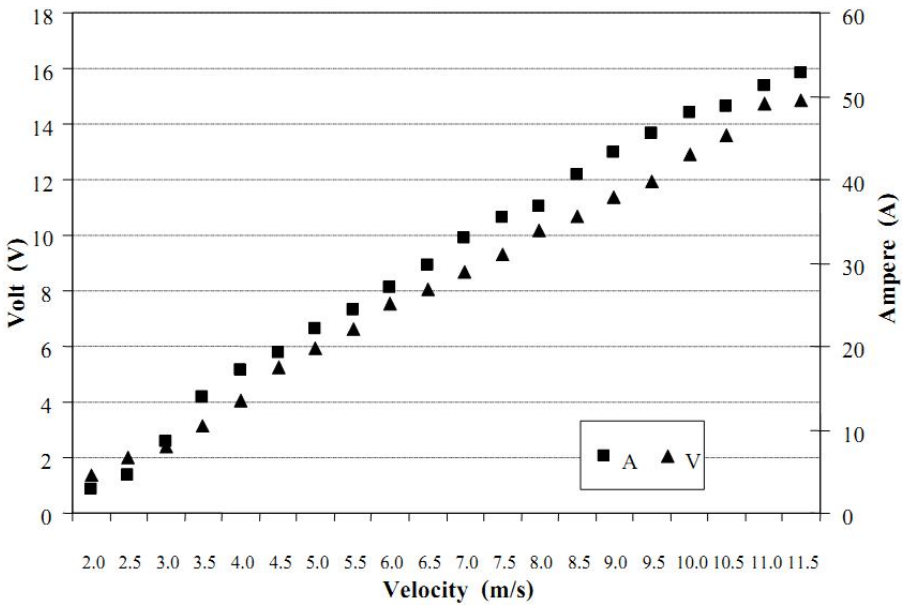
บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพกังหันลม

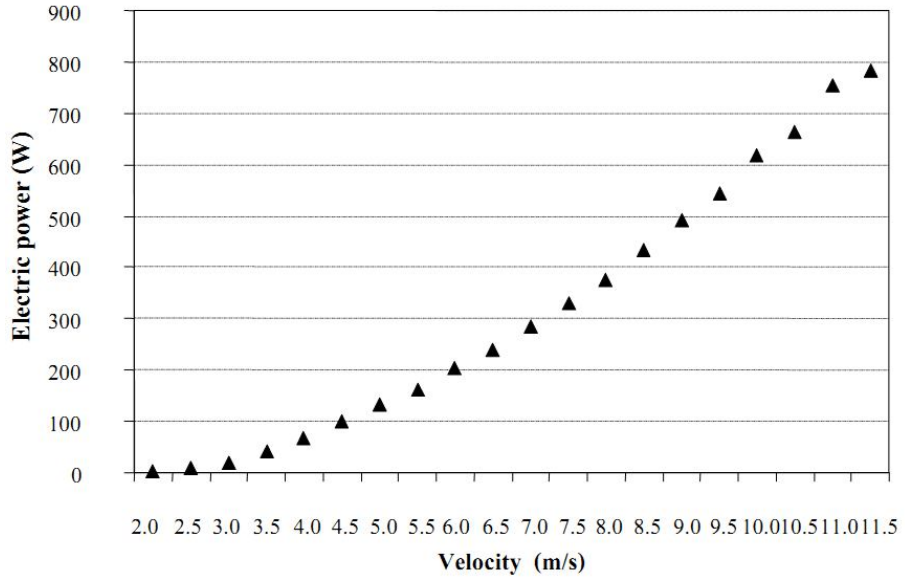
ในการทดสอบระบบกังหันลมพบว่า กังหันลมเริ่มหมุนเมื่อความเร็วลม 1.5 เมตร/วินาที เป็นต้นไป โดยกังหันลมสามารถหมุนรับลมได้รอบทิศทางเมื่อลมเปลี่ยนทิศและหมุนแปรผันตามความเร็วลมที่พัดมา ชุดเสากังหันลมมีความแข็งแรงสามารถทนกระแสลมได้ทุกความเร็วลม ในส่วนการผลิตกระแสไฟฟ้าพบว่ากังหันลมเริ่มผลิตกระแสไฟฟ้าที่ความเร็วลม 2 เมตร/วินาที เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นกังหันลมก็สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ภาพที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม กับแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่กังหันลมผลิตได้



