

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมชนิดโรเตอร์แบบขั้วแม่เหล็กยื่น โดยใช้กังหันลมแบบทรงกระบอก

Salient Pole Type with a Cylindrical Wind Turbine DC Generator

จักรกฤษณ์ จันทรศิริ¹

Jakkrit Junsiri¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบและสร้างกังหันลมทรงกระบอกผลิตไฟฟ้ากระแสตรง ที่สามารถทำงานที่ความเร็วลมไม่เกิน 3.5 เมตรต่อวินาที ผลิตไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดขั้วแม่เหล็กยื่น โดยมีขั้นตอนการวิจัย 2 ขั้นตอนด้วยกัน คือ ศึกษาวิธีการทำงานผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้ลมเป็นต้นกำลัง ด้วยกังหันทรงกระบอก เลือกขนาดของกังหันและขนาดของอัลเทอร์เนเตอร์ที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้ากระแสตรง ผลการศึกษาพบว่า

เมื่อทำการติดตั้งชุดกังหันลมทรงกระบอก ใบพัดจะเริ่มเคลื่อนที่ที่ความเร็วลม 0.5 เมตรต่อวินาที เมื่อวัดค่าแรงดันที่ขดลวดซึ่งออกมาจากอัลเทอร์เนเตอร์ จะได้ค่าแรงดันเฉลี่ย 15 โวลท์ ที่ความเร็วลมเฉลี่ย 1.91 เมตรต่อวินาที ค่าแรงดันเฉลี่ยที่ได้นี้ไม่พอที่จะชาร์จแบตเตอรี่ได้ ดังนั้นจึงสร้างวงจรทวีแรงดันให้มีค่าแรงดันพอที่จะชาร์จเข้าแบตเตอรี่ จากผลการทดลองเมื่อใช้วงจรทวีแรงดันค่าแรงดันเฉลี่ยจากเดิม 15 โวลท์เป็น 37.14 โวลท์ที่ความเร็วลมเฉลี่ย 2.31 เมตรต่อวินาที

คำสำคัญ : เครื่องกำเนิดไฟฟ้า กังหันลม กังหันทรงกระบอก

ABSTRACT

The purposes of this research were to design and produce a Cylindrical Wind Turbine DC Generator which could generate electric current at a maximum wind speed at 3.5 meters per second based on the operation principles of the salient pole type DC generator. The research procedures consisted of two stages : studying how electric current was generated by a Cylindrical Wind Turbine DC Generator and selecting the turbine type and size of the DC alternator.

The results revealed that when the Cylindrical Wind Turbine DC Generator was set up ,the blades started to move at 0.5 meter per second of the wind speed rate. An average current pressure from the alternator measured at the coils was 15 voltages at 1.91 meters per second of the wind speed rate. It was shown that these values were not adequate to charge a battery. So, the voltage multiplier circuit was installed to increase the current pressure value to be able to charge batteries. The result of the experiment showed that the batteries were charged when the average current pressure value was changed from 15 to 37.14 voltages at 2.31 meters per second of the wind speed rate.

Keywords : Generator, Wind turbine, Cylindrical turbine

¹ อาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

รับต้นฉบับ 19 มิถุนายน 2553 รับลงพิมพ์ 23 มิถุนายน 2553



บทนำ

ลมเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติซึ่งเกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ความกดดันของบรรยากาศและแรงจากการหมุนของโลก สิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเร็วลมและกำลังลม ในปัจจุบันมนุษย์จึงได้ให้ความสำคัญและนำพลังงานจากลมมาใช้ประโยชน์มากขึ้นเนื่องจากพลังงานลมมีอยู่โดยทั่วไปเป็นพลังงานที่สะอาดและไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสภาพแวดล้อม สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างไม่รู้จักหมดสิ้น

พลังงานทดแทนในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานธรรมชาติ เป็นทางเลือกอีกทางหนึ่ง ที่จะช่วยผลิตกระแสไฟฟ้าในรูปแบบต่างๆ เพื่อลดปัญหาการใช้พลังงานและวัตถุดิบจากการนำเข้าจากต่างประเทศ จึงทำให้พลังงานลมได้รับความสนใจในการศึกษาและพัฒนาให้เกิดประโยชน์กันอย่างกว้างขวาง [7],[8] ในขณะเดียวกันกังหันลมก็เป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่สามารถนำพลังงานลมมาใช้ให้เป็นประโยชน์ได้ โดยเฉพาะในการผลิตกระแสไฟฟ้า

ปัจจุบันเทคโนโลยีด้านการนำพลังงานลมมาใช้งานมีการพัฒนามาใช้งานอย่างต่อเนื่อง แต่รูปทรงของกังหันส่วนใหญ่ จะถูกออกแบบเป็นลักษณะของใบพัด เนื่องจากความเร็วลมในพื้นที่ของประเทศไทยส่วนใหญ่ เป็นความเร็วลมที่ต่ำ [6] เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนากังหันลมสำหรับพื้นที่ที่มีค่าความเร็วลมที่ต่ำ จึงนำเสนอกังหันลมในลักษณะของทรงกระบอกเพื่อนำมาประกอบการพิจารณาคักยภาพของกังหันลมในลักษณะดังกล่าว และความเหมาะสมเพื่อการพัฒนาต่อไป [1],[2] ,[5]

ดังนั้นจากที่กล่าวมา จึงมีแนวคิดที่จะดำเนินการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานจากธรรมชาติที่สะอาด และไม่มีวันหมดตามศักยภาพของแรงลมในรูปแบบของกังหันลมซึ่งมีลักษณะทรงกระบอก และใช้วงจรเรียงกระแส แปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง เพื่ออัดประจุให้กับแบตเตอรี่ แล้วจึงนำไปใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ ต่อไป

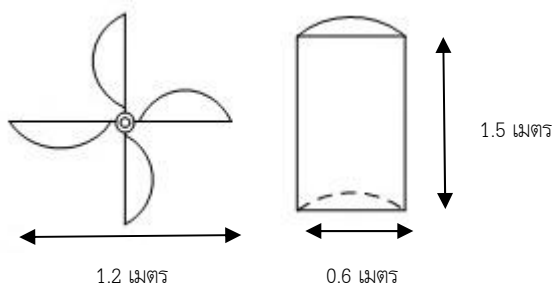
วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

วัสดุ อุปกรณ์

1. ลังกะลีแผ่นเรียบ ขนาด 0.9 x 1.8 เมตรหนา 0.2 มิลลิเมตร จำนวน 5 แผ่น
2. เหล็กกล่อง 1 x 1 นิ้ว หนา 1.2 มิลลิเมตร จำนวน 30 เมตร
3. เหล็กฉากขนาด 2 นิ้ว ยาว 6 เมตร หนา 1.8 มิลลิเมตรจำนวน 1 เส้น
4. อลูมิเนียมทรงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว ยาว 1.70 เมตร หนา 1.0 มิลลิเมตรจำนวน 1 เส้น
5. แม่เหล็กถาวรขนาด 4 x 2.5 x 1 เซนติเมตร ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก 0.35 เทสลา จำนวน 9 ชุด
6. แผ่นเหล็กหนา 7 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 28 เซนติเมตร จำนวน 1 แผ่น
7. ลวดอาน้ำยา ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.812 มิลลิเมตรจำนวน 200 กรัม
8. ไดโอดเบอร์ 1N 4007 จำนวน 3 ชุด
9. คาปาซิเตอร์ขนาด 3,300 ไมโครฟารัด 250 โวลท์ จำนวน 3 ชุด
10. แบตเตอรี่ 12 โวลท์ 70 Ah จำนวน 1 ชุด
11. กัลป์วานอิมิตอร์ YOGO รุ่น MY-68 จำนวน 1 เครื่อง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาวิธีการทำงานผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้ลมเป็นต้นกำลัง ขับเคลื่อนผ่านกังหันทรงกระบอก
2. ออกแบบขนาดของกังหันที่สามารถทำงานได้ที่ความเร็วลมไม่เกิน 3.5 เมตรต่อวินาที ในพื้นที่ใช้กังหันมีขนาดดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขนาดใบพัดกังหันลม

จากรูปที่ 1 พิจารณากังหันลมที่มีพื้นที่หน้าตัดรับลม A ตารางเมตรใดๆ ตั้งรับกระแสลมซึ่งมีความเร็วลม V จะมีกำลังลมสูงสุด P ที่ได้จากพลังงานจลน์ ดังสมการ (1) [9]

$$P_{\max} = \frac{1}{2} \left(\frac{16}{27} \right) \rho A V^3 \quad (1)$$

ให้	$P_{\max}$	แทน	กำลังลมสูงสุด (วัตต์)
	A	แทน	พื้นที่หน้าตัดรับลม (ตารางเมตร)
	V	แทน	ความเร็วของกระแสอากาศ (เมตรต่อวินาที)
	P	แทน	ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3) มีค่า $1.164 kg/m^3$ ที่อุณหภูมิ แวดล้อม 30 องศาเซลเซียส

เมื่อพิจารณาที่ความเร็วลม 3.5 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิแวดล้อม 30 องศาเซลเซียส กำลังสูงสุดที่ได้จากกังหันจะมีค่า 38.65 วัตต์

3. ออกแบบและคำนวณขนาดของ ลวดทองแดงและจำนวนรอบในการพัน เพื่อนำไปประกอบเป็นของอัลเทอร์เนเตอร์ ที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้ากระแสตรง ขนาดแรงดันไม่น้อยกว่า 12 โวลต์

แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ให้กำเนิดบนขดลวดอาร์เมเจอร์ สามารถคำนวณได้ดังสมการ (2) [3]

$$E_{av} = Blv \quad (2)$$

E_{av}	แทน	แรงเคลื่อนไฟฟ้าเฉลี่ย (โวลต์)
B	แทน	ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก (เทสลา)
l	แทน	ความยาวตัวนำ (เมตร)
v	แทน	อัตราความเร็วในการเปลี่ยนค่าสนามแม่เหล็ก (เมตรต่อวินาที)

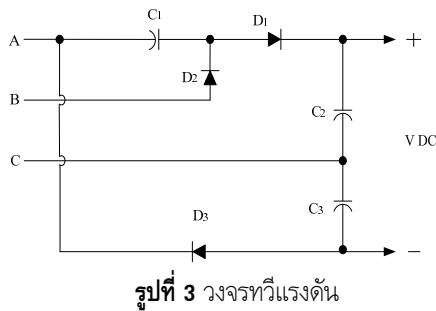
เมื่อพิจารณาที่ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กอันเนื่องจากการใช้แม่เหล็กชนิดถาวรเกรด 35 จำนวน 9 ชุด จะได้ค่าความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก 0.3 เทสลา เมื่อกังหันหมุนด้วยความเร็วรอบ 2 เมตรต่อวินาที ค่าแรงดันเฉลี่ยที่ได้คือ 28.48 โวลต์

พิจารณาขนาดของลวดทองแดงที่จะนำเอามาพันที่ กำลังไฟฟ้า 38.65 วัตต์ แรงดัน 12 โวลต์ ใช้ลวดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.812 มิลลิเมตร พันโดยใช้แกนอากาศขนาด $1 \times 2 \times 1/2$ นิ้วจำนวน 320 รอบ 9 ชุด ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ลวดทองแดงพันรอบแกนอากาศ

4. ออกแบบวงจรทรีแรงดัน ใช้คาปาซิเตอร์ ขนาดแรงดัน 250 โวลต์ 3,300 ไมโครฟารัด ต่อกับ ไดโอดเบอร์ 1N4007 ดังรูปที่ 3 [4]



