กังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์สำหรับพลังงานชุมชน

ปริญญานิพนธ์

ของ

ธรรมศักดิ์ ม่วงศรี

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม

พฤษภาคม 2557

กังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์สำหรับพลังงานชุมชน

ปริญญานิพนธ์

ของ

ธรรมศักดิ์ ม่วงศรี

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม

พฤษภาคม 2557

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

กังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์สำหรับพลังงานชุมชน

บทคัดย่อ

ของ

ธรรมศักดิ์ ม่วงศรี

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม
พฤษภาคม 2557

ธรรมศักดิ์ ม่วงศรี. (2557). *กังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์สำหรับพลังงานชุมชน*.
ปริญญานิพนธ์ วศ.ม. (การจัดการทางวิศวกรรม). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม:
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฐมทัศน์ จิระเดชะ.

งานวิจัยฉบับนี้ศึกษาพลังงานทดแทนจากธรรมชาติ โดยการผลิตไฟฟ้าแบบผสมจากพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งออกแบบโดยใช้พลังงานลมจากกังหันลมแนวตั้งขนาด 250 วัตต์ และพลังงานแสงอาทิตย์จากแผงโซล่าเซลล์ ขนาด 120 วัตต์ ซึ่งการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ได้นำไปใช้ในชนบทที่ห่างไกลจากสายส่งของการไฟฟ้าหรือพื้นที่ประสบภัยธรรมชาติ โดยพลังงานที่ได้ต่อใช้งานกับระบบแสงสว่าง โดยใช้หลอดไฟประเภท แอลอีดี และใช้สำหรับการชาร์จแบตเตอรี่มือถือเพื่อการติดต่อสื่อสาร ทั้งนี้ยังสามารถนำมาใช้ในกรณีเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน เช่นเหตุการณ์น้ำท่วม เพื่อเป็นการลดการขาดแคลนพลังงานและหาแหล่งพลังงานใหม่ๆ มาทดแทน โดยมีต้นทุนการสร้างที่ต่ำ วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างสามารถหาได้ทั่วไปและผลิตใช้เองได้ การเคลื่อนย้ายและนำไปติดตั้งใช้งานในสถานที่ต่างๆทำได้ง่ายสะดวกรวดเร็ว

คำสำคัญ: กังหันลม โซล่าเซลล์ พลังงานทดแทน

VERTICAL AXIS WIND TURBINE AND SOLAR CELL FOR ENERGY COMMUNITY

AN ABSTRACT

BY

THAMMASAK MUANGSRI

Present in partial fulfillment of the requirement for the

Master of Engineering Degree in Engineering Management

At Srinakharinwirot University

May 2014

Thammasak Muangsri. (2014). *Vertical Axis Wind Turbine and Solar Cell for Energy Community*. Master thesis, M.Eng. (Energy and Environmental Management). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Asst. Prof. **Dr.**Pathomthat Chiradeja.

This research studies the electrical generation from renewable resource : wind energy and solar energy. In this research , the vertical axis wind turbine with the capacity of 250 watt and the photovoltaic with the capacity of 120 watt are used to generate the electrical energy in the remote area.The renewable energy system is connected to lighting system and LED technology is used as well as for the mobile charging system.The results cleanly shown that the designed renewable energy system is highly dependable with the easy for construction and low capital investment.

Key words : Wind Turbine Solar Cell Renewable Energy

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากท่านอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร. ปฐมทัศน์ จิระเดชะ ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะในการช่วยแก้ปัญหาทางด้านวิศวกรรมตลอดจนความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณอย่างสูง ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร.กิตติ สถาพรประสาธน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร.วิชชากร จารุศิริ ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร.อาจรี ศุภสุธีกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรถพล เง่าพิทักษ์กุล ดร.ธนาธิป สุ่มอิ่ม และอาจารย์ประจำสาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ทุกท่าน รวมทั้งท่านอาจารย์พิเศษทุกท่าน ที่ให้ความกรุณาถ่ายทอดความรู้ประสบการณ์ ทางด้านวิชาการและการดำรงชีวิต อย่างดียิ่งเสมอมาโดยตลอดจนสำเร็จเป็นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณอย่างสูงท่านอาจารย์นัยนา นิยมโชค ที่ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนเงินค่าเทอม 300 บาท ทำให้ข้าพเจ้ามีโอกาสเข้าศึกษาต่อ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารวิทยา

ขอขอบพระคุณอย่างสูงท่านอาจารย์กรรณิการ์ บันสิทธิ์ ที่ให้ความช่วยเหลือค่าอาหารกลางวันขณะที่ข้าพเจ้าศึกษาอยู่ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารวิทยา

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อติ๋ ม่วงศรี และคุณแม่อุ่นเรือน เป้าประดิษฐ์ ผู้อุปการะเลี้ยงดูและเป็นแรงบันดาลใจในการศึกษาเล่าเรียน และการดำรงชีวิต ด้วยดีตลอดมา

สุดท้ายขอขอบคุณ นางสาวศิริรวีลักษมา บุญรักษา และ เด็กชายธนบดี ม่วงศรี ภรรยาและบุตร ที่เป็นแรงบันดาลใจในการศึกษาเล่าเรียน และการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ด้วยดีตลอดมา

สำหรับคุณงามความดีทั้งหมดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดา มารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ผู้วิจัย

ธรรมศักดิ์ ม่วงศรี

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
สมมติฐานของการศึกษา	2
ขอบเขตการวิจัย	2
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
ทฤษฎีพลังงานลม	3
พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์	7
การประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์	11
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
3 วิธีดำเนินการวิจัย	17
ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย	17
การออกแบบระบบพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์และกังหันลม	17
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	19
การทดสอบและเก็บรวบรวมข้อมูลผลการวิจัย	19
วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการวิจัย	20
การประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์	20
ข้อเสนอแนะ	20
ขอบเขตการวิจัย	20
สรุปการวิจัย	20

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 การออกแบบทดสอบระบบพลังงานแสงอาทิตย์ กังหันลมและการประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์	22
การออกแบบสร้างระบบพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์และกังหันลม	22
การออกแบบระบบพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์	23
การออกแบบกังหันลม	25
ชุดแม่เหล็กเคลื่อนที่	29
การทำชุดขดลวด	30
การออกแบบใบกังหัน	35
การประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์กังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์	40
การประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์กรณีกังหันลมแนวตั้งอย่างเดียว	40
การประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์กรณีโซล่าเซลล์อย่างเดียว	44
5 การทดสอบและการวิเคราะห์ผลการทดสอบ	51
วิธีการทดสอบ	51
การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยการขับด้วยมอเตอร์กระแสตรงจำลองการหมุน	51
การทดสอบกังหันลมแนวตั้งผสมกับโซล่าเซลล์	55
การวัดค่าความเร็วลมที่จุดติดตั้งกังหัน	56
6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	59
สรุปผลการวิจัย	59
สรุปผลการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยการขับด้วยมอเตอร์กระแสตรงจำลองการหมุน	59
สรุปผลการทดสอบกังหันลมจากแรงลมธรรมชาติ	60
สรุปผลการทดสอบระบบโซล่าเซลล์	60
สรุปผลการทดสอบกังหันลมแนวตั้งผสมโซล่าเซลล์	60
ข้อเสนอแนะ	61

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
บรรณานุกรม	62
ภาคผนวก	70
ประวัติย่อผู้วิจัย	80

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	การพัฒนาของกังหันลมตั้งแต่ช่วงปี ค.ศ. 1985 – 2002	5
2	ตารางรายการอุปกรณ์และกำลังวัตต์	23
3	ผลการทดสอบหาค่าความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าและความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสภาวะไม่มีโหลดและสภาวะมีโหลด ที่ความเร็วรอบ 10-100 รอบ	27
4	ผลการทดสอบหาค่าความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าและความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสภาวะไม่มีโหลดและสภาวะมีโหลด ที่ความเร็วรอบ 50 – 750 รอบ	28
5	พารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบกังหันลม ขนาด 250 วัตต์	34
6	พารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบกังหันลม ขนาด 200 วัตต์	34
7	Co - ordinations ของใบกังหันลม	38
8	ตารางความเร็วลม V1 , V2 ตำแหน่ง A และ C , V2 ตำแหน่ง B และ D	40
9	ตารางราคารายการอุปกรณ์กังหันลมแนวตั้งผสมกับโซล่าเซลล์	41
10	ตารางราคารายการอุปกรณ์กรณีกังหันลมแนวตั้งอย่างเดียว	44
11	ตารางราคารายการอุปกรณ์กรณีโซล่าเซลล์อย่างเดียว	47
12	การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยการขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ 10 – 100 รอบ	52
13	การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยการขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ 50 – 750 รอบ	53
14	การทดสอบกังหันลมแนวตั้งที่ความเร็วลมตั้งแต่ 2.5 เมตรต่อวินาที ถึง 10 เมตรต่อวินาที	55
15	การวัดค่าความเร็วลมที่จุดติดตั้งกังหัน ภายใน 24 ชั่วโมง เฉลี่ย 1 สัปดาห์	56
16	การวัดค่ากำลังไฟฟ้าแผงโซล่าเซลล์ขนาด 120 วัตต์ เฉลี่ย 1 เดือน	57

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1	กังหันลมแนวแกนตั้ง (Vertical Axis Turbine (VAWT))	5
2	กังหันลมแนวแกนนอน (Horizontal Axis Turbine (HAWT))	6
3	กังหันลมเพื่อสูบน้ำ	6
4	การนำกังหันลมมาผลิตกระแสไฟฟ้า	7
5	Solar Concentration Dish	8
6	Parabolic trough	9
7	Solar Tower	10
8	Solar Chimney	10
9	บล็อกไดอะแกรมการทำงานกังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์	18
10	โครงสร้างกังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์	18
11	บล็อกไดอะแกรมการทำงานของกังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์	22
12	โครงสร้างของกังหันลมแนวตั้ง	25
13	การจัดวางแท่งแม่เหล็กสำหรับชุดแม่เหล็กเคลื่อนที่	26
14	โครงสร้างของแผ่นแม่เหล็กโรเตอร์และชุดขดลวดสเตเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	26
15	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทดสอบโดยการขับด้วยมอเตอร์	27
16	แท่งแม่เหล็กถาวร	29
17	แผ่นแม่เหล็กโรเตอร์	30
18	การพันขดลวดทองแดงเบอร์ 15 AWG จำนวน 60 รอบ	32
19	การต่อสายของขดลวดแบบสตาร์	33
20	การประกอบชุดขดลวดทองแดง	33
21	ขนาด Cross Arm	37
22	Co-ordinations ของใบกังหันลม	39
23	ใบ Vanes	39
24	การต่อเครื่องมือวัดทดสอบเพื่อวัดค่าไฟฟ้ากระแสสลับของเครื่องกำเนิด	51
25	การต่อเครื่องมือวัดทดสอบเพื่อวัดค่าไฟฟ้ากระแสตรงหลังผ่านวงจรเรียงกระแส	52

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ **หน้า**

26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าของแรงดัน กระแส และกำลังไฟฟ้าต่อความเร็วรอบจากตาราง 12..... 54

27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของกังหันลมระหว่างค่าความเร็วรอบ และกำลังไฟฟ้าจากตาราง 14..... 56

28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมภายใน 24 ชั่วโมง เฉลี่ย 1 สัปดาห์..... 57

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบัน การพัฒนาเทคโนโลยีและอุตสาหกรรม การใช้พลังงานมีแนวโน้มสูงขึ้น พลังงานถูกใช้ไปเป็นปริมาณมหาศาลในแต่ละวัน เช่น พลังงานเชื้อเพลิงจากถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติและน้ำมัน พลังงานไฟฟ้า เป็นต้น พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป ดังนั้น จึงมีการพัฒนาด้านเทคโนโลยีมากมายเพื่อที่จะหาวิธีในการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการ โดยหลีกเลี่ยงหรือลดการใช้ทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดไป เช่น ถ่านหิน น้ำมัน เป็นต้นเนื่องจากทรัพยากรดังกล่าวมีแนวโน้มราคาที่สูงขึ้นมากและอาจเกิดภาวะขาดแคลนได้ในอนาคตเนื่องจากความต้องการมีมากขึ้น ปัจจุบันทั่วโลกมีการตื่นตัวในการนำพลังงานหมุนเวียนหลายประเภทมาใช้ทดแทนไม่ว่าจะเป็นพลังงานน้ำ พลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์

พลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานหนึ่งที่มนุษย์สามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ พลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่สามารถนำใช้ได้อย่างง่ายและมีอยู่ทุกพื้นที่ในประเทศไทย ในขณะที่พลังงานจากธรรมชาติส่วนใหญ่ที่มนุษย์พยายามดึงมาใช้มักมีอยู่อย่างจำกัด ก่อให้เกิดสารพิษและสร้างมลพิษให้แก่สิ่งแวดล้อม เช่นน้ำมันและถ่านหิน แต่พลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่สะอาดไม่ก่อให้เกิดมลพิษ อีกทั้งตัวกังหันลมแนวตั้งผสมกับโซล่าเซลล์ยังสามารถออกแบบให้เข้ากับสภาพแวดล้อมอย่างเหมาะสม

การออกแบบและวิเคราะห์กังหันลมแนวตั้งผสมกับโซล่าเซลล์เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นการเพิ่มทางเลือกให้กับการผลิตพลังงานไฟฟ้าในเขตพื้นที่ซึ่งห่างไกลจากระบบสายส่ง เช่น กรณีช่วงกลางคืนที่ไม่มีแสงแดด แต่มีกระแสลมสามารถที่จะผลิตพลังงานไฟฟ้าจากกังหันได้ ในทำนองเดียวกันหากเป็นช่วงที่ไม่มีกระลมแต่มีแสงแดดก็สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์ได้

กรณีการเลือกพื้นที่ทำการวิจัยเป็นจังหวัดกาญจนบุรี เนื่องจากการสำรวจบริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่ซึ่งห่างไกลจากระบบสายส่งและมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าใช้งาน ประกอบกับพื้นที่ดังกล่าวมีกระแสลมแรงเป็นตำแหน่งช่องลมและมีแสงแดดส่องถึงโดยไม่มีสิ่งกีดขวางใดๆมาบังตำแหน่งที่พิจารณาทำการวิจัย

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อออกแบบและวิเคราะห์กังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์ ผลิตพลังงานไฟฟ้าสำหรับชุมชนในชนบท

คำนวณต้นทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์ เกี่ยวกับกังหันลมและโซล่าเซลล์ สำหรับชุมชนในชนบท

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับและลักษณะของกังหันลมแนวตั้งเพื่อใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า

เพื่อศึกษาการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแผ่นโซล่าเซลล์ระดับครัวเรือน

เพื่อศึกษาขนาดของกังหันลมที่เหมาะสมกับความเร็วลมในประเทศไทยระดับครัวเรือน

เพื่อออกแบบโครงสร้างกังหันลมผสมกับโซล่าเซลล์ที่ใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าระดับครัวเรือน

เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการสร้างกังหันลมผสมกับโซล่าเซลล์ผลิตพลังงานไฟฟ้า

เพื่อเป็นต้นแบบในการผลิตกังหันลมผสมกับโซล่าเซลล์ผลิตพลังงานไฟฟ้าขนาดเล็กที่เหมาะกับชุมชนในชนบท

1.4 ขอบเขตการวิจัย

นำเสนอวิธีการออกแบบและวิเคราะห์กังหันลมแนวตั้งผสมกับโซล่าเซลล์เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าที่เหมาะสมกับพื้นที่ที่ไม่มีไฟฟ้าใช้

ออกแบบกังหันลมแนวตั้งขนาด 250 วัตต์ ผสมกับโซล่าเซลล์ ขนาด 120 วัตต์

คำนวณต้นทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์ เกี่ยวกับกังหันลมและโซล่าเซลล์

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงงานวิจัยต่างๆ ที่มีผู้ทำไว้และเกี่ยวข้องสอดคล้องกับงานวิจัยที่กำลังทำการศึกษาอยู่ ในส่วนที่เป็นงานวิจัยขององค์กรต่าง และผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาจากหลายสถาบันที่ได้ดำเนินการไปแล้ว เกี่ยวกับพลังงานลม กังหันลมชนิดต่างๆ และพลังงานจากแสงอาทิตย์ในรูปแบบของการใช้แผงโซล่าเซลล์ พร้อมทั้งทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับพลังงานลม กังหันลมชนิดต่างๆ และพลังงานจากแสงอาทิตย์ในรูปแบบของการใช้แผงโซล่าเซลล์ ต่างๆที่ควรทราบและเป็นประโยชน์เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ซึ่งจะนำมาใช้ในการออกแบบต่อไป

2.1 ทฤษฎีพลังงานลม

การเกิดลม

ลม คือ กระแสอากาศที่เคลื่อนที่ในแนวนอน ส่วนกระแสอากาศคือ อากาศที่เคลื่อนที่ในแนวตั้ง การเรียกชื่อลมนั้นเรียกตามทิศทางที่ลมนั้นๆ พัดมา เช่น ลมที่พัดมาจากทิศเหนือเรียกว่าลมเหนือ และลมที่พัดมาจากทิศใต้เรียกว่า ลมใต้ เป็นต้น ในละติจูดต่ำไม่สามารถจะคำนวณหาความเร็วลม แต่ในละติจูดสูงสามารถคำนวณหาความเร็วลมได้ ลมจึงต้องเคลื่อนที่ในแนวนอนด้วย แรงเหวี่ยงจากโลก หรือความร้อนจากดวงอาทิตย์ก็น่าจะทำให้ลมเคลื่อนที่ในทิศทางที่ไม่คงที่ ถึงแม้จะมีแรงคอริออริสบังคับทิศทางของลมอยู่ก็ตาม หรือเป็นเพราะว่ากระแสลมที่ไหลในแนวนอนภายในโลกมีมากกว่ากระแสที่ไหลในแนวดิ่ง โลก มีขั้วโลกเหนือ และขั้วโลกใต้ ซึ่งปกคลุมไปด้วยน้ำแข็ง อากาศหนาวเย็น โลก บริเวณเส้นศูนย์สูตร อากาศร้อน ถึงร้อนมาก อากาศร้อนบริเวณเส้นศูนย์สูตร ลอยขึ้นที่สูง (แนวดิ่ง) อากาศเย็นจาก ขั้วโลก เหนือและใต้ เคลื่อนที่เป็นแนวนอน ไปแทนที่อากาศร้อน บริเวณเส้นศูนย์สูตร

การนำพลังงานลมมาใช้ประโยชน์

พลังงานลมมีสาเหตุใหญ่มาจากความร้อนที่แผ่จากดวงอาทิตย์สู่โลกเราให้กับอากาศไม่เท่าเทียมกัน ทำให้อากาศร้อนที่เบากว่าลอยขึ้นและอากาศเย็นที่หนักกว่าลอยเข้ามาแทนที่ เช่น อากาศใกล้บริเวณศูนย์สูตรจะร้อนกว่าอากาศใกล้บริเวณขั้วโลกอากาศที่เบากว่าจะลอยตัวขึ้นขณะที่อากาศหนักกว่าจะเคลื่อนเข้ามาแทนที่ลมเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ความกดดันของบรรยากาศและแรงจากการหมุนของโลก สิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเร็วลมและกำลังลม เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่าลมเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่มีอยู่ในตัวเอง ซึ่งในบางครั้งแรงที่เกิดจากลมอาจทำให้บ้านเรือนที่อยู่อาศัยพังทลายต้นไม้หักโค่นลง สิ่งของวัตถุต่างๆ ล้มหรือปลิวลอยไป

ตามลม ฯลฯ ในปัจจุบันมนุษย์จึงได้ให้ความสำคัญและนำพลังงานจากลมมาใช้ประโยชน์มากขึ้น เนื่องจากพลังงานลมมีอยู่โดยทั่วไป ไม่ต้องซื้อหา เป็นพลังงานที่สะอาดไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสภาพแวดล้อม และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างไม่รู้จักหมดสิ้น

การใช้ประโยชน์จากพลังงานลมมีมายาวนานกว่า 3,000 ปี จนกระทั่งต้นคริสต์ศตวรรษที่ 20 ได้เริ่มมีการใช้พลังงานลมเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานกลเพื่อการสูบน้ำและการสีข้าว ต่อมาในช่วงเริ่มต้นของยุคอุตสาหกรรมใหม่การใช้งานพลังงานจากลมถูกแทนที่ด้วยพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ในช่วงต้นปี ค.ศ. 1970 เกิดวิกฤตการณ์น้ำมันทั่วโลก ความสนใจในพลังงานลมจึงกลับมาอีกครั้ง โดยมีเป้าหมายหลักคือการนำพลังงานลมมาใช้เพื่อการผลิตไฟฟ้า ร่วมกับแหล่งพลังงานฟอสซิลเพื่อความมั่นคงของระบบ และลดปัญหาความไม่แน่นอนของลมตามธรรมชาติ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมถูกพัฒนาขึ้นเป็นครั้งแรกในช่วงต้นคริสต์ศตวรรษที่ 20 และมีการพัฒนาเทคโนโลยีมาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ช่วงต้นปี ค.ศ. 1970 จนกระทั่งปลายปี ค.ศ. 1990 พลังงานลมจึงกลับมาเป็นแหล่งพลังงานทดแทนหลักอีกแหล่งหนึ่ง ในช่วงสิบปีหลังของคริสต์ศตวรรษที่ 20 การติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้า (wind turbines) ทั่วโลกเพิ่มขึ้นประมาณสองเท่าของทุกๆ สามปี ค่าไฟฟ้าจากพลังงานลมลดต่ำลงประมาณ 1 ใน 6 ตั้งแต่ช่วงต้นปี ค.ศ. 1980 และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง ผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงานลมได้ทำนายเอาไว้ว่ากำลังการติดตั้งรวมสะสมของกังหันลมทั่วโลกจะเพิ่มขึ้นประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ต่อปีจนกระทั่งปี ค.ศ. 2005 และราคาค่าไฟฟ้าจากพลังงานลมจะลดลงประมาณ 20 - 40 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงเวลาเดียวกัน

เทคโนโลยีพลังงานลมมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วจากในปี ค.ศ. 1989 ขนาดของกังหันลมในขณะนั้นมีขนาด 300 กิโลวัตต์ ด้วยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบกังหัน 30 เมตร หลังจากนั้นประมาณสิบปีมีผู้ผลิตจากหลายบริษัทได้ผลิตกังหันลมขนาด 1,500 กิโลวัตต์ ด้วยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใบกังหัน 70 เมตรและในช่วงก่อนเปลี่ยนศตวรรษใหม่ กังหันลมขนาด 2 เมกะวัตต์ เส้นผ่าศูนย์กลางของใบกังหันขนาด 74 เมตรได้รับการพัฒนา และติดตั้งเพื่อใช้งาน ปัจจุบันนี้กังหันลมขนาด 2 เมกะวัตต์กลายเป็นขนาดของกังหันลมที่ผลิตในเชิงพาณิชย์เป็นที่เรียบร้อยแล้ว และกังหันลมขนาด 4 - 5 เมกะวัตต์ กำลังอยู่ในช่วงของการพัฒนาโดยตัวต้นแบบขนาด 4.5 เมกะวัตต์ ได้มีการติดตั้งเพื่อทำการทดสอบแล้วในปี ค.ศ. 2002

ตาราง 1 การพัฒนาของกังหันลมตั้งแต่ช่วงปี ค.ศ. 1985 – 2002

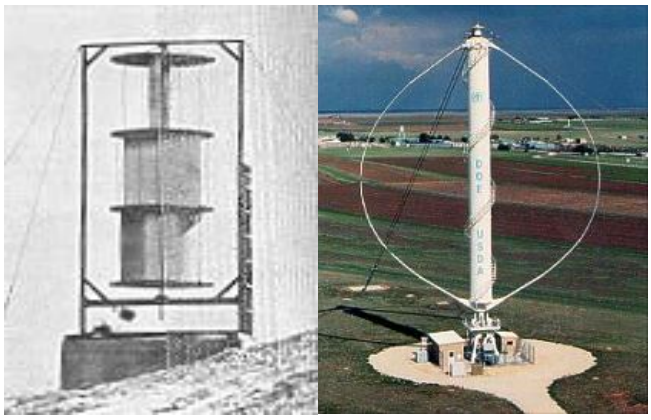
ปี ค.ศ.	กำลังการผลิต (กิโลวัตต์)	เส้นผ่าศูนย์กลางใบกังหัน (เมตร)
1985	50	15
1989	300	30
1992	500	37
1994	600	46
1998	1,500	70
2002	3,500 - 4,500	88 - 112

ที่มา: Thomas and Lennart, 2002

รูปแบบเทคโนโลยีกังหันลม

เทคโนโลยีกังหันลม กังหันลม คือ เครื่องจักรกลอย่างหนึ่งที่สามารถรับพลังงานจลน์จากการเคลื่อนที่ของลมให้เป็นพลังงานกลได้ จากนั้นนำพลังงานกลมาใช้ประโยชน์โดยตรง เช่น การบดสีเมล็ดพืช การสูบน้ำ หรือในปัจจุบันใช้ผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า การพัฒนากังหันลมเพื่อใช้ประโยชน์มีมาตั้งแต่ชนชาวอียิปต์โบราณและมีความต่อเนื่องถึงปัจจุบัน โดยการออกแบบกังหันลมจะต้องอาศัยความรู้ทางด้านพลศาสตร์ของลมและหลักวิศวกรรมศาสตร์ในแขนงต่างๆ เพื่อให้ได้กำลังงาน พลังงาน และประสิทธิภาพสูงสุด กังหันลมสามารถแบ่งออกตามลักษณะการจัดวางแกนของใบพัดได้ 2 รูปแบบ คือ

กังหันลมแนวแกนตั้ง (Vertical Axis Turbine (VAWT)) เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนและใบพัดตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของลมในแนวราบ



ภาพประกอบ 1 กังหันลมแนวแกนตั้ง (Vertical Axis Turbine (VAWT))

