

บทที่ 5

การออกแบบการทดลองและผลการทดลอง

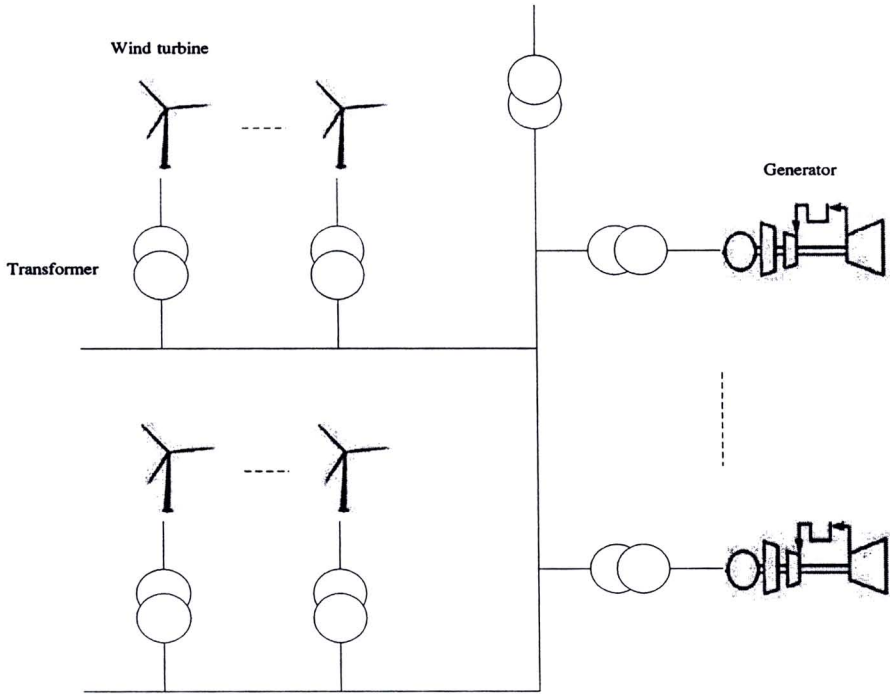
5.1 การออกแบบการทดลอง

เป็นการทดลองติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าในระบบที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง โดยใช้การแก้ปัญหาจ่ายโหลดอย่างประหยัดเพื่อการวางแผนการเดินทางเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยมีเงื่อนไขการเปิดปิดวาล์วของระบบ (Valve point effect) และเงื่อนไขขีดจำกัดการเพิ่มลดกำลังในรอยต่อคาบเวลา (Ramp rate limit) (Dale, 1980) เพื่อวางแผนการเดินทางเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระยะเวลาหนึ่งวันหรือ 24 ชั่วโมง คาบเวลา ตั้งแต่เวลา 01:00 น. – 24:00 น. โดยพิจารณาให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องเปิดใช้งานตลอดเวลาอัตราการใช้เชื้อเพลิงเป็นไปตาม (Liu, 2007)ราคาน้ำมันที่ใช้อ้างอิงในปี พ.ศ. 2550 ซึ่งมีราคาอยู่ที่ 50-60 \$ ต่อบาร์เรล และการเชื่อมต่อกับกังหันลมไม่เกิน 15 นาที ความเร็วลมที่ทำการศึกษาคือเป็นของประเทศไทยและประเทศไอร์แลนด์ ซึ่งมีการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 12 เดือน ในปี 2546-2552 (Ireland wind speed, 2009) และได้จากการเก็บข้อมูลในปี 2537- 2546 (Thai wind speed, 2000) ตามลำดับโดยปราศจากการเก็บสะสมพลังงาน เมื่อผลิตได้แล้วให้มีการจ่ายเข้าระบบสายส่งโดยตรง รวมถึงพิจารณาให้ความต้องการใช้พลังงาน (Load) มีค่าคงที่ในหนึ่งคาบเวลา ขอบเขตของการทดลองไม่ได้ครอบคลุมถึงค่าใช้จ่ายในส่วนอื่น ๆ อาทิ ค่าขนส่งเชื้อเพลิง ค่าต้นทุนโรงไฟฟ้าและค่าขอบเขตอื่น ๆ เช่น ระยะห่างระหว่างกังหัน ชนิดของกังหันลม ผลของอุณหภูมิ ขนาดของใบพัด ในการทดลองจะพิจารณาระบบผลิตที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงและมีการติดตั้งกังหันลมติดตั้งอยู่ ณ สถานที่เดียวกัน ดังนั้นในการคำนวณจึงได้มีการพิจารณากำลังสูญเสียของระบบการทดลองจะแบ่งกรณีศึกษาออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