รูปที่ 3 วงจรทวิแรงดัน

5. ออกแบบชิ้นส่วนต่างๆ ที่เหลือของตัวเครื่อง เช่น โครงสร้างของเครื่องเพื่อใช้สำหรับยึดและติดตั้งชิ้นส่วนอื่นๆ เป็นต้น

6. สร้างอุปกรณ์และส่วนประกอบต่างๆ ตามที่ได้ออกแบบไว้

7. ประกอบส่วนประกอบทุกส่วนที่สร้างเสร็จเข้าด้วยกัน แล้วทำการทดสอบเครื่องและแก้ไขข้อบกพร่อง

8. ทำการทดลองหาค่าแรงดันที่ได้จากชุดกังหันลมทรงกระบอก ที่ความเร็วลมต่างๆ กัน โดยในการทดลองนั้นจะทำการวัดค่าแรงดันที่ได้โดยตรงจากขดลวด ที่ความเร็วลมแปรเปลี่ยน บันทึกค่าแรงดันที่ได้ จากนั้นวัดค่าแรงดันสภาวะที่มีการต่อขดลวดผ่านวงจรทวิแรงดัน ณ ความเร็วลมต่างๆ กัน บันทึกค่าแรงดันที่ได้ นำผลจากการทดลองเปรียบเทียบกับค่าแรงดัน ในกรณีนี้วัดแรงดันโดยตรงผ่านขดลวดและกรณีนี้วัดค่าแรงดันเมื่อมีการต่อขดลวดและผ่านวงจรทวิแรงดัน เปรียบเทียบค่าแรงดันที่ได้จากการคำนวณกับค่าแรงดันที่ได้จากการทดลอง โดยการทดลองนั้นทั้งหมด 7 ครั้ง แล้วนำผลการทดลองที่ได้ขึ้นมาหาค่าเฉลี่ย

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยมีดังนี้



รูปที่ 4 กังหันลมทรงกระบอกเมื่อประกอบแล้วเสร็จ



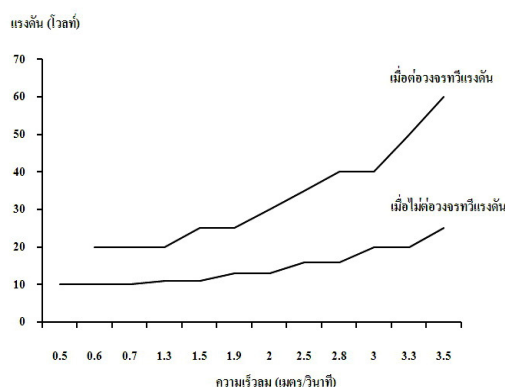
รูปที่ 5 วัดแรงดันที่ผลิตได้เมื่อความเร็วลมเปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 1 ค่าแรงดันจากขดลวดโดยตรง

ครั้งที่	ความเร็วลม (เมตร/วินาที)	รอบกังหัน (รอบต่อนาที)	แรงดัน (โวลต์)
1	0.5	10	10
2	0.7	10	10
3	1.3	15	11
4	1.9	20	13
5	2.5	25	16
6	3.0	30	20
7	3.5	35	25
เฉลี่ย	1.91	20.71	15.00

ตารางที่ 2 ค่าแรงดันจากขดลวดผ่านวงจรทรีแรงดัน

ครั้งที่	ความเร็วลม (เมตร/วินาที)	รอบกัณฑ์ (รอบต่อวินาที)	แรงดัน (โวลท์)
1	0.6	10	20
2	1.5	10	25
3	2.0	15	30
4	2.5	20	35
5	2.8	25	40
6	3.3	30	50
7	3.5	35	60
เฉลี่ย	2.31	20.71	37.14