ที่มา: http://dede.go.th

กังหันลมแนวแกนนอน (Horizontal Axis Turbine (HAWT)) เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนขนานกับการเคลื่อนที่ของลมในแนวราบ โดยมีใบพัดเป็นตัวตั้งฉากรับแรงลม

ภาพประกอบ 2 กังหันลมแนวแกนนอน (Horizontal Axis Turbine (HAWT))

ที่มา: http://dede.go.th

ส่วนประกอบของเทคโนโลยีกังหันลม

กังหันลมเพื่อสูบน้ำ (Wind Turbine for Pumping) เป็นกังหันลมที่รับพลังงานจลน์จากการเคลื่อนที่ของลมและเปลี่ยนให้เป็นพลังงานกลเพื่อใช้ในการชักหรือสูบน้ำจากที่ต่ำขึ้นที่สูงเพื่อใช้ในการเกษตร การทำนาเกลือ การอุปโภคและการบริโภค ปัจจุบันมีใช้อยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ แบบระหัดและแบบสูบชัก

ภาพประกอบ 3 กังหันลมเพื่อสูบน้ำ

กังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้า (Wind Turbine for Electric) เป็นกังหันลมที่รับพลังงานจลน์จากการเคลื่อนที่ของลมและเปลี่ยนให้เป็นพลังงานกล จากนั้นนำพลังงานกลมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า ปัจจุบันมีการนำมาใช้งานทั้ง กังหันลมขนาดเล็ก (Small Wind Turbine) และกังหันลมขนาดใหญ่ (Large Wind Turbine)

ภาพประกอบ 4 การนำกังหันลมมาผลิตกระแสไฟฟ้า

ที่มา: http://dede.go.th

2.2 พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์

พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy) เป็นพลังงานที่เกิดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ของดวงอาทิตย์แล้วส่งกระจายพลังงานมายังโลกในรูปคลื่นรังสี (Solar Radiation) ซึ่งมีค่าพลังงานประมาณ 1368 วัตต์ต่อตารางเมตร เมื่อเข้ามาสู่ชั้นบรรยากาศของโลกจะลดลงเหลือประมาณ 70 % หรือ เหลือค่าพลังงานประมาณ 958-1000 วัตต์ต่อตารางเมตรเท่านั้น พลังงานที่โลกได้รับจะอยู่ในรูปของความร้อนและแสง พลังงานที่ได้เป็นพลังงานปฐมภูมิ ที่สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานชนิดอื่นๆ ต่อไปอีกหลายชนิดได้แก่ การเกิดพลังงานน้ำ พลังงานลม พลังงานจากมหาสมุทร รวมถึงการเกิดพลังงานจากฟอสซิล (Fossil) เช่น ถ่านหิน น้ำมัน ก๊าซชีวภาพ ชีวมวลต่างๆ ซึ่งพลังงานเหล่านี้ก็เกิดมาจากสัตว์ และพืช ซึ่งเมื่อพืช สัตว์ได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์แล้ว ก็ทำการสร้างเซลล์ สร้างเนื้อเยื่อโดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง (Photo synthesis) แล้วทับถมเป็นระยะเวลานานหลายล้านปี

การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์โดยตรงในปัจจุบันมีการใช้งาน 2 รูปแบบ ใหญ่ๆได้แก่ การผลิตด้วยพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ และการการผลิตจากแสงอาทิตย์โดยตรง ส่วนการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้งานเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าโดยตรงในปัจจุบัน ก็มีการนำมาใช้งานในสอง

รูปแบบได้แก่ การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อน (Solar Thermal) และการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสง (Solar Radiation)

การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ (Solar Thermal)

การใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มาทำการผลิตกระแสไฟฟ้า ที่มีการใช้งานในปัจจุบัน ใช้ทั้งวิธีการสะท้อนแสงดวงอาทิตย์มาใช้งานโดยตรง และการใช้โดยอ้อมโดยการใช้ไอน้ำหรือการใช้ลมร้อนเพื่อหมุน เครื่องกำเนิด (Generator) ดังมีลักษณะต่างๆกันดังนี้

Solar Concentration

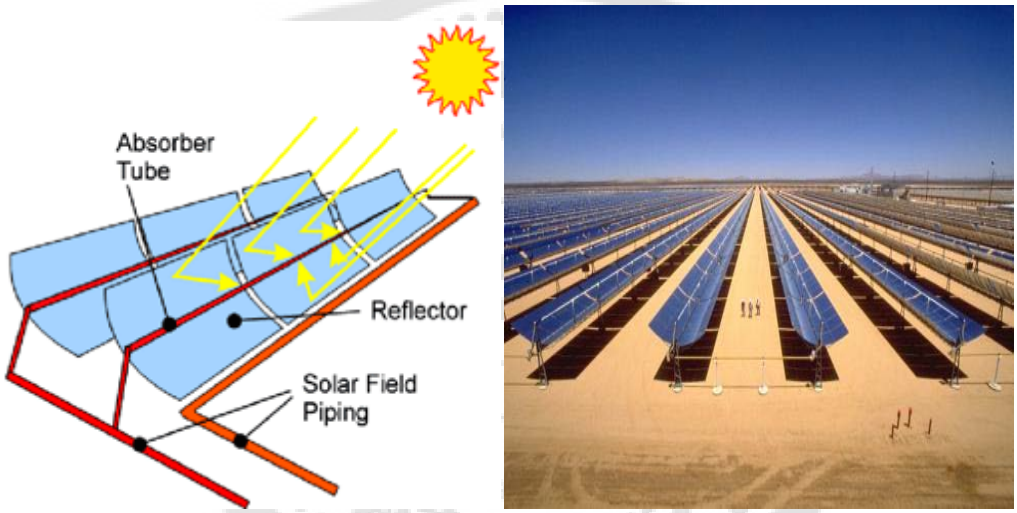
เป็นระบบรวมแสงอาทิตย์เพื่อให้ได้ความร้อนที่มากเพียงพอสำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ได้ จึงทำการเพิ่มพลังงานความร้อนให้กับจุดศูนย์รวมของแสงโดยการใช้แผ่นสะท้อนแสงด้วยจานสะท้อนแสงรูปพาราโบลิก ตามรูป เรียกว่าระบบ Solar Concentration ซึ่งจะได้ค่าพลังงานความร้อนที่สูงมากตรงบริเวณจุดโฟกัสของแสง แต่เนื่องจากแผ่นจานสะท้อนแสงจะต้องหมุนรับแสงตามดวงอาทิตย์ตลอดเวลา การนำความร้อนมาใช้งาน วิธีการที่สะดวก และนิยมใช้คือ การใช้เครื่องยนต์ความร้อน (Sterling Engine) หมุนเครื่องกำเนิด เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าโดยตรง แต่ก็ยังมีข้อจำกัดของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่คงที่ การใช้พลังงานสำหรับขับเคลื่อนจานสูง ระบบการผลิตจึงมีความไม่เสถียร ทำให้การผลิตพลังงานไฟฟ้าวิธีการไม่ต่อเนื่อง จึงไม่เป็นที่นิยมมากนัก แต่ก็แก้ไขได้โดยการใช้เป็นระบบผสมผสาน (Hybrid) กับระบบอื่นๆ

ภาพประกอบ 5 Solar Concentration Dish

ที่มา: http:// www.integralsystems.org และ http://solar-wind-nature-energy.com

Parabolic Trough

เป็นวิธีการรวมแสงรูปแบบคล้ายจานพาราโบลิค เช่นกัน แต่จะออกแบบจะให้จานสะท้อนแสงวางยาวเป็นราง การควบคุมการหมุนรางตามแสงอาทิตย์ท้าได้สะดวกขึ้น มีการใช้พลังงานในการขับเคลื่อนรางสะท้อนแสงต่ำ สามารถวางบนพื้นดินที่ระดับต่ำๆได้ และยังสามารถที่จะวางรางสะท้อนแสงได้เป็นจ้านวนมากๆได้ การน้าพลังงานความร้อนออกมาใช้ก็สะดวก โดยการวางท่อน้ำร้อนไปตามแนวจุดโฟกัสของจาน ความร้อนที่ได้มีค่าความร้อนสูงมากจนน้ำร้อนกลายเป็นไอน้ำ (Stream) และมีความดันที่สูงมาก สามารถน้าไปหมุนสตรีมเทอร์ไบน์ และหมุนเครื่องกำเนิดเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าได้ ไอน้ำที่ผ่านเทอร์ไบน์แล้ว อุณหภูมิก็จะลดลงกลั่นตัวเป็นน้ำร้อน ที่สามารถปั๊มหมุนวนไปรับพลังงานความร้อนที่จานได้อีก ท้าให้ได้ประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้น พลังงานที่ได้จากระบบนี้จึงนิยมใช้งานมากขึ้น



ภาพประกอบ 6 Parabolic trough

ที่มา: http://www.hkengineer.org.hk และ http:// www.trec-uk.org.u

Solar Thermal Tower

เป็นวิธีการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยใช้วิธีรวมความร้อนที่ได้จากการสะท้อนของแผ่นสะท้อนแสงหลายๆแผ่นมารวมกันที่หอสูง (Tower) แผ่นสะท้อนแสงแต่ละแผ่น ก็จะถูกควบคุมให้เคลื่อนที่ท้ามุมกับดวงอาทิตย์ โดยให้มีการสะท้อนแสงมาตกกระทบกับหอสูงตลอดเวลา ซึ่งภายในหอสูงจะมีท่อน้ำร้อน ซึ่งเมื่อน้ำได้รับความร้อนก็จะเดือดกลายเป็นไอ (Stream) ที่มีความดันสูงมาก เพื่อไปหมุนสตรีมเทอร์ไบน์ และเจนเนอเรเตอร์ทำการผลิตกระแสไฟฟ้าออกมาได้ วิธีนี้ต้องมีการสร้างเป็นโครงการขนาดใหญ่ๆ มีปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่มากๆ

ภาพประกอบ 7 Solar Tower

ที่มา: http://www.engineeringnews.co.za

Solar Chimney Tower

เป็นวิธีการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากการหมุนของเทอร์ไบน์ที่ติดตั้งอยู่ในปล่องท่อที่มีลมร้อนไหลผ่านตามหลักการเทอร์โมไดนามิกส์ของอากาศ เมื่ออากาศได้รับความร้อนจากแผงรับความร้อน (Solar Collector) ที่อยู่รอบๆของฐานปล่องลม อากาศจะไหลสูงขึ้น เมื่อมีพื้นที่รับแสงมาก ปริมาณอากาศที่ไหลเวียนก็จะมากขึ้น ก็จะเกิดแรงดูดอากาศที่เย็นกว่าเข้ามาที่ฐาน อากาศที่ร้อนก็จะไหลรวมกันเข้าไปในปล่อง ภายในจะมีการออกแบบให้กระแสลมเร่งความเร็วสูงขึ้นโดยใช้จมูกรีดลม (Nuzzle)ทำให้ได้พลังงานมากขึ้นหมุนใบพัดกังหันลมภายในท่อ ซึ่งติดตั้งเครื่องกำเนิดเพื่อทำการผลิตไฟฟ้าออกมาได้ วิธีการผลิตไฟฟ้าวิธีนี้ เพื่อให้ได้พลังงานมากๆ จึงต้องสร้างเป็นโครงการที่มีขนาดใหญ่มากๆ จึงมีการลงทุนสูง และมีการใช้พื้นที่ๆในบริเวณที่กว้างมาก จึงเหมาะสมกับประเทศที่มีแสงแดดมาก มีพื้นที่กว้างขวาง เช่น ออสเตรเลีย สหรัฐอเมริกา หรือประเทศแถวตะวันออกกลาง เป็นต้น

ภาพประกอบ 8 Solar Chimney

ที่มา: http://infranetlab.org และ http:// www.naturalnews.com

2.3 การประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์

การประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์สามารถนำมาใช้ในการตัดสินใจเลือกวัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ ที่นำมาสร้าง เพื่อให้ได้ผลตอบแทนที่คุ้มค่ากับเงินลงทุนมากที่สุด โดยการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ต้องมีการพิจารณาองค์ประกอบดังนี้

1. เงินลงทุนครั้งแรก (First cost)
2. อัตราดอกเบี้ยรายปี (Annual Interest Rate)
3. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ และซ่อมบำรุง (Operating and Maintenance Cost)
4. มูลค่าซาก (Salvage value)
5. รายได้ (Income)
6. อายุการใช้งาน (Life time)

การหาค่ามูลค่าเงินในอนาคต

$$R = P(1+i)^n \tag{2.1}$$

เมื่อ

R = มูลค่าเงินในอนาคต (บาท)

P = มูลค่าเงินปัจจุบัน (บาท)

i = อัตราดอกเบี้ยรายปี

n = จำนวนปี

ค่าใช้จ่ายรวมรายปี

$$C = C_c + C_f + C_{om} \tag{2.2}$$

เมื่อ

C = ค่าใช้จ่ายรายปีทั้งหมด (บาท)

C_C = ค่าใช้จ่ายด้านการลงทุน (บาท)

C_f = ค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิง (บาท)

C_{om} = ค่าใช้จ่ายด้านการบำรุงรักษา (บาท)

ค่าเสื่อมราคารายปี

$$T = \frac{P-S}{N} \quad (2.3)$$

เมื่อ

T = ค่าเสื่อมราคารายปี (บาท)

P = ค่าลงทุนเบื้องต้น (บาท)

S = มูลค่าซาก (บาท)

N = จำนวนปีที่ใช้งาน (ปี)

ค่าเสื่อมราคาในแต่ละปี

$$t = \frac{2(N-t+1)(P-S)}{[N(N+1)]} \quad (2.4)$$

เมื่อ

t = ปีที่ต้องการ (ปี)

N = ปีที่พิจารณา (ปี)

P = ค่าลงทุนเบื้องต้น (บาท)

S = มูลค่าซาก (บาท)

อัตราการคืนทุน

$$ROI = \frac{ANB-(T+C)x100\%}{P} \quad (2.5)$$

เมื่อ

ROI = อัตราการคืนทุน

ANB = ผลตอบแทนรายปี (บาท)

T = ค่าเสื่อมราคารายปี (บาท)

C = ค่าใช้จ่ายรายปี (บาท)

P = ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (บาท)

ระยะเวลาการคืนทุน

$$P_p = \frac{P}{(P_{av} - P_u)} \tag{2.6}$$

เมื่อ

P_p = ระยะเวลาในการคืนทุน (ปี)

P = ค่าลงทุนเบื้องต้น (บาท)

P_{av} = รายได้เฉลี่ยตลอดทั้งปี (บาท)

P_u = ค่าใช้จ่ายตลอดทั้งปี (บาท)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บรรจบ สุขประภาภรณ์ ศึกษาการออกแบบระบบพลังงานจากแสงอาทิตย์ พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy) เป็นพลังงานที่เกิดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ของดวงอาทิตย์ แล้วส่งกระจายพลังงานมายังโลกในรูปคลื่นรังสี (Solar Radiation) ซึ่งมีค่าพลังงานประมาณ 1,368 วัตต์ต่อตารางเมตร เมื่อเข้ามาสู่ชั้นบรรยากาศของโลกจะลดลงเหลือประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ หรือ เหลือค่าพลังงานประมาณ 958-1000 วัตต์ต่อตารางเมตรเท่านั้น พลังงานที่โลกได้รับจะอยู่ในรูปของความร้อนและแสง พลังงานที่ได้เป็นพลังงานปฐมภูมิ ที่สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานชนิดอื่นๆ ต่อไปอีกหลายชนิดได้แก่ การเกิดพลังงานน้ำ พลังงานลม พลังงานจากมหาสมุทร รวมถึงการเกิดพลังงานจากฟอสซิล (Fossil) เช่น ถ่านหิน น้ำมัน ก๊าซชีวภาพ ชีวมวลต่างๆ ซึ่งพลังงานเหล่านี้ก็เกิดมาจากสัตว์ และพืช ซึ่งเมื่อพืช สัตว์ได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์แล้ว ก็ทำการสร้างเซลล์ สร้างเนื้อเยื่อโดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง (Photo synthesis) แล้วทับถมเป็นระยะเวลานานหลายล้านปี การนำพลังงานจากฟอสซิล มาใช้งาน ในระยะเวลานาน ก็จะก่อให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมของโลกมากมาย เนื่องจากมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กลับคืนสู่บรรยากาศของโลก พลังงานจากดวงอาทิตย์ที่มนุษย์ใช้งานนั้นเป็นไปแบบที่ค่อยไม่รู้สึกตัวว่ามีการใช้พลังงานอยู่ตลอดเวลา เช่น แสงสว่าง พลังงานความร้อน ซึ่งหากปราศจากพลังงานจากดวงอาทิตย์แล้ว มนุษย์สัตว์ และพืช ก็จะดำรงชีพอยู่ไม่ได้ ดังนั้นการนำพลังงานที่ได้จากดวงอาทิตย์มาใช้งานโดยตรงได้แก่ พลังงานลม พลังงานน้ำ และแสงอาทิตย์ จึงเป็นวิธีการที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด สามารถใช้งานได้ทุกๆที่ สะดวก รวดเร็ว ไม่มีมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม มนุษย์มีการนำมาใช้ตั้งแต่โบราณกาลนานมาแล้ว เมื่อโลกมีการพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมากขึ้น ก็มีการค้นพบพลังงานใหม่ๆ อีกมากมายหลายชนิด พลังงานไฟฟ้าก็เป็นพลังงานชนิดหนึ่งที่มีประโยชน์มากมาย สามารถทำการควบคุม การส่งกระจายไปในระยะไกลๆได้ สามารถ

ปรับเปลี่ยนรูปแบบของพลังงาน จากรูปแบบหนึ่งเป็นอีกรูปแบบหนึ่งได้ง่าย เช่น การเปลี่ยนจากพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้า หรือจากพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อน และการ เปลี่ยนจากพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า หรือ จากพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล เป็นต้น

การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์โดยตรงในปัจจุบันมีการใช้งาน 2 รูปแบบ ใหญ่ๆได้แก่ การผลิตด้วยพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ และการการผลิตจากแสงอาทิตย์โดยตรง ส่วนการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้งานเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าโดยตรงในปัจจุบัน ก็มีการนำมาใช้งานในสองรูปแบบได้แก่ การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อน (Solar Thermal) และการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสง (Solar Radiation)

การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ (Solar Thermal)การใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มาท้าการผลิตกระแสไฟฟ้า ที่มีการใช้งานในปัจจุบัน ใช้ทั้งวิธีการสะท้อนแสงดวงอาทิตย์มาใช้งานโดยตรง และการใช้โดยอ้อมโดยการใช้ไอน้ำ หรือการใช้ลมร้อนเพื่อหมุน เครื่องกำเนิด (Generator) ดังมีลักษณะต่างๆกันดังนี้

Solar Concentration เป็นระบบรวมแสงอาทิตย์เพื่อให้ได้ความร้อนที่มากเพียงพอสำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์

Parabolic Trough เป็นวิธีการรวมแสงรูปแบบคล้ายจานพาราโบลิค เช่นกัน แต่จะออกแบบจะให้จานสะท้อนแสงวางยาวเป็นราง การควบคุมการหมุนรางตามแสงอาทิตย์ทำได้สะดวกขึ้น

Solar Thermal Tower เป็นวิธีการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยใช้วิธีรวมความร้อนที่ได้จากการสะท้อนของแผ่นสะท้อนแสงหลายๆแผ่นมารวมกันที่หอสูง (Tower) แผ่นสะท้อนแสงแต่ละแผ่น ก็จะถูกควบคุมให้เคลื่อนที่ทำมุมกับดวงอาทิตย์ โดยให้มีการสะท้อนแสงมาตกกระทบกับหอสูงตลอดเวลา ซึ่งภายในหอสูงจะมีท่อน้ำร้อน ซึ่งเมื่อน้ำได้รับความร้อนก็จะเดือดกลายเป็นไอ (Stream) ที่มีความดันสูงมาก เพื่อไปหมุนสตรีมเทอร์ไบน์ และเจนเนอเรเตอร์ทำการผลิตกระแสไฟฟ้า

Solar Chimney Tower เป็นวิธีการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากการหมุนของเทอร์ไบน์ที่ติดตั้งอยู่ในปล่องท่อที่มีลมร้อนไหลผ่านตามหลักการเทอร์โมไดนามิกส์ของอากาศ

วิรชัย โรยนรินท์และคณะ ศึกษาเกี่ยวกับ กังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าบนการวิจัยมีจุดประสงค์เพื่อการออกแบบและสร้างกังหันลมแบบแรงผสมใช้สำหรับการผลิตไฟฟ้าเพื่อแสงสว่างบนถนนโดยอาศัยลมจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะและลมจากธรรมชาติเป็นต้นกำลังในการผลิตกระแสไฟฟ้า ไฟฟ้าที่ผลิตได้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งเก็บในแบตเตอรี่ กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ที่ความเร็วลม 5 เมตรต่อวินาที ได้ประแสไฟฟ้าที่ 30 โวลท์ 5 แอมแปร์(DC) ประสิทธิภาพ 20.4 เปอร์เซ็นต์ ในการทดสอบขณะต่อหลอดไฟฟ้า และไม่ต่อหลอดไฟฟ้า ขณะที่ไม่มีภาระทางไฟฟ้าจะได้ความเร็วที่ปลายใบเท่ากับ 1.32

ที่ความเร็วลม 1.4 เมตรต่อวินาที ขณะที่ต่อภาระทางไฟฟ้า จะได้กำลังไฟฟ้าสูงสุด 150 วัตต์ กังหันลมหมุนด้วยตัวเองที่ความเร็วต่ำๆ เนื่องจากมีใบรับลมเพื่อเพิ่มความเร็วลมทางเข้าก่อนป้อนเข้าสู่กังหัน ดังนั้นกังหันที่สร้างขึ้นนี้สามารถพัฒนาต่อให้สามารถติดตั้งใช้งานบนถนนจริง

เธเนศ ไชยชนะ ศึกษาการออกแบบและพัฒนาระบบกังหันลมแกนตั้งขนาดเล็ก เพลาร่วมแกนหมุนสวนทางกันเพื่อใช้ผลิตไฟฟ้า ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ รวมทั้งทำการออกแบบ สร้าง ศึกษาคุณสมบัติต่างๆ ของกังหันลมแกนตั้งแบบธรรมดาเพลาเดี่ยวและกังหันลมแกนตั้งแบบเพลาคู่ร่วมแกนหมุนสวนทางกันเพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้า และทำการศึกษาระบบเพิ่มประสิทธิภาพของกังหันลมสำหรับกังหันลมแนวตั้งแบบเพลาคู่ร่วมแกนสวนทางกัน การศึกษาศักยภาพพลังงานลมในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ได้ทำการตดตั้งเสาวัดลม ที่ดอนม่อนล้าน ซึ่งสูงกว่าระดับน้ำทะเลปานกลาง 1,537 เมตร ทำการวัดความเร็วลมที่ระดับความสูง 20 ,30 และ 40 เมตร จากพื้นดิน และวัดทิศทางลมที่ระดับ 40 เมตร จากพื้นดิน ทำการศึกษากังหันลมแนวตั้ง 2 รูปแบบ คือกังหันลมแกนตั้งแบบธรรมดาเพลาเดี่ยว หมุนทางเดียวกัน และกังหันลมแกนตั้งแบบเพลาคู่ร่วมแกน หมุนสวนทางกัน ซึ่งใบพัดทำจากไม้พื้นที่รับลมเท่ากับ 0.09 ตารางเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางการหมุนเท่ากับ 40 เซนติเมตร

ธรรมศักดิ์ ม่วงศรี ศึกษาการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากคลื่นน้ำในคลอง ซึ่งนำไปใช้แสดงตำแหน่งของท่าเรือเพื่อความปลอดภัยในเวลากลางคืนในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน เครื่องกำเนิดไฟฟ้าใช้หลักการแบบฟลักซ์แม่เหล็กพุ่งตรงตามแนวแกนโรเตอร์ จากการเหนี่ยวนำระหว่างชุดแม่เหล็กถาวรเคลื่อนที่ตัดกับชุดขดลวดที่อยู่กับที่ ผลิตไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟสและผ่านชุดวงจรเรียงกระแส 3 เฟสแบบบริดจ์ แปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่สร้างขึ้นนี้ได้ถูกทดสอบกับคลื่นน้ำในคลองจริงสามารถผลิตไฟฟ้ากระแสตรงชาร์จแบตเตอรี่ ขนาด 12 โวลท์ 26 แอมป์ และต่อใช้งานกับระบบไฟฉุกเฉิน จำนวน 10 ชุด เพื่อแสดงตำแหน่งของท่าเรือ นอกจากนี้ยังได้ทดสอบสมรรถนะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต้นแบบในห้องปฏิบัติการ โดยใช้ตัวต้นกำลังเป็นมอเตอร์กระแสตรงที่ความเร็วรอบต่างๆและภาระทางไฟฟ้าขนาดต่างๆสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงได้ตามที่ได้ออกแบบไว้

ธานินทร์ เหลืองศิริ ศึกษาพัฒนาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำที่ใช้ระบบแรงขับจากลมธรรมชาติความเร็วลมต่ำ ที่มีความเร็วลมในการผลิตไฟฟ้าไม่เกิน 6 เมตรต่อวินาที ให้พิกัดกำลัง 250 วัตต์ ที่ ความเร็วลม 6 เมตรต่อวินาที และออกแบบกังหันลมแบบมีแกนในแนวนอนมีจำนวน 3 ใบพัด และมีชัด เครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการของฟาราเดย์ แบบ 3 เฟส ใช้แม่เหล็กถาวรจำนวน 9 คู่ขั้วแม่เหล็ก แรงดันไฟฟ้า 16.58 โวลท์ กระแสไฟฟ้า 6.6 แอมแปร์ ที่ความเร็วรอบ 240 รอบต่อนาที และจากการ ทดสอบระบบพบว่ากังหันลมเริ่มหมุนที่ความเร็วลมประมาณ 3.0 เมตรต่อวินาที และที่ความเร็วลมเท่ากับ 6 เมตรต่อวินาที กังหันลมสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 90 วัตต์ โดยกังหันลมมีประสิทธิภาพ 40.51 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจาก การทดลองใช้งานกังหันลมผลิตไฟฟ้ากับบ้านตัวอย่างสามารถ