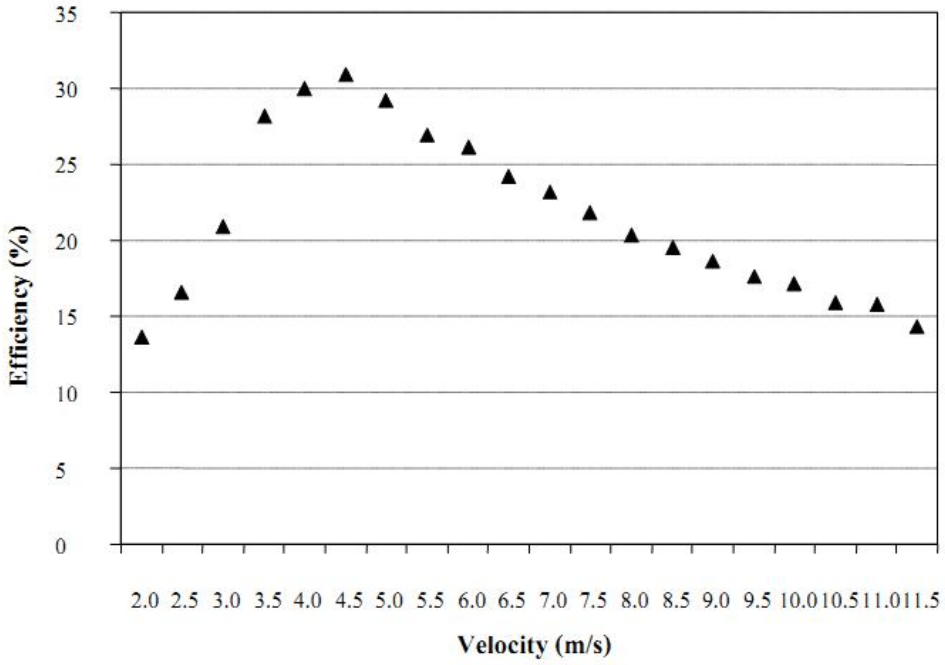
ภาพที่ 4.1 แรงดันและกระแสไฟฟ้าที่กังหันลมผลิตได้

จากภาพที่ 4.1 พบว่ากังหันผลิตกระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ความเร็วลม 11.50 เมตร/วินาที เท่ากับ 15.85 แอมแปร์ และแรงดันเท่ากับ 49.53 โวลต์ เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นเกิน 11.50 เมตร/วินาที กังหันลมจะตัดระบบเพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นต่อระบบกังหันลมและเมื่อนำข้อมูลจากภาพที่ 4.1 มาวิเคราะห์หากำลังไฟฟ้าพบว่ามีความสัมพันธ์ดังแสดงในภาพที่ 4.2

จากข้อมูลที่แสดงในภาพที่ 4.2 พบว่ากังหันลมผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ความเร็วลม 11.50 เมตร/วินาที เท่ากับ 785.05 วัตต์ และลดลงเมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นเกิน 12.0 เมตร/วินาที เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพ จะได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.2 ค่ากำลังไฟฟ้าของกังหันลม

