

การหมุนแบบสัมพัทธ์ที่ส่งผลต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

The Relative Rotation Affecting to AC-Generator

กานต์ เพ็ชรไทย¹ กิตติพงศ์ อาจหาญ¹ ณัฐวุฒิ สุวรรณทา² และ วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล^{3*}

¹นักศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ²อาจารย์ ³ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44150

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อ 1) ศึกษาการหมุนแบบสัมพัทธ์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 2) ศึกษาความเร็วรอบของขดลวดและความเร็วรอบของแม่เหล็กถาวรที่มีความสัมพันธ์กับระดับแรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ และ 3) สร้างสมการพยากรณ์ระดับแรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ โดยใช้อัลเทอร์เนเตอร์จักรยานยนต์ 12 โวลต์ แบบ 6 ขั้ว การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ผลการวิจัยพบว่า 1) ความเร็วรอบสัมพันธ์ต่ำสุด 376 รอบ/นาที สามารถผลิตแรงดันสูงสุด 3.25 โวลต์ ขณะที่ความเร็วรอบสัมพันธ์สูงสุด 2280 รอบ/นาที สามารถผลิตแรงดันสูงสุด 22.98 โวลต์ 2) ความเร็วรอบของแม่เหล็กถาวรมีความสัมพันธ์กับระดับแรงดันมากกว่าความเร็วรอบของขดลวด ที่ระดับนัยสำคัญ .01 และ 3) สมการพยากรณ์แสดงในรูปคะแนนมาตรฐาน ดังนี้ ระดับแรงดัน = 0.806 (ความเร็วรอบของแม่เหล็กถาวร) + 0.634 (ความเร็วรอบของขดลวด)

Abstract

The purposes of the research were; 1) to study the relative rotation of AC-generator 2) to study the angular velocities of magnetic coil and permanent magnetic influence generating voltage of AC-generator, and 3) to construct predictive equations of generating voltage of AC-generator. By the 12-V 6-pole alternator of motorcycle, Pearson's correlation and regression analysis, the findings revealed that: 1) At the lowest relative angular velocity of 376 rpm, the generating voltage is 3.28 V. While the highest relative angular velocity of 2280 rpm, the generating voltage is 22.98 V. 2) The angular velocity of permanent magnetic has great influences on generating voltage than the angular velocities of magnetic coil, at the .01 level of significant and 3) function as below : Generating voltage = 0.806 (Velocity of permanent magnetic) + 0.634 (Velocity of magnetic coil)

คำสำคัญ : การหมุนแบบสัมพัทธ์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

Keywords : Relative Rotation, AC-Generator

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ wor_nui@yahoo.com โทร. 08 6851 4433

1. บทนำ

ปัจจุบัน “พลังงาน” มีบทบาทสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างมาก พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานใกล้ตัวและคุ้นเคยมากที่สุด เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าสามารถเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานกล พลังงานความร้อน พลังงานแสงสว่าง เพื่อใช้ในกิจกรรมต่างๆ ได้ แต่การผลิตกระแสไฟฟ้าต้องอาศัยพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง เช่น ถ่านหิน น้ำมัน และแก๊สธรรมชาติ (ตติยา ใบบุญ, 2550: 5) การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยวิธีการเหล่านี้ได้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยยังมีการผลิตพลังงานไฟฟ้ามาใช้มากขึ้น ผลกระทบที่ได้ก็จะสะท้อนกลับมาให้โทษแก่ตัวเรา ไม่ว่าจะเป็น การทำให้เกิดภาวะฝนกรด หมอกควันพิษ ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพ ประกอบกับทรัพยากรอันมีค่ามหาศาลเหล่านี้ก็กำลังจะหมดไปจากโลก ทำให้นักวิทยาศาสตร์ และวิศวกร ต้องทำการศึกษาเพื่อหาแนวทางใหม่ในการแก้ปัญหาดังกล่าว พลังงานทดแทนจึงเป็นแนวทางใหม่ในการแก้ปัญหาอีกทางหนึ่ง เนื่องจากพลังงานมีอยู่ทั่วไปตามธรรมชาติและสามารถมีทดแทนได้อย่างไม่จำกัด (เมื่อเทียบกับพลังงานหลักในปัจจุบัน เช่น น้ำมันหรือถ่านหิน) พลังงานทดแทนอีกประเภทหนึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้แล้วสามารถหมุนเวียนมาใช้ได้อีก เรียกว่า พลังงานหมุนเวียน การศึกษาและพัฒนาพลังงานทดแทนเป็นการศึกษา ค้นคว้า ทดสอบ พัฒนา และสาธิต ตลอดจนส่งเสริมและเผยแพร่พลังงานทดแทน ซึ่งเป็นพลังงานที่สะอาด ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นแหล่งพลังงานที่มีอยู่ในท้องถิ่น เช่น พลังงานลม แสงอาทิตย์ ชีวมวล และอื่นๆ เพื่อให้มีการผลิต และการใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย มีประสิทธิภาพ และมีความเหมาะสมทั้งทางด้านเทคนิค เศรษฐกิจ และสังคม ซึ่งนับได้ว่าเป็นการผลิตไฟฟ้าที่มีต้นทุนต่ำและมีศักยภาพในการผลิตสูง นอกจากแหล่งพลังงานทดแทนที่เป็นต้นกำลังแล้ว การพัฒนาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้สำหรับแปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการของสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดขดลวด Bruzzese, C. (2006) หรือขดลวดเคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็กซึ่งได้กระแสไฟฟ้าออกมาโดยอาศัยการเคลื่อนที่แบบสัมผัส ยังคงมีความสำคัญอย่างมากในการพัฒนาพลังงานทดแทน