- การทดลองติดตั้งกังหันลมจำนวน 10 หน่วยที่มีขนาดแตกต่างกัน 3 ขนาด ได้แก่ 1 MW, 1.5 MW, 2.5 MW รายละเอียดเพิ่มเติมตามตารางที่ 5.2 ในระบบที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงอยู่จำนวน 10 เครื่อง แผนผังระบบดังภาพที่ 5.1 รายละเอียดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตามตารางที่ 5.1 ซึ่งจัดว่าเป็นระบบที่มีขนาดเล็ก และความเร็วลมที่ทำการศึกษาคือเป็นของประเทศไทยกับประเทศไอร์แลนด์ โดยมีรายละเอียดเพิ่มเติมตามตารางที่ 5.3
- การทดลองติดตั้งกังหันลมขนาด 2 MW จำนวน 80 หน่วย ข้อมูลเพิ่มเติมในตารางที่ 5.2 ในระบบที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงอยู่จำนวน 10 เครื่อง ตาราง 5.1 ซึ่งเป็นระบบที่มีขนาดใหญ่ โดยพิจารณาผลจากการเกิดเวกเอฟเฟกต์ (Wake effect) ซึ่งรายละเอียดเพิ่มเติมภายในบทที่ 3 ซึ่งแบ่งการพิจารณาตามทิศทางการเข้าปะทะของลมออก

เป็น 3 กรณีย่อยทิศตะวันตก ทิศใต้ และทิศตะวันออกเฉียงใต้ แผนผังระบบดังภาพที่ 5.2

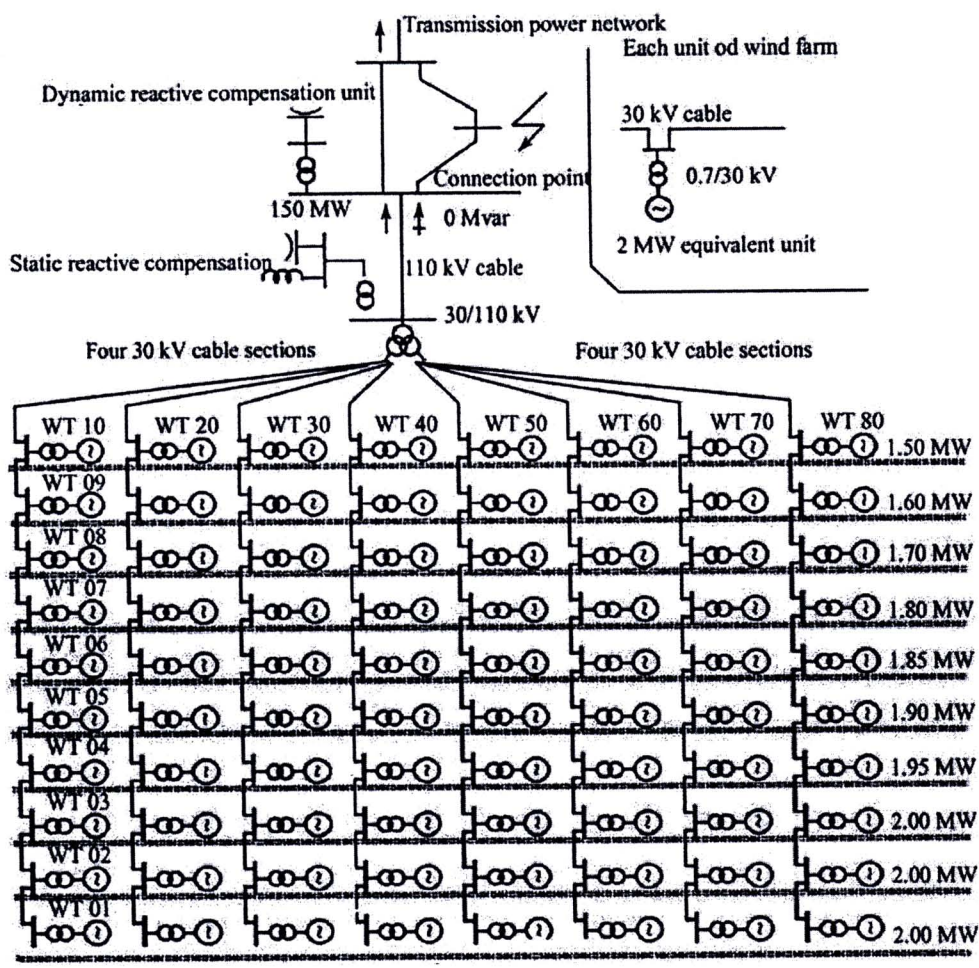
ซึ่งหลังการเตรียมข้อมูลเสร็จสิ้น จะนำข้อมูลที่ได้ไปวางแผนปัญหาการจ่ายโหลดในคาบเวลา 1 วัน หรือ ตั้งแต่ 01:00-24:00 น. เพื่อสังเกตผลด้านต้นทุนเชื้อเพลิงว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้าง รูปแบบการคำนวณดังภาพที่ ๕.2 ภาคผนวก ง