ผลิตไฟฟ้าได้มากสุดวันละ 10 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง และจากการวิเคราะห์ผลทางด้านเศรษฐศาสตร์พบว่าระยะคืนทุนของกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่ความเร็ว ลมต่ำ จะสามารถคืนทุนในระยะเวลา 4.4 ปี ซึ่งผลของการวิจัยครั้งนี้จะนำองค์ความรู้ดังกล่าวไปใช้ใน การพัฒนาปรับปรุงในการเลือกใช้พลังงานทดแทนและเป็นหนทางในการแก้ปัญหาการขาดแคลน พลังงานในอนาคตต่อไป

สำเริง เพ่งศรี ศึกษาพัฒนาเครื่องต้นแบบการใช้พลังงานลมผลิตไฟฟ้าเพื่อให้เครื่องกังหันลมต้นแบบสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ตามปริมาณอุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้าและนำกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์กับอุปกรณ์ไฟฟ้า จากการวิจัยพบว่าใบกังหันหมุนผลิตไฟฟ้าได้ที่ความเร็วรอบ 12 รอบต่อนาที ที่ความเร็วลมเฉลี่ย 4 เมตรต่อวินาที แรงเคลื่อนที่ได้ 13 โวลท์

วีลพ รอสวัสดิ์ ศึกษาการออกแบบกังหันลมซาโวเนียสจากถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร โดยได้ออกแบบกังหันลมแกนดิ่ง แบบซาโวเนียส ซึ่งใบกังหันทำจากถัง 200 ลิตร และออกแบบโดยใช้ยางรถยนต์ มาสร้างเป็นปั๊มแบบไดอะแฟรม โดยมีการทำงานจังหวะเดียว มีขนาดความสูงรวมของโครงสร้าง 14 เมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัด 96.6 เซนติเมตร สูง 2.67 เมตร และจากการทดลองพบว่ากังหันลมเริ่มทำงานที่ความเร็วลม 2 เมตรต่อวินาที และที่ความเร็วลม 3 เมตรต่อวินาที ให้อัตราการไหลในการสูบน้ำ 6.84 ลิตรต่อนาที และมีประสิทธิภาพ 48 เปอร์เซ็นต์

พนิตา เจตบำเพ็ญกุล และคณะ ศึกษาพลังงานทางเลือกกังหันลมแนวตั้ง เพื่อให้เหมาะสมกับความเร็วลมของจังหวัดขอนแก่นที่ประมาณ 6.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากการวิจัยพบว่าใบกังหันลมที่ทำจากสังกะสีและอลูมิเนียม สามารถเริ่มหมุนที่ 0.1 เมตรต่อวินาที และที่ความเร็วลม 1.4 เมตรต่อวินาที จะได้จำนวนรอบเฉลี่ย 24.7 รอบต่อนาที และให้กำลังสูงสุด 0.1156 วัตต์

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงวิธีดำเนินการวิจัย การออกแบบและสร้างกังหันลมแนวตั้งผสมกับโซล่าเซลล์ เพื่อต้องการที่จะศึกษาพลังงานทดแทนจากธรรมชาติ โดยการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ การศึกษาทฤษฎีและหลักการเกี่ยวกับการเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า เพื่อออกแบบและสร้างกังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์ ผลิตพลังงานไฟฟ้าสำหรับชุมชนในชนบท เป็นการลดการขาดแคลนพลังงานและหาพลังงานแหล่งใหม่ๆ มาทดแทน มีต้นทุนการสร้างที่ต่ำ วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างสามารถหาได้ทั่วไป ซึ่งสามารถผลิตใช้ได้เองและนำไปติดตั้งใช้งานในสถานที่ต่างๆได้ง่ายในอนาคต

3.1 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย โดยประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น
2. ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
3. ขั้นตอนการออกแบบสร้างกังหันลมแนวตั้งและระบบโซล่าเซลล์
4. การทดสอบการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของกังหัน
5. การติดตั้งกังหันลมแนวตั้งและระบบโซล่าเซลล์
6. การเก็บข้อมูลการวิจัย
7. การวิเคราะห์ผลการวิจัย

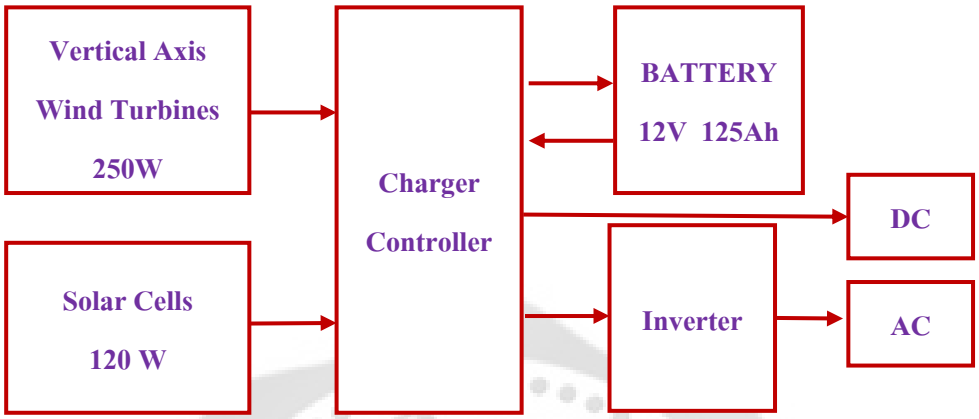
3.2 การออกแบบระบบพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์และกังหันลม

งานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนในการการออกแบบสร้างระบบพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์และกังหันลม โดยประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

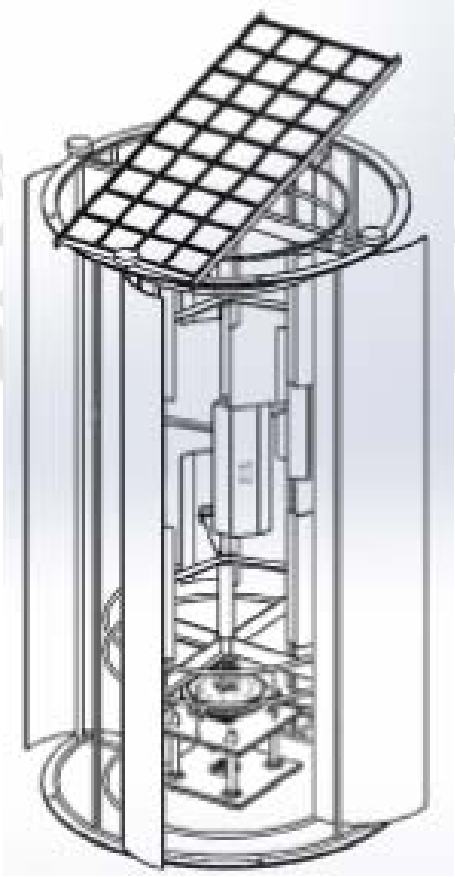
3.2.1 หลักการทำงานของกังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์

หลักการทำงานของกังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์จะทำการรับพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ตามลำดับ จากนั้นอุปกรณ์ควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่จะทำการนำพลังงานที่ได้จากทั้งกังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์ชาร์จเข้าแบตเตอรี่โดยจะมีวงจรตรวจสอบระดับแรงดันของแบตเตอรี่ วงจรควบคุมของอุปกรณ์ควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่จะทำการรับพลังงานจากแบตเตอรี่ต่อเข้า

อินเวอร์เตอร์เพื่อนำพลังงานไปใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ และในขณะเดียวกันวงจรควบคุมของอุปกรณ์ควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่สามารถต่อพลังงานไปใช้ได้โดยตรงกับไฟฟ้ากระแสสลับ ดังภาพประกอบ 3.1



ภาพประกอบ 9 บล็อกไดอะแกรมการทำงานกังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์



ภาพประกอบ 10 โครงสร้างกังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์

โครงสร้างของกังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์ ดังภาพประกอบ 3.2 ตามที่ได้ทำการออกแบบโครงสร้างกังหันและขายึดแผงโซล่าเซลล์ทำจากเหล็ก ชุดใบกังหันใช้วัสดุที่ทำจากอลูมิเนียม โดยสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 250 วัตต์ ร่วมกับแผงโซล่าเซลล์ที่ใช้มีขนาด 120 วัตต์

3.2.2 การออกแบบระบบพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์

- การหาค่ากำลังวัตต์ที่ใช้งานจริง
- การหาค่าอินเวอร์เตอร์
- การหาค่าความจุของแบตเตอรี่
- การหาค่าขนาดของแผงโซล่าเซลล์
- การหาค่าเครื่องชาร์จประจุแบตเตอรี่

3.2.3 การออกแบบกังหันลม

- ชุดแม่เหล็กเคลื่อนที่
- การทำชุดขดลวด
- การออกแบบใบกังหัน

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- เครื่องมือวัดความเร็วลมและอุณหภูมิ
- เครื่องมือวัดแสงและค่าความส่องสว่าง
- เครื่องมือวัดความเร็วรอบ
- ออสซิลโลสโคป
- มัลติมิเตอร์ดิจิตอล
- เครื่องชาร์จแบตเตอรี่
- สว่านไฟฟ้า
- เครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบพกพา
- หินเจียรไฟฟ้า
- มัลติมิเตอร์แบบเข็ม

3.4 การทดสอบและเก็บรวบรวมข้อมูลผลการวิจัย

- การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยการขับด้วยมอเตอร์กระแสตรงจำลองการหมุน
- การทดสอบกังหันลมแนวตั้งผสมกับโซล่าเซลล์

3.5 วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการวิจัย

- สรุปผลการทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยการขับด้วยมอเตอร์กระแสตรงจำลองการหมุน
- สรุปผลการทดลองกังหันลมจากแรงลมธรรมชาติ
- สรุปผลการทดลองระบบโซล่าเซลล์
- สรุปผลการทดลองกังหันลมแนวตั้งผสมโซล่าเซลล์

3.6 การประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์

- การหาค่ามูลค่าเงินในอนาคต
- ค่าใช้จ่ายรวมรายปี
- ค่าเสื่อมราคารายปี
- ผลตอบแทนรายปี
- อัตราการคืนทุน
- ระยะเวลาการคืนทุน

3.7 ข้อเสนอแนะ

- ด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
- ด้านใบพัดของกังหันลม
- ด้านระบบโซล่าเซลล์

3.8 ขอบเขตการวิจัย

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการออกแบบและวิเคราะห์กังหันลมแนวตั้งขนาด 250 วัตต์ ผสมกับโซล่าเซลล์ขนาด 120 วัตต์ เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าที่เหมาะสมกับพื้นที่ ซึ่งไม่มีไฟฟ้าใช้ ในเขตพื้นที่ จังหวัดกาญจนบุรี

3.9 สรุปการวิจัย

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 6 บทด้วยกันคือ

1. บทนำ
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
3. วิธีดำเนินการวิจัย

4. การออกแบบ ทดสอบ ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ กังหันลม และการประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์

5. การทดสอบและการวิเคราะห์ผลการทดสอบ

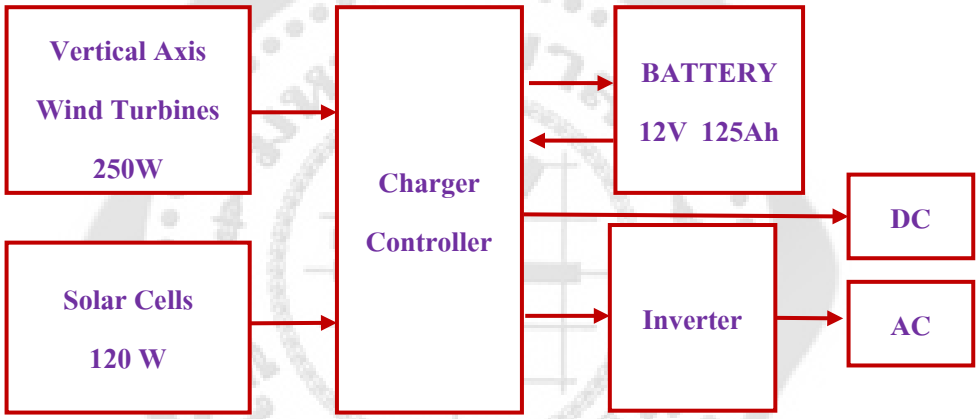
6. สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

บทที่ 4
การออกแบบ ทดสอบ ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ กังหันลม และการประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์

ในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงการออกแบบกังหันลมแนวตั้งผสมกับโซล่าเซลล์ และการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ในเชิงด้านวิศวกรรม

4.1 การออกแบบสร้างระบบพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์และกังหันลม

- หลักการทำงานของกังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์



ภาพประกอบ 11 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของกังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์

หลักการทำงานของกังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์จะทำการรับพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ตามลำดับ จากนั้นอุปกรณ์ควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่จะทำการนำพลังงานที่ได้จากทั้งกังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์ชาร์จเข้าแบตเตอรี่โดยจะมีวงจรตรวจสอบระดับแรงดันของแบตเตอรี่ วงจรควบคุมของอุปกรณ์ควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่จะทำการรับพลังงานจากแบตเตอรี่ต่อเข้าอินเวอร์เตอร์เพื่อนำพลังงานไปใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ และในขณะเดียวกันวงจรควบคุมของอุปกรณ์ควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่สามารถต่อพลังงานไปใช้ได้โดยตรงกับไฟฟ้ากระแสสลับ ดังภาพประกอบ 11

4.2 การออกแบบระบบพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์

การออกแบบระบบโซล่าเซลล์ ทำการหาค่าในแต่ละส่วนของระบบดังนี้คือ

4.2.1 การหาค่ากำลังวัตต์ที่ใช้งานจริง

ออกแบบอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งานสำหรับกังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์ จำนวน 4 ชนิด ปิด-เปิดในเวลาต่างกันโดยมีรายละเอียดตามตาราง 4.1 ดังนี้

ตาราง 2 ตารางรายการอุปกรณ์และกำลังวัตต์

ลำดับ	อุปกรณ์ไฟฟ้า	กำลังวัตต์	จำนวน	ชั่วโมงการใช้งาน	Watt-Hour/Day
1	หลอดไฟ	8	2	2	32
2	Adaptor iPhone 4S	10	1	1	10
3	ชาร์จ Notebook	60	1	1	60
4	Printer	30	1	1	30
	รวม	108			132

4.2.2 การหาค่าอินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์ที่ใช้งานต้องไม่ต่ำกว่าค่ากำลังวัตต์รวมของอุปกรณ์ไฟฟ้า ทั้งหมดซึ่งจากที่คำนวณได้เท่ากับ 108 วัตต์ ดังนั้น อินเวอร์เตอร์ที่เลือกใช้มีขนาดที่เหมาะสม = 120 วัตต์

4.2.3 การหาค่าความจุของแบตเตอรี่

$$Q_{Battery} = \frac{P_{Load}}{V_{Battery} \times (\%DOD) \times E_{Inverter}} \times T_{Battery} \quad (4.1)$$

เมื่อ

$Q_{Battery}$ = ความจุแบตเตอรี่(Ah)

P_{Load} = กำลังวัตต์รวม *(Watt)*

$V_{Battery}$ = โวลต์ของแบตเตอรี่*(Volt)*

$\%DOD$ = ค่าระดับความลึกการคายประจุ (40-60%)

$E_{Inverter}$ = ค่าประสิทธิภาพอินเวอร์เตอร์ (0.8-0.9)

$T_{Battery}$ = ระยะเวลาการคายประจุในแต่ละวัน (ชม.)

ดังนั้น

$Q_{Battery}$ = (108/12x0.6x0.85)x6 =105.88 Ah

ค่าความจุแบตเตอรี่ที่เหมาะสมใช้งาน = 12 Volt 125 Ah

4.2.4 การหาค่าขนาดของแผงโซล่าเซลล์

$$PV = \frac{P_{Load}}{\frac{Q \times C \times H \times I}{S}} \quad (4.2)$$

เมื่อ

PV= กำลังวัตต์ของโซล่าเซลล์ (Watt)

Q = ค่าพลังงานแสงที่ได้รับ/วัน (ประมาณ 4 kW-Hour/ Sq m)

C = ค่าความสูญเสียของเซลล์ (ประมาณ 0.8)

H = ค่าความสูญเสียเชิงความร้อน (ประมาณ 0.85)

I = ค่าประสิทธิภาพอินเวอร์เตอร์ (ประมาณ 0.8-0.9)

D = ค่าความเข้มของแสงบนโลก (ประมาณ 1 kW/Sq m)

ดังนั้น

PV = 132/ (4000x0.8x0.85x0.85/1000) = 57.09 วัตต์

ขนาดของแผงโซล่าเซลล์ที่เหมาะใช้งาน = 60 วัตต์ **เลือกใช้งานขนาด 120 วัตต์**

4.2.5 การหาค่าเครื่องชาร์จประจุแบตเตอรี่

เครื่องควบคุมการชาร์จไฟต้องมีขนาดกำลังวัตต์ที่ไม่น้อยกว่าแผงโซล่าเซลล์

$$C_{Battery} = \frac{PV}{V_{Battery}} \quad (4.3)$$

เมื่อ

$C_{Battery}$ = ขนาดกระแสประจุ *(Amp)*

PV = กำลังวัตต์ของโซล่าเซลล์ *(Watt)*

$V_{Battery}$ = โวลต์ของแบตเตอรี่*(Volt)*

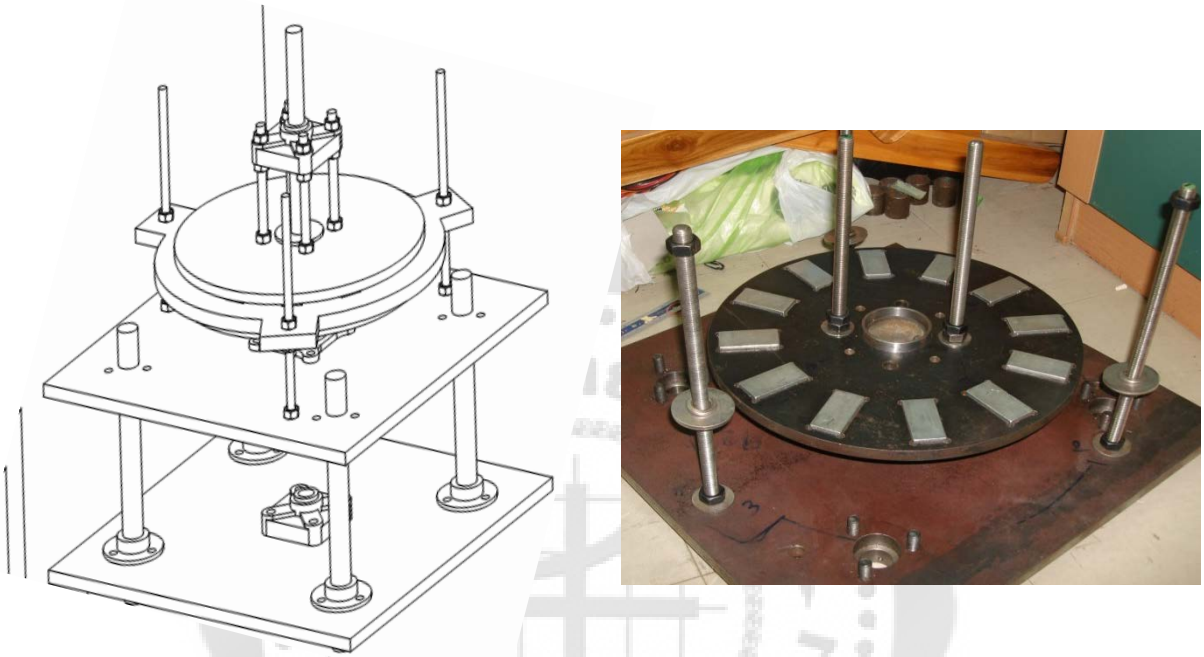
ดังนั้น $C_{Battery}$ = 120/12

$C_{Battery}$ = 10 A

เครื่องชาร์จประจุแบตเตอรี่ที่เหมาะสม = 12 Volt 10 Amp

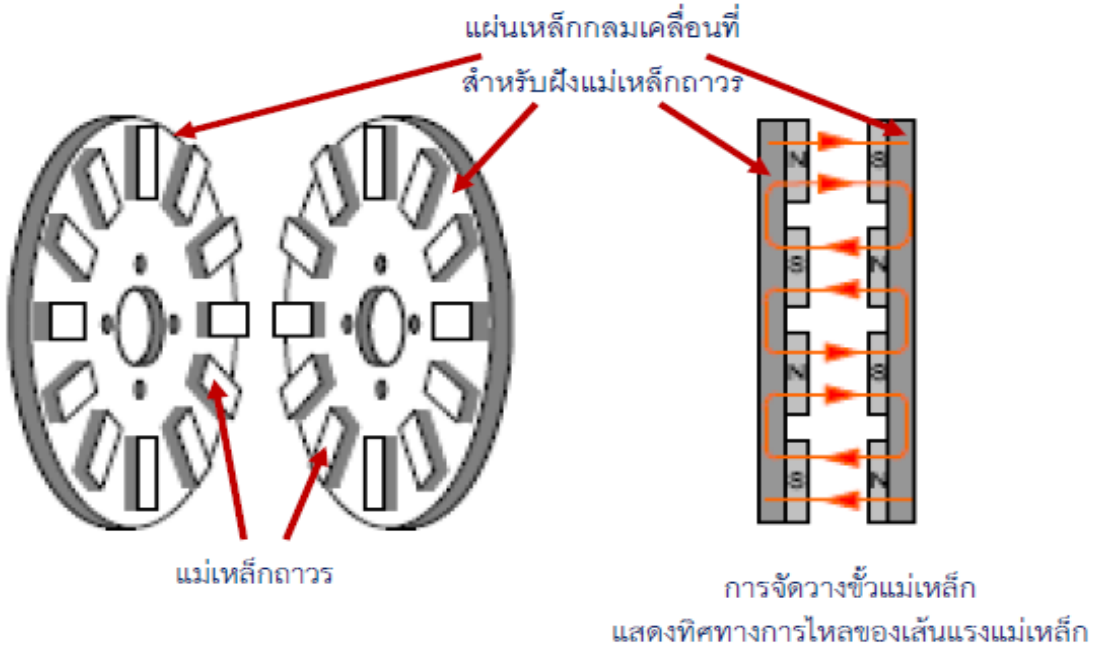
4.3 การออกแบบกังหันลม

ในการออกแบบการทดลองได้วิเคราะห์จากความเร็วของลมเฉลี่ยใน 1 เดือน บริเวณที่จะทำการติดตั้ง มาใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการสร้างกังหันลม เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพที่สูงสุดในการผลิตไฟฟ้า

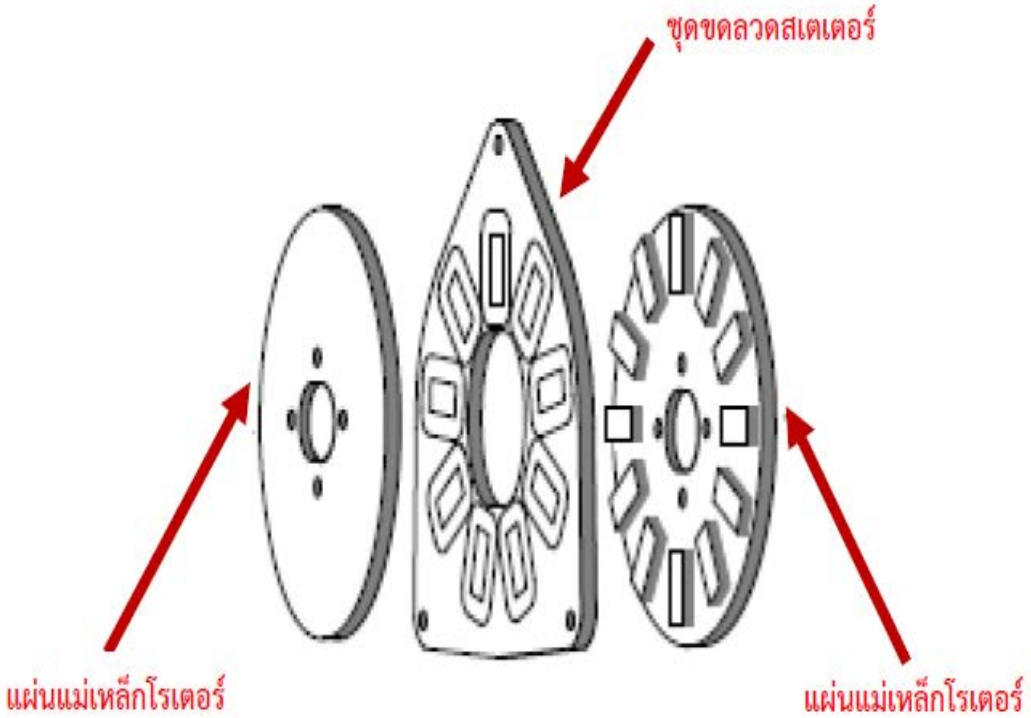


ภาพประกอบ 12 โครงสร้างของกังหันลมแนวตั้ง

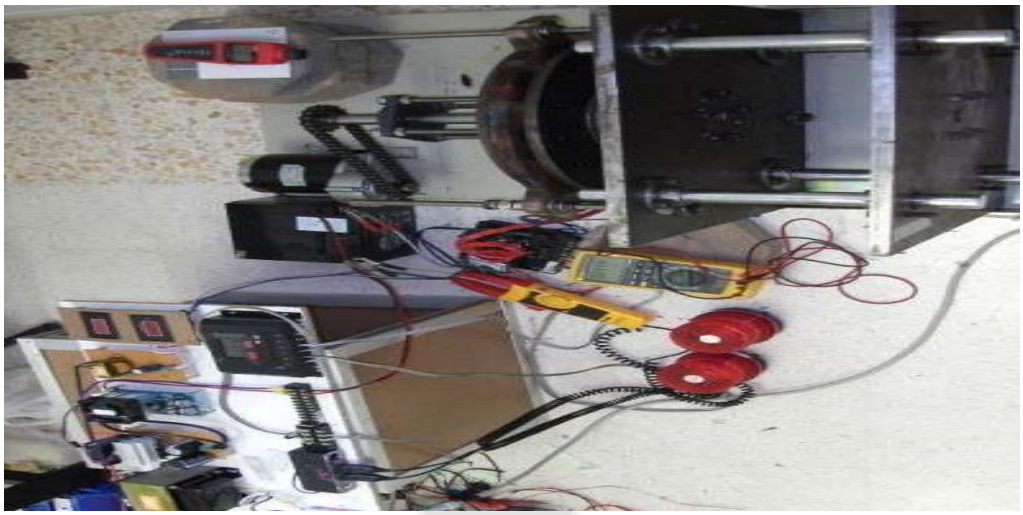
โครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้กับกังหันลมแนวตั้งทำจากโครงสร้างเหล็ก โดยประกอบไปด้วยส่วนฐานที่สำหรับยึดโครงสร้างกับพื้นฐานราก ในส่วนชุดเครื่องกำเนิด ชุดโรเตอร์แม่เหล็กเคลื่อนที่ ทำจากแผ่นเหล็กกลม 2 แผ่น ฝังแม่เหล็กถาวรแผ่นละ 12 ก้อน โดยวางสลับขั้ว N และ S ซึ่งมีแผ่นขดลวดสเตเตอร์หล่อโดยเรซิ่นอยู่ระหว่างแผ่นแม่เหล็ก ดังภาพประกอบ 12 ซึ่งจะเห็นว่าชุดโรเตอร์แม่เหล็กเคลื่อนที่ เมื่อทำการประกอบกันแล้วสนามแม่เหล็กจะมีเส้นแรงแม่เหล็กวิ่งจากแผ่นหนึ่งไปยังอีกฝั่ง ดังภาพประกอบ 13 การประกอบชุดเครื่องกำเนิดประกอบด้วยโครงสร้างของแผ่นแม่เหล็กโรเตอร์และชุดขดลวดสเตเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดังภาพประกอบ 14