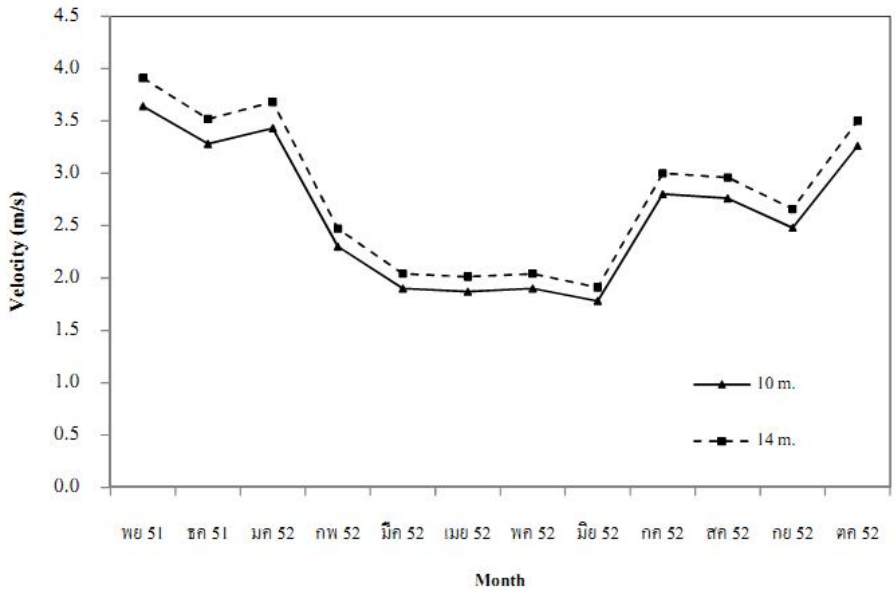


ภาพที่ 4.3 ประสิทธิภาพกังหันลม

ภาพที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับประสิทธิภาพกังหันลมจากข้อมูล พบว่าในช่วงความเร็วเริ่มต้นกังหันลมจะมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเรื่อยๆและเริ่มลดลงที่ความเร็วลมเท่ากับ 5.0 เมตร/วินาที ซึ่งสามารถสรุปได้ว่ากังหันลมมีประสิทธิภาพสูงที่สุดเท่ากับ 31 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วลมเท่ากับ 4.5 เมตร/วินาที ซึ่งสอดคล้องกับการเลือกใบพัดกังหันลมชนิด NACA 4415 ที่มีประสิทธิภาพการรับลมได้ดีในช่วงความเร็วลมต่ำ

4.2 ผลการวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลม

ในงานวิจัยนี้ ได้เลือกโรงเรียนวังกระแสวิทยา อำเภอปลาปาก จังหวัดนครพนม เป็นพื้นที่ตัวอย่างในการศึกษา และวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลม เนื่องจากเป็นพื้นที่จุดศูนย์กลางจังหวัดนครพนม ซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศใกล้เคียงกับพื้นที่ทั่วไปของจังหวัดนครพนม โดยทำการตรวจวัดความเร็วลมในพื้นที่ตัวอย่าง และทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลความเร็วลมของกรมอุตุนิยมวิทยานครพนม ที่ระดับความสูง 10 เมตร นั้น เมื่อนำข้อมูลความเร็วลมของกรมอุตุนิยมวิทยานครพนมมาวิเคราะห์ความเป็นไปได้ที่ระดับความสูง 14 เมตร ตามสมการของ Lysen ดังภาพที่ 4.4 พบว่า จากข้อมูลที่ทำการวัดในเดือนพฤศจิกายน 2551 มีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดที่ 3.91 เมตร/วินาที และเดือนมิถุนายน 2552 มีความเร็วลมเฉลี่ยต่ำสุดที่ 1.91 เมตร/วินาที และโดยเฉลี่ยแล้ว พื้นที่จังหวัดนครพนมมีความเร็วลมประมาณ 2.81 เมตร/วินาที ที่ระดับความสูง 14 เมตร



ภาพที่ 4.4 ความเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง 10 เมตร และ 14 เมตร

การประเมินศักยภาพความเร็วลมในงานวิจัยนี้ วิเคราะห์โดยใช้สมการการแจกแจงของไวบูลล์ ที่ความสูง 14 เมตร ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ไวบูลล์ ณ พื้นที่ตัวอย่างของจังหวัดนครพนมแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ไวบูลล์พารามิเตอร์

ความสูง (m)	ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)	S.D. (m/s)	k	C (m/s)	Γ(x)
14	2.81	1.51	1.98	3.17	0.89