ภาพที่ 5.1 ระบบการเชื่อมต่อกังหันลมและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบจำลอง

ตารางที่ 5.1 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานเชื้อเพลิง

ตัวแปร	ai	bi	Ci	ei	fi	PM	Pm	Ramp
P1	958.2	21.6	0.00043	450	0.041	470	150	80
P2	1313.6	21.05	0.00063	600	0.036	460	135	80
P3	604.97	20.81	0.00039	320	0.028	340	73	80
P4	471.6	23.9	0.0007	260	0.052	300	60	50
P5	480.29	21.62	0.00079	280	0.063	243	73	50
P6	601.75	17.87	0.00056	310	0.048	160	57	50
P7	502.7	16.51	0.00211	300	0.086	130	20	30
P8	639.4	23.23	0.0048	340	0.082	120	47	30
P9	455.6	19.58	0.10908	270	0.098	80	20	30
P10	692.4	22.54	0.00951	380	0.094	55	55	30

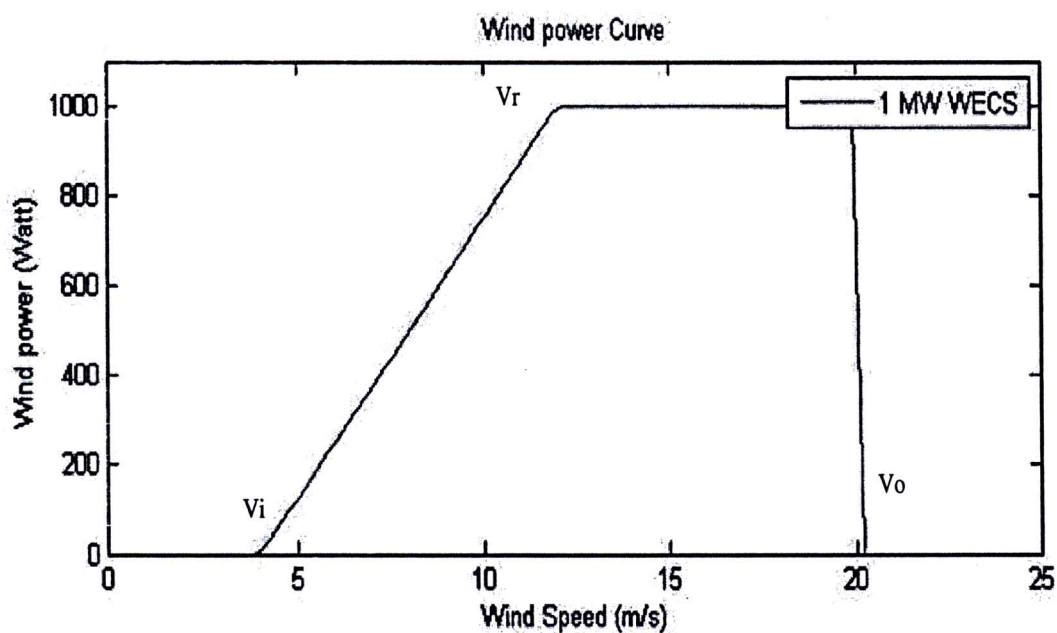


ภาพที่ 5.2 แผนผังระบบทดสอบในกรณีศึกษาที่ 2

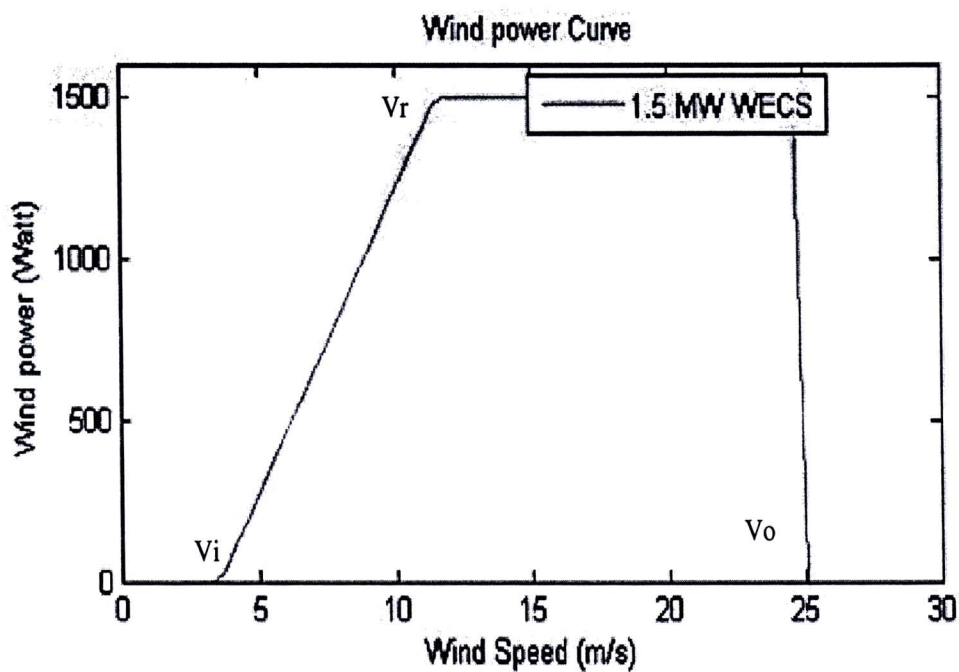
ตารางที่ 5.2 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลม

ขนาด	1 MW	1.5 MW	2 MW	2.5 MW
Cut-in speed	3 m/s	3.5 m/s	3 m/s	3 m/s
Cut-out speed	20 m/s	20 m/s	25 m/s	25 m/s
Rated speed	12 m/s	11.5 m/s	13 m/s	12 m/s
Rated power	1,000 kw	1,500 kw	2,000 kw	2,500 kw

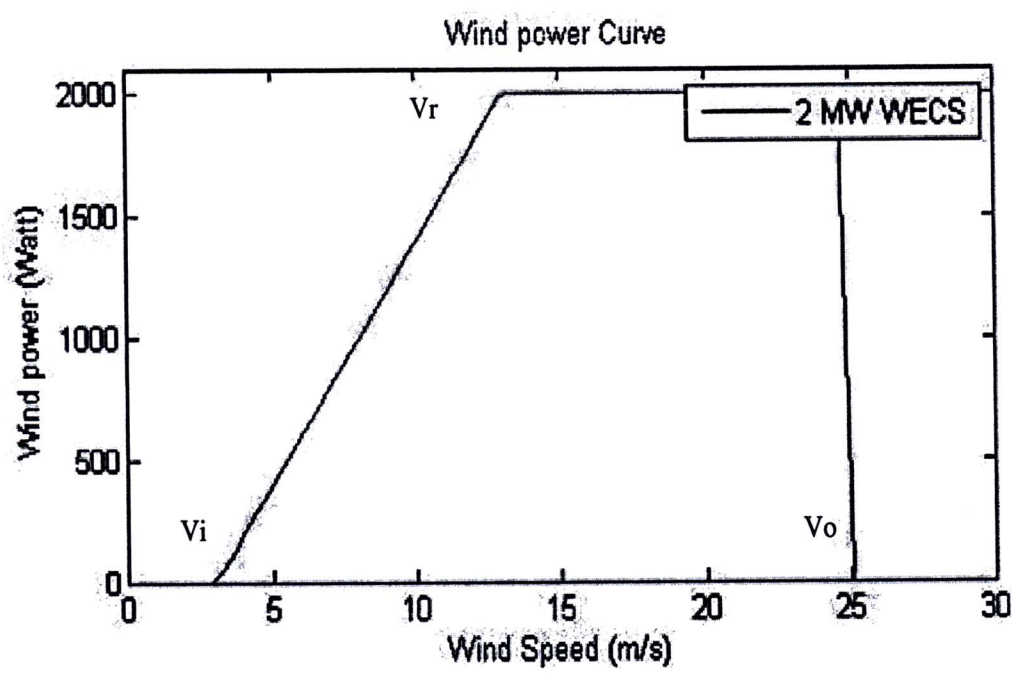
อ้างอิงข้อมูลตารางที่ 5.2 จาก (Wind speed 1 MW, 2010), (Wind speed 1.5 MW, 2010), (Nencheng, 2009), (Wind speed 2.5 MW, 2010) เรียงตามขนาดของกังหันลมตามลำดับ