โดยทั่วไปโครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ประกอบด้วย ส่วนสนามแม่เหล็ก และส่วนขดลวดอาเมเจอร์ที่สร้างแรงดันไฟฟ้า โดยอาศัยการหมุนของสนามแม่เหล็กที่ความเร็วรอบ rpm_1 ตัดผ่านขดลวดอาเมเจอร์ที่ไม่มีการหมุน ($rpm_2 = 0$) หรือการหมุนของขดลวดอาเมเจอร์ที่ความเร็วรอบ rpm_2 ตัดผ่านสนามแม่เหล็กที่ไม่มีการหมุน ($rpm_1 = 0$) สร้างแรงเคลื่อนไฟฟ้า (E_{rms}) ที่มีความสัมพันธ์กับความเร็วรอบของการหมุนที่มีค่าเท่ากับความเร็วรอบของสนามแม่เหล็กหรือความเร็วรอบของขดลวดอาเมเจอร์ ($rpm = rpm_1 = rpm_2$) ดังสมการที่ 1 เมื่อความเข้มของสนามแม่เหล็ก (Φ) ตัวประกอบการพันขดลวด (k) จำนวนขั้วแม่เหล็กคงที่ (p) และจำนวนรอบของขดลวดอาเมเจอร์ (N) มีค่าคงที่

$$E_{rms} = K_{\Phi} (rpm_1) = K_{\Phi} (rpm_2) \quad (1)$$

เมื่อ $K_{\Phi} = (4.44N\Phi k) f = (4.44N\Phi k)(p/120)$ จากสมการที่ 1 อาศัยการหมุนแบบสัมผัสโดยส่วนของสนามแม่เหล็กหมุนในทิศทางตรงข้ามกับการหมุนของส่วนขดลวดอาเมเจอร์ ดังนั้น ความเร็วรอบของการหมุนมีค่าเท่ากับ $rpm = rpm_1 + rpm_2$ และแรงเคลื่อนไฟฟ้าจะมีค่าเท่ากับ

$$E_{rms_r} = K_{\Phi} (rpm_1 + rpm_2) \quad (2)$$

จากสมการที่ 2 ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้ามีค่าเพิ่มเนื่องจากมีความสัมพันธ์กับผลบวกของความเร็วรอบของส่วนสนามแม่เหล็กและส่วนขดลวดอาเมเจอร์ หรือความเร็วรอบสัมผัส

บทความนี้จะนำเสนอการศึกษาการหมุนแบบสัมผัสที่ส่งผลต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ โดยศึกษาความเร็วรอบขดลวด ความเร็วรอบแม่เหล็กถาวร ความเร็วรอบสัมผัส และแรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 6 ขั้ว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าและเป็นข้อมูลในการออกแบบและสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับแบบความเร็วรอบสัมผัส

