

การวิเคราะห์ทางเทคนิคของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมนอกชายฝั่งทะเลอ่าวไทย
บริเวณอำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช
Technical Analysis of The Thai Gulf Offshore Wind Farm Power Plant at Pak Phanang
District in Nakhon Si Thammarat Province

ชนะ จันทร์ฉ่ำ^{1*} นฤทธิ์ กล่อมพงศ์² และจอมภพ แว่วศักดิ์³
Chana Chancham^{1*} Narit Klompong² and Jompob Waewsak³

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทางเทคนิคของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมนอกชายฝั่งทะเลบริเวณอำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ด้วยการอาศัยข้อมูลสถิติลมในรอบปี พ.ศ. 2551 ของสถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง ซึ่งติดตั้งในบริเวณตำบลท่าพญา อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยติดตั้งเซนเซอร์วัดอัตราเร็วและทิศทางของลมที่ระดับความสูง 20 m 30 m และ 40 m วัดความเร็วลมทุกๆ 1 min และทำการบันทึกทุกๆ 10 min โดยทำการประมาณค่าอัตราเร็วลมนอกช่วงไปที่ระดับความสูง 80 m 90 m และ 100 m เพื่อจัดทำแหล่งลมสำหรับเป็นข้อมูลเข้าในการวิเคราะห์หน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้และประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลม โดยทำการประมาณค่าหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมประมาณค่าด้วยโปรแกรม WAsP 9.0 ซึ่งเลือกใช้กังหันลมรุ่นนอกชายฝั่งจำนวน 6 รุ่น โดยพิจารณาให้เป็นโรงไฟฟ้าแบบผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนขนาดเล็กมาก (VSPP) ที่มีขนาดกำลังการผลิตติดตั้งไม่เกินโรงละ 10 MW ผลการศึกษาพบว่า อัตราเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง 80 m 90 m และ 100 m มีค่าอยู่ในช่วง 7.1-8.4 m/s 7.5-8.9 m/s และ 7.9-8.9 m/s ตามลำดับ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ในกรณีขดเคียวการประมาณค่านอกช่วงอัตราเร็วลมด้วยอัตราเร็วลม -1.0 m/s -2.0 m/s -3.0 m/s และ สัมประสิทธิ์แรงลมเฉลี่ยเท่ากับ 1/7 มีค่าอยู่ในช่วง 98.5-139.4 GWh 86.0-125.7 GWh 75.9-113.8 GWh และ 91.3 - 126.4 GWh ตามลำดับ และ ค่าประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมนอกชายฝั่งทะเลอ่าวไทย กรณีขดเคียวการประมาณค่านอกช่วงอัตราเร็วลมด้วยอัตราเร็วลม -1.0 m/s -2.0 m/s -3.0 m/s และ สัมประสิทธิ์แรงลมเฉลี่ยเท่ากับ 1/7 มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 37.4-52.9 32.6-47.7 ร้อยละ 28.8-43.2 และร้อยละ 34.6-48.0 ตามลำดับ

คำสำคัญ : ฟาร์มกังหันลมนอกชายฝั่ง ภูมิอากาศลม ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนขนาดเล็กมาก

¹ นิสิตบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง 93110

² ผู้ช่วยวิจัยหน่วยวิจัยพลังงานลม-แสงอาทิตย์ สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง 93110

³ ผศ.ดร. ห้องปฏิบัติการวิจัยพลังงานลม-แสงอาทิตย์ ศูนย์วิจัยและสาธิตระบบพลังงานทดแทนภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง 93110

* Corresponding author : E-mail: 501995054@tsu.ac.th โทร. 074-693975 โทรสาร 074-693975