ภาพประกอบ 13 การจัดวางแท่งแม่เหล็กสำหรับชุดแม่เหล็กเคลื่อนที่



ภาพประกอบ 14 โครงสร้างของแผ่นแม่เหล็กโรเตอร์และชุดขดลวดสเตเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



ภาพประกอบ 15 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทดสอบโดยการขับด้วยมอเตอร์

เครื่องต้นแบบกังหันลม ประกอบด้วยชุดแม่เหล็กถาวรเคลื่อนที่ตัดกับชุดขดลวดคงที่ ทำการทดสอบโดยการขับด้วยมอเตอร์เพื่อหาค่าความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าและความเร็วรอบของกังหันลม ตามภาพประกอบ 15

ตาราง 3 ผลการทดสอบหาค่าความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าและความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สภาวะไม่มีโหลดและสภาวะมีโหลด ที่ความเร็วรอบ 10-100 รอบ

จำนวนรอบ	สภาวะไม่มีโหลด	สภาวะมีโหลด		
N (rpm)	VDC (V)	VDC (V)	I(A)	P(W)
10	0	0	0	0
20	0	0	0	0
30	0	0	0	0
40	0	0	0	0
50	0	0	0	0
60	0	0	0	0
70	0	0	0	0
80	1.41	1.27	0.08	0.1
90	2.33	1.98	0.17	0.33
100	3.52	3.2	0.21	0.67

ผลการทดสอบค่าความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าและความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสภาวะไม่มีโหลดและสภาวะมีโหลดโดยการขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ ที่ความเร็วรอบ 10-100 รอบ ดังตารางที่ 3

ตาราง 4 ผลการทดสอบหาค่าความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าและความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสภาวะไม่มีโหลดและสภาวะมีโหลด ที่ความเร็วรอบ 50 – 750 รอบ

จำนวนรอบ	สภาวะไม่มีโหลด	สภาวะมีโหลด		
N (rpm)	VDC (V)	VDC (V)	I(A)	P(W)
50	0	0	0	0
100	3.49	2.99	0.2	0.6
150	7.3	7.02	0.32	2.25
200	8.4	8.1	0.44	3.56
250	9.2	8.95	0.59	5.28
300	9.8	9.53	0.68	6.48
350	10.41	10.21	0.84	8.57
400	11.24	10.98	0.91	9.99
450	12.3	11.72	1.15	13.48
500	13.2	12.84	1.23	15.79
550	13.9	13.1	1.36	17.81
600	23.1	22.8	2.25	51.30
650	35.4	34.9	3.06	108.22
700	42.2	41.8	3.85	160.93
750	63.3	62	4.58	283.96

ผลการทดสอบค่าความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าและความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสภาวะไม่มีโหลดและสภาวะมีโหลด โดยการขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ ที่ความเร็วรอบ 50-750 รอบ ดังตารางที่ 4

4.4 ชุดแม่เหล็กเคลื่อนที่

การหาขนาดพื้นที่หน้าตัดของสนามแม่เหล็ก แท่งแม่เหล็กถาวรที่นำมาใช้ในการทำแผ่นแม่เหล็กโรเตอร์ จำนวน 12 แท่งต่อ 1 แผ่น รวมทั้งหมด จำนวน 24 แท่ง เป็นแม่เหล็ก Neodymium Iron Boron (N40) NDFeB Magnets เคลือบ Nickel ขั้วเหนือและขั้วใต้ของแม่เหล็กอยู่ด้านตรงข้ามกัน ซึ่งแท่งแม่เหล็กแต่ละแท่งมีขนาดกว้าง 1 นิ้ว ยาว 2 นิ้ว และหนา ½ นิ้ว ความเข้มสนามแม่เหล็ก 12,000 Gauss (1.2 เทสลา) ดังภาพประกอบ 4.6

การหาขนาดพื้นที่หน้าตัดของสนามแม่เหล็ก

$$A = 2'' \; x \; 1'' \; x \; 12 \; pole$$

$$A = 24 \; in^2$$

เมื่อ

$$1 \; m^2 = 100 \; cm \; x \; 100 \; cm \quad = 10{,}000 \; cm^2$$

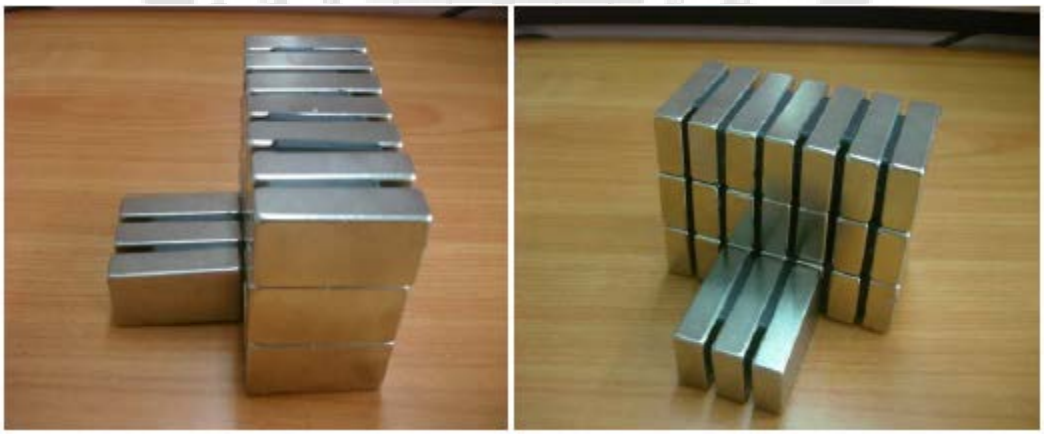
$$1 \; in^2 = 2.54 \text{ cm x } 2.54 \text{ cm} \quad = 6.4516 \; cm^2$$

$$1 \; in^2 = 6.4516 \; x \; 10^{-4} \quad m^2$$

จำนวนแม่เหล็ก 24 แท่ง

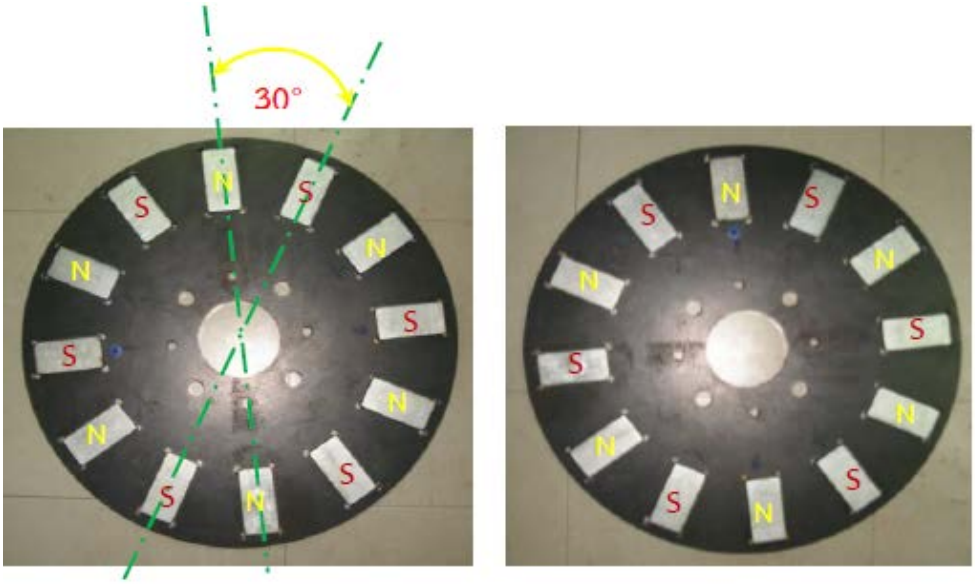
$$A = 24 \; in^2 \; x \; 6.4516 \; x10^{-4}$$

$$A = 0.0155 \; m^2$$



ภาพประกอบ 16 แท่งแม่เหล็กถาวร

การทำแผ่นแม่เหล็กโรเตอร์ นำแท่งแม่เหล็กถาวรจำนวน 12 แท่ง มาฝังลงในแผ่นเหล็กกลม ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 320 mm หนา 10 mm. mm เจาะรู 4 รู โดยสลับขั้วกันระหว่างขั้วเหนือ(N) กับขั้วใต้ (S) โดยเว้นระยะห่างเท่าๆกัน มุมการวางแม่เหล็ก 30 องศา ตามตำแหน่งตัวเลขนาฬิกา โดยทำแผ่นแม่เหล็กโรเตอร์ ตามวิธีดังกล่าวจำนวน 2 ชุด ดังภาพประกอบ 16



ภาพประกอบ 17 แผ่นแม่เหล็กโรเตอร์

4.5 การทำชุดขดลวด

การหาจำนวนรอบของขดลวด

$$E_{ave} = 2NAB(n/60) \quad (4.4)$$

เมื่อ

E_{ave} = แรงเคลื่อนเหนี่ยวนำเฉลี่ย (V)

E_{peak} = แรงเคลื่อนเหนี่ยวนำสูงสุด (V)

E_{dc} = แรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสตรง (V)

V_{batt} = แรงดันที่จ่ายแบตเตอรี่ (V)

N = จำนวนรอบของขดลวด x จำนวนขดลวดในแต่ละเฟส (รอบ)

A = พ.ท.หน้าตัดสนามแม่เหล็ก (m^2)

B = ความเข้มสนามแม่เหล็ก (เทสลา)

n = ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)

$$E_{peak} = 1.56\ x\ E_{ave} \quad (4.5)$$

$$E_{dc} = (\ E_{peak}\ x\ \sqrt{3}\ ) - 1.4 \quad (4.6)$$

จากสมการ (4.4)

$$n = E_{ave}\, x(60/2NAB) \tag{4.7}$$

แทนค่าสมการ (4.5) ลงใน (4.6)

$$n = (E_{peak}/1.56)\, x(60/2nAB) \tag{4.8}$$

แทนค่าสมการ (4.6) ลงใน (4.7)

$$n = \left[\frac{E_{dc}+1.4}{\sqrt{3}}\right] x \left[\frac{60}{(1.56\ x2\ NAB)}\right] \tag{4.9}$$

$$n = \left[\frac{E_{dc}+1.4\ x60}{\sqrt{3}x(1.56\ x2\ NAB)}\right] \tag{4.10}$$

$E_{dc} = V_{batt}$

$$n = \left[\frac{V_{batt}+1.4\ x60}{\sqrt{3}x(1.56\ x2\ NAB)}\right] \quad \text{รอบ/นาที} \tag{4.11}$$

กำหนดค่า $\boldsymbol{V_{batt} = 14\,V}$ ***ความเร็วรอบ 100 รอบ/นาที*** แทนค่าลงในสมการ (4.11)

$$100 = \left[\frac{(14+1.4)\ x60}{\sqrt{3}x(1.56\ x\ 2\ x\ n\ x\ 0.0154x1.2)}\right]$$

$$N = \left[\frac{(14+1.4)\ x60}{\sqrt{3}x(1.56\ x\ 2\ x\ 100\ x\ 0.0154x1.2)}\right]$$

$N = 924/9.9865$

$N = 92.52$ รอบ/phase

ทำการพันขดลวด 9 ขด 3 เฟส = 92.52 / 3

= 30.84 รอบ /ขด

เลือกใช้ขดลวดที่ 60 รอบ/ขด

การหาขนาดของเส้นลวดทองแดงที่จะนำมาพันขดลวด กำลังไฟฟ้าที่ต้องการ 200 วัตต์

$$P = VI$$

$$250\,W = 12\,V\,x\,I$$

$$I = 250/12$$

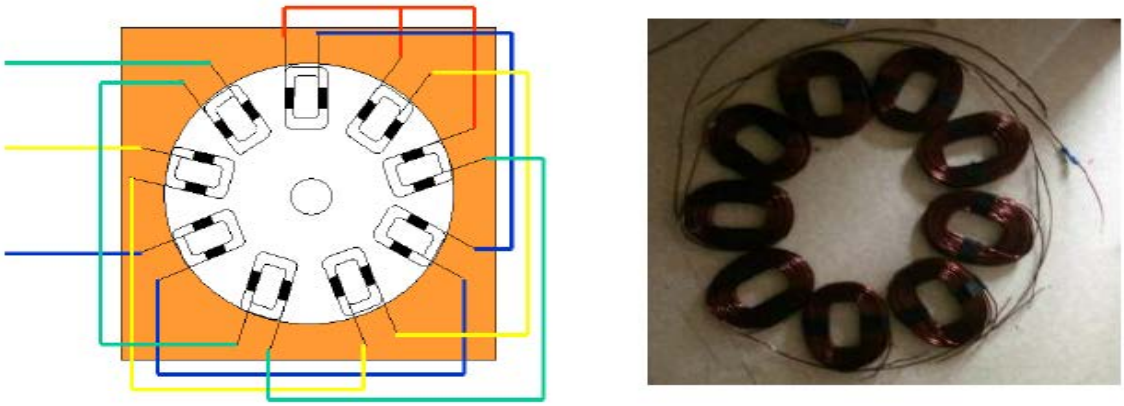
$$I = 20.83\,A$$

เลือกขนาดลวดทองแดง จากมาตรฐาน AWG ใช้ลวดอาบน้ำยาเบอร์ 15 AWG (1.45034 mm) ทนกระแส 28 A

พันลวดทองแดงเป็นรูปสี่เหลี่ยมกับแบบพลาสติกตัวไอขนาด กว้าง 3 นิ้ว ยาว 4 นิ้ว แกนตะปูขนาดกว้าง 1 นิ้ว ยาว 2 นิ้ว หนา ½ นิ้ว เพื่อให้สอดคล้องกับขนาดของแม่เหล็กที่ใช้ พันขดลวดจำนวนรอบ 60 รอบ โดยมาร์คตำแหน่งของต้นสาย และปลายสายด้วยเพื่อสะดวกในการต่อขดลวด โดยพันขดลวดทั้งหมดจำนวน 9 ขด มีค่าความต้านทานต่อขดเท่ากับ 0.71 Ω และค่าความต้านทานต่อเฟสเท่ากับ 2.13 Ω ดังภาพประกอบ 18

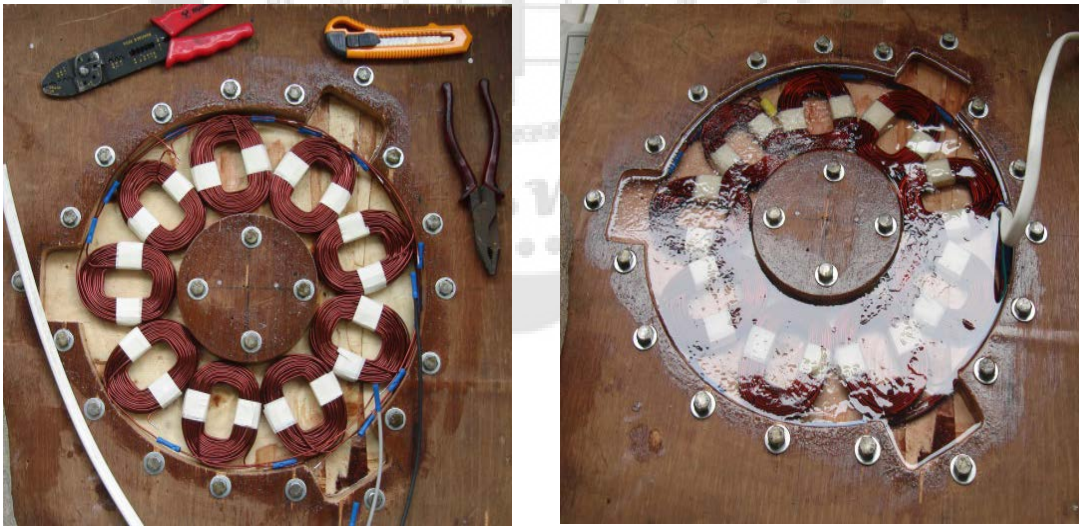
ภาพประกอบ 18 การพันขดลวดทองแดงเบอร์ 15 AWG จำนวน 60 รอบ

การจัดวางขดลวดและต่อสายขดลวดเข้าด้วยกัน ทำการวางขดลวดจำนวน 9 ขดลงในแบบที่จะทำการเทเรซิ่น เว้นระยะห่างเท่าๆ กัน โดยแบ่งขดลวดเป็น 3 ชุดดังนี้ ชุดที่ 1 ประกอบด้วยขดลวดขดที่ 1 , 4 และ 7 ชุดที่ 2 ประกอบด้วยขดลวดขดที่ 2 , 5 และ 8 ชุดที่ 3 ประกอบด้วยขดลวดขดที่ 3 , 6 และ 9 ตามลำดับ ดังภาพประกอบ 18



ภาพประกอบ 19 การต่อสายของขดลวดแบบสตาร์

การต่อขดลวดต่อแบบสตาร์ โดยทำการต่อต้นของขดลวดขดที่ 1 , 2 และ 3 เข้าด้วยกัน จากนั้นชุดที่1 ทำการต่อปลายขดลวดขดที่ 1 ต่อกับ ต้นขดลวดขดที่ 4 ปลายขดลวดขดที่ 4 ต่อกับ ต้นขดลวดขดที่ 7 ชุดที่2 ทำการต่อปลายขดลวดขดที่ 2 ต่อกับ ต้นขดลวดขดที่ 5 ปลายขดลวดขดที่ 5 ต่อกับ ต้นขดลวดขดที่ 8 และชุดที่3 ทำการต่อปลายขดลวดขดที่ 3 ต่อกับ ต้นขดลวดขดที่ 6 ปลายขดลวดขดที่ 6 ต่อกับ ต้นขดลวดขดที่ 9 จากนั้นทำการเทเรซิ่นทับเพื่อขึ้นรูป ดังภาพประกอบ 20



ภาพประกอบ 20 การประกอบชุดขดลวดทองแดง

ตาราง 5 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบกังหันลม ขนาด 250 วัตต์

พารามิเตอร์	ค่า
กำลังไฟฟ้าที่พิกัด DC	250 W
กระแสไฟฟ้าที่พิกัด DC	4.25 A
แรงดันไฟฟ้าที่พิกัด DC	60 V
เบอร์ตัวนำทองแดงที่ใช้พันขดลวด	15 AWG
จำนวนรอบที่พันขดลวดสเตเตอร์ต่อขด	60 รอบ
จำนวนชุดขดลวดสเตเตอร์ทั้งหมด	9 ขด
จำนวนชุดขดลวดสเตเตอร์ต่อเฟส	3 ขด
ค่าความต้านทานขดลวดต่อขด	0.71 Ω

ตาราง 6 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบกังหันลม ขนาด 200 วัตต์

พารามิเตอร์	ค่า
ค่าความต้านทานขดลวดต่อเฟส	2.13 Ω
จำนวนแม่เหล็ก	24 ก้อน
จำนวนขั้วแม่เหล็กที่แผ่นโรเตอร์	12 ขั้ว
พื้นที่หน้าตัดขั้วแม่เหล็ก	0.0155 m^2
ความหนาแน่นของสนามแม่เหล็กสูงสุดต่อขั้ว	1.2 T
ความเร็วรอบสูงสุดของเครื่องกำเนิดที่พิกัด DC	750 rpm
ไดโอดบริดจ์เรกติไฟร์ต่อเฟส	35 A -600 V
คาปาซิเตอร์ต่อเฟส	10,000μF 50 V

4.6 การออกแบบใบกังหัน

4.6.1 การหาค่าความเร็วลมที่ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถผลิตพลังงานได้ 250 วัตต์

$$P = \frac{1}{2}\rho A V^3 x C_P \quad (4.12)$$

เมื่อ

$C_P = 0.3$
$\rho = 1.225\ kg/m^3$
$A = bh$
b = เส้นผ่านศูนย์กลางจากขอบของกังหัน
h = ความสูงรวมของใบกังหัน

ดังนั้น

$$250 = \frac{1}{2}(1.225)(0.8)(1.8)V^3 x 0.3$$

$$V^3 = 944.822$$

$$V = 9.81\ m/s$$

4.6.2 การหาขนาดของใบกังหัน

ความกว้างของใบกังหัน = เส้นผ่านศูนย์กลางของกังหัน x 0.14 (4.13)

= 80 x 0.14

= 11.2 เซนติเมตร

ความยาวของใบกังหัน = เส้นรอบวงของกังหัน = $2\pi r$ (4.14)

= 2 x π x 40

= 251.327 x 0.09

= 22.6113 เซนติเมตร

รัศมีจากแกนดรัม = เส้นผ่านศูนย์กลางของกังหัน x 0.28 (4.15)

= 80 x 0.28

= 22.4 เซนติเมตร

หาความสูงของใบกังหัน

$$h = \frac{C}{R} x 100 \quad (4.16)$$

$$h = \left(\frac{22.6113}{40}\right) x 100$$

= 0.5652 x 100

= 56.52 เซนติเมตร

ดังนั้น***เลือกใช้ใบกังหันที่ขนาดความสูง 60 เซนติเมตร***

4.6.3 การหาขนาดแรง Lift และแรง Drag ที่ใบกังหัน 1 ใบ

$$L = \frac{1}{2}\rho A_L V^2 C_L \quad (4.17)$$

$$D = \frac{1}{2}\rho A_D V^2 C_D \quad (4.18)$$

เมื่อ

$C_D = 0.03\,, C_L = 1.72\,, \rho = 1.225\,kg/m^3$ ที่อุณหภูมิ 25 C°

$V = 9.81\,m/s\,, A_L = A_D = 22.6113x60$ ตารางเซนติเมตร

ดังนั้น

$$L = \frac{1}{2}(1.225)(0.2261)(0.6)(9.81)^2(1.72)$$
$$L = 13.75\,N$$
$$D = \frac{1}{2}(1.225)(0.2261)(0.6)(9.81)^2(0.03)$$
$$D = 0.239\,N$$

อัตราส่วน $\frac{L}{D} = \frac{13.75}{0.239} = 57.53$

แรงรวม 1 ใบ ที่ 1 จุด

$$F_T = \sqrt{D^2 + L^2} \quad (4.19)$$
$$= \sqrt{0.239^2 + 13.75^2}$$
$$= 13.752\,N$$

4.6.4 การหาขนาดของเพลา

ออกแบบที่ความเร็วลม กรณีมีฝนตก ความเร็วประมาณ 20 m/s

เมื่อ

$C_D = 0.03\,, C_L = 1.72\,, \rho = 1.225\,kg/m^3$ ที่อุณหภูมิ 25 C°

$V = 20\,m/s\,, A_L = A_D = 22.6113x60$ ตารางเซนติเมตร

การหาขนาดแรง Lift และแรง Drag ที่ใบกังหัน 1 ใบ

$$L = \frac{1}{2}\rho A_L V^2 C_L$$
$$L = \frac{1}{2}(1.225)(0.2261)(0.6)(20)^2(1.72)$$
$$L = 57.167\,N$$
$$D = \frac{1}{2}\rho A_D V^2 C_D$$
$$D = \frac{1}{2}(1.225)(0.2261)(0.6)(20)^2(0.03)$$
$$D = 0.9971\,N$$

อัตราส่วน $\frac{L}{D} = \frac{57.167}{0.9971} = 57.333$

แรงรวม 1 ใบ ที่ 1 จุด

$$F_T = \sqrt{D^2 + L^2}$$

$$= \sqrt{0.9971^2 + 57.167^2}$$
$$= 57.175\ N$$

วัสดุเพลาที่เลือกใช้ เป็น อลูมิเนียม

Density 2710 kg/m^3

Tension 110 MPa (Ultimate)

Shear 70 MPa (Ultimate)

E = 70 GPa , G = 26 GPA

Tension 110 MPa (Yield)

Shear 55 MPa (Yield)

Safety Factor = 1.5

$\sigma_y = 110\ MPa\ , N = 2$

$$d = \left[\frac{32N}{\pi\sigma_y}(T^2 + M^2)^{\frac{1}{2}}\right]^{\frac{1}{3}} \quad (4.20)$$

$$d = \left[\frac{32(2)}{\pi(110x10^6)}((17.28)^2 + (28.125)^2)^{\frac{1}{2}}\right]^{\frac{1}{3}}$$