2. วิธีการทดลอง

2.1 ขอบเขตการวิจัย

1. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 6 ขั้ว หรือ แมกนีโต (Magnet) รหัส TG032000-8220 รุ่น VCF48 ผลิตโดยบริษัท สยามเดินโซ่แมนูแฟคเจอร์ (เดินโซ่, 2555) แบบแม่เหล็กถาวรที่สามารถเคลื่อนที่ได้หรือหมุนได้ทั้งแม่เหล็กถาวร และขดลวดอาเมเจอร์ ที่มีค่า $\Phi = 0.0023$, $k = 0.95$, $p = 6$, $N = 20$ และ แรงเคลื่อนไฟฟ้า $E_{rms} = 0.00970(rpm)$ โดยสร้างชุดส่งผ่านกระแสไฟฟ้า (Commutator) ติดตั้งภายนอกเพิ่มเติม

2. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ความเร็วรอบขดลวด ความเร็วรอบแม่เหล็กถาวร ความเร็วรอบสัมพัทธ์ และแรงดันไฟฟ้า

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย ชุดความถี่การหมุนแบบสัมพัทธ์ เครื่องวัดความเร็วรอบ และ เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า

2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

นำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเก็บรวบรวมข้อมูล วัดค่าความเร็วรอบชุดสร้างสนามแม่เหล็กด้วยแม่เหล็กถาวร และชุดขดลวดอาเมเจอร์ และแรงดันไฟฟ้า ที่ความเร็วรอบต่างๆ

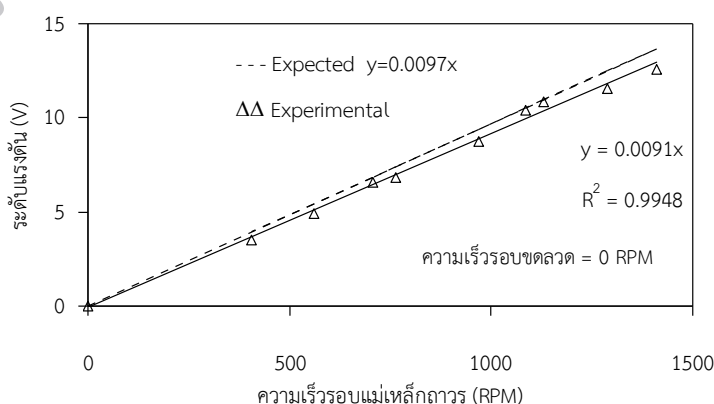
2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. วิเคราะห์ค่าความเร็วรอบชุดสร้างสนามแม่เหล็กด้วยแม่เหล็กถาวรที่ส่งผลต่อค่าแรงดัน ไฟฟ้าของขดลวดอาเมเจอร์ที่ความเร็วรอบต่างๆ
2. วิเคราะห์ค่าความเร็วรอบชุดขดลวดอาเมเจอร์ที่ส่งผลต่อค่าแรงดันไฟฟ้าของขดลวดอาเมเจอร์ที่ความเร็วรอบต่างๆ
3. วิเคราะห์ค่าความเร็วรอบสัมพัทธ์ที่ส่งผลต่อค่าแรงดันไฟฟ้าของขดลวดอาเมเจอร์

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

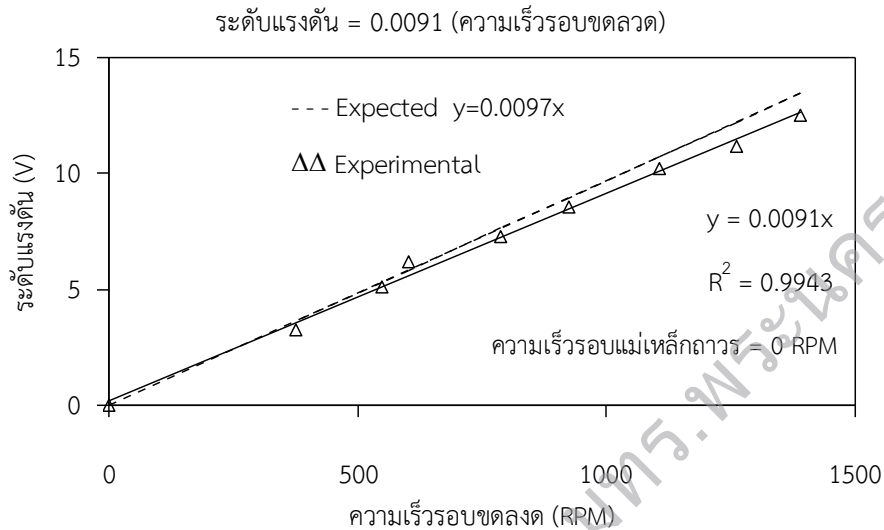
3.1 ผลการวิเคราะห์ความเร็วรอบขดลวด ความเร็วรอบแม่เหล็กถาวร ความเร็วรอบสัมพัทธ์ และแรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ความเร็วรอบขดลวด ความเร็วรอบแม่เหล็กถาวร ความเร็วรอบสัมพัทธ์ และแรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 6 ขั้ว ซึ่งผลการทดลองสามารถจำแนกกระดบแรงดันที่เกิดขึ้นได้ 5 กลุ่ม ดังต่อไปนี้ จากรูปที่ 1 ระดับแรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับความเร็วรอบแม่เหล็กถาวร โดยมีสมการแนวโน้มเชิงเส้นที่ค่า R^2 เท่ากับ 0.9948 ดังนี้