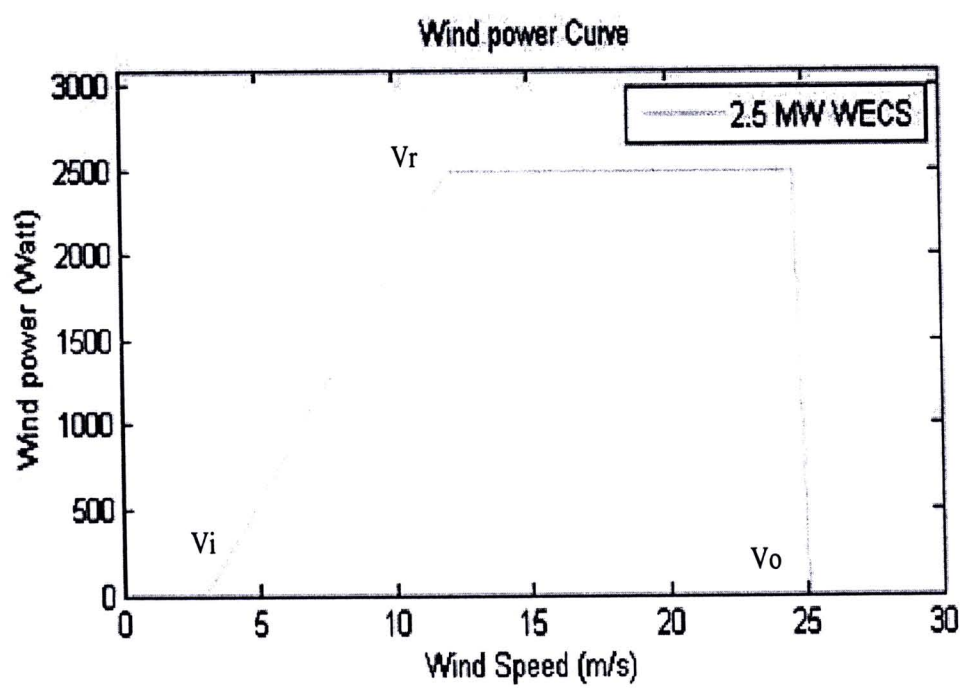
ภาพที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและกำลังการผลิตของกังหันลม 1 MW



ภาพที่ 5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและกำลังการผลิตของกังหันลม 1.5 MW



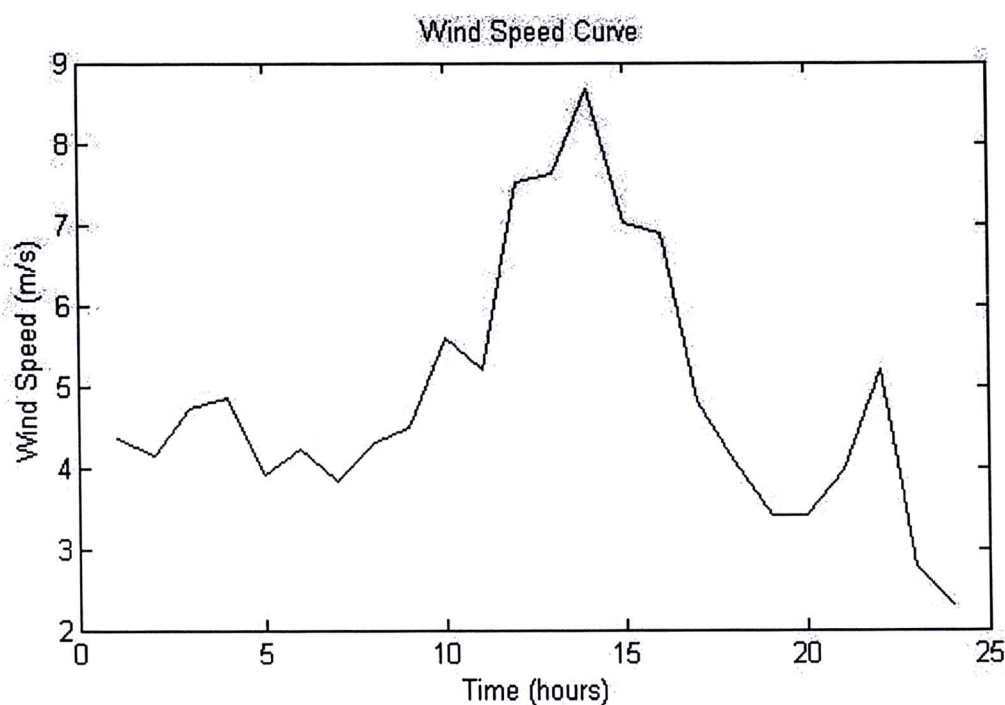
ภาพที่ 5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและกำลังการผลิตของกังหันลม 2 MW



ภาพที่ 5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและกำลังการผลิตของกังหันลม 2.5 MW