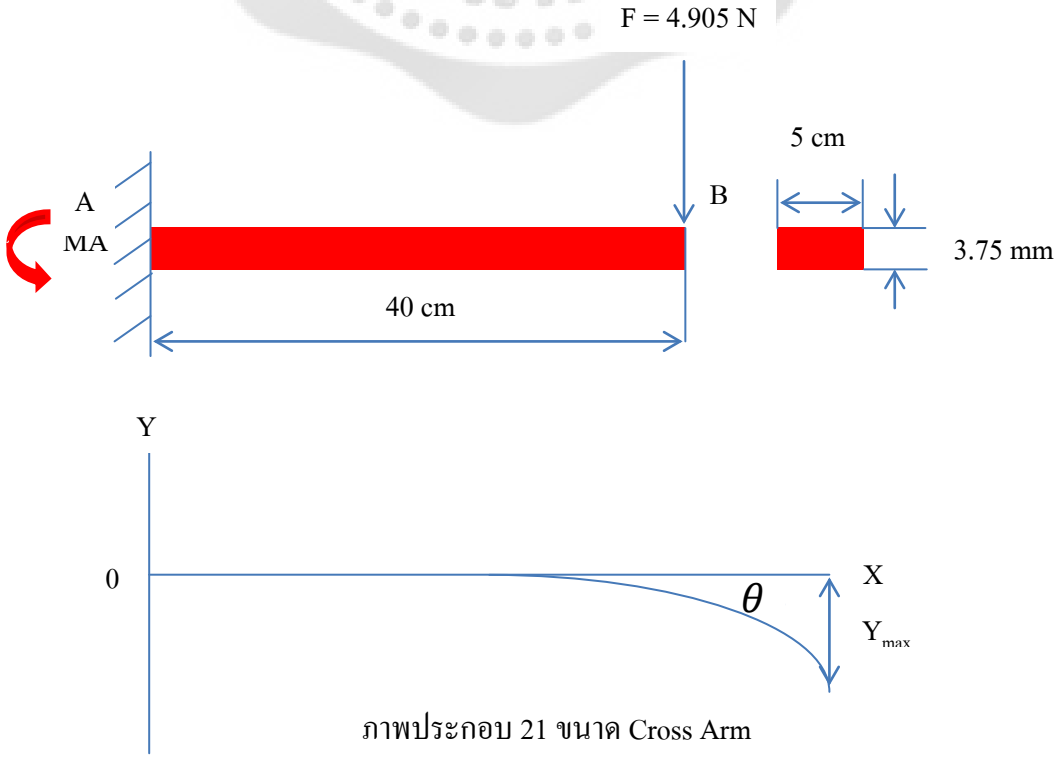
d = 0.01828 m

= 18.28 mm

ดังนั้นเลือกใช้เพลาขนาดเท่ากับ 25.4 mm

4.6.5 การหาขนาดของ Cross Arm

ใบกังหันหนักประมาณ 0.5 kg = 4.905 N เลือกขนาด Cross Arm กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร หนา 3.75 มิลลิเมตรดังภาพประกอบ 21



ภาพประกอบ 21 ขนาด Cross Arm

$$I = \frac{1}{} hh^3 \quad (4.21)$$

ภาพประกอบ 20 ขนาด Cross Arm

$$= 1.334x10^{-10}\ m^4$$

$$E_{Al} = 70\ GPa$$

$$Slope = -\frac{PL^2}{2EI} \quad (4.22)$$

$$= -\frac{(4.905)(0.4)^2}{2(70x10^9)(1.334x10^{-10})}$$

$$= -0.042$$

$$Y_{max} = -\frac{PL^3}{3EI} \quad (4.23)$$

$$= -\frac{(4.905)(0.4)^3}{3(70x10^9)(1.334x10^{-10})}$$

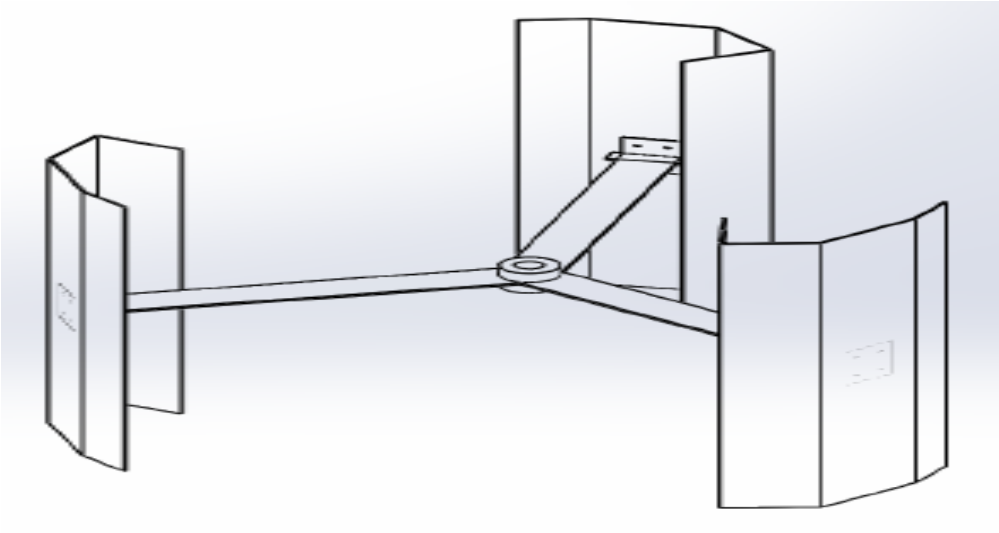
$$= -0.0112 \text{ m}$$

4.6.5 Co - ordinations ของใบกังหันลม

การออกแบบชุดใบกังหันกำหนด Co - ordinations ของใบกังหันลม ดังตารางที่ 4.5 ซึ่งใบของกังหันลมแสดงดังภาพประกอบที่ 21

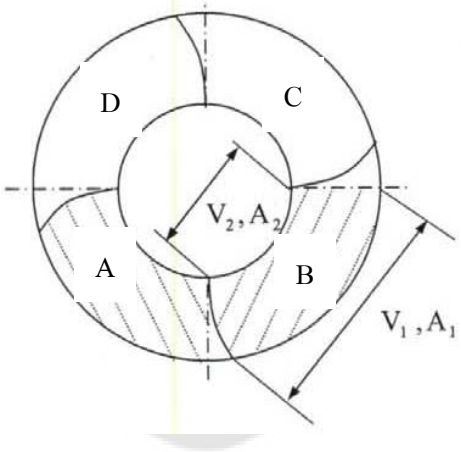
ตาราง 7 Co - ordinations ของใบกังหันลม

จุดที่ 1	X (เซนติเมตร)	Y (เซนติเมตร)
1	0	11.2
2	-3	8.4
3	-6	5.6
4	-3	2.8
5	0	0
6	3.5	4
7	5	4.5
8	8.5	5
9	13	5.1
10	16.62	5.2



ภาพประกอบ 22 Co-ordinations ของใบกังหันลม

4.6.6 ใบ Vanes



ภาพประกอบ 23 ใบ Vanes

คิดที่อัตราการไหลคงที่

$$Q = AV \tag{4.24}$$

เมื่อ

$A_1V_1 = A_2V_2$

A และ C มีพื้นที่ $A_1 = 2.016\ m^2$, $A_2 = 0.945\ m^2$

B และ D มีพื้นที่ $A_1 = 2.250\ m^2$, $A_2 = 0.945\ m^2$

ตาราง 8 ตารางความเร็วลม V1 , V2 ตำแหน่ง A และ C , V2 ตำแหน่ง B และ D

V1(m/s)	V2 (m/s) ตำแหน่ง A และ C	V2 (m/s) ตำแหน่ง B และ D
1	2.133	2.381
2	4.267	4.762
3	6.400	7.143
4	8.533	9.524
5	10.667	11.905
6	12.800	14.286
7	14.933	16.667
8	17.067	19.048
9	19.200	21.429
10	21.333	23.810

การแสดงค่าความเร็วลมในตำแหน่งต่างๆของโครงสร้างกังหัน สามารถแสดงดังตาราง 8

4.7 การประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์

4.7.1 การประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์กังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์

การออกแบบและการสร้างกังหันลมแนวตั้งผสมกับโซล่าเซลล์ สร้างจากวัสดุอุปกรณ์ที่สามารถซื้อหาและสร้างเองได้ง่าย โดยใช้เงินลงทุนในการสร้างดังกล่าวต่อชิ้นรวมเป็นเงินทั้งสิ้น 80,500 บาท ดังตาราง 4.7 อายุการใช้งาน 20 ปี ค่าบำรุงรักษาต่างๆรวมแบตเตอรี่เฉลี่ยประมาณปี 600 บาท มูลค่าซาก 8,050 บาท ไม่มีค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิง ผลิตไฟฟ้าที่ทำให้เกิดการประหยัดพลังงานมากที่สุดประมาณ 12 หน่วยต่อวัน ความเป็นไปได้ของผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับ 70 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 9 ตารางราคารายการอุปกรณ์กังหันลมแนวตั้งผสมกับโซล่าเซลล์

ลำดับ	รายการ	ราคาต่อหน่วย(บาท)	จำนวน	ราคารวม
1	แผงโซล่าเซลล์	8,500	1	8,500
2	ชุดควบคุม	35,900	1	35,900
3	แบตเตอรี่	3,800	2	7,600
4	กังหันลมแนวตั้ง	28,500	1	28,500
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด				80,500
มูลค่าซาก				8,050

การหาค่ามูลค่าเงินในอนาคตกังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์

$$R = P(1+i)^n \tag{4.25}$$

เมื่อ

R = มูลค่าเงินในอนาคต (บาท)

P = มูลค่าเงินปัจจุบัน (80,500 บาท)

i = อัตราดอกเบี้ยรายปี (2.5 เปอร์เซ็นต์)

n = จำนวนปี (20 ปี)

ดังนั้น

$$R = 80{,}500(1+0.025)^{20}$$
$$R = 131{,}908.62 \text{ บาท}$$

ค่าใช้จ่ายรวมรายปีกังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์

$$C = C_c + C_f + C_{om} \tag{4.26}$$

เมื่อ

C = ค่าใช้จ่ายรายปีทั้งหมด (บาท)

C_C = ค่าใช้จ่ายด้านการลงทุน (80,500 บาท)

C_f = ค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิง (0 บาท)

C_{om} = ค่าใช้จ่ายด้านการบำรุงรักษา (600 บาท)

ดังนั้น

$$C = 80{,}500 + 0 + 600$$

$$C = 81{,}100 \text{ บาท}$$

ค่าเสื่อมราคารายปีกังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์

$$T = \frac{P-S}{N} \tag{4.27}$$

เมื่อ

T = ค่าเสื่อมราคารายปี (บาท)

P = ค่าลงทุนเบื้องต้น (80,500 บาท)

S = มูลค่าซาก (8,050 บาท)

N = จำนวนปีที่ใช้งาน (20 ปี)

ดังนั้น

$$T = \frac{80{,}500 - 8{,}050}{20}$$

$$T = 3{,}662.50 \text{ บาท}$$

ผลตอบแทนรายปีกังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์

$$ANB = \frac{kWxBxDx70}{100} \tag{4.28}$$

เมื่อ

ANB = ผลตอบแทนรายปี (บาท)

B = ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย (4 บาท)

D = จำนวนวัน (365 วัน)

kW = กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อวัน (12 หน่วย)

Adder = ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้า พลังงานลม 2.5 บาท ,พลังงานแสงอาทิตย์ 8 บาท

ดังนั้นผลตอบแทนรายปี

$$ANB = \frac{12x[[(4+2.5)/2]+[(4+8)/2]]x365x70}{100}$$

$$ANB = 28{,}360.50 \text{ บาท}$$

- อัตราการคืนทุนกังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์

$$ROI = \frac{ANB-(T+C)x100\%}{P} \quad (4.29)$$

เมื่อ

ROI = อัตราการคืนทุน (เปอร์เซ็นต์)

ANB = ผลตอบแทนรายปี (28,360.5 บาท)

T = ค่าเสื่อมราคารายปี (3,662.50 บาท)

C = ค่าใช้จ่ายรายปี (600 บาท)

P = ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (80,500 บาท)

ดังนั้น

$$ROI = \frac{28{,}360.5-(3{,}662.50+600)x100\%}{80{,}500}$$

$$ROI = 29.93 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

ระยะเวลาการคืนทุนกังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์

$$P_p = \frac{P}{(P_{av}-P_u)} \quad (4.30)$$

เมื่อ

P_p = ระยะเวลาในการคืนทุน (ปี)

P = ค่าลงทุนเบื้องต้น (80,500 บาท)

P_{av} = รายได้เฉลี่ยตลอดทั้งปี (28,360.5 บาท)

P_u = ค่าใช้จ่ายตลอดทั้งปี (600 บาท)

ดังนั้น

$$P_p = \frac{80{,}500}{(28{,}360.5-600)}$$

$$P_p = 2.90 \text{ ปี}$$

4.7.2 การประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์กรณีกังหันลมแนวตั้งอย่างเดียว

การออกแบบและการสร้างกังหันลมแนวตั้งผสมกับโซล่าเซลล์ สร้างจากวัสดุอุปกรณ์ที่สามารถซื้อหาและสร้างเองได้ง่าย โดยใช้เงินลงทุนในการสร้างดังกล่าวต่อชิ้นรวมเป็นเงินทั้งสิ้น 72,000 บาท ดังตาราง 4.7 อายุการใช้งาน 20 ปี ค่าบำรุงรักษาต่างๆรวมแบตเตอรี่เฉลี่ยประมาณปี 600 บาท มูลค่าซาก 7,200 บาท ไม่มีค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิง ผลิตไฟฟ้าที่ทำให้เกิดการประหยัดพลังงานมากที่สุดประมาณ 12 หน่วยต่อวัน ความเป็นไปได้ของผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับ 70 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 10 ตารางราคารายการอุปกรณ์กรณีกังหันลมแนวตั้งอย่างเดียว

ลำดับ	รายการ	ราคาต่อหน่วย(บาท)	จำนวน	ราคารวม
1	ชุดควบคุม	35,900	1	35,900
2	แบตเตอรี่	3,800	2	7,600
3	กังหันลมแนวตั้ง	28,500	1	28,500
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด				72,000
มูลค่าซาก				7,200

การหาค่ามูลค่าเงินในอนาคตกรณีกังหันลมแนวตั้งอย่างเดียว

$$R = P(1+i)^n \tag{4.31}$$

เมื่อ

R = มูลค่าเงินในอนาคต (บาท)

P = มูลค่าเงินปัจจุบัน (72,000 บาท)

i = อัตราดอกเบี้ยรายปี (2.5 เปอร์เซ็นต์)

n = จำนวนปี (20 ปี)

ดังนั้น

$$R = 72{,}000(1+0.025)^{20}$$

$$R = 117{,}980.38 \text{ บาท}$$

ค่าใช้จ่ายรวมรายปีกรณีกังหันลมแนวตั้งอย่างเดียว

$$C = C_c + C_f + C_{om} \quad (4.32)$$

เมื่อ

C = ค่าใช้จ่ายรายปีทั้งหมด (บาท)

C_C = ค่าใช้จ่ายด้านการลงทุน (72,000 บาท)

C_f = ค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิง (0 บาท)

C_{om} = ค่าใช้จ่ายด้านการบำรุงรักษา (600 บาท)

ดังนั้น

$$C = 72{,}000 + 0 + 600$$
$$C = 72{,}600 \text{ บาท}$$

ค่าเสื่อมราคารายปีกรณีกังหันลมแนวตั้งอย่างเดียว

$$T = \frac{P-S}{N} \quad (4.33)$$

เมื่อ

T = ค่าเสื่อมราคารายปี (บาท)

P = ค่าลงทุนเบื้องต้น (72,000 บาท)

S = มูลค่าซาก (7,200 บาท)

N = จำนวนปีที่ใช้งาน (20 ปี)

ดังนั้น

$$T = \frac{72{,}000 - 7{,}200}{20}$$

$$T = 3{,}240 \text{ บาท}$$

ผลตอบแทนรายปีกรณีกังหันลมแนวตั้งอย่างเดียว

$$ANB = \frac{kWxBxDx70}{100} \quad (4.34)$$

เมื่อ

ANB = ผลตอบแทนรายปี (บาท)

B = ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย (4 บาท)

D = จำนวนวัน (365 วัน)

kW = กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อวัน (12 หน่วย)

Adder = ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้า พลังงานลม 2.5 บาท ,พลังงานแสงอาทิตย์ 8 บาท

ดังนั้นผลตอบแทนรายปี

$$ANB = \frac{12x[[(4+2.5)/2]+[(4+8)/2]]x365x70}{100}$$

$$ANB = 28{,}360.50 \text{ บาท}$$

อัตราการคืนทุนกรณีกังหันลมแนวตั้งอย่างเดียว

$$ROI = \frac{ANB-(T+C)x100\%}{P} \quad (4.35)$$

เมื่อ

ROI = อัตราการคืนทุน (เปอร์เซ็นต์)

ANB = ผลตอบแทนรายปี (28,360.5 บาท)

T = ค่าเสื่อมราคารายปี (3,240 บาท)

C = ค่าใช้จ่ายรายปี (600 บาท)

P = ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (72,000 บาท)

ดังนั้น

$$ROI = \frac{28{,}360.5-(3{,}240+600)x100\%}{72{,}000}$$

$$ROI = 34.05 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

ระยะเวลาการคืนทุนกรณีกังหันลมแนวตั้งอย่างเดียว

$$P_p = \frac{P}{(P_{av}-P_u)} \quad (4.36)$$

เมื่อ

P_p = ระยะเวลาในการคืนทุน (ปี)

P = ค่าลงทุนเบื้องต้น (72,000 บาท)

P_{av} = รายได้เฉลี่ยตลอดทั้งปี (28,360.5 บาท)

P_u = ค่าใช้จ่ายตลอดทั้งปี (600 บาท)

ดังนั้น

$$P_p = \frac{72{,}000}{(28{,}360.5-600)}$$

$$P_p = 2.60 \text{ ปี}$$

4.7.3 การประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์กรณีโซล่าเซลล์อย่างเดียว

การออกแบบและการสร้างกังหันลมแนวตั้งผสมกับโซล่าเซลล์ สร้างจากวัสดุอุปกรณ์ที่สามารถซื้อหาและสร้างเองได้ง่าย โดยใช้เงินลงทุนในการสร้างดังกล่าวต่อชิ้นรวมเป็นเงินทั้งสิ้น 80,500 บาท ดังตาราง 10 อายุการใช้งาน 20 ปี ค่าบำรุงรักษาต่างๆรวมแบตเตอรี่เฉลี่ยประมาณปี 600 บาท มูลค่าซาก 8,050 บาท ไม่มีค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิง ผลิตไฟฟ้าที่ทำให้เกิดการประหยัดพลังงานมากที่สุดประมาณ 12 หน่วยต่อวัน ความเป็นไปได้ของผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับ 70 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 11 ตารางราคารายการอุปกรณ์กรณีโซล่าเซลล์อย่างเดียว

ลำดับ	รายการ	ราคาต่อหน่วย(บาท)	จำนวน	ราคารวม
1	แผงโซล่าเซลล์	8,500	5	42,500
2	ชุดควบคุม	35,900	1	35,900
3	แบตเตอรี่	3,800	2	7,600
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด				85,500
มูลค่าซาก				8,550

- การหาค่ามูลค่าเงินในอนาคตกรณีโซล่าเซลล์อย่างเดียว

$$R = P(1+i)^n \tag{4.37}$$

เมื่อ

R = มูลค่าเงินในอนาคต (บาท)

P = มูลค่าเงินปัจจุบัน (85,500 บาท)

i = อัตราดอกเบี้ยรายปี (2.5 เปอร์เซ็นต์)

n = จำนวนปี (20 ปี)

ดังนั้น

$$R = 85{,}500(1 + 0.025)^{20}$$
$$R = 140{,}101.702 \text{ บาท}$$

ค่าใช้จ่ายรวมรายปีกรณีโซล่าเซลล์อย่างเดียว

$$C = C_c + C_f + C_{om} \quad (4.38)$$

เมื่อ

C = ค่าใช้จ่ายรายปีทั้งหมด (บาท)

C_C = ค่าใช้จ่ายด้านการลงทุน (85,500 บาท)

C_f = ค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิง (0 บาท)

C_{om} = ค่าใช้จ่ายด้านการบำรุงรักษา (600 บาท)

ดังนั้น

$$C = 85{,}500 + 0 + 600$$
$$C = 86{,}100 \text{ บาท}$$

ค่าเสื่อมราคารายปีกรณีโซล่าเซลล์อย่างเดียว

$$T = \frac{P-S}{N} \quad (4.39)$$

เมื่อ

T = ค่าเสื่อมราคารายปี (บาท)

P = ค่าลงทุนเบื้องต้น (85,500 บาท)

S = มูลค่าซาก (8,550 บาท)

N = จำนวนปีที่ใช้งาน (20 ปี)

ดังนั้น

$$T = \frac{85{,}500 - 8{,}550}{20}$$

$$T = 3{,}847.50 \text{ บาท}$$

ผลตอบแทนรายปีกังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์

$$ANB = \frac{kWxBxDx70}{100} \quad (4.40)$$

เมื่อ

ANB = ผลตอบแทนรายปี (บาท)

B = ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย (4 บาท)

D = จำนวนวัน (365 วัน)

kW = กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อวัน (12 หน่วย)

Adder = ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้า พลังงานลม 2.5 บาท ,พลังงานแสงอาทิตย์ 8 บาท

ดังนั้นผลตอบแทนรายปี

$$ANB = \frac{12x[[(4+2.5)/2]+[(4+8)/2]]x365x70}{100}$$

$$ANB = 28{,}360.50 \text{ บาท}$$

อัตราการคืนทุนกังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์

$$ROI = \frac{ANB-(T+C)x100\%}{P} \quad (4.41)$$

เมื่อ

ROI = อัตราการคืนทุน (เปอร์เซ็นต์)

ANB = ผลตอบแทนรายปี (28,360.5 บาท)

T = ค่าเสื่อมราคารายปี (3,847.50 บาท)

C = ค่าใช้จ่ายรายปี (600 บาท)

P = ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (85,500 บาท)

ดังนั้น

$$ROI = \frac{28{,}360.5-(3{,}847.50+600)x100\%}{85{,}500}$$

$$ROI = 27.96 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

ระยะเวลาการคืนทุนกรณีโซล่าเซลล์อย่างเดียว

$$P_p = \frac{P}{(P_{av} - P_u)} \quad (4.42)$$

เมื่อ

P_p = ระยะเวลาในการคืนทุน (ปี)

P = ค่าลงทุนเบื้องต้น (85,500 บาท)

P_{av} = รายได้เฉลี่ยตลอดทั้งปี (28,360.5 บาท)

P_u = ค่าใช้จ่ายตลอดทั้งปี (600 บาท)

ดังนั้น

$$P_p = \frac{85{,}500}{(28{,}360.5 - 600)}$$

$$P_p = 3.08 \text{ ปี}$$

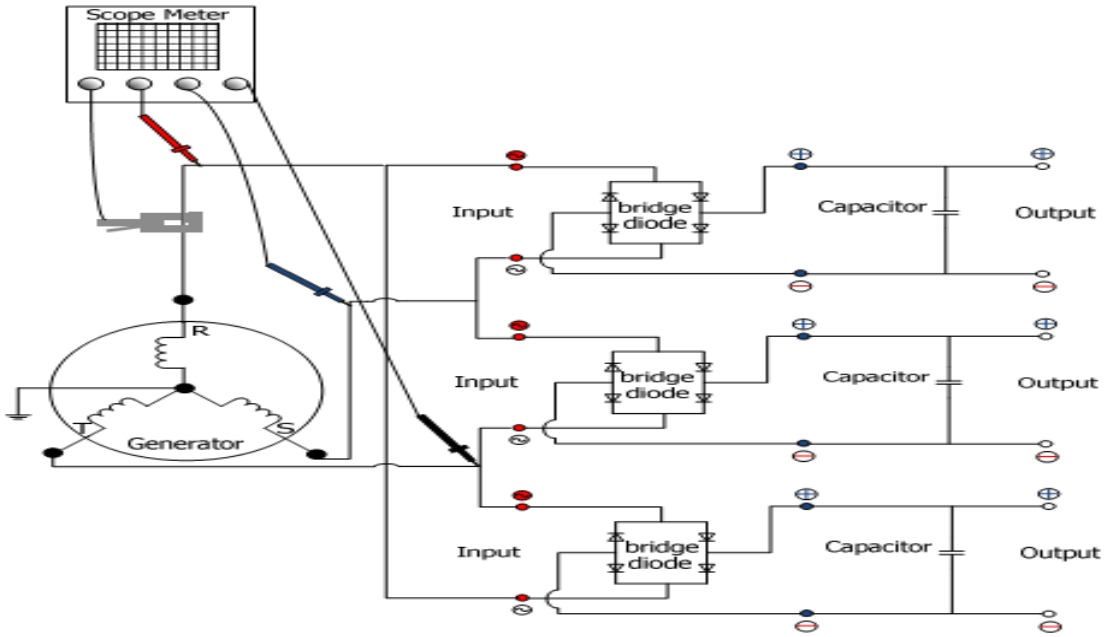
บทที่ 5
การทดสอบและการวิเคราะห์ผลการทดสอบ

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากกังหันลมแนวตั้งผสมโซล่าเซลล์ โดยทำการทดสอบในส่วนต่างๆ ทั้งในห้องทดลอง พลังงานลมและแสงอาทิตย์จากธรรมชาติ และนำผลการทดสอบที่ได้มาวิเคราะห์และปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่อไป