$$\text{ระดับแรงดัน} = 0.0091 (\text{ความเร็วรอบแม่เหล็กถาวร})$$



รูปที่ 1 ระดับแรงดันเมื่อเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบแม่เหล็กถาวรและความเร็วรอบขดลวด 0 RPM

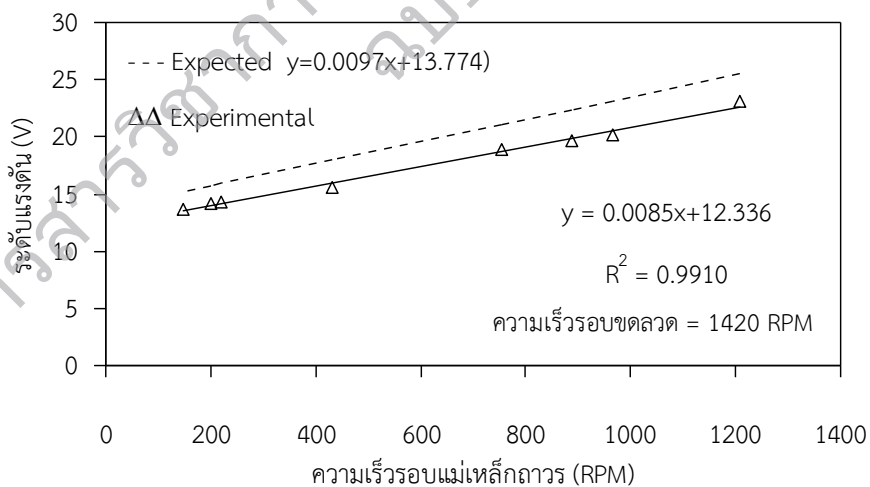
จากรูปที่ 2 ระดับแรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับความเร็รอบแม่เหล็กถาวรโดยมีสมการแนวโน้มเชิงเส้นที่ค่า R^2 เท่ากับ 0.9943 ดังนี้



รูปที่ 2 ระดับแรงดันเมื่อเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบขดลวดและความเร็วรอบแม่เหล็กถาวร 0 RPM

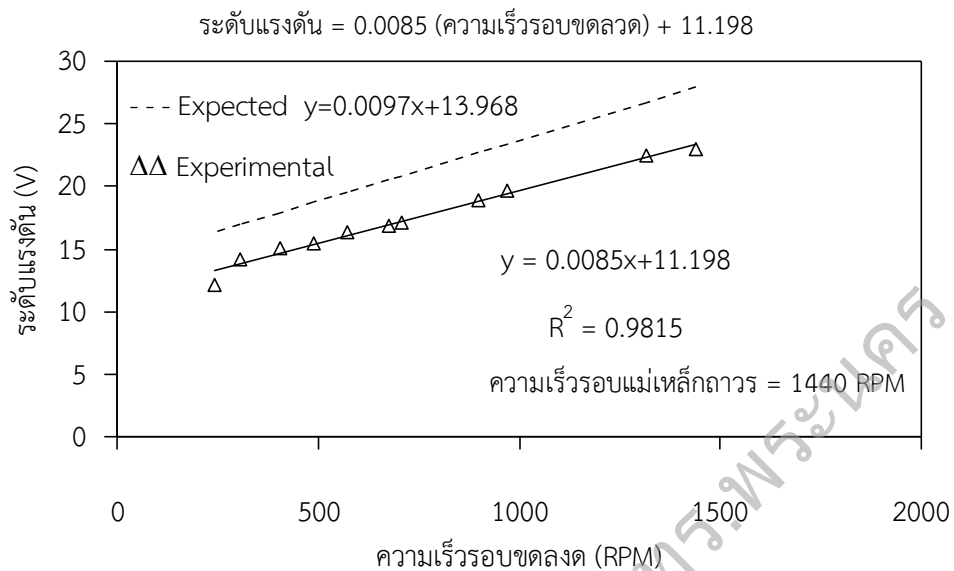
จากรูปที่ 3 ระดับแรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับความเร็รอบแม่เหล็กถาวรโดยมีสมการแนวโน้มเชิงเส้นที่ค่า R^2 เท่ากับ 0.991 ดังนี้