Abstract

This research aims to study the technical feasibility of offshore wind farm at Pak Phanang district in Nakhon Si Thammarat province by using the statistical wind data in 2008 collected at Tha Phaya wind energy monitoring station. The wind speed and direction sensors were installed at height of 20 m 30 m and 40 m. The data was sampling every 1 min and was recorded every 10 min. The wind speed at 80 m 90 m and 100 m were extrapolated using measured wind data in order to evaluate the electricity production and efficiency of wind farm power plant by using WAsP 9.0 together with 6 models of offshore wind turbine generator under the VSPP scheme with the installed capacity less than 10 MW. The results showed that the average wind speed at an altitude of 80 m 90 m and 100 m were in the range of 7.1-8.4 m/s 7.5-8.9 m/s and 7.9-8.9 m/s respectively. The AEP was in the range of 98.5-139.4 GWh in the case of offset -1.0 m/s wind resource condition, was in the range of 86.0-125.7 GWh in the case of offset -2.0 m/s wind resource condition, was in the range of 75.9-113.8 GWh in the case of offset -3.0 m/s wind resource condition and was in the range 91.3 - 126.4 GWh in the case of 1/7 extrapolation coefficient wind resource condition. The capacity factor (C.F.) was in the range of 37.4-52.9% in the case of offset -1.0 m/s wind resource condition, was in the range of 32.6-47.7% the case of offset -2.0 m/s wind resource condition, was in the range of 28.8-43.2% the case of offset -3.0 m/s wind resource condition and was in the range 91.3-126.4 GWh in the case of 1/7 extrapolation coefficient wind resource condition.

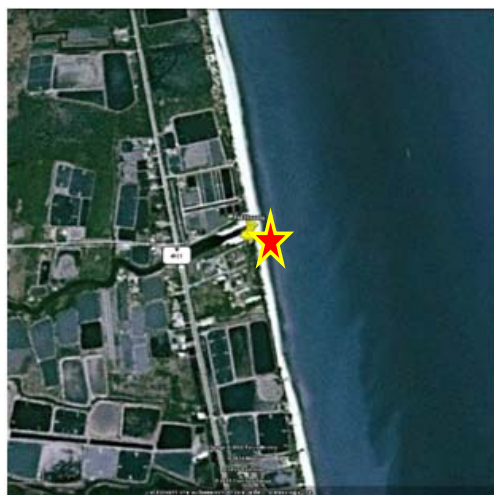
Keywords : Offshore wind farm, Vary small power producer, Observe wind climate

บทนำ

ในปี พ.ศ. 2552 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นต้น 82,345 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe) ในขณะที่มีปริมาณการผลิตไฟฟ้าสูงสุด (peak generation) ที่ 22,586 MW โดยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 เป็นต้นมาการนำเข้าพลังงานของประเทศอยู่ในระดับร้อยละ 55-62 ของการใช้ ขณะที่การผลิตไฟฟ้าปี พ.ศ. 2544 เป็นต้นมาอาศัยก๊าซธรรมชาติประมาณร้อยละ 70 [1] ถึงแม้ว่าจะมีการค้นพบแหล่งน้ำมันและก๊าซธรรมชาติเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่การใช้พลังงานของประเทศก็เพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย โดยมีอัตราเฉลี่ยประมาณร้อยละ 7.6 ต่อปี จากการที่ราคาน้ำมันขยับตัวเพิ่มสูงขึ้น 4-5 เท่า ในช่วง 5 ปี ที่ผ่านมา ทำให้มูลค่าการนำเข้าพลังงานของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2552 สูงถึง 760,986 ล้านบาท หรือคิดเป็นร้อยละ 8.4 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ ถึงแม้ว่าอัตราการนำเข้าพลังงานของประเทศจะเพิ่มสูงขึ้นและมีค่าประมาณ

1.27 toe แต่ก็ยังเป็นระดับต่ำเมื่อเทียบกับกลุ่มประเทศอุตสาหกรรม โดยเมื่อพิจารณาอัตราการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อคนพบว่าคนไทยปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณร้อยละ 5.5 จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นชี้ให้เห็นถึงแนวทางในการพัฒนาพลังงานทดแทนโดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานลม ซึ่งในระยะเวลาที่ผ่านมา ผลการศึกษาศักยภาพของพลังงานลมและความเป็นไปได้ของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมตามแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทยพบว่าพื้นที่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยมีศักยภาพสูง โดยเฉพาะในพื้นที่ อำเภอบางละมุง อำเภอบางพลี และอำเภอบางปะอิน จังหวัดนครราชสีมา [2] นอกจากนี้ผลการศึกษาด้านการพัฒนาการนำพลังงานลมนอกชายฝั่งมาเป็นแหล่งพลังงานนั้นมีอย่างแพร่หลายทั่วโลก Migoya และคณะ (2007) [3] ได้ทำการประเมินแหล่งพลังงานลมในเขตบริเวณเมืองมาดริดโดยใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ WAsP สำหรับ ผลการวิจัยพบว่าเมืองมาดริดมีพื้นที่ที่เหมาะสม