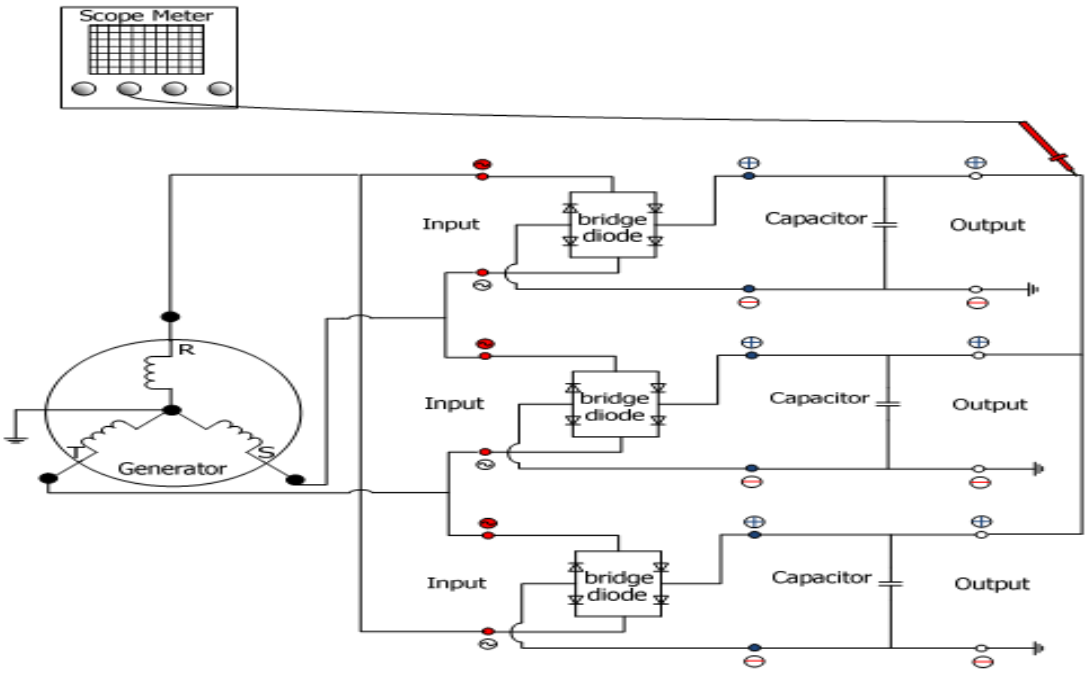
5.1 วิธีการทดสอบ

5.1.1 การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยการขับด้วยมอเตอร์กระแสตรงจำลองการหมุน

การทดสอบทำการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้ชุดต้นกำลังขับด้วยมอเตอร์เพื่อกำหนดรอบการหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และทำการหาค่าพิกัดแรงดันไฟฟ้า และ กำลังไฟฟ้า ตามที่ได้ออกแบบ โดยทำการวัดผลการทดลองด้วยเครื่องมือวัดทดสอบเพื่อดูรูปคลื่นสัญญาณของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับซึ่งทำการต่อวัดเครื่องมือวัดดังภาพประกอบ 23 และไฟฟ้ากระแสตรงได้ทำการต่อเครื่องมือวัดดังภาพประกอบ 23 ตามลำดับ ค่าที่ได้จากการทดสอบแสดงดังตาราง 13 และตาราง 24



ภาพประกอบ 24 การต่อเครื่องมือวัดทดสอบเพื่อวัดค่าไฟฟ้ากระแสสลับของเครื่องกำเนิด



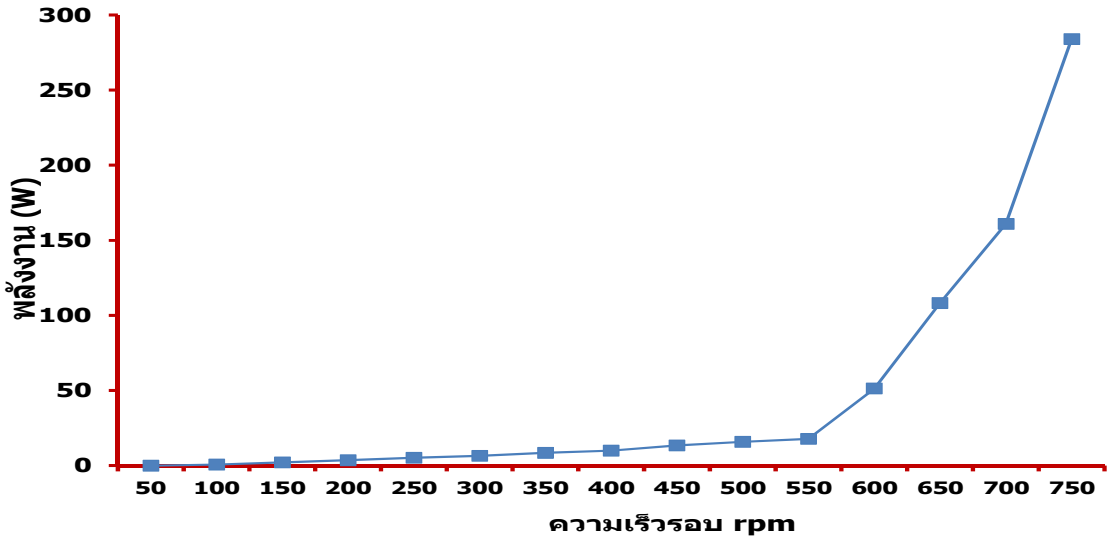
ภาพประกอบ 25 การต่อเครื่องมือวัดทดสอบเพื่อวัดค่าไฟฟ้ากระแสตรงหลังผ่านวงจรเรียงกระแส

ตาราง 12 การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยการขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ 10 – 100 รอบ

จำนวนรอบ	สภาวะไม่มีโหลด	สภาวะมีโหลด		
N (rpm)	VDC (V)	VDC (V)	I(A)	P(W)
10	0	0	0	0
20	0	0	0	0
30	0	0	0	0
40	0	0	0	0
50	0	0	0	0
60	0	0	0	0
70	0	0	0	0
80	1.41	1.27	0.08	0.1
90	2.33	1.98	0.17	0.33
100	3.52	3.2	0.21	0.67

ตาราง 13 การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยการขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ 50 – 750 รอบ

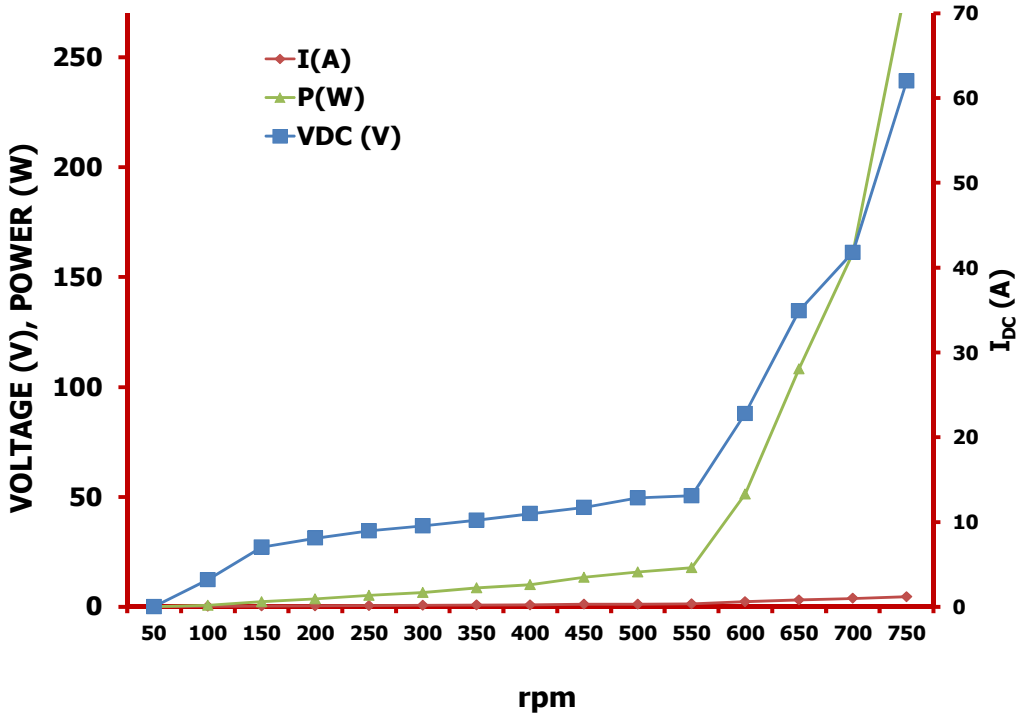
จำนวนรอบ	สภาวะไม่มีโหลด	สภาวะมีโหลด		
N (rpm)	VDC (V)	VDC (V)	I(A)	P(W)
50	0	0	0	0
100	3.52	3.2	0.21	0.67
150	7.3	7.02	0.32	2.25
200	8.4	8.1	0.44	3.56
250	9.2	8.95	0.59	5.28
300	9.8	9.53	0.68	6.48
350	10.41	10.21	0.84	8.57
400	11.24	10.98	0.91	9.99
450	12.3	11.72	1.15	13.48
500	13.2	12.84	1.23	15.79
550	13.9	13.1	1.36	17.81
600	23.1	22.8	2.25	51.30
650	35.4	34.9	3.06	108.22
700	42.2	41.8	3.85	160.93
750	63.3	62	4.58	283.96



ภาพประกอบ 26 กราฟแสดงการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยการขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์โดยเพิ่มความเร็วรอบจาก 50 – 750 รอบ

จากตาราง 12 สามารถนำค่าของกำลังไฟฟ้าเทียบกับความเร็วรอบ เพิ่มขึ้นทุกๆ 50 รอบต่อนาที ตั้งแต่จำนวน 50 รอบ ถึง 750 รอบ จากการวัดผลการทดลองตามภาพประกอบ 25 จากผลการทดสอบพบว่าค่าของกำลังไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบดังภาพประกอบ 26

จากตาราง 13 สามารถนำค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า กระแสตรงหลังจากผ่านวงจรเรียงกระแส เทียบกับความเร็วรอบ เพิ่มขึ้นทุกๆ 50 รอบต่อนาที ตั้งแต่จำนวน 50 รอบ ถึง 750 รอบ จากการวัดผลการทดลองตามภาพประกอบ 24 จากผลการทดสอบพบว่าค่าของแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า และค่ากำลังไฟฟ้าเทียบกับความเร็วรอบ มีค่าแปรผันตรงกับค่าความเร็วรอบ ดังภาพประกอบ 26



ภาพประกอบ 26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าของแรงดัน กระแส และกำลังไฟฟ้าต่อความเร็วรอบจากตาราง 12

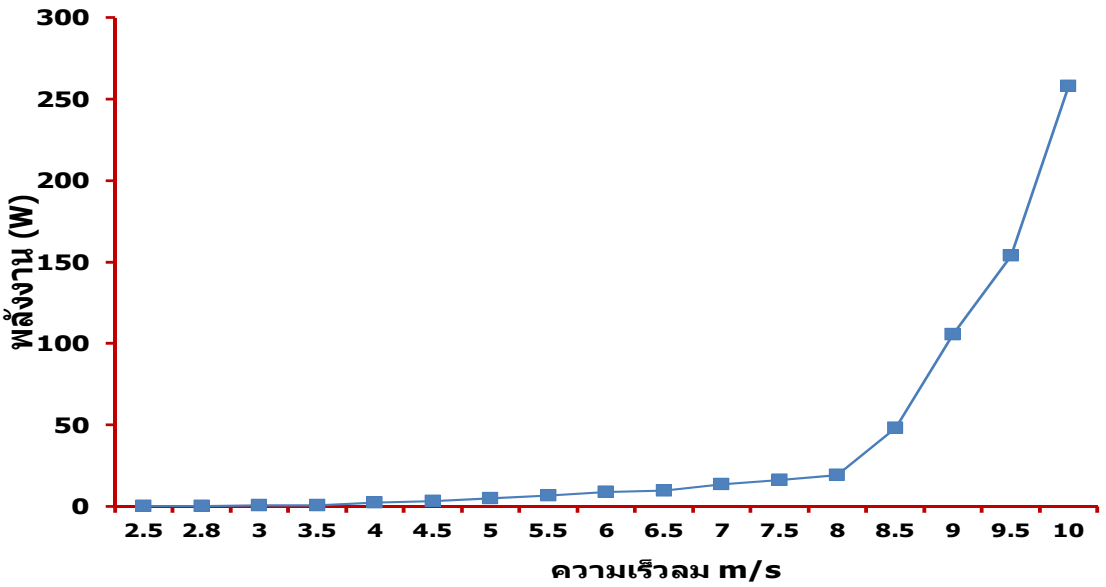
5.1.2 การทดสอบกังหันลมแนวตั้งผสมกับโซล่าเซลล์

ตาราง 14 การทดสอบกังหันลมแนวตั้งที่ความเร็วลมตั้งแต่ 2.5 เมตรต่อวินาที ถึง 10 เมตรต่อวินาที

ความเร็วลม	จำนวนรอบ	VDC (V)	I(A)	P(W)
m/s	N (rpm)			
2.5	43	0	0	0
2.8	81	1.32	0.09	0.12
3	94	2.01	0.19	0.38
3.5	109	3.1	0.21	0.65
4	148	6.98	0.31	2.16
4.5	207	7.89	0.42	3.31
5	245	8.9	0.56	4.98
5.5	309	9.53	0.69	6.58
6	362	10.32	0.84	8.67
6.5	394	10.78	0.91	9.81
7	445	11.65	1.15	13.40
7.5	512	12.9	1.24	16.00
8	560	13.8	1.38	19.04
8.5	589	21.56	2.22	47.86
9	646	34.5	3.06	105.57
9.5	680	39.98	3.85	153.92
10	741	58.9	4.38	257.98

จากตาราง 14 เป็นการทดสอบกังหันลมแนวตั้งที่ความเร็วลมตั้งแต่ 2.5 เมตรต่อวินาที ถึง 10 เมตรต่อวินาที เพิ่มขึ้นครั้งละ 0.5 เมตรต่อวินาที เพื่อทำการศึกษาความสัมพันธ์ของความเร็วลม ความเร็วรอบของกังหัน และกำลังไฟฟ้าที่ได้ กังหันลมเริ่มหมุน 43 รอบต่อนาที ที่ค่าความเร็วลม 2.5 เมตรต่อวินาที และเมื่อความเร็วลมที่ 2.8 เมตรต่อวินาที กังหันลมหมุนที่ความเร็วรอบ 81 รอบต่อนาที เริ่มผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 0.12 วัตต์ ที่ค่าความเร็วลม 10 เมตรต่อวินาที กังหันหมุนที่ความเร็วรอบ 741 รอบต่อนาที ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 257.98 วัตต์ ซึ่งเป็นไปตามค่าที่ทำการออกแบบไว้ 250 วัตต์

ซึ่งค่าที่ได้จากการทดสอบจากตาราง 13 ดังแสดงในภาพประกอบ 5.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและพลังงานไฟฟ้าที่ได้



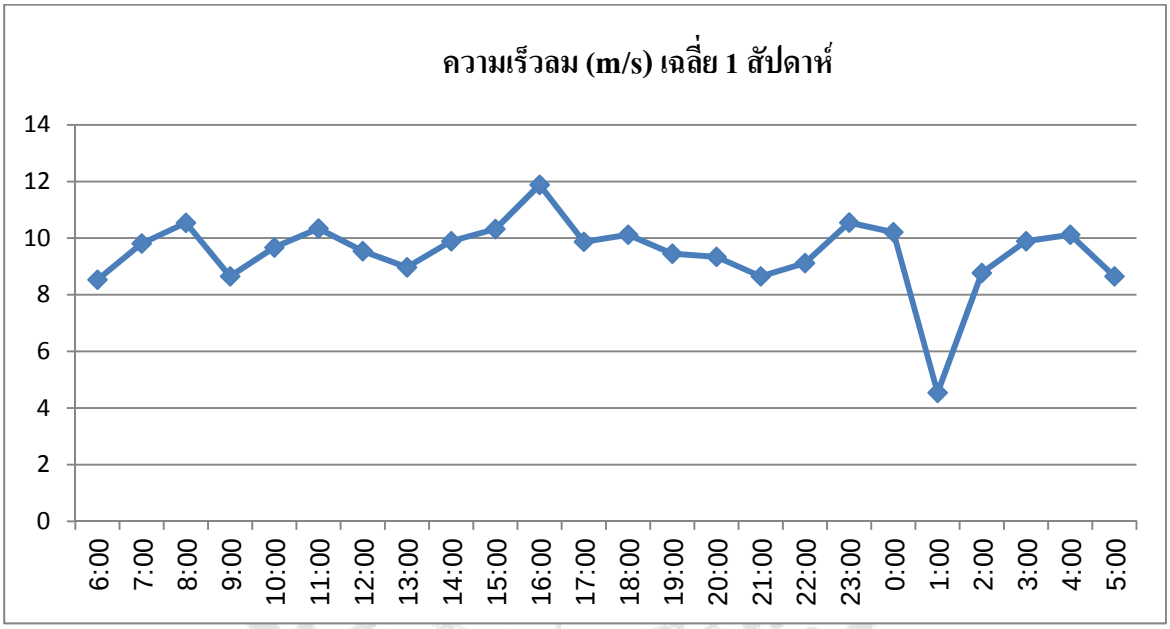
ภาพประกอบ 27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของกังหันลมระหว่างค่าความเร็วรอบ และกำลังไฟฟ้าจากตาราง 14

5.1.3 การวัดค่าความเร็วลมที่จุดติดตั้งกังหัน

ตาราง 15 การวัดค่าความเร็วลมที่จุดติดตั้งกังหัน ภายใน 24 ชั่วโมง เฉลี่ย 1 สัปดาห์

เวลา	ความเร็วลม m/s	เวลา	ความเร็วลม m/s	เวลา	ความเร็วลม m/s	เวลา	ความเร็วลม m/s
6:00	8.53	12:00	9.54	18:00	10.12	0:00	10.21
7:00	9.81	13:00	8.97	19:00	9.45	1:00	4.54
8:00	10.54	14:00	9.89	20:00	9.34	2:00	8.77
9:00	8.65	15:00	10.32	21:00	8.65	3:00	9.89
10:00	9.67	16:00	11.88	22:00	9.12	4:00	10.12
11:00	10.34	17:00	9.87	23:00	10.55	5:00	8.65

จากตาราง 15 การวัดค่าความเร็วลมที่จุดติดตั้งกังหัน ภายใน 24 ชั่วโมง เฉลี่ย 1 สัปดาห์ เพื่อนำค่าความเร็วลมที่ได้มาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับผลการออกแบบกังหันลม พบว่าความเร็วลมในจุดที่ทำการติดตั้งทดสอบ สามารถทำให้กังหันลมผลิตกำลังไฟฟ้าได้ 257 วัตต์ จากภาพประกอบ 5.6 แสดงให้เห็นว่าค่าความเร็วลมเฉลี่ยที่ 9.47 เมตรต่อวินาที ซึ่งมีผลให้กังหันลมสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ตามที่ได้ทำการออกแบบไว้ เมื่อความเร็วลมมีค่า 12 เมตรต่อวินาที จะทำการล็อคโรเตอร์เพื่อป้องกังกังหันลมเกิดความเสียหายจากพายุ

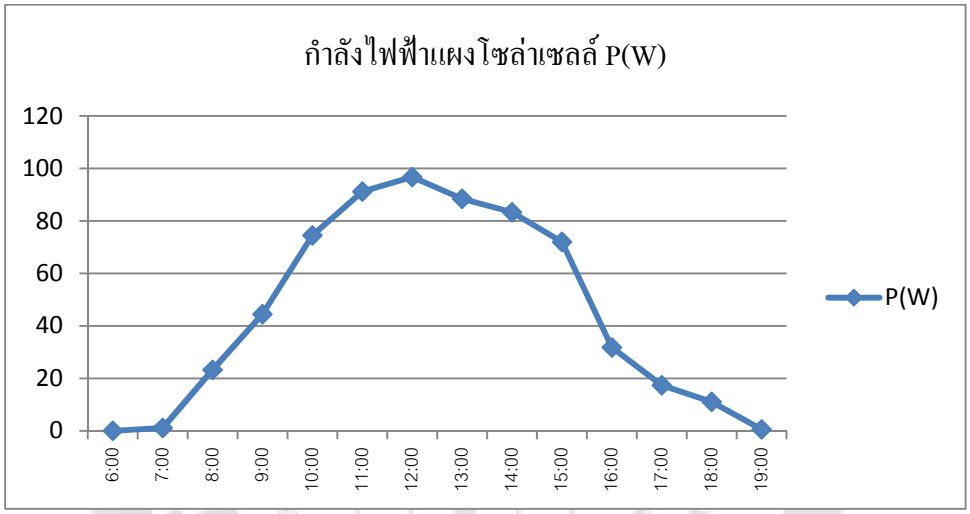


ภาพประกอบ 28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมภายใน 24 ชั่วโมง เฉลี่ย 1 สัปดาห์

ตาราง 16 การวัดค่ากำลังไฟฟ้าแผงโซล่าเซลล์ขนาด 120 วัตต์ เฉลี่ย 1 เดือน

เวลา	VDC (V)	I(A)	P(W)	เวลา	VDC (V)	I(A)	P(W)
6:00	11	0	0	13:00	37	2.39	88.43
7:00	12.4	0.09	1.12	14:00	35	2.38	83.30
8:00	14.8	1.57	23.24	15:00	32	2.25	72.00
9:00	22.56	1.97	44.44	16:00	17	1.87	31.79
10:00	34.8	2.14	74.47	17:00	14	1.24	17.36
11:00	38	2.4	91.20	18:00	8	1.38	11.04
12:00	39	2.48	96.72	19:00	2	0.28	0.56

จากตาราง 16 การวัดค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของแผงโซล่าเซลล์ขนาด 120 วัตต์ พบว่าสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เฉพาะในช่วงเวลากลางวันที่มีแสงแดดเท่านั้น ในช่วงเวลากลางคืนและช่วงที่มีฝนตกหนักแผงโซล่าเซลล์จะไม่สามารถทำงานได้ จากภาพประกอบที่ 29 แสดงให้เห็นว่าช่วงเวลา 7:00 น. แผงโซล่าเซลล์เริ่มรับแสงและผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ ช่วงเวลา 9:00 น. – 16:00 น. แผงโซล่าเซล์สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยได้ 72 วัตต์ หลังจากนั้นสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้แต่มีประสิทธิภาพต่ำไม่เพียงพอต่อการใช้งาน



ภาพประกอบ 29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและกำลังไฟฟ้าแผงโซล่าเซลล์

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากกังหันลมแนวตั้งผสมโซล่าเซลล์ที่ได้จากพลังงานลมและแสงอาทิตย์จากธรรมชาติ ในการวิจัยครั้งนี้ได้สร้างกังหันลมแนวตั้งผสมกับโซล่าเซลล์ เพื่อใช้ในสถานที่ห่างไกลจากระบบสายส่งของการไฟฟ้า ตามเกาะที่เป็นแหล่งท่องเที่ยวต่างๆ ที่มีลมพัดผ่านและมีแสงแดดส่องตลอดทั้งปี

6.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้ประกอบด้วยการออกแบบอุปกรณ์หลัก 2 ระบบ ประกอบด้วยส่วนของกังหันลมแนวตั้งและระบบโซล่าเซลล์ ซึ่งทั้งนี้ ได้มีการทดสอบและเก็บผลการวิจัย โดยแบ่งเป็นส่วนต่างๆ 3 ส่วน คือ การทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยการขับด้วยมอเตอร์กระแสตรงจำลองการหมุน การทดลองกังหันลมจากแรงลมธรรมชาติ และการทดลองระบบโซล่าเซลล์ ทั้งนี้พบว่าในส่วนของการทดสอบกังหันลม ค่าที่ได้จากการทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยการขับด้วยมอเตอร์กระแสตรงจำลองการหมุนกับค่าที่ได้จากการทดลองกังหันลมจากแรงลมธรรมชาติ มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ออกแบบไว้ และทดลองการประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ชนิด Deep Cycle ขนาด 12 โวลท์ 125 แอมป์-ชั่วโมง (12 V 125Ah)

การทดลองระบบโซล่าเซลล์และการทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยการขับด้วยมอเตอร์กระแสตรงจำลองการหมุน ทำการทดลองโดยเพิ่มโหลดแต่ละชนิดตามกำลังวัตต์ที่กำหนด โดยใช้หลอดไฟฟ้าและโหลดที่กำหนด พร้อมทั้งทดลองการประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่

6.1.1 สรุปผลการทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยการขับด้วยมอเตอร์กระแสตรงจำลองการหมุน

จากการศึกษาวิจัยการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยการขับด้วยมอเตอร์กระแสตรงจำลองการหมุน พบว่าการทดลองชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขณะที่ไม่มีโหลด ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าจะมีค่าแปรผันตรงกับค่าความเร็วรอบของการหมุน และเมื่อทำการทดลองเพิ่มโหลดกับชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพบว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ได้จะมีค่าแปรผกผันลดลง ในขณะที่ค่าของกระแสและค่าของแรงบิด มีค่าสูงขึ้น

ซึ่งออกแบบให้สามารถผลิตไฟฟ้ากระแสตรงได้ขนาด 250 วัตต์ ทำการทดลองโดยการขับด้วยมอเตอร์ที่ความเร็วรอบต่างๆ ตั้งแต่ 10 – 100 รอบ และ 50 - 750 รอบ สามารถผลิตไฟฟ้ากระแสตรงได้ขนาด 283.96 วัตต์ พบว่าผลที่ได้จากการทดสอบมีค่าสูงกว่าผลที่ได้จากการออกแบบ 33.96 วัตต์