$$\text{ระดับแรงดัน} = 0.0085 (\text{ความเร็วรอบแม่เหล็กถาวร}) + 12.336$$



รูปที่ 3 ระดับแรงดันเมื่อเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบแม่เหล็กถาวรและความเร็วรอบขดลวดสูงสุด 1420 RPM

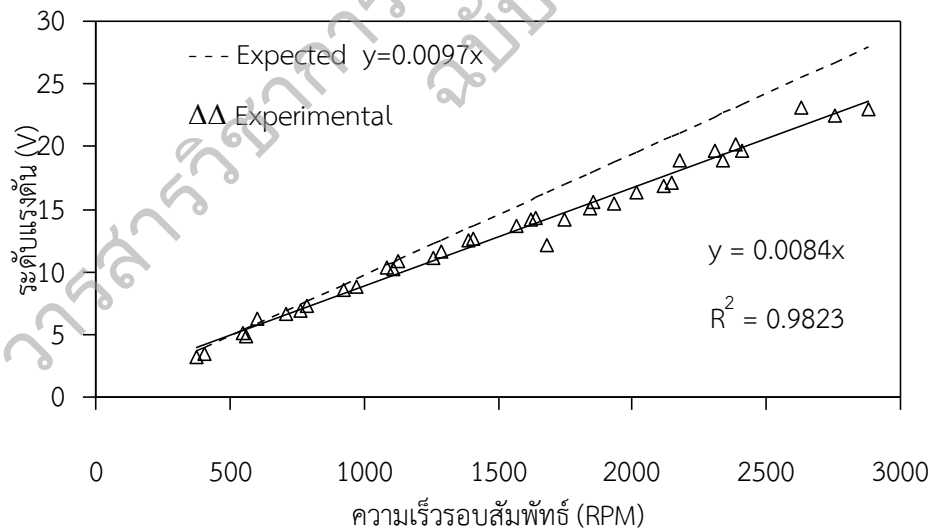
จากรูปที่ 4 ระดับแรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับความเร็รอบแม่เหล็กถาวรโดยมีสมการแนวโน้มเชิงเส้นที่ค่า R^2 เท่ากับ 0.9815 ดังนี้



รูปที่ 4 ระดับแรงดันเมื่อเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบขดลวดและความเร็วรอบแม่เหล็กถาวร 1440 RPM

จากรูปที่ 5 ระดับแรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับความเร็รอบแม่เหล็กถาวรโดยมีสมการแนวโน้มเชิงเส้นที่ค่า R^2 เท่ากับ 0.9823 ดังนี้

$$\text{ระดับแรงดัน} = 0.0084 (\text{ความเร็วรอบสัมพัทธ์})$$



รูปที่ 5 ระดับแรงดันเมื่อเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบสัมพัทธ์

3.2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบขดลวด ความเร็วรอบแม่เหล็กถาวร และระดับแรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยวิธี Pearson product moment correlation ได้ค่าดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบขดลวด ความเร็วรอบแม่เหล็กถาวร และระดับแรงดัน

ตัวแปร	ระดับแรงดัน	ความเร็วรอบขดลวด	ความเร็วรอบแม่เหล็กถาวร
ระดับแรงดัน	1.000	0.583**	0.766**
ความเร็วรอบขดลวด		1.000	-0.063
ความเร็วรอบแม่เหล็กถาวร			1.000