หมายเหตุ : รายละเอียดการวิเคราะห์ แสดงในข้อที่ 3 ภาคผนวก ก

หลังจากทราบค่าพารามิเตอร์ไวบูลล์ สามารถหาค่าความน่าจะเป็นของความเร็วลมในช่วงต่างๆโดยการแทนค่าพารามิเตอร์ในสมการที่ 4.1

$$f(V) = \left(\frac{k}{c}\right)\left(\frac{V}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{V}{C}\right)\right]^{k} \quad (4.1)$$

ตารางที่ 4.2 ผลการประเมินศักยภาพพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในรอบปี

ความเร็วลม (m/s)	ความน่าจะเป็น	ความต่อเนื่องของลม (hr.) [B]	Power Curve (kW) [A]	Power (kWh) P=[A]x[B]
2.00-3.00	0.253217766	2218.188	0.020	44.364
3.00-4.00	0.199727788	1749.615	0.069	120.723
4.00-5.00	0.114291955	1001.198	0.131	131.157
5.00-6.00	0.048972093	428.996	0.203	87.086
6.00-7.00	0.015926245	139.514	0.286	39.901
7.00-8.00	0.003955293	34.648	0.375	12.993
8.00-9.00	0.000752116	6.589	0.491	3.235
9.00-10.00	0.000109589	0.960	0.620	0.595
10.00-11.00	0.000012232	0.107	0.755	0.081
11.00-12.00	0.000001045	0.009	0.745	0.007
รวม				440.14

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการประเมินศักยภาพพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในรอบปี โดยพบว่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงสุด อยู่ที่ช่วงความเร็วลม 4-5 เมตร/วินาที ซึ่งมีค่าเท่ากับ 131.17 kWh หรือคิดเป็น 29.80 เปอร์เซ็นต์ ของพลังงานที่ผลิตได้ทั้งหมด และเมื่อพิจารณาตลอดทั้งปีพบว่าสามารถผลิตพลังงานได้ประมาณ 440 kWh/ปี

4.3 ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

เพื่อเป็นการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์ เกี่ยวกับเงินลงทุนเบื้องต้นในการจัดสร้างกังหันลม ซึ่งประกอบไปด้วยต้นทุนในการจัดทำกังหันลม ค่าจ้างแรงงาน และค่าบำรุงรักษารายปีเท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนระบบกังหันลม อัตราดอกเบี้ย 6.45 เปอร์เซ็นต์ต่อปีและอายุการใช้งานของกังหันลมเท่ากับ 10 ปี ดังนั้นค่าใช้จ่ายที่ได้จากการวิเคราะห์ในการจัดสร้างกังหันลมรายปีมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์

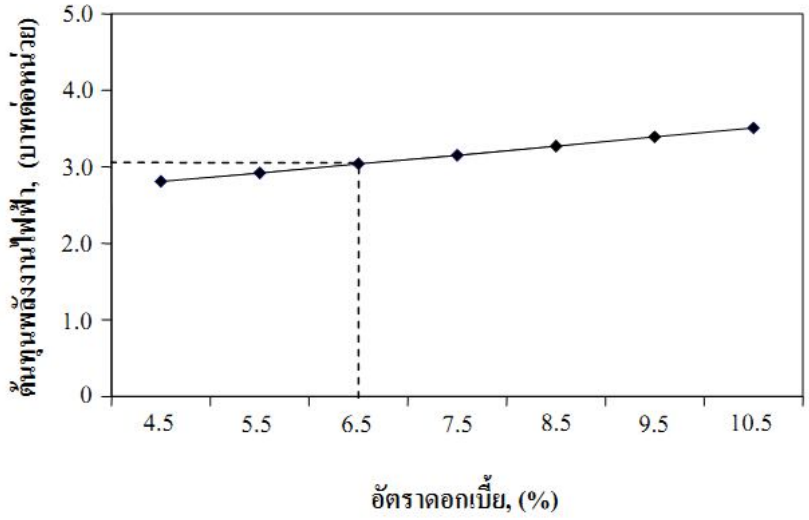
ลำดับที่	รายการ	จำนวนเงิน(บาท)
1	เงินลงทุนเริ่มต้นสร้างระบบกังหันลม,บาท	39,500.00
2	มูลค่าต้นทุนกังหันลมรายปี(C_c),บาท/ปี	5,481.79
3	ค่าบำรุงรักษารายปี(C_M),บาท/ปี	1,975.00
4	มูลค่าซากกังหันลมรายปี(C_S),บาท/ปี	279.21
5	ค่าใช้จ่ายรายปีทั้งหมด(C_T),บาท/ปี,(2)+(3)-(4)	7,450.38
6	พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปี,kWh/y	440.14
7	มูลค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปี,บาท/ปี,3x(6)	1,320.42
8	ต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย,Bath/kWh,(5)/(6)	16.93
9	ระยะคืนทุน*,ปี,(1)/(7)	29.92