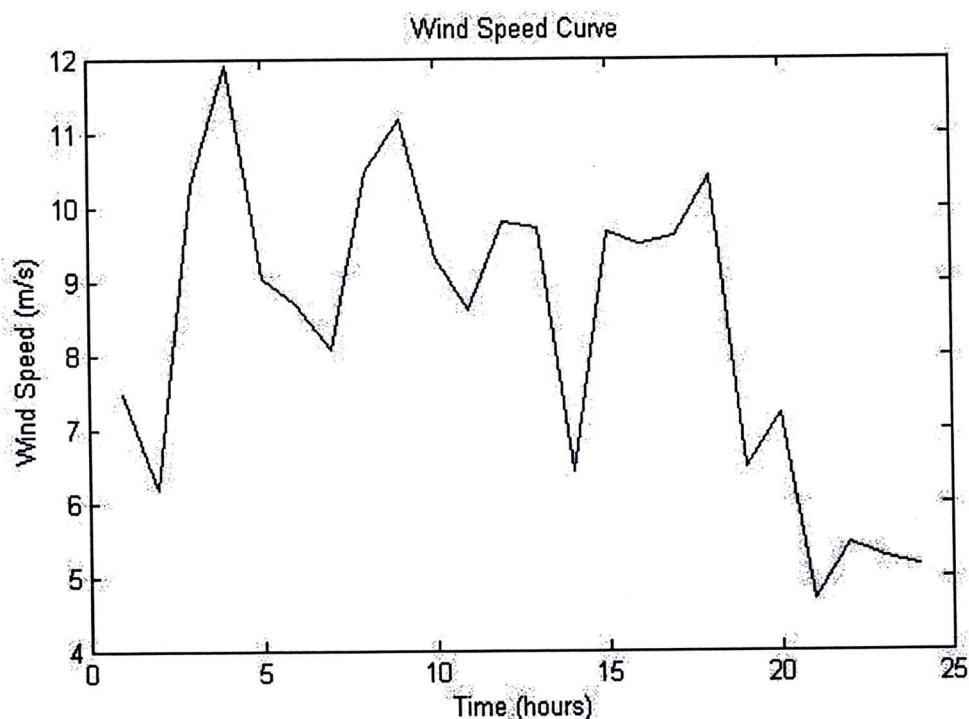
ตารางที่ 5.3 ข้อมูลความเร็วลมและความต้องการโหลดที่ใช้ในการทดลอง

เดือน / ประเทศ	ไอร์แลนด์	ไทย
มกราคม	11	4.8
กุมภาพันธ์	11	5
มีนาคม	11	4.5
เมษายน	9	4
พฤษภาคม	8	4.8
มิถุนายน	8	5.9
กรกฎาคม	8	5.3
สิงหาคม	8	5.8
กันยายน	9	6.1
ตุลาคม	10	4.6
พฤศจิกายน	10	4.4
ธันวาคม	11	4.5



ภาพที่ 5.7 ความเร็วลมรายชั่วโมงของประเทศไทย

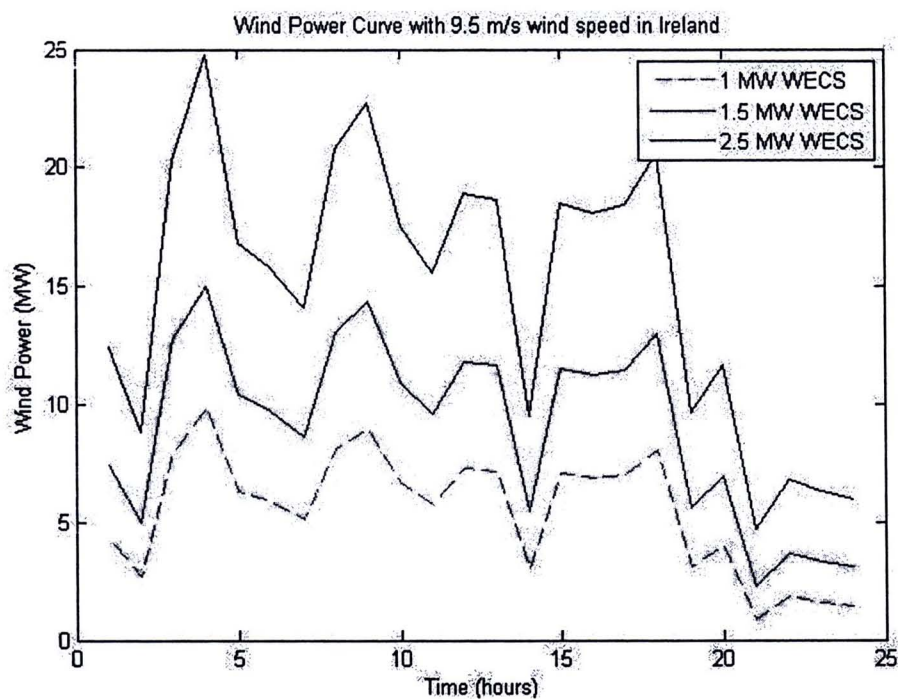
ข้อมูลความเร็วลมในตาราง 5.3 ได้จากการเก็บข้อมูลในปี 2546-2552 (Ireland wind speed, 2009) และได้จากการเก็บข้อมูลในปี 2537- 2546 (Thai wind speed, 2000) ตามลำดับ