สำหรับการติดตั้งกังหันลมที่มีระดับความสูงของศูนย์กลางกังหัน 78 m ประมาณ 220 km² และไม่มีปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยอัตราเร็วลมเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 7 m/s Elhadidy and Shaahid [4] ทำการประเมินแหล่งพลังงานลมบริเวณชายฝั่งทางตะวันออกของประเทศซาอุดีอาระเบีย พบว่าความเร็วลมมีค่าอยู่ในช่วง 4.2-6.4 m/s และได้ทำการศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมขนาดพิกัดต่างๆ 150 kW 250 kW 600 kW งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทางด้านเทคนิคของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมนอกชายฝั่งทะเลอ่าวไทยบริเวณอำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการศึกษาความเป็นไปได้ของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมนอกชายฝั่งทะเลอ่าวไทยต่อไป



ภาพที่ 1 สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชและอุปกรณ์ต่าง ๆ

2. การประเมินศักยภาพของแหล่งลม

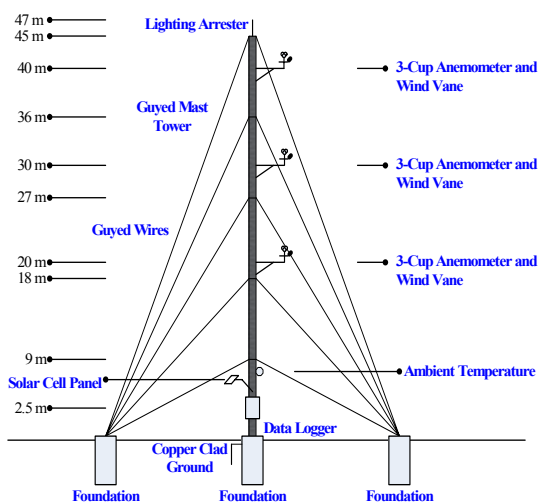
ข้อมูลอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m จากการวัดสามารถนำไปประมาณค่านอกช่วงของอัตราเร็วที่ระดับความสูงที่ต้องการศึกษาได้จากสมการที่ 1

$$V(z) = V_r \left(\frac{z}{z_r} \right)^\alpha \quad (1)$$

อุปกรณ์และวิธีการ

1. สถานที่ตั้งสถานีวิจัย

สถานที่ตั้งสถานีวิจัยพลังงานลมปากพนังตั้งอยู่ในเขตตำบลท่าพญา อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยทำการติดตั้งเสาสูงซึ่งเป็นเสาถักโครงสามเหลี่ยมแบบ Guyed Mast Tower ขนาด 12 in สูง 45 m มีสลิงยึดเพื่อความมั่นคงแข็งแรง 3 ด้าน ทำมุม 120° และดำเนินการติดตั้งเซนเซอร์วัดอัตราเร็วและทิศทางของลม การติดตั้งเซนเซอร์วัดอัตราเร็วและทิศทางของลมจะทำการติดตั้งที่ระดับความสูง 20 m 30 m และ 40 m รายละเอียดแสดงดังภาพที่ 1



เมื่อ z คือ ระดับความสูงที่ต้องการทราบค่าอัตราเร็วลมเหนือพื้นดิน (m/s)

z_r คือ ระดับความสูงที่ทราบค่าอัตราเร็วลมเหนือพื้นดิน (m)

v_r คือ อัตราเร็วลมที่ระดับความสูง z_r (m/s)

$v(z)$ คือ อัตราเร็วลมที่ต้องการทราบค่าที่ระดับความสูง z (m/s)

α คือ สัมประสิทธิ์แรงเฉือนลม (ไร้หน่วย)

งานวิจัยนี้ได้ทำการประมาณค่านอกช่วงไปที่ระดับความสูง 80 m 90 m และ 100 m ซึ่งเป็นจุดศูนย์กลางของส่วนหมุนของกังหันลมผลิตไฟฟ้า โดย กำหนดเงื่อนไขของข้อมูลดังนี้ กรณีขีดเซกการประมาณค่านอกช่วงอัตราเร็วลมด้วยอัตราเร็วลม -1.0 m/s (Offset -1 m/s) กรณีขีดเซกการประมาณค่านอกช่วงอัตราเร็วลมด้วยอัตราเร็วลม -2.0 m/s (Offset -2 m/s) กรณีขีดเซกการประมาณค่านอกช่วงอัตราเร็วลมด้วยอัตราเร็วลม -3.0 m/s (Offset -3 m/s) และกรณีที่ใช้ค่าสัมประสิทธิ์แรงลมเลื่อนเท่ากับ 1/7 เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้และประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลม

3. การวิเคราะห์ทางด้านเทคนิค

3.1 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้

พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปีได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม WAsP 9.0 ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยค่ากำลังการผลิตเต็มพิกัด (Rated Capacity) ของกังหันลมโดยอาศัยเส้นโค้งกำลังของกังหันลมผลิตไฟฟ้า คุณลักษณะของกังหันลมผลิตไฟฟ้าแสดงดังตารางที่ 1 การจัดเรียงกังหันลมผลิตไฟฟ้าอาศัยหลักเกณฑ์ซึ่งสามารถควบคุมการสูญเสียจากอิทธิพลของเวกไม่เกินร้อยละ 5 โดยการการจัดเรียงกังหันลมผลิตไฟฟ้าแสดงดังภาพที่ 2

ตารางที่ 1 ข้อกำหนดของกังหันลมผลิตไฟฟ้ารุ่นนอกชายฝั่ง

Model	Cut-In Speed (m/s)	Cut-Out Speed (m/s)	Rated Capacity (MW)	Hub Height (m)	Swept Area (m ²)	No. of WTG
A	3.0	25.0	3.0	100	9,852	9
B	2.0	28.0	3.0	99	7,854	9
C	3.5	25.0	2.5	100	7,854	12
D	3.0	25.0	2.0	100	6,362	15
E	3.0	25.0	3.0	80	6,519	9
F	3.0	25.0	2.0	80	6,793	15



ภาพที่ 2 การจัดเรียงกังหันลมผลิตไฟฟ้านอกชายฝั่งทะเลอ่าวไทย บริเวณอำเภopakพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

3.2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลม

ประสิทธิภาพ (Capacity Factor) ของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมพิจารณาจากสมการที่ 2

$$C.F. = \frac{AEP}{N \times \text{Rated Capacity} \times 8,760} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ C.F. คือ ค่าประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้า (%)

AEP คือ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี (kWh)

N คือ จำนวนกังหันลมผลิตไฟฟ้า

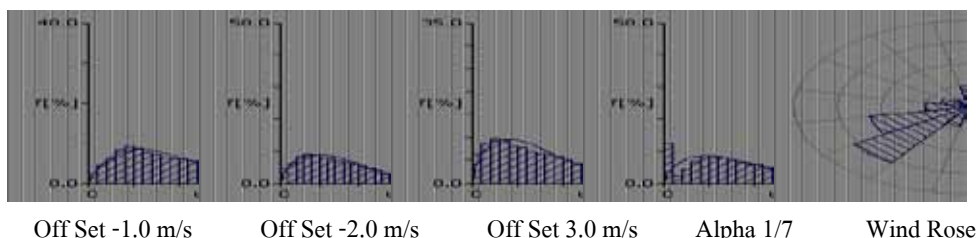
Rated Capacity คือ ค่ากำลังการผลิตเต็มพิกัด (kW)

8,760 คือ จำนวนชั่วโมงของปีที่มีจำนวนวัน 365 วัน

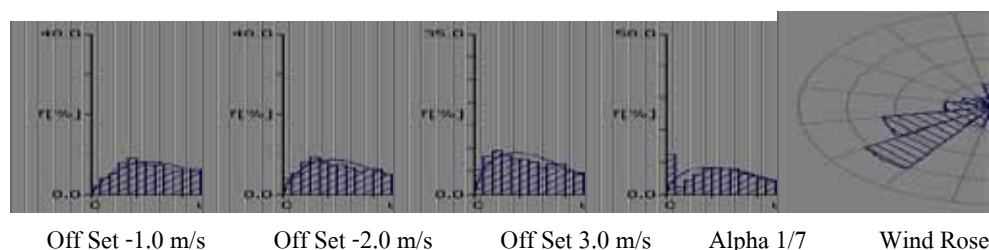
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ภูมิอากาศลมและฝัลงลม