รูปที่ 6 กราฟแรงดันเมื่อความเร็วลมเปลี่ยนแปลง

จากรูปที่ 6 เป็นกราฟแสดงค่าแรงดันค่าที่ได้จากชุดกังหันลมทรงกระบอก ที่ความเร็วลมต่างๆ กัน โดยวัดค่าแรงดันที่ได้โดยตรงจากขดลวด และวัดค่าแรงดันที่ได้เมื่อมีการต่อขดลวดผ่านวงจรทรีแรงดัน ซึ่งจากการทดลองค่าแรงดันที่ได้โดยตรงจากขดลวดมีค่าระหว่าง 10.0 -15.0 โวลท์ และค่าแรงดันที่ได้เมื่อมีการต่อขดลวดผ่านวงจรทรีแรงดันมีค่าระหว่าง 20.0 -60.0 โวลท์

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิจัยมีประเด็นสำคัญนำมาอภิปราย ดังนี้

1. การสร้างเครื่องกังหันลมทรงกระบอกผลิตไฟฟ้ากระแสตรงชนิดซึ้นย่นั้น ควรจะมีการศึกษาการ

ทำงานของชิ้นส่วนที่เป็นกลไกของเครื่องจักรกลมาก่อนแล้ว จึงทำการออกแบบทั้งนี้เพื่อจะได้ไม่มีปัญหาในเรื่องการทำงานของชิ้นส่วนต่างๆ

2. การทดสอบหาค่าแรงดันที่ผลิตได้นั้น ผลการทดลองที่ได้ในแต่ละครั้งมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเร็วลมที่เพิ่มขึ้น นั่นคือ ค่าแรงดันที่ได้โดยตรงจากขดลวดมีค่าระหว่าง 10.0 -15.0 โวลท์ ตามความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นระหว่าง 0.5 -3.5 เมตรต่อวินาที และค่าแรงดันที่ได้เมื่อมีการต่อขดลวดผ่านวงจรทรีแรงดันมีค่าระหว่าง 20.0 -60.0 โวลท์ตามความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นระหว่าง 0.6 -3.5 เมตรต่อวินาที

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมชนิดโรเตอร์แบบซึ้นแม่เหล็กย่นโดยใช้กังหันลมแบบทรงกระบอกนั้น จะเริ่มเคลื่อนที่เมื่อเกิดความเร็วลม 0.5 เมตรต่อวินาที ทำให้ตัวกังหันทรงกระบอกสามารถเคลื่อนที่ได้

จากนั้นตัวแกนของกังหันซึ่งยึดติดอยู่กับจานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดโรเตอร์แบบซึ้นแม่เหล็กย่น ทำให้ชุดจานเกิดการเคลื่อนที่ ทำให้ขดลวดเกิดการตัดผ่านสนามแม่เหล็กอันเกิดจากสนามแม่เหล็กชนิดถาวร เกิดแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำในขดลวด

จากนั้นนำค่าแรงดันที่ได้ต่อผ่านวงจรทรีแรงดันแล้วประจุไฟฟ้าเก็บไว้ในแบตเตอรี่เพื่อจะนำไปใช้งานต่อไป

หลังจากการทำการประกอบตัวเครื่องเสร็จแล้ว ก็เริ่มทดสอบตัวเครื่องเพื่อสังเกตการทำงานของเครื่อง ซึ่งผลจากการสังเกตทำให้รู้ว่าเครื่องทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในระดับหนึ่ง ยังมีบางส่วนของตัวเครื่องที่ต้องปรับปรุง จึงเริ่มทำการปรับปรุงในส่วนดังกล่าวให้เรียบร้อย จากนั้นก็ทำการทดสอบเครื่องอีกครั้งเพื่อหาจุดบกพร่องอีก หลังจากทำการปรับปรุงแก้ไขตัวเครื่องหลายครั้ง ก็ทำให้เครื่องสามารถทำงานได้ดีในระดับที่น่าพอใจ