6.1.2 สรุปผลการทดลองกังหันลมจากแรงลมธรรมชาติ

จากการใช้งานจริงพบว่ากังหันเริ่มหมุนที่ความเร็วลมประมาณ 2.8 เมตรต่อวินาที โดยขณะที่ไม่ได้ต่อโหลด เมื่อความเร็วมีค่าสูงขึ้น ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าจะมีค่าแปรผันมากขึ้นตามไปด้วย ขณะที่ความเร็วลมเปลี่ยนไปต่างๆกันมีค่าความเร็วรอบไม่สม่ำเสมอ ทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ได้ในการชาร์จแบตเตอรี่มีค่าไม่สม่ำเสมอ เมื่อมีการเพิ่มโหลดสูงขึ้นค่าของแรงเคลื่อนไฟฟ้าจะมีค่าแปรผกผันลงต่ำลง แต่ค่าของกระแสจะมีค่าเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ขึ้นกับการหมุนของใบกังหัน ช่วงที่ความเร็วลมมีค่าต่ำมากๆ ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ได้จะแตกต่างกันเล็กน้อยที่โหลดชนิดต่างๆกัน เมื่อค่าความเร็วลมมีค่าสูงขึ้น ทำให้ความเร็วรอบในการหมุนของกังหันมีค่าใกล้เคียงสม่ำเสมอกัน

เมื่อทำการทดลองประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ ที่ค่าความเร็วลม 10 เมตรต่อวินาที กังหันหมุนที่ความเร็วรอบ 741 รอบต่อนาที ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 257.98 วัตต์ ซึ่งเป็นไปตามค่าที่ทำการออกแบบไว้ 250 วัตต์ จากการทดลองใช้งานจริงพบว่ากังหันลมและระบบโซล่าเซลล์สามารถผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้งานได้วันละ 12 หน่วย (kWh)

6.1.3 สรุปผลการทดลองระบบโซล่าเซลล์

จากการทดลองจริงพบว่าค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้ในแต่ละวันมีค่าคงที่ไม่สม่ำเสมอโดยขึ้นกับฤดูการเป็นสำคัญ ทั้งนี้ตำแหน่งการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์มีความสำคัญมาก ซึ่งช่วงเวลาที่แผ่นโซล่าเซลล์รับแสงมีข้อจำกัดเนื่องจากการออกแบบและติดตั้งเป็นแบบคงที่

6.1.4 สรุปผลการทดลองกังหันลมแนวตั้งผสมโซล่าเซลล์

จากการทดลองใช้งานจริงที่ จังหวัดกาญจนบุรี พบว่ากังหันลมและระบบโซล่าเซลล์ สามารถผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้งานได้ดีสำหรับการตั้งแคมป์พักเป็นจุดตรวจ จากการประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า การออกแบบและการสร้างกังหันลมแนวตั้งผสมกับโซล่าเซลล์ สร้างจากวัสดุอุปกรณ์ที่สามารถซื้อหาและสร้างเองได้ง่าย โดยใช้เงินลงทุนในการสร้างดังกล่าวต่อชิ้นรวมเป็นเงินทั้งสิ้น 80,500 บาท อายุการใช้งาน 20 ปี ค่าบำรุงรักษาต่างๆรวมแบตเตอรี่เฉลี่ยประมาณปี 600 บาท มูลค่าซาก 8,050 บาท ไม่มีค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิง ผลิตไฟฟ้าที่ทำให้เกิดการประหยัดพลังงานมากที่สุดประมาณ 12 หน่วยต่อวัน (kWh) ความเป็นไปได้ของผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับ 70 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาคืนทุนประมาณ 3.31 ปี ในการทดลองกังหันลมแนวตั้งผสมกับโซล่าเซลล์ ณ จุดที่ติดตั้งทดสอบ คุ้มค่ากับการลงทุน

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 ด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จากการทดลองนี้สามารถนำไปขยายผลเพิ่มเติม โดยการศึกษาออกแบบโดยเพิ่มจำนวนรอบของขดลวด ใช้ลวดทองแดงขนาดใหญ่ขึ้น และ เพิ่มจำนวนแม่เหล็กให้มากขึ้น ให้เหมาะสมกับสภาพแรงลมในแต่ละพื้นที่ เพื่อให้ได้ค่ากำลังไฟฟ้าตามที่ต้องการ

6.2.2 ด้านใบพัดของกังหันลม สามารถทำการออกแบบให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่แต่ละแห่งต่อไป เช่น บริเวณชายทะเลควรหลีกเลี่ยงวัสดุที่ทำจากโหละที่ทำให้เกิดสนิมได้

6.2.3 ด้านระบบโซล่าเซลล์ ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้ในแต่ละวันมีค่าไม่คงที่สม่ำเสมอและไม่สามารถชาร์จไฟได้ในช่วงเวลากลางคืน โดยขึ้นกับฤดูการเป็นสำคัญ ทั้งนี้ตำแหน่งการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์มีความสำคัญมาก ซึ่งช่วงเวลาที่แผ่นโซล่าเซลล์รับแสงมีข้อจำกัดเนื่องจากการออกแบบและติดตั้งเป็นแบบคงที่ ควรปรับปรุงให้เป็นแบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ชาตรี คอยแก่น. (2544). *สมรรถนะแรงยกของโรเตอร์ออโตไจโรโหมด โดยใช้ทฤษฎีเบลดอิลิเมนท์.* วิทยานิพนธ์ วศ.ม.(วิศวกรรมเครื่องกล). เชียงใหม่: สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.

ชนะพันธ์ คงนาม. (2554). *การวางแผนและดำเนินการที่เหมาะสมที่สุดของโรงไฟฟ้ากังหันลมที่มีความเร็วลมไม่แน่นอน.* วิทยานิพนธ์ ปร.ด. (วิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง). เชียงใหม่: ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.

เดช ดำรงศักดิ์ และคณะ. (2547). *การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลมสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า.* ปริญญานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล). เชียงใหม่: ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.

ติณกร ภูวดิน. (2547). *สมรรถนะแรงยกของโรเตอร์ในสภาวะออโตไจโร ซึ่งมีภาคตัดปีกแบบมีแคมเบอร์โดยใช้ทฤษฎีเบลดอิลิเมนท์.* วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล). เชียงใหม่: สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.

ธานินทร์ เหลืองศิริ. (2552). *การพัฒนาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำที่ใช้ระบบแรงขับจากลมธรรมชาติ.* วิทยานิพนธ์ อส.บ (วิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง). กรุงเทพฯ: ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.

ธเนศ ไชยชนะ. (2553). *การออกแบบและพัฒนาระบบกังหันลมแกนตั้งขนาดเล็ก เพลาร่วมแกนหมุนสวนทางกันเพื่อใช้ผลิตไฟฟ้า.* วิทยานิพนธ์ วศ.ด. (วิศวกรรมพลังงาน). เชียงใหม่: ภาควิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.

ธรรมศักดิ์ ม่วงศรี. (2555). *การผลิตไฟฟ้าจากคลื่นน้ำในคลอง.* วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า). กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. ต้นฉบับ.

ธรรมศักดิ์ ม่วงศรี ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล,"การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากคลื่นน้ำในคลอง" การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 33(EECON-33), เชียงใหม่, ธันวาคม 2553. หน้า 401 – 404. ต้นฉบับ.

ธรรมศักดิ์ ม่วงศรี ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล วิจิตร กิณเรศ,"การออกแบบและสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากคลื่นน้ำในคลอง" การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 34(EECON-34), ชลบุรี, ธันวาคม 2554. หน้า 305 – 308. ต้นฉบับ.

ธวัชชัย พัฒชนะ. (2544). *การศึกษาและประเมินสมรรถนะปีกหมุนที่ทำงานในโฮเวอร์โหมดด้วยทฤษฎีเบลดอิลิเมนท์*. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล).เชียงใหม่: สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.ถ่ายเอกสาร.

บรรจบ สุขประภาภรณ์. (2555). *พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์และการออกแบบระบบโซล่าเซลล์*. เชียงราย: คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย. ถ่ายเอกสาร.

ปฏิวัติ โพธิ์ชุ่ม. (2548). *แรงกระทำตอบโต้ทางอากาศพลศาสตร์ระหว่างทรงกลมที่อยู่ติดกัน*. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล). สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ถ่ายเอกสาร.

ปราโมทย์ เดชะอำไพ. (2534). *ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขในงานวิศวกรรม*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ถ่ายเอกสาร.

ปริชญ์ พรหมรักษ์ และคณะ. (หน้า 25 – 27). *การปรับปรุงและพัฒนาระบบกังหันลมผลิตไฟฟ้า*. โครงงานวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร. ถ่ายเอกสาร.

พนิตา เจตบำเพ็ญกุล และคณะ. (2549). *พลังงานทางเลือกกังหันลมแนวตั้ง*. โครงงานหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเคมี). ขอนแก่น: ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.

พงษ์ศิริ จรุยนนท์. (2546). *การปรับปรุงและประเมินสมรรถนะของใบพัดรูปแพนอากาศสำหรับอุโมงค์ความเร็วต่ำ*. วศ.ม.(วิศวกรรมเครื่องกล) เชียงใหม่: สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.ถ่ายเอกสาร.

ยุทธชัย เกี้ยวสันเทียะ และคณะ (2547). *การศึกษาและการพัฒนากังหันลม สำหรับการสูบน้ำ ในประเทศไทย*. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการเครือข่าย วิศวกรรมเครื่องกล แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 18 มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.

วิรชัย โรยนรินท์. (2552). *กังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าบนถนน*. รายงานสรุปโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์. ปทุมธานี: ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. ถ่ายเอกสาร.

วีลพ รอสวัสดิ์ และคณะ. (2543). *การออกแบบกังหันลมซาโวเนียสจากถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร*. โครงงานวิศวกรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ: สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

สำเริง เพ่งศรี. (2551).*พัฒนาเครื่องต้นแบบการใช้พลังงานลมผลิตไฟฟ้า*. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัย และพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. ถ่ายเอกสาร.

สรศักดิ์ คำวัง และคณะ. (2551).*กังหันลมแกนดิ่งสูบน้ำ*. สืบค้นเมื่อ 25 มีนาคม 2554, จาก http://tiac.or.th.

สมจิต ชินะใจ และ สัมพันธ์ ไชยเทพ. (2549). *การออกแบบกังหันลมแกนตั้งโดยใช้ครอบเสริมกั้นบังคับลมเข้า*. บทความประชุมสัมมนาวิชาการวิศวกรรมยานยนต์ ครั้งที่ 3 .ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค. สมาคมวิศวกรรมยานยนต์ไทย. กรุงเทพฯ ถ่ายเอกสาร.

เสถียร วงค์สารเสริฐ.(2520). *การออกแบบและสร้างกังหันลมขนาดเล็กแบบประหยัด*. วิทยานิพนธ์ วศ.ม.(วิศวกรรมเครื่องกล).กรุงเทพฯ: สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

เอกสาร.อุสาห์ บุญบำรุง. (2547). *ระบบต้นแบบการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมสำหรับบริเวณที่มีความเร็วลม ต่ำ*. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน. ถ่ายเอกสาร.

A.E. Fitzgerald, Charles Kingsley, Jr., Stephen D. Uman *" Electric Machinery "* Sixth Edition Mcgraw-Hill, 2003.

Allan, S. 2007. Undershot Water Wheel. [Online]. Available: http://www.builditsolar.com/ Projects/Hydro/UnderShot/WaterWheel.htm. (27/12/1978).

Boyle, G. 1996. Renewable Energy Power for a Sustainable Future. Oxford University Press. New York. USA.

Chen, J., Nayar, C.V., and Xu, L. 2000. Design and Finite Element Analysis of an Outer Rotor Permanent Magnet Generator for Directly Coupled Wind Turbines. IEEE Trans. Magn., 36(5), pp3802–3809.

Davis Lindsey. 1996. Ford End Watermill. [Online]. Available: http://www.fordendwatermill. co.uk/guide.html

E.H Lysen.“ Introduction of wind Energy”. Ministry of Development Co-Operation Amersfoort, The Netherland, 1982

E.John Finnemore , Joseph B. Franzini. “Fluid Mechanics”.Tenth Edition, McGraw Hill New York, 2002.

Garrison F. Price, Todd D. Batzel, Mihai Comanescu and Bruce A. Muller, *“Design and Testing of a Permanent Magnet Axial Flux Wind Power Generator,”* The 2008 IAJC-IJME International Conference.

Garman, P. 1986. Water current turbines: a fieldworker’s guide. Intermediate Technology Publishing. UK. ISBN: 0946688273.

Geraldo, L. and Tiago F. 2003. The State of Art of Hydrokinetic Power in Brazil. International Small Hydro Technologies, Pre-Conference Workshop, Buffalo, NY. USA.

Gorlov, A.M. 2004. Harnessing Power from Ocean Currents and Tides. Sea Technology, 45(7), pp40–43.

Habali M. and Saleh L.A.“ Design and Testing of small Mixed Airfoil Wind Turbine Blades”. Renewable Energy, 6:161-169,1995.

Hearn, I.R., Graber, B.W., Lewis, C.W. and Forsyth, A.G. 1992. A rugged simplistic reliable micro hydro generation system. AFRICON'92 Proceedings. 3rd AFRICON Conference. ESKOM, Cleveland. pp434-437.

Home Power Systems. 2008. [Online]. Available:http://www.homepower.ca/ac_hydro.htm. (12/08/2008).

Hunsen, R.D. 2007. Water wheels. [Online]. Available: http://www.waterhistory.org/histories /waterwheels/i.

Irina A. Ivanova, Olov Ågren, Hans Bernhoff, *“Simulation of Wave – Energy Converter With Octagonal Linear Generator,”* IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 30 , No. 3, pp. 619-627, July 2005.

I. A. Ivanova, O. Ågren, H. Bernhoff, and M. Leijon, *“Simulation of a 100 kW permanent magnet octagonal linear generator for ocean wave conversion,”* in 5th Eur. Wave Energy Conf., Cork, Ireland, 2003.

John F. Walker , Nicholas Jenkins. “ Wind Energy Technology”. Jonh Willy & Son , London,1997.

Jennings, P. 2009. New Directions in Renewable Energy Education. Renewable Energy, Vol.34, pp435-439.

Kandpal, T.C. and Garg, H.P. 1998. Renewable Energy Education for Technicians/Mechanics. Renewable Energy, Vol. 14, pp393-400.

Kansas Wind Power. 2009. [Online]. Available: http://www.kansaswindpower.net/

Khan, M.J., Iqbal, M.T. and Quaicoe, J.E. 2008. River Current Energy Conversion Systems: Progress, Prospects and Challenges. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol.12, pp2177-2193.

M. Leijon, H. Bernhoff, O. Ågren, J. Isberg, J. Sundberg, M. Berg, K.-E. Karlsson, and A.Wolfbrandt, *“Multi-physics simulation of wave energy to electric energy conversion by permanent magnet linear generator,”* IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 20, No. 1, pp. 219–224, Mar. 2005.

Nilsson, K., Segergren, E. and Leijon, M. 2003. Simulation of Direct Drive Generators Designed for Underwater Vertical Axis Turbines. Presented at the fifth European wave energy conference. Cork, Ireland. pp175-180.

Nilsson, K., Segergren, E., Sundberg, J., Sjostedt, E. and Leijon, M. 2004. Converting Kinetic Energy in Small Water Courses using Direct Drive Generators. Presented at OMAE 2004, 23rd International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering. Vancouver, Canada. OMAE2004–51213.

Palmer Cosslett Putnam.“ Power From The Wind”. S. Morgan Smith Company:Boston , 1947

Robert W. Fox Alan T. McDonald.“ Introduction to Fluid Mechanics”. School of Mechanical Engineering Purdue University. John Willy & Sons New York,1994.

Robert L. Daigherty. Joseph B. Franzini. E. John Finnemore.“Fluid Mechanics with Engineerning Applications”.McGraw-Hill Book Co, Singapore, 1998.

Radkey, R.L. and Hibbs, B.D. 2005. Definition of cost effective river turbine designs. Technical Report AV-FR-81/595(DE82010972), Report for U.S. Department of Energy, Aerovironment Inc., Pasadena, California. USA.

Renewable Energy. 2009. [Online]. Available: http://www.renewableenergyworld.com/rea/home Ristinen, R.A. and Kraushaar, J.J. 1999. Energy and the Environment. John Wiley & Sons. New York.

Segergren, E. 2005. Direct drive generator for renewable power conversion from water currents. Ph.D. Thesis, Uppsala University. Sweden.

Segergren, E., Nilsson, K., and Leijon, M. 2005. Permanent magnetized generator for marine current power conversion– proposed experimental setup. Presented at OMAE2005. Halkidiki, Greece. OMAE2005–67390.

Shepherd, W. and Shepherd, D.W. 1998. Energy Studies. World Scientific Publishing Company. Singapore.

S.S. Murthy , B.P. Singh ., *“ Studies on the Conventional Induction Motor as self-excited Induction Generators”,* IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 3 , No. 4, pp. 842-848, December 1988

Sercan Teleke, Subhashish Bhattacharya and Alex Q. Huang, *“Optimal Control of Battery Energy Storage for Wind Farm Dispatching,”* IEEE trans. on Energy Conversion, 2009.

V.H.Morcos and O.M.E Abdel-Hafez. “Testing of an arrow – head vertical – Axis wind Turbine Model”. Mechanical Engineering Department , Assiut University, Assiut , Egypt.1995.

The Encyclopedia of Alterative Energy and Sustainable Living. 2009. Deriaz Turbine. [Online]. Available: http://www.daviddarling.info/encyclopedia/D/AE_Deriaz_turbine.html

Total Alternative Power. 2008. Water Turbines. [Online]. Available: http://www.totalalternative power.com/faqwater.htm

Watts, M. 2001. Water Power: The Undershot Waterwheel and Pelton Wheel. Shire Publication, Princess Risborough. UK.

Yuksel, I. 2009. Hydropower for sustainable water and energy development. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Article in Press.

สื่อสารสนเทศออนไลน์: สืบค้นเมื่อ 18 มีนาคม 2554, จาก http://www.integralsystems.org

สื่อสารสนเทศออนไลน์: สืบค้นเมื่อ 18 มีนาคม 2554, จาก http://solar-wind-nature-energy.com

สื่อสารสนเทศออนไลน์: สืบค้นเมื่อ 18 มีนาคม 2554, จาก http://www.hkengineer.org.hk

สื่อสารสนเทศออนไลน์: สืบค้นเมื่อ 18 มีนาคม 2554, จาก http://www.trec-uk.org.uk

สื่อสารสนเทศออนไลน์: สืบค้นเมื่อ 19 มีนาคม 2554, จาก http://www.engineeringnews.co.za

สื่อสารสนเทศออนไลน์: สืบค้นเมื่อ 19 มีนาคม 2554, จาก http://infranetlab.org

สื่อสารสนเทศออนไลน์: สืบค้นเมื่อ 19 มีนาคม 2554, จาก http://www.naturalnews.com

สื่อสารสนเทศออนไลน์: สืบค้นเมื่อ 19 มีนาคม 2554, จาก http://www.sikaienergy.com

สื่อสารสนเทศออนไลน์: สืบค้นเมื่อ 19 มีนาคม 2554, จาก http://en.wikipedia.org/wiki/Photovoltaics

สื่อสารสนเทศออนไลน์: สืบค้นเมื่อ 22 มีนาคม 2554, จาก http://nsthai.com/howtobuy_solar.htm

สื่อสารสนเทศออนไลน์: สืบค้นเมื่อ 22 มีนาคม 2554, จาก http://www.pv.unsw.edu.au

สื่อสารสนเทศออนไลน์: สืบค้นเมื่อ 25 มีนาคม 2554, จาก http://http://www.egat.co.th

สื่อสารสนเทศออนไลน์: สืบค้นเมื่อ 25 มีนาคม 2554, จาก http://science.nasa.gov/headlines/y2002/ solarcells.htm

สื่อสารสนเทศออนไลน์: สืบค้นเมื่อ 25 มีนาคม 2554, จาก http://www.ecvv.com

สื่อสารสนเทศออนไลน์: สืบค้นเมื่อ 26 มีนาคม 2554, จาก http://www.true-solar.com

สื่อสารสนเทศออนไลน์: สืบค้นเมื่อ 26 มีนาคม 2554, จาก http://www.ecvv.com

สื่อสารสนเทศออนไลน์: สืบค้นเมื่อ 26 มีนาคม 2554, จาก http://www.true-solar.com

สื่อสารสนเทศออนไลน์: สืบค้นเมื่อ 20 เมษายน 2554, จาก http://www.igetweb.com

สื่อสารสนเทศออนไลน์: สืบค้นเมื่อ 20 เมษายน 2554, จาก http://www.storageimage.com

สื่อสารสนเทศออนไลน์: สืบค้นเมื่อ 20 เมษายน 2554, จาก http://sst.tarad.com

สื่อสารสนเทศออนไลน์: สืบค้นเมื่อ 20 เมษายน 2554, จาก http://www.mpoweruk.com

สื่อสารสนเทศออนไลน์: สืบค้นเมื่อ 20 เมษายน 2554, จาก http://www.serve.kipoint.com.tw

สื่อสารสนเทศออนไลน์: สืบค้นเมื่อ 23 เมษายน 2554, จาก http://www2.egat.co.th/re/solarcell/solarcell.htm

สื่อสารสนเทศออนไลน์: สืบค้นเมื่อ 23 เมษายน 2554, จาก http://www.homesolarwindpower.com

สื่อสารสนเทศออนไลน์: สืบค้นเมื่อ 25 เมษายน 2554, จาก http://www.directindustry.com

สื่อสารสนเทศออนไลน์: สืบค้นเมื่อ 25 เมษายน 2554, จาก http://www.solarnavigator.net

สื่อสารสนเทศออนไลน์: สืบค้นเมื่อ 25 เมษายน 2554, จาก http://www.ledinside.com

สื่อสารสนเทศออนไลน์: สืบค้นเมื่อ 26 เมษายน 2554, จาก http://lifekills.wordpress.com

สื่อสารสนเทศออนไลน์: สืบค้นเมื่อ 26 เมษายน 2554, จาก http://www.are101.org.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

งานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่

การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 10
วันที่ 4-6 มิถุนายน พ.ศ. 2557 ม.สงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา

กังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์สำหรับพลังงานชุมชน

Vertical Axis Wind Turbine and Solar Cell Hybrid for Community Energy

นายธรรมศักดิ์ ม่วงศรี[1,*], ปฐมทัศน์ จิระเดชะ[1] และ วรางคณา จุติดำรงค์พันธ์[2,3]

[1]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 114 ซอยสุขุมวิท 23 ถนนสุขุมวิท แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10110
[2]ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย เครือข่ายภาคใต้
[3]คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110
* E-mail: thamnasak.m@hotmail.com เบอร์โทรศัพท์ 086-086-8690

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้ศึกษาพลังงานทดแทนจากธรรมชาติ โดยการผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งออกแบบโดยใช้พลังงานลมจากกังหันลมแนวตั้งขนาด 250 วัตต์ และพลังงานแสงอาทิตย์จากแผงโซล่าเซลล์ขนาด 120 วัตต์ ซึ่งการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ได้นำไปใช้ในชนบทที่ห่างไกลจากสายส่งของการไฟฟ้าหรือพื้นที่ประสบภัยธรรมชาติ โดยพลังงานที่ได้ต่อใช้งานกับระบบแสงสว่างที่ใช้หลอดไฟประเภทแอลอีดี และใช้สำหรับการชาร์จแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือเพื่อการติดต่อสื่อสาร ทั้งนี้ยังสามารถนำมาใช้ในกรณีเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน เช่น น้ำท่วม แผ่นดินไหว เพื่อเป็นการลดการขาดแคลนพลังงานและเป็นแหล่งพลังงานสะอาดทดแทน โดยมีต้นทุนการสร้างต่ำ วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างสามารถหาได้ทั่วไปและผลิตใช้เองได้ การเกล็อนย้ายและนำไปติดตั้งใช้งานในสถานที่ต่างๆ ทำได้ง่ายและสะดวกรวดเร็ว จากการทดลองใช้งานในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี พบว่า กังหันเริ่มหมุนที่ความเร็วลม 2.8 เมตร/วินาที และที่ความเร็วลม 12 เมตร/วินาที สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้สูงสุดที่ 283 วัตต์ ซึ่งสามารถใช้เป็นพลังงานฉุกเฉิน หรือขาดแคลนไฟฟ้าชั่วคราว โดยใช้เงินลงทุนในการสร้างดังกล่าวต่อชุดรวมเป็นเงินทั้งสิ้น 28,500 บาท มีอายุการใช้งาน 20 ปี ค่าบำรุงรักษาต่างๆ รวมแบตเตอรี่เฉลี่ยประมาณปีละ 600 บาท ไม่มีค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิง มีมูลค่าซาก 2,850 บาท ผลิตไฟฟ้าที่ทำให้เกิดการประหยัดพลังงานมากที่สุดประมาณ 12 หน่วยต่อวัน คิดผลตอบแทนรายปีที่ 70 เปอร์เซ็นต์ โดยมีระยะเวลาคืนทุน 4 ปี

คำหลัก: *กังหันลม, โซล่าเซลล์, พลังงานทดแทน, พลังงานชุมชน*

Abstract

This research studied the renewable energy sources from combined electricity generation from wind power and solar energy. The hybrid device is powered by vertical axis wind turbines of about 250 watts with a solar energy from panel solar cell at 120 watts of power generation. The electricity would be distributed to rural areas which far from grid line or natural disaster affected areas. The power can be applied for lighting system, for example, LED lamps and rechargeable batteries equipped with mobile phones for communication. Moreover, it can also be used in case of emergency such as floods or earthquake to reduce the energy shortage and support renewable energy sources replaced with a low cost investment. Equipped materials would be

The 10th Conference of the Energy Network of Thailand
4-6 June 2014, PSU HatYai campus, Songkhla, Thailand

provided in general and easily created by oneself. Furthermore, device transportation and installation to specific locations are convenient. From the installation and demonstration in Kanjanaburi province, Thailand, it was exhibited that wind turbines started power generation at wind velocity 2.8 m/s. The maximum productivity of about 283 watt was conducted at velocity 12 m/s. This could be produced for emergency case and temporary energy shortage. The entire investment cost of each device was calculated to be 28,500 Baht for 20 year utilization. The maintenance cost including battery was approximated about 600 Baht per year without fuel cost. Terminal value of about 2,850 Baht equaled to 10% of equipment cost. The maximum power generation was estimated of about 12 unit per day which provide annual compensation at 70%. The pay-back period was evaluated for 4 years.