หมายเหตุ ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากตารางmuji 1 พบว่า ทุกตัวแปรมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบขดลวดกับความเร็วรอบแม่เหล็กถาวร ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่เป็นบวก ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างระดับแรงดันกับความเร็วรอบขดลวด และความสัมพันธ์ระหว่างระดับแรงดันกับความเร็วรอบแม่เหล็กถาวร แสดงว่า ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้ง 2 ตัวแปร แปรผันสอดคล้องกัน กล่าวคือ หากความเร็วรอบขดลวดเพิ่มขึ้น-ระดับแรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น ความสัมพันธ์ระหว่างระดับแรงดันกับความเร็วรอบแม่เหล็กถาวรมีค่าสหสัมพันธ์มากกว่าความสัมพันธ์ระหว่างระดับแรงดันกับความเร็วรอบขดลวด

3.3 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของความเร็วรอบขดลวด ความเร็วรอบแม่เหล็กถาวร และความเร็วรอบสัมพัทธ์ ที่มีต่อแรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ พบว่า ความเร็วรอบขดลวดและความเร็วรอบแม่เหล็กถาวร สามารถร่วมกันพยากรณ์ระดับแรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 6 ขั้ว ได้อย่างละ 98.7 (R^2) โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการพยากรณ์ (SE_{est}) เท่ากับ 0.6949 และผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ ดังตาราง 2

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของตัวพยากรณ์มาตรฐาน(beta) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (SE_b)

ตัวแปร	beta	SE_b	t	P
ความเร็วรอบขดลวด	0.634	0.000	41.231	0.000
ความเร็วรอบแม่เหล็กถาวร	0.806	0.000	32.412	0.000

จากตารางที่ 2 พบว่า ตัวแปรที่พยากรณ์ระดับแรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แบบ 6 ขั้ว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ได้แก่ ความเร็วรอบขดลวด และความเร็วรอบแม่เหล็กถาวร ตัวแปรที่มีผลต่อระดับแรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แบบ 6 ขั้ว มากที่สุดเรียงตามลำดับได้แก่ ความเร็วรอบแม่เหล็กถาวร (0.806) และความเร็วรอบขดลวด (0.634) ตามลำดับ สามารถเขียนสมการพยากรณ์ระดับแรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แบบ 6 ขั้ว ในรูปแบบของความเร็วรอบขดลวด และความเร็วรอบแม่เหล็กถาวร ดังนี้

$$\text{Voltage (ระดับแรงดัน)} = 0.806 (\text{ความเร็วรอบขดลวด}) + 0.634 (\text{ความเร็วรอบแม่เหล็กถาวร})$$

4. สรุป

จากการวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1) เมื่อขดลวดหมุน โดยที่แม่เหล็กถาวรอยู่ในสถานะหยุดนิ่ง (0 RPM) ได้ระดับแรงดันสูงสุด 12.59 โวลต์ที่ความเร็วรอบขดลวดมีค่าเท่ากับ 1410 รอบต่อนาที และแม่เหล็กถาวรหมุนที่ความเร็วสูงสุด (1440 RPM) ในทิศทางตรงข้าม ได้ระดับแรงดันสูงสุด 22.98 โวลต์ ที่ความเร็วรอบขดลวดมีค่าเท่ากับ 1440 รอบต่อนาที ซึ่งระดับแรงดันที่ได้จากการหมุนแม่เหล็กถาวรหมุนในทิศทางตรงข้าม มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อแม่เหล็กถาวรหมุน โดยที่ขดลวดอยู่ในสถานะหยุดนิ่ง (0 RPM) ได้ระดับแรงดันสูงสุด 12.59 โวลต์ ที่ความเร็วรอบแม่เหล็กถาวรมีค่าเท่ากับ 1410 รอบต่อนาที และขดลวดหมุนที่ความเร็วสูงสุด (1420 RPM) ในทิศทางตรงข้าม ได้ระดับแรงดันสูงสุด 22.98 โวลต์ ที่ความเร็วรอบขดลวดมีค่าเท่ากับ 1440 รอบต่อนาที ซึ่งระดับแรงดันที่ได้จากการหมุนแม่เหล็กถาวรหมุนในทิศทางตรงข้าม มีค่า