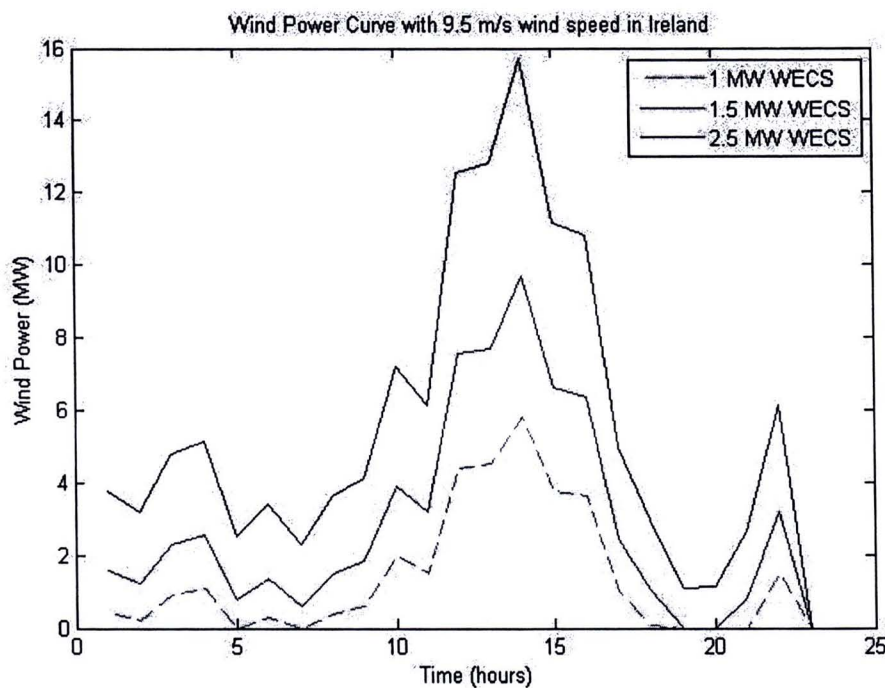
ภาพที่ 5.8 ความเร็วลมรายชั่วโมงของประเทศไอร์แลนด์

การทดลองติดตั้งกังหันลมขนาดเล็กเพิ่มในระบบผลิต

ทำการทดลองกับกังหันขนาด 1 MW, 1.5 MW, 2.5 MW จำนวน 10 เครื่องเข้ากับระบบจะพบว่าทำให้ในระบบหลักที่ใช้น้ำมันสามารถจ่ายกำลังในอัตราที่ลดลงได้ จากการคาดการณ์ด้วยความเร็วลมที่มีขนาดคงที่จากข้อมูลที่ทำนายได้ ดังภาพที่ 5.9 – 5.10



ภาพที่ 5.9 พลังงานลมที่ได้จากการคาดการณ์ด้วยความเร็วลมของประเทศไอร์แลนด์



ภาพที่ 5.10 พลังงานลมที่ได้จากการคาดการณ์ด้วยความเร็วลมของประเทศไทย

ตารางที่ 5.4 กำลังการผลิตที่ลดลงพิจารณาที่ความเร็วลมเฉลี่ย 4.975 m/s

กรณี	ไม่มีการเชื่อมต่อ	เชื่อมต่อกับ	เชื่อมต่อกับ	เชื่อมต่อกับ
ช่วงเวลา	WECS	1 MW	1.5 MW	2.5 MW
1.00 น	1,019.49	1,019.05	1,017.89	1,015.74
2.00 น	1,103.54	1,103.35	1,102.32	1,100.34
3.00 น	1,245.66	1,244.74	1,243.35	1,240.85
4.00 น	1,424.11	1,423.03	1,421.56	1,418.94
5.00 น	1,461.04	1,461.04	1,460.27	1,458.51
6.00 น	1,642.52	1,642.23	1,641.15	1,639.1
7.00 น	1,680.83	1,680.83	1,680.23	1,678.55
8.00 น	1,732.44	1,732.06	1,730.94	1,728.82
9.00 น	1,909.54	1,908.92	1,907.68	1,905.4
10.00 น	2,054.93	2,052.94	2,051.01	2,047.73
11.00 น	2,122.23	2,120.73	2,119.04	2,116.11
12.00 น	2,184.37	2,179.97	2,176.83	2,171.81
13.00 น	2,018.66	2,014.14	2,010.95	2,005.85
14.00 น	1,932.54	1,926.71	1,922.86	1,916.81
15.00 น	1,743.35	1,739.57	1,736.75	1,732.18
16.00 น	1,571.39	1,567.77	1,565.03	1,560.58
17.00 น	1,445.70	1,444.71	1,443.28	1,440.72
18.00 น	1,612.98	1,612.89	1,611.91	1,610
19.00 น	1,746.39	1,746.39	1,746.39	1,745.27
20.00 น	2,048.95	2,048.95	2,048.95	2,047.81
21.00 น	1,900.55	1,900.55	1,899.70	1,897.91
22.00 น	1,589.01	1,587.51	1,585.82	1,582.89
23.00 น	1,322.10	1,322.1	1,322.10	1,322.1
24.00 น	1,179.21	1,179.21	1,179.21	1,179.21

