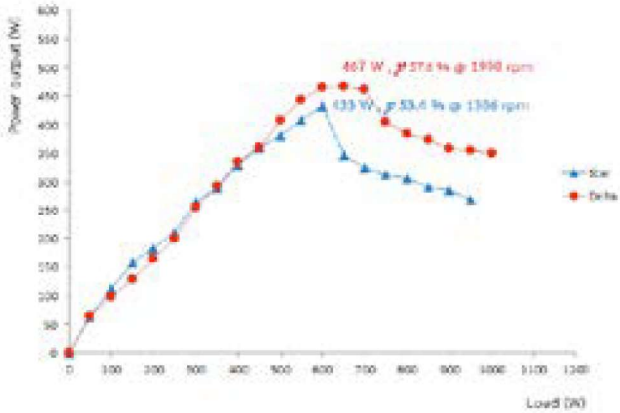
3.3 ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ ที่อัตราการไหล 0.0060 m^3/s



รูปที่ 6 สมรรถนะของเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ ที่อัตราการไหล 0.0060 m^3/s

จากผลการทดสอบดังรูปที่ 6 พบว่า เครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำให้กำลังงานสูงสุดที่การต่อขดลวดสเตเตอร์แบบสตาร์ เท่ากับ 354 W ที่ความเร็วรอบ 1527 rpm ซึ่งมีประสิทธิภาพ 47.50 % สูงกว่าการต่อขดลวดสเตเตอร์แบบเดลต้า 6.98 %

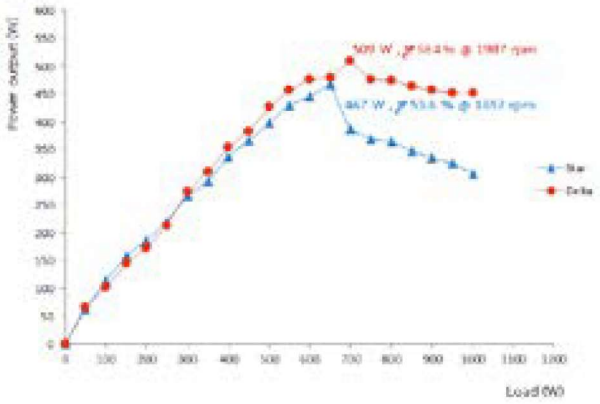
3.4 ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ ที่อัตราการไหล 0.0065 m^3/s



รูปที่ 7 สมรรถนะของเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ ที่อัตราการไหล 0.0065 m^3/s

จากผลการทดสอบดังรูปที่ 7 พบว่า เครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำให้กำลังงานสูงสุดที่การต่อขดลวดสเตเตอร์แบบเดลต้า เท่ากับ 467 W ที่ความเร็วรอบ 1998 rpm ซึ่งมีประสิทธิภาพ 57.60 % สูงกว่าการต่อขดลวดสเตเตอร์แบบสตาร์ 7.86 %

3.5 ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ ที่อัตราการไหล 0.0070 m^3/s



รูปที่ 8 สมรรถนะของเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ ที่อัตราการไหล 0.0070 m^3/s

จากผลการทดสอบดังรูปที่ 8 พบว่า เครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำให้กำลังงานสูงสุดที่การต่อขดลวดสเตเตอร์แบบเดลต้า เท่ากับ 509 W ที่ความเร็วรอบ 1987 rpm ซึ่งมีประสิทธิภาพ 58.40 % สูงกว่าการต่อขดลวดสเตเตอร์แบบสตาร์ 8.96 %

4. วิจารณ์ผล

จากผลการวิจัย พบว่า ที่อัตราการไหลของน้ำน้อย (ความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารถยนต์ต่ำ) กำลังงานสูงสุดที่การต่อขดลวดสเตเตอร์แบบสตาร์จะมีค่าสูงกว่าแบบเดลต้า แต่ในทางตรงกันข้ามถ้าเพิ่มอัตราการไหลของน้ำให้สูงขึ้น (ความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารถยนต์สูง) กำลังงานสูงสุดที่การต่อขดลวดสเตเตอร์แบบสตาร์จะมีค่าน้อยกว่าแบบเดลต้า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมากที่ประยุกต์ใช้อุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารถยนต์ เหมาะสำหรับการต่อขดลวดสเตเตอร์แบบเดลต้า และทำงานที่ความเร็วรอบสูง

5. สรุปผล

ที่อัตราการไหลของน้ำน้อย (ความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารถยนต์ต่ำ) กำลังงานสูงสุดที่การต่อขดลวดสเตเตอร์แบบสตาร์จะมีค่าสูงกว่าแบบเดลต้า แต่ถ้าเพิ่มอัตราการไหลของน้ำให้สูงขึ้น (ความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารถยนต์สูง) กำลังงานสูงสุดที่การต่อขดลวดสเตเตอร์แบบสตาร์จะมีค่าน้อยกว่าแบบเดลต้า โดยเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำให้กำลังงานสูงสุดที่การต่อขดลวดสเตเตอร์แบบเดลต้าเท่ากับ 509 วัตต์ ที่ความเร็วรอบ 1987 rpm และอัตราการไหลของน้ำ 0.0070 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ซึ่งมีประสิทธิภาพ 58.4 เปอร์เซ็นต์ และยังพบว่ากำลังงานสูงสุดมากกว่าแบบสตาร์ 8.96 เปอร์เซ็นต์

6. กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงและบรรลุตามวัตถุประสงค์ได้ เนื่องจากได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา และได้รับความอนุเคราะห์จากว่าที่ร้อยตรีวันชัย แก้ววิจิตร และพนักงานศูนย์วิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์ หน่วยแม่ยะน้อย ตำบลบ้านหลวง อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ที่คอยอำนวยความสะดวกด้านสถานที่ในการติดตั้งและทดสอบ ขณะผู้วิจัยจึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] จิระชาติ มนภัทรพิบูล และ ณัฐพล ต้นภู. **"การศึกษาและการออกแบบชุดทดสอบประสิทธิภาพกังหันน้ำชนิดเพลตัน"** ปริญญานิพนธ์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านา วิทยาเขตภาคพายัพ, 2553.

[2] ศรีธร อุปคำ อุเทน คำน่าน จิรศักดิ์ ปัญญา ทวีศักดิ์ มหาวรรณ์ สมาน ดาวเวียงกัน ศุภลักษณ์ ศรีตา และพร้อมรบ คำธาร "**การศึกษาและพัฒนาพลังงานทางเลือกระดับชุมชน**" สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) 2557.

[3] วัฒนา ถาวร. **"โรงต้นกำลังไฟฟ้า"** สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย ญี่ปุ่น, 2546.

[4] อนุสรณ์ ชินสุวรรณ. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยขอนแก่น. **Fluid machinery เครื่องจักรของไหล,** 2543.