เพิ่มขึ้นระดับแรงดันสูงสุด 23.13 โวลต์ ที่ความเร็วรอบแม่เหล็กถาวรมีค่าเท่ากับ 1290 รอบต่อนาที ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้กล่าวคือ ความเร็วรอบขดลวด ความเร็วรอบแม่เหล็กถาวร ส่งผลต่อแรงดันไฟฟ้า ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 6 ขั้ว เนื่องจากเมื่อขดลวดหมุนในทิศทางตรงข้ามกับแม่เหล็กถาวรเสมือนว่าความเร็วรอบที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้ได้ระดับแรงดันเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับ ชนินทร์ พุ่มโม่ง (2552) ศึกษาด้านการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยกังหันลมชนิดแกนตั้งมีใบพัด 2 ชุดที่หมุนสวนทางกันโดยการออกแบบใบพัดเป็นแบบกรงกระรอกแต่ละชุดหมุนสวนทางกันตามลักษณะของการออกแบบใบพัดทั้ง 2 ชุด อยู่ในแกนเดียวกัน ส่วนของชุด กำเนิดไฟฟ้าเป็นแบบแม่เหล็กถาวรหมุนติดกับขดลวด ชุดแม่เหล็กถาวรติดกับใบพัดชุดบนที่หมุนตามเข็มนาฬิกา และชุดขดลวดติดกับใบพัดชุดล่างที่หมุนทวนเข็มนาฬิกา การส่งกระแสไฟฟ้าที่ชุดขดลวดที่ กำลังหมุนจะใช้ แปลงถ่านต่อเข้ากับชุดควบคุมกระแสไฟฟ้าภายนอก การหมุนสวนทางกันทำให้ความเร็วของการตัดกันของสนามแม่เหล็กเร็วขึ้นทำให้การผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากขึ้น

2) เมื่อความเร็วรอบสัมพัทธ์มีค่าเพิ่มขึ้น พบว่า ระดับแรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีค่ามากขึ้น โดยมีระดับแรงดันสูงสุด 22.98 โวลต์ ที่ความเร็วรอบสัมพัทธ์มีค่าเท่ากับ 2880 รอบต่อนาที แนวโน้มเชิงเส้นที่ค่า R^2 เท่ากับ 0.9823 กล่าวคือเมื่อความเร็วรอบสัมพัทธ์มีค่าเพิ่มขึ้น 1 รอบต่อนาที จะส่งผลต่อระดับแรงดันมีค่าเพิ่มขึ้น 0.0085 โวลต์ และระดับแรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับความเร็วนำเข้าแม่เหล็กถาวร เนื่องจาก เมื่อความเร็วรอบสัมพัทธ์มีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้ ค่าความเหนี่ยวนำทางไฟฟ้าเพิ่มขึ้นส่งผลให้ ระดับแรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีค่ามากขึ้น สอดคล้องกับ ยุทธนา จันทศิลา (2551) เมื่อขดลวดตัวนำตัดกับสนามแม่เหล็กก็จะเกิดแรงกับไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นที่ตัวนำนั้น ธเนศ ไชยชนะ (2554) ทำการศึกษาระบบเพิ่มประสิทธิภาพของกังหันลมสำหรับกังหันลมแกนตั้งแบบเพลาร่วมแกนหมุนสวนทาง พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อคุณลักษณะการทำงานของกังหันลมแกนตั้งคือ แรงที่กระทำต่อเพลารหรือภาระ ความเร็วลม มุมของใบพัด ซึ่งทำให้ความเร็วในการหมุนเพิ่มขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

6. เอกสารอ้างอิง

- ชนินทร์ พุ่มโม่ง. 2552. การศึกษาด้านเทคนิคการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยกังหันลมแกนตั้งใบพัดสองชุดหมุนสวนทาง. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยนครสวรรค์.
- ธเนศ ไชยชนะ. 2553. การออกแบบและพัฒนาระบบกังหันลมแกนตั้งขนาดเล็ก เพลาร่วมแกนหมุนสวนทางกันเพื่อใช้ผลิตไฟฟ้า. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- เดินโซ่. 2555. ผลกระทบเดินโซ่, กรุงเทพฯ: สยามเดินโซ่แมนูแฟคเจอร์.
- ตติยา ใบบุญ. 2549. พลังงานธรรมชาติ: สูดอดแห่งพลังงาน. กรุงเทพฯ: ประพันธ์สาสน์.
- ยุทธนา จันทศิลา. 2551. การพัฒนาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำที่ใช้ระบบแรงขับเคลื่อนธรรมชาติ. วิทยานิพนธ์ คอ.ม. วิศวกรรมไฟฟ้า. คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- Bruzzese, C. et.al. 2006. New Rotor Fault Indicators for Squirrel Cage Induction Motors. **Conference Record of the 2006 IEEE Industry Applications Conference 41st IAS Annual Meeting** : 1541 – 1548.