*หมายเหตุ :พิจารณาโดยสมมุติให้มูลค่าเงินคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา

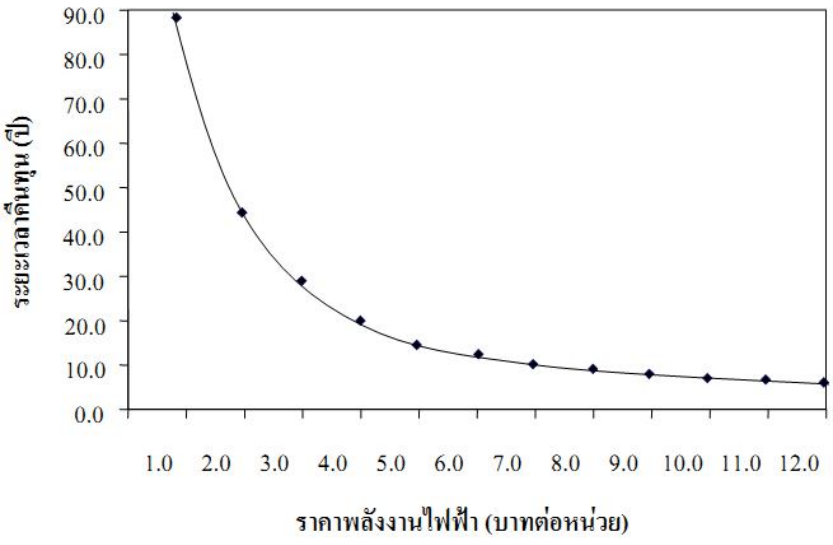
จากตารางที่ 4.3 พบว่า ต้องใช้เงินลงทุนเริ่มต้นสร้างระบบ จำนวน 39,500 บาท มูลค่าต้นทุนกังหันลมคิดเป็นรายปี (C_c) เท่ากับ 5,481.79 บาท/ปี โดยค่าบำรุงรักษารายปี (C_m) เท่ากับ 1,975 บาท/ปี มูลค่าซากรายปี (C_S) เท่ากับ 279.21 บาท/ปี มีค่าใช้จ่ายรายปีทั้งหมด (C_T) เท่ากับ

7,450.38 บาท พลังงานไฟฟ้าที่กังหันลมสามารถผลิตได้เท่ากับ 440kWh/ปี มูลค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีเท่ากับ 1,320 บาท กังหันลมมีต้นทุนการผลิตกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 16.93 บาท/หน่วย และมีระยะคืนทุนเท่ากับ 29.92 ปี

เมื่อพิจารณาถึงกรณีที่อัตราดอกเบี้ยกู้เปลี่ยนแปลง ต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้าก็จะเปลี่ยนแปลงไปดังข้อมูลที่แสดงในภาพที่ 4.5 โดยเมื่ออัตราดอกเบี้ยเพิ่มขึ้นก็จะส่งผลให้ต้นทุนการผลิตพลังงานต่อหน่วยเพิ่มขึ้นตาม และในขณะเดียวกันหากราคามูลค่าพลังงานที่นำมาวิเคราะห์มีค่าเพิ่มสูงขึ้นก็จะส่งผลให้ระยะคืนทุนสั้นลง ดังข้อมูลที่แสดงในภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงต้นทุนพลังงานไฟฟ้าตามอัตราดอกเบี้ย



ภาพที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงระยะคืนทุนตามราคาพลังงาน