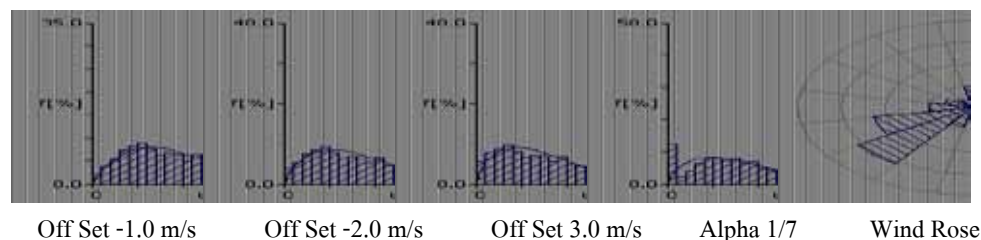
จากการนำข้อมูลที่ได้จากสถานีวิจัยพลังงานลมปากพนังมาประมาณค่านอกช่วงที่ระดับความสูง 80 m 90 m และ 100 m และวิเคราะห์ภูมิอากาศลมและฝัลงลม โดยอัตราเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง 80 m 90 m และ 100 m มีค่าในช่วง 7.05-8.40 m/s 7.5-8.9 m/s และ 7.9-8.9 m/s ตามลำดับ แสดงรายละเอียดดังภาพที่ 3-5



ภาพที่ 3 ภูมิอากาศลมและฝัลงลมที่ระดับความสูง 80 m จำแนกตามเงื่อนไขของแหล่งลม



ภาพที่ 4 ภูมิอากาศลมและฝัลงลมที่ระดับความสูง 90 m จำแนกตามเงื่อนไขของแหล่งลม



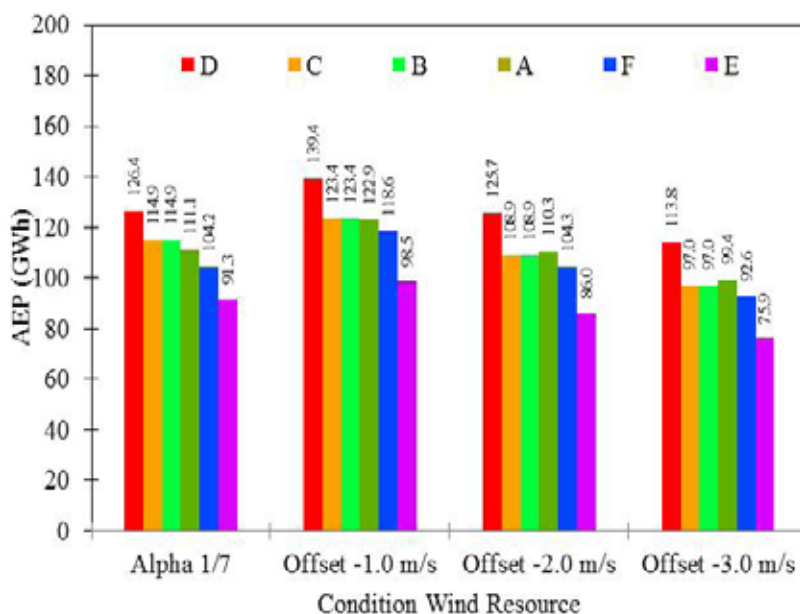
ภาพที่ 5 ภูมิอากาศลมและฝัลงลมที่ระดับความสูง 100 m จำแนกตามเงื่อนไขของแหล่งลม

2. การวิเคราะห์ทางด้านเทคนิค

2.1 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปีของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลม

กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปีของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมนอกชายฝั่งทะเลอ่าวไทยบริเวณอำเภopakพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช จัดเรียงกังหันลมผลิตไฟฟ้าด้วยหลักเกณฑ์ และพิจารณาให้โรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมเป็นผู้ผลิตไฟฟ้าในรูปแบบ VSPP ซึ่งในที่นี้สามารถจัดตั้งโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมนอกชายฝั่งได้จำนวน 3 คลัสเตอร์ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปีของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลม

รวม 3 คลัสเตอร์ ที่เงื่อนไขของแหล่งลมกรณี Offset -1.0 m/s กรณี Offset -2.0 m/s กรณี Offset -3.0 m/s และกรณีที่ใช้ค่าสัมประสิทธิ์แรงลมเตือนเท่ากับ 1/7 มีค่าในช่วง 98.5-139.4 GWh 86.0-125.7 GWh 75.9-113.8 GWh และ 91.3-126.4 GWh โดยกังหันลมรุ่น D มีกำลังการผลิตสูงสุด และรองลงมาคือ รุ่น C รุ่น B รุ่น A รุ่น F และ รุ่น E ตามลำดับ รายละเอียดของกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปีของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมนอกชายฝั่งทะเลอ่าวไทยแสดงดังภาพที่ 6

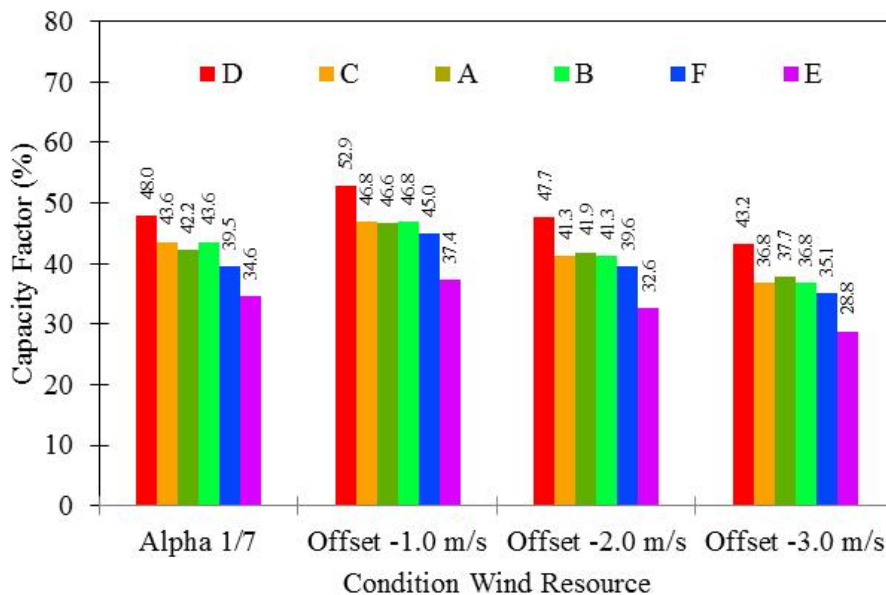


ภาพที่ 6 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมนอกชายฝั่งทะเลอ่าวไทย

2.2 ค่าประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลม

ค่าประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมนอกชายฝั่งทะเลอ่าวไทย ซึ่งเปลี่ยนแปลงตามเงื่อนไขของแหล่งลม กรณี Offset-1.0 m/s มีค่าประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมในช่วง 37.4-52.9% กรณี Offset -2.0 m/s มีค่าประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมในช่วง 32.6-47.7% กรณี Offset -3.0 m/s มีค่าประสิทธิภาพ

ของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมในช่วง 28.8-43.2% และกรณีที่ใช้ค่าสัมประสิทธิ์แรงลมเตือนเท่ากับ 1/7 มีค่าประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมในช่วง 34.6-48.0% รายละเอียดของค่าประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมนอกชายฝั่งทะเลอ่าวไทยบริเวณอำเภopakพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชแสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ค่าประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลม

สรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์ทางเทคนิคของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมนอกชายฝั่งทะเลอ่าวไทยบริเวณอำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยใช้ข้อมูลสถิติลมที่ระดับความสูง 20 m 30 m และ 40 m ของสถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง ซึ่งเป็นการตรวจวัดและบันทึกข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2551 จากนั้นทำการประมาณค่านอกช่วงของความเร็วมไปที่ระดับความสูง 80 m 90 m และ 100 m โดยได้จำแนกข้อมูลออกเป็นเงื่อนไขเพื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลมผลิตไฟฟ้า ค่าประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของความเร็วม โดยมีเงื่อนไขนี้ กรณีชดเชยการประมาณค่านอกช่วงอัตราเร็วลมด้วยอัตราเร็วลม -1.0 m/s กรณีชดเชยการประมาณค่านอกช่วงอัตราเร็วลมด้วยอัตราเร็วลม -2.0 m/s กรณีชดเชยการประมาณค่านอกช่วงอัตราเร็วลมด้วยอัตราเร็วลม -3.0 m/s และกรณีประมาณค่านอกช่วงด้วยค่าสัมประสิทธิ์แรงลมเลื่อนเท่ากับ 1/7 ซึ่งอาศัยความเร็วมเงื่อนไขดังกล่าวข้างต้นร่วมกับเส้นโค้งกำลังของกังหันลมรวม