ผลการทดลองพบว่า เมื่อทำการติดตั้งชุดกังหันลมทรงกระบอก ใบพัดจะเริ่มเคลื่อนที่ที่ความเร็วลม 0.5 เมตรต่อวินาที เมื่อวัดค่าแรงดันโดยตรงที่ชุดลวดซึ่งออกมาจากอัลเทอร์เนเตอร์ จะได้ค่าแรงดันเฉลี่ย 15 โวลท์ ที่ความเร็วลมเฉลี่ย 1.91 เมตรต่อวินาที ค่าแรงดันเฉลี่ยที่ได้นี้ไม่พอที่จะชาร์จแบตเตอรี่ได้ ดังนั้นจึงเพิ่มวงจรทวีแรงดันให้มีความแรงดันพอที่จะชาร์จเข้าแบตเตอรี่ จากผลการทดลองเมื่อใช้วงจรทวีแรงดันทำให้ค่าแรงดันเฉลี่ยจากเดิม 15 โวลท์เป็น 37.14 โวลท์ ที่ความเร็วลมเฉลี่ย 2.31 เมตรต่อวินาที

ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

หลังจากที่ได้ทำการทดสอบตัวเครื่องแล้วนั้นทำให้ทราบว่าตัวเครื่องยังคงต้องมีส่วนที่ต้องเพิ่มเติมหลายส่วน เช่น

1. ตัวใบกังหันทรงกระบอกมีน้ำหนักมากเกินไปทำให้การเริ่มหมุนของกังหันเป็นไปได้ยาก ซึ่งถ้าสามารถเลือกใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบา ก็จะทำให้ใบกังหันเริ่มเคลื่อนที่ได้ง่ายขึ้น
2. กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้มีค่าต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวโครงสร้างของชุดกังหัน ถ้าสามารถเพิ่มชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้ผลิตกำลังไฟฟ้าให้สูงขึ้นโดยไม่กระทบกับการหมุนของกังหัน ก็จะเป็นการเพิ่มความสามารถของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมชนิดโรเตอร์แบบซั้วแม่เหล็กย่นได้เช่นกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนักศึกษาโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรมภาคปกติ ปีการศึกษา 2550 นักศึกษาภาค กศ.บป. รุ่น 22 และคุณอุทัย ศิริภักดิ์ เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการไฟฟ้า ที่ให้ความร่วมมือในการช่วยเก็บข้อมูลประกอบการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่สนับสนุนให้ผู้วิจัยได้มีโอกาสศึกษาและทำวิจัยรวมถึงสนับสนุนทุนในการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กล้านรงค์ โพธิ์แก้ว. (2538). **เครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานลม**. คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง: กรุงเทพมหานคร.
- สมาน เสนงาม. (2541). **กังหันลมผลิตไฟฟ้าชนบท**. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ : สงขลา.
- มงคล ทองสงคราม. (2541). **เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ**. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีอีดียูเคชั่น จำกัด.
- ชิต อินทะสี. (2542). **วงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ**. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีอีดียูเคชั่น จำกัด.
- คณะ, (2549). **การปรับปรุงและพัฒนาระบบกังหันลมผลิตไฟฟ้า**, กรุงเทพฯ :
- การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, (2549). **พลังงานลมไฟฟ้า**, กรุงเทพฯ : .
- N . Yamamura, M. Ishida, T. Hori. (1999). **A Simple Wind Power Generating System with Permanent Magnet Type Synchronous Generator**, IEEE, International Conference on Power Electronics and Drive Systems, PEDS'99, July, Hong Kong, pp.849-854
- K. Ogawa, N. Yamamura, M. Ishda. **Study for Small Size Wind Power Generating System Using Switched Reluctance Generator**, IEEE, 2006, pp.1510-1515
- Lili Zhao, Jinchun Song, Hongyi Liu, (2007). **Simulation Study of Wind Power with Continuously Variable Transmission**, IEEE, Conference on Industrial Electronics and Applications, pp.2603-260