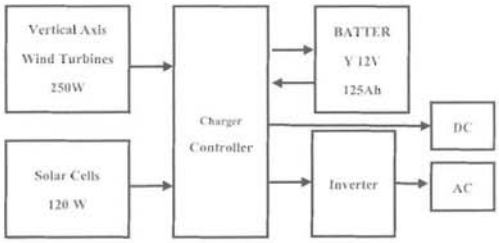
Keywords: *Community Energy, Renewable Energy, Solar Cell, Wind Turbine*

1. บทนำ

ปัจจุบัน การพัฒนาเทคโนโลยีและอุตสาหกรรม การใช้พลังงานมีแนวโน้มสูงขึ้น พลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานหนึ่งที่มนุษย์สามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ การผลิตกังหันลมแนวตั้งผสมกับโซล่าเซลล์เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้านั้นเป็นการช่วยลดภาระการใช้ทรัพยากรด้านพลังงานของประเทศ การใช้น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหินและอื่นๆเป็นวัตถุดิบในการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งเป็นวัตถุดิบจากธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดไปหลายประเภทในปัจจุบันมีการนำเข้าซึ่งมีราคาที่สูงมาก ทำให้ระบบเศรษฐกิจของประเทศต้องพึ่งพาการนำเข้าวัตถุดิบด้านพลังงาน มีส่วนทำให้ระบบเศรษฐกิจมีการขาดดุลการค้า

2. การออกแบบกังหันลมแนวตั้งผสมผสานโซล่าเซลล์

หลักการทำงานของกังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์จะทำการรับพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ตามลำดับ จากนั้นอุปกรณ์ควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่จะทำการนำพลังงานที่ได้จากทั้งกังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์ชาร์จเข้าแบตเตอรี่ โดยจะมีวงจรตรวจสอบระดับแรงดันของแบตเตอรี่ วงจรควบคุมของอุปกรณ์ควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่จะทำการรับพลังงานจากแบตเตอรี่ต่อเข้าอินเวอร์เตอร์เพื่อนำพลังงานไปใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ และในขณะเดียวกันวงจรควบคุมของอุปกรณ์ควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่สามารถต่อพลังงานไปใช้ได้โดยตรงกับไฟฟ้ากระแสสลับ



รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของกังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์

2.1 การออกแบบระบบพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์

การหาค่ากำลังวัตต์ที่ใช้งานจริง กำหนดให้มีอุปกรณ์ไฟฟ้า จำนวน 3 ชนิด ปิด-เปิดในเวลาต่างกัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 1 ตารางรายการอุปกรณ์และกำลังวัตต์

ลำดับ	อุปกรณ์ไฟฟ้า	กำลังวัตต์	จำนวน	ชั่วโมงการใช้งาน	Watt-Hour/Day
1	หลอดไฟ	8	2	2	32
2	Adaptor iPhone 4S	10	1	1	10
3	ชาร์จ Notebook	60	1	1	60
4	Printer	30	1	1	30
	รวม	108			132

การหาค่าอินเวอร์เตอร์ที่ใช้งานจากกำลังวัตต์รวมของอุปกรณ์ไฟฟ้า ทั้งหมดซึ่งจากที่คำนวณได้เท่ากับ 108 วัตต์ ดังนั้น อินเวอร์เตอร์ที่เลือกใช้มีขนาดที่เหมาะสม = 120 วัตต์

การหาค่าขนาดของแผงโซล่าเซลล์

$$PV=P_Load/((Q\times C\times H\times I)/S) \quad (1)$$

เมื่อ PV= กำลังวัตต์ของโซล่าเซลล์ (Watt)

Q = ค่าพลังงานแสงที่ได้รับ/วัน (ประมาณ 4 kW-Hour/ Sq m)

C = ค่าความสูญเสียของเซลล์ (ประมาณ 0.8)

H = ค่าความสูญเสียเชิงความร้อน (ประมาณ 0.85)

I = ค่าประสิทธิภาพอินเวอร์เตอร์ (ประมาณ 0.8-0.9)

D = ค่าความเข้มของแสงบนโลก (ประมาณ 1 kW/Sq m)

PV = 132/ (4000x0.8x0.85x0.85/1000) = 57.09 วัตต์

ขนาดของแผงโซล่าเซลล์ที่เหมาะใช้งาน = 60 วัตต์ เลือกใช้งานขนาด 120 วัตต์

การหาค่าเครื่องชาร์จประจุแบตเตอรี่เครื่องควบคุมการชาร์จไฟต้องมีขนาดกำลังวัตต์ที่ไม่น้อยกว่าแผงโซล่าเซลล์

$$C_Battery=PV/V_Battery \quad (2)$$

เมื่อ C_Battery= ขนาดกระแสประจุ (Amp)

PV = กำลังวัตต์ของโซล่าเซลล์ (Watt)

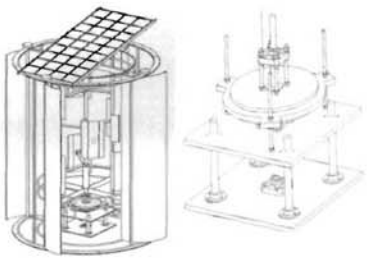
V_Battery= โวลต์ของแบตเตอรี่(Volt)

C_Battery= 120/12

C_Battery= 10 A

เครื่องชาร์จประจุแบตเตอรี่ที่เหมาะสม = 12 Volt 10 Amp

2.2 การออกแบบกังหันลม



รูปที่ 2 โครงสร้างกังหันลมแนวตั้งและโซล่าเซลล์

ในการออกแบบการทดลองได้วิเคราะห์จากความแรงของลมเฉลี่ยต่อ 1 วัน มาใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการสร้างกังหันลม เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพที่สูงสุดในการผลิตไฟฟ้า

ชุดแม่เหล็กเคลื่อนที่ การหาขนาดพื้นที่หน้าตัดของสนามแม่เหล็ก แท่งแม่เหล็กถาวรที่นำมาใช้ในการทำแผ่นแม่เหล็กโรเตอร์ จำนวน 12 แท่งต่อ 1 แผ่น รวมทั้งหมด จำนวน 24 แท่ง เป็นแม่เหล็ก Neodymium Iron Boron (N40) NDFeB Magnets เคลือบ Nickel ขั้วเหนือและขั้วใต้ของแม่เหล็กอยู่ด้านตรงข้ามกัน ซึ่งแท่งแม่เหล็กแต่ละแท่งมีขนาดกว้าง 1 นิ้ว ยาว 2 นิ้ว และหนา ½ นิ้ว ความเข้มสนามแม่เหล็ก 12,000 Gauss (1.2 เทสลา) การหาขนาดพื้นที่หน้าตัดของสนามแม่เหล็ก

$$A = 2'' \times 1'' \times 12\ pole \quad (3)$$

$$A = 24\ in^2$$

เมื่อ

$$1\ m^2 = 100\ cm \times 100\ cm = 10{,}000\ cm^2$$

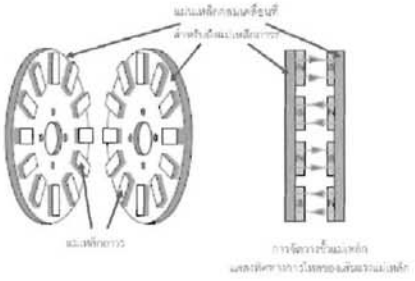
$$1\ in^2 = 2.54\ \text{cm} \times 2.54\ \text{cm} = 6.4516\ cm^2$$

$$1\ in^2 = 6.4516 \times 10^{-4}\ m^2$$

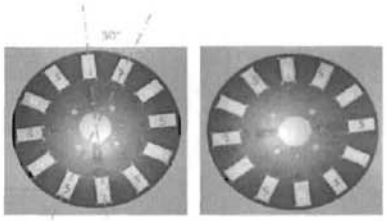
จำนวนแม่เหล็ก 24 แท่ง

$$A = 24\ in^2 \times 6.4516 \times 10^{-4}$$

$$A = 0.0155\ m^2$$



รูปที่ 3 สนามแม่เหล็กสำหรับชุดแม่เหล็กเคลื่อนที่



รูปที่ 4 การจัดวางแท่งแม่เหล็กสำหรับชุดแม่เหล็กเคลื่อนที่

การทำชุดขดลวด การหาจำนวนรอบของขดลวด

$$E_{ave} = 2NAB(n/60) \quad (4)$$

เมื่อ E_{ave} = แรงเคลื่อนเหนี่ยวนำเฉลี่ย (V)

E_{peak} = แรงเคลื่อนเหนี่ยวนำสูงสุด (V)

E_{dc} = แรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสตรง (V)

V_{batt} = แรงดันที่จ่ายแบตเตอรี่ (V)

N = จำนวนรอบของขดลวด x จำนวนขดลวดในแต่ละเฟส (รอบ)

A = พ.ท.หน้าตัดสนามแม่เหล็ก (m^2)

B = ความเข้มสนามแม่เหล็ก (เทสลา)

n = ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)

$$E_{peak} = 1.56\ x\ E_{ave} \quad (5)$$

$$E_{dc} = (E_{peak}\ x\ \sqrt{3}) - 1.4 \quad (6)$$

จากสมการ (4)

$$n = E_{ave}\ x(60/2NAB) \quad (7)$$

แทนค่าสมการ (5) ลงใน (6)

$$n = (E_{peak}/1.56)\ x(60/2nAB) \quad (8)$$

แทนค่าสมการ (6) ลงใน (7)

$$n = \left[\frac{E_{dc}+1.4}{\sqrt{3}}\right] x \left[\frac{60}{(1.56\ x2\ NAB)}\right] \quad (9)$$

$$n = \left[\frac{E_{dc}+1.4\ x60}{\sqrt{3}x(1.56\ x2\ NAB)}\right] \quad (10)$$

$$E_{dc} = V_{batt}$$

$$n = \left[\frac{V_{batt}+1.4\ x60}{\sqrt{3}x(1.56\ x2\ NAB)}\right] \text{ รอบ/นาที} \quad (11)$$

กำหนดค่า $V_{batt} = 14$ V ความเร็วรอบ 100 รอบ/นาที แทนค่าลงในสมการ (11)

$$100 = \left[\frac{(14+1.4)\ x60}{\sqrt{3}x(1.56\ x\ 2\ x\ n\ x\ 0.0154x1.2)}\right]$$

$$N = \left[\frac{(14+1.4)\ x60}{\sqrt{3}x(1.56\ x\ 2\ x\ 100\ x\ 0.0154x1.2)}\right]$$

$$N = 924/9.9865$$

$$N = 92.52 \text{ รอบ/phase}$$

ทำการพันขดลวด 9 ขด 3 เฟส = 92.52 / 3

= 30.84 รอบ /ขด

เลือกใช้ขดลวดที่ 60 รอบ/ขด การหาขนาดของเส้นลวดทองแดงที่จะนำมาพันขดลวด กำลังไฟฟ้าที่ต้องการ 250 วัตต์

$$P = VI$$

$$250\ W = 12\ V\ x\ I$$

$$I = 250/12$$

$$I = 20.83\ A$$

เลือกขนาดลวดทองแดง จากมาตรฐาน AWG ใช้ลวดอาบน้ำยาเบอร์ 15 AWG (1.45034 mm) ทนกระแส 28 A

ตารางที่ 2 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบกังหันลม ขนาด 250 วัตต์

พารามิเตอร์	ค่า
กำลังไฟฟ้าที่พิกัด DC	250 W
กระแสไฟฟ้าที่พิกัด DC	4.25 A
แรงดันไฟฟ้าที่พิกัด DC	60 V
เบอร์ตัวนำทองแดงที่ใช้พันขดลวด	15 AWG
จำนวนรอบที่พันขดลวดสเตเตอร์ต่อขด	60 รอบ
จำนวนชุดขดลวดสเตเตอร์ทั้งหมด	9 ขด
จำนวนชุดขดลวดสเตเตอร์ต่อเฟส	3 ขด
ค่าความต้านทานขดลวดต่อขด	0.71 Ω

ตารางที่ 2 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบกังหันลม ขนาด 200 วัตต์(ต่อ)

พารามิเตอร์	ค่า
ค่าความต้านทานขดลวดต่อเฟส	2.13 Ω
จำนวนแม่เหล็ก	24 ก้อน
จำนวนขั้วแม่เหล็กที่แผ่นโรเตอร์	12 ขั้ว
พื้นที่หน้าตัดขั้วแม่เหล็ก	0.0155 m^2
ความหนาแน่นของสนามแม่เหล็กสูงสุดต่อขั้ว	1.2 T
ความเร็วรอบสูงสุดของเครื่องกำเนิดที่พิกัด DC	750 rpm
ไดโอดบริดจ์เรกติไฟร์ต่อเฟส	35 A -600 V
คาปาซิเตอร์ต่อเฟส	10,000μF 50 V

2.3 การออกแบบใบกังหัน

การหาค่าความเร็วลมที่ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถผลิตพลังงานได้ 250 วัตต์

$$P = \frac{1}{2}\rho A V^3 x C_P \qquad (12)$$

เมื่อ

C_P = 0.3
ρ = 1.225 kg/m^3
A = bh
b = เส้นผ่านศูนย์กลางจากขอบของกังหัน
h = ความสูงรวมของใบกังหัน

ดังนั้น

$$250 = \frac{1}{2}(1.225)(0.8)(1.8)V^3 x 0.3$$
$$V^3 = 944.822$$
$$V = 9.81\ m/s$$

การหาขนาดของใบกังหัน

ความกว้างของใบกังหัน = เส้นผ่านศูนย์กลางของกังหัน x 0.14 (13)

= 80 x 0.14

= 11.2 เซนติเมตร

ความยาวของใบกังหัน = เส้นรอบวงของกังหัน = $2\pi r$

= 2 x π x 40 = 251.327 x 0.09

= 22.6113 เซนติเมตร

รัศมีจากแกนดรัม = เส้นผ่านศูนย์กลางของกังหัน x 0.28

= 80 x 0.28

= 22.4 เซนติเมตร

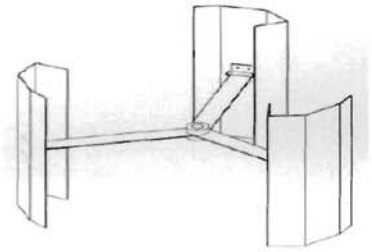
หาความสูงของใบกังหัน

$$h = \frac{C}{R} x 100 \qquad (14)$$
$$h = \left(\frac{22.6113}{40}\right) x 100$$

= 0.5652 x 100

= 56.52 เซนติเมตร

ดังนั้นเลือกใช้ใบกังหันที่ขนาดความสูง *60* เซนติเมตร



รูปที่ 5 ใบกังหัน 1 ชุด

3. การประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์

การออกแบบและการสร้างกังหันลมแนวตั้งผสมกับโซล่าเซลล์ สร้างจากวัสดุอุปกรณ์ที่สามารถซื้อหาและสร้างเองได้ง่าย โดยใช้เงินลงทุนในการสร้างดังกล่าวต่อชิ้นรวมเป็นเงินทั้งสิ้น 28,500 บาท อายุการใช้งาน 20 ปี ค่าบำรุงรักษาต่างๆรวมแบตเตอรี่เฉลี่ยประมาณปี 600 บาท มูลค่าซาก 2,850 บาท ไม่มีค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าที่ทำให้เกิดการประหยัดพลังงานมากที่สุดประมาณ 12 หน่วยต่อวัน คิดผลตอบแทนรายปีที่ 70 เปอร์เซ็นต์

การหาค่ามูลค่าเงินในอนาคต

$$R=P(1+i)^{n} \quad (15)$$

เมื่อ R – มูลค่าเงินในอนาคต (บาท)

P = มูลค่าเงินปัจจุบัน (28,500 บาท)

i = อัตราดอกเบี้ยรายปี (2.5 เปอร์เซ็นต์)

n = จำนวนปี (20 ปี)

ดังนั้น R=28,500(1+0.025)^20

R=46,700 บาท

ค่าใช้จ่ายรวมรายปี

$$C= C_c+C_f+C_om \quad (16)$$

เมื่อ C = ค่าใช้จ่ายรายปีทั้งหมด (บาท)

CC = ค่าใช้จ่ายด้านการลงทุน (28,500 บาท)

Cf = ค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิง (0 บาท)

Com = ค่าใช้จ่ายด้านการบำรุงรักษา (600 บาท)

ดังนั้น C= 28,500+0+600

C= 34,500 บาท

ค่าเสื่อมราคารายปี

$$T= (P-S)/N \quad (17)$$

เมื่อ T = ค่าเสื่อมราคารายปี (บาท)

P = ค่าลงทุนเบื้องต้น (28,500 บาท)

S = มูลค่าซาก (2,850 บาท)

N = จำนวนปีที่ใช้งาน (20 ปี)

ดังนั้น T= (28,500-2,850)/20

T= 1,282.50 บาท

ผลตอบแทนรายปี

$$ANB=kWxBxDx70/100 \quad (18)$$

เมื่อ ANB = ผลตอบแทนรายปี (บาท)

B = ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย (4 บาท)

D = จำนวนวัน (365 วัน)

kW = กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อวัน (12 หน่วย)

ดังนั้น ANB=12x3x365x70/100

ANB=9,198 บาท

อัตราการคืนทุน

$$ROI=(ANB-(T+C)x100\%)/P \quad (19)$$

เมื่อ ROI = อัตราการคืนทุน (เปอร์เซ็นต์)

ANB = ผลตอบแทนรายปี (9,198 บาท)

T = ค่าเสื่อมราคารายปี (1,282.50 บาท)

C = ค่าใช้จ่ายรายปี (600 บาท)

P = ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (28,500 บาท)

ดังนั้น ROI=(9,198-(1,282.50+600)x100%)/28,500

ROI=25.66 เปอร์เซ็นต์

ระยะเวลาการคืนทุน

$$P_p = P/((P_av-P_u)) \quad (20)$$

เมื่อ Pp = ระยะเวลาในการคืนทุน (ปี)

P = ค่าลงทุนเบื้องต้น (28,500 บาท)

Pav = รายได้เฉลี่ยตลอดทั้งปี (9,198 บาท)

Pu = ค่าใช้จ่ายตลอดทั้งปี (600 บาท)

ดังนั้น P_p = 28,500/((9,198-600))

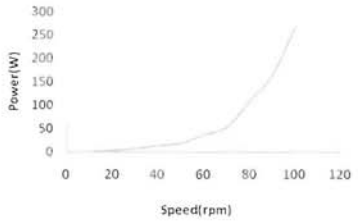
P_p = 3.31 ปี

4. ผลการทดลอง

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบสภาวะไม่มีโหลดและสภาวะมีโหลด

จำนวนรอบ	สภาวะไม่มีโหลด	สภาวะมีโหลด		
N (rpm)	VDC (V)	VDC (V)	I(A)	P(W)
10	5	4.9	0.22	1.08
20	8.9	8.7	0.53	4.61
30	11.7	11.5	0.71	8.17
40	12.3	11.9	1.24	14.76
50	14.5	14.1	1.35	19.04
60	18.8	18.5	2.03	37.56
70	23.6	23.5	2.24	52.64
80	35.9	35.6	3.04	108.22
90	42.8	42.5	3.85	163.63
100	63.8	62.5	4.25	265.63

กราฟแสดงความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าและความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ได้จากตารางการทดสอบที่ 3 ดังรูปที่ 6



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าและความเร็วรอบ

5.สรุปผลการทดทองและข้อแสนอแนะ

จากการศึกษาการทำงานของการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์และพลังงานลม โดยการใช้แผงโซลาเซลล์ผสมกับพลังงานจากกังหันลมแนวตั้งในบริเวณที่มีแดดจัดและลมพัดผ่านตลอดเวลา พบว่าหากมีการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้เป็นแหล่งพลังงานหลัก จะมีข้อจำกัดทางด้านพลังงานที่ได้รับอาจไม่คงที่ หรือมีความเสถียรต่ำ พลังงานจากแสงอาทิตย์จะมีค่าไม่คงที่แน่นอน ในวันที่มีฝนตก มีเมฆหมอกมาก ซึ่งจะทำให้ได้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าปกติ นอกจากนี้การรับแสงอาทิตย์ก็รับได้เพียงตอนกลางวันเท่านั้น

หากต้องการความเสถียรของระบบต้องทำการต่อเชื่อมกับระบบอื่นๆ เป็นระบบไฮบริดจ์ (Hydride System) ดังนั้นจึงใช้ระบบโซล่าเซลล์ร่วมกับกังหันลมแนวตั้ง ซึ่งต้นทุนการผลิตของการใช้ระบบกังหันลมแนวตั้งผสมกับโซล่าเซลล์นั้น พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานสะอาดแต่มีปัจจัยที่มาเกี่ยวข้องมากมายได้แก่ การลงทุนทางด้าน แผงโซล่าเซลล์ซึ่งมีราคาแพงถึงกว่าวัตต์ละ 150 - 200 บาท อุปกรณ์การติดตั้งต่างๆ รวมทั้งอุปกรณ์ควบคุมระบบการทำงาน ชาร์จคอนโทรล และอินเวอร์เตอร์ต่างๆ นอกจากนี้อุปกรณ์ที่สำคัญได้แก่ แบตเตอรี่ ซึ่งอุปกรณ์ทุกๆชนิดดังที่กล่าวแล้ว ล้วนมีอายุการใช้งาน ที่ต้องมีการซ่อมบำรุงรักษาทั้งสิ้นจึงเป็นภาระค่าใช้จ่ายที่ต้องนำมาคำนวณเป็นต้นทุนของระบบในการวิเคราะห์ความคุ้มค่า ความคุ้มทุนต่างๆ

สำหรับบทความและผลการทดสอบที่ได้นี้เป็นแนวทางในการนำไปพัฒนาพลังงานทดแทนในพื้นที่ห่างไกลที่ไม่มีไฟฟ้าต่อไป

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Chen, J., Nayar, C.V., and Xu, L. 2000. Design and Finite Element Analysis of an Outer Rotor Permanent Magnet Generator for Directly Coupled Wind Turbines. IEEE Trans. Magn.,36(5), pp3802–3809.

[2] Chen, J., Nayar, C.V., and Xu, L. 2000. Design and Finite Element Analysis of an Outer Rotor Permanent Magnet Generator for Directly Coupled Wind Turbines. IEEE Trans. Magn., 36(5), pp3802–3809.

[3] ธเนศ ไชยชนะ. (2553). การออกแบบและพัฒนาระบบกังหันลมแกนตั้งขนาดเล็ก เพลาร่วมแกนหมุนสวนทางกันเพื่อใช้ผลิตไฟฟ้า. วิทยานิพนธ์ วศ.ด. (วิศวกรรมพลังงาน). เชียงใหม่: ภาควิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[4] ธรรมศักดิ์ ม่วงศรี. (2555). การผลิตไฟฟ้าจากคลื่นน้ำในคลอง. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า). กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[5] ธรรมศักดิ์ ม่วงศรี ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล วิจิตร กิณเรศ,"การออกแบบและสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากคลื่น

น้ำในคลอง" การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 34(EECON-34), ชลบุรี, ธันวาคม 2554. หน้า 305 – 308.

[6] บรรจบ สุขประภาภรณ์. (2555). พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์และการออกแบบระบบโซล่าเซลล์. เชียงราย: คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นายธรรมศักดิ์ ม่วงศรี
วัน เดือน ปีเกิด	4 พฤศจิกายน 2520
สถานที่เกิด	เขตบางเขน จังหวัดกรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	944/69 คอนโดเพิ่มสิน อาคาร 5 5B30 ซ.เพิ่มสิน 20 แขวงคลองถนนเขตสายไหม กรุงเทพมหานคร 10520
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ.2536	มัธยมศึกษาปีที่ 3 จาก โรงเรียนสารวิทยา
พ.ศ.2539	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ปวช.(ช่างไฟฟ้ากำลัง) จาก วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี
พ.ศ.2541	ประกาศนียบัตรวิศวกรรมศาสตร์ ปวศ. (วิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์) จาก วิทยาลัยช่างกลปทุมวัน
พ.ศ.2541	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปวส.(ช่างไฟฟ้ากำลัง) จาก วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี
พ.ศ.2545	ศิลปศาสตรบัณฑิต ศศ.บ.(รัฐศาสตร์) จาก มหาวิทยาลัยรามคำแหง
พ.ศ.2545	เทคโนโลยีบัณฑิต ทล.บ.(เทคโนโลยีสารสนเทศธุรกิจ) จาก มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
พ.ศ.2547	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วศ.บ.(วิศวกรรมไฟฟ้า) จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ.2550	สาธารณสุขศาสตรบัณฑิต ส.บ.(อาชีวอนามัยและความปลอดภัย) จาก มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
พ.ศ.2555	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต วศ.ม.(วิศวกรรมไฟฟ้า) จาก สถาบันเทคโนโลยีเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2557	เศรษฐศาสตรบัณฑิต ศ.บ.(เศรษฐศาสตร์) จาก มหาวิทยาลัยรามคำแหง

พ.ศ.2557	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต วศ.ม. (การจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม) จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประสบการณ์ทำงาน

2538-2541	Project บริษัท Computer Group (Part time Job)
2541-2544	Technician บริษัท เทเลคอมเอเชีย จำกัด(มหาชน)
2544-2545	Assistance Operation Manager / Project Engineer บริษัท การุณย์เทคโนโลยี 61 จำกัด
2545-2553	Engineer แผนกบำรุงรักษาและเทคนิคคลังอากาศยาน ส่วนซ่อมบำรุงคลัง ฝ่ายวิศวกรรมซ่อมบำรุง บริษัท ปตท. จำกัด(มหาชน)
2553-2555	Engineer ทีมพลังงานชุมชน ฝ่ายกิจการเพื่อสังคม บริษัท ปตท. จำกัด(มหาชน)
2555-ปัจจุบัน	Area Manager ส่วนบริหารสถานีบริการ ปตท. ฝ่ายพัฒนาและบริหารสถานีบริการ บริษัท ปตท. จำกัด(มหาชน)