6 รุ่นและการจัดเรียงกังหันลมผลิตไฟฟ้าตามหลักเกณฑ์ใช้เป็นข้อมูลเข้าและเงื่อนไขให้กับโปรแกรม WAsP 9.0 สำหรับประเมินค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลม ซึ่งกำหนดให้เป็นโรงไฟฟ้าในรูปแบบของ VSPF จำนวน 3 คลัสเตอร์ ผลการวิเคราะห์พบว่า ที่เงื่อนไขของแหล่งลมกรณีชดเชยการประมาณค่านอกช่วงอัตราเร็วลมด้วยอัตราเร็วลม -1.0 m/s กรณีชดเชยการประมาณค่านอกช่วงอัตราเร็วลมด้วยอัตราเร็วลม -2.0 m/s กรณีชดเชยการประมาณค่านอกช่วงอัตราเร็วลมด้วยอัตราเร็วลม -3.0 m/s และกรณีประมาณค่านอกช่วงอัตราเร็วลมด้วยค่าสัมประสิทธิ์แรงลมเลื่อนเท่ากับ 1/7 อัตราเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง 80 m 90 m และ 100 m มีค่าในช่วง 7.0-8.4 m/s 7.5-8.9 m/s และ 7.9-8.9 m/s ตามลำดับ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปีมีค่าในช่วง 98.5-139.4 GWh 86.0-125.7 GWh 75.9-113.8 GWh และ 91.3.0-126.4 GWh โดยกังหันลมรุ่น D มีกำลังผลิตสูงสุด และรองลงมาคือ รุ่น C รุ่น B รุ่น A รุ่น F และรุ่น E ตามลำดับ ค่าประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมนอกชายฝั่งทะเลอ่าวไทย ในกรณีชดเชยการ

ประมาณค่านอกช่วงอัตราเร็วลมด้วยอัตราเร็วลม -1.0 m/s มีค่าประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมในช่วง 37.4-52.9% กรณีหาคะแนนการประมาณค่านอกช่วงอัตราเร็วลมด้วยอัตราเร็วลม -2.0 m/s มีค่าประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมในช่วง 32.6-47.7% กรณีหาคะแนนการประมาณค่านอกช่วงอัตราเร็วลมด้วยอัตราเร็วลม -3.0 m/s มีค่าประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมในช่วง 28.8-43.2% และกรณีประมาณค่านอกช่วงด้วยค่าสัมประสิทธิ์แรงลมเดือนเท่ากับ 1/7 มีค่าประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมในช่วง 34.6-48.0% สำหรับการศึกษาทางด้านเทคนิคนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นดังนั้นควรที่จะทำการศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตไฟฟ้าฟาร์มกังหันลม นอกชายฝั่ง และการศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นการพัฒนากระบวนการนำพลังงานหมุนเวียนมาใช้ประโยชน์ต่อไป

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) สำหรับข้อมูลในการศึกษาวิจัยของโครงการ รวมทั้งขอขอบคุณหน่วยวิจัยพลังงานลม-แสงอาทิตย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สำหรับการสนับสนุนอุปกรณ์ต่างๆ ของการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน (2553) แผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2553-2573. สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2553 จาก <http://www.eppo.go.th/power/pdp/pdp2010/pdp2010-summary.pdf>
- [2] จอมภพ แวศักดิ์ สุธีรัตน์ คงเรือง ยุทธนา ฐิระวิชย์กุล สุภวรรณ ฐิระวิชย์กุล นิรันดร์ มาแทน เขาวรัตน์ พรหมแพทย์ อภิชาติ หนูทอง. (2551). การศึกษาความเป็นไปได้ของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมตามแนวชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทย. รายงานวิจัย. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

- [3] Migoya, E., Crespo, A., Jimenez, A., Garcia, J. and Manuel, F. (2007) "Wind Energy Resource Assessment in Madrid Region", **Renewable Energy**. 32, 1467-1483.
- [4] Al-abbadi, N. M. (2005). "Wind Resource Assessment for Five Location in Saudi Arabia" **Renewable Energy**. 30, 1489-1499