ตารางที่ 5.5 กำลังการผลิตที่ลดลงพิจารณาที่ความเร็วลมเฉลี่ย 9.5 m/s

กรณี	ไม่มีการเชื่อมต่อ	เชื่อมต่อกับ	เชื่อมต่อกับ	เชื่อมต่อกับ
ช่วงเวลา	WECS	1 MW	1.5 MW	2.5 MW
1.00 น	1,019.49	1,015.15	1,012.04	1,007.07
2.00 น	1,103.54	1,100.82	1,098.53	1,094.73
3.00 น	1,245.66	1,237.78	1,232.91	1,225.38
4.00 น	1,424.11	1,414.22	1,409.11	1,399.36
5.00 น	1,461.04	1,454.72	1,450.63	1,444.23
6.00 น	1,642.52	1,636.65	1,632.78	1,626.71
7.00 น	1,680.83	1,675.74	1,672.26	1,666.74
8.00 น	1,732.44	1,724.34	1,719.35	1,711.66
9.00 น	1,909.54	1,900.56	1,895.14	1,886.81
10.00 น	2,054.93	2,048.3	2,044.05	2,037.43
11.00 น	2,122.23	2,116.48	2,112.66	2,106.67
12.00 น	2,184.37	2,177.1	2,172.53	2,165.45
13.00 น	2,018.66	2,011.52	2,007.01	2,000.02
14.00 น	1,932.54	1,929.51	1,927.06	1,923.04
15.00 น	1,743.35	1,736.28	1,731.81	1,724.87
16.00 น	1,571.39	1,564.5	1,560.12	1,553.3
17.00 น	1,445.70	1,438.67	1,434.22	1,427.31
18.00 น	1,612.98	1,604.96	1,600.02	1,592.39
19.00 น	1,746.39	1,743.29	1,740.8	1,736.72
20.00 น	2,048.95	2,044.95	2,042.01	2,037.28
21.00 น	1,900.55	1,899.68	1,898.32	1,895.85
22.00 น	1,589.01	1,587.19	1,585.35	1,582.2
23.00 น	1,322.10	1,320.52	1,318.8	1,315.82
24.00 น	1,179.21	1,177.77	1,176.11	1,173.23

ข้อมูลความต้องการใช้พลังงานและความเร็วลมรายวันนั้น ได้มาจาก ภาคผนวก จ และ
 หลังข้อมูลในตาราง 5.4 และ 5.5 นั้นได้มาจากการทำนายด้วยโปรแกรม HOMER



ตารางที่ 5.6 การเชื่อมต่อกับกังหันขนาด 2 MW

กรณี	ไม่พิจารณาผลของ	พิจารณาผล wake	พิจารณาผล wake	พิจารณาผล wake
ช่วงเวลา	wake effect	effect กรณีที่ 1	effect กรณีที่ 2	effect กรณีที่ 3
1.00 น	948	952.1	949.1	950.7
2.00 น	1,052.8	1,056.3	1,053.8	1,055.1
3.00 น	1,128.9	1,134.6	1,130.4	1,132.6
4.00 น	1,281.6	1,288.2	1,283.4	1,285.9
5.00 น	1,364.2	1,369.3	1,365.6	1,367.6
6.00 น	1,551.5	1,556.3	1,552.8	1,554.7
7.00 น	1,599.7	1,604.2	1,600.9	1,602.7
8.00 น	1,612.8	1,618.6	1,614.4	1,616.6
9.00 น	1,778.7	1,784.9	1,780.4	1,782.8
10.00 น	1,954.1	1,959.3	1,955.5	1,957.5
11.00 น	2,032.6	2,037.4	2,033.9	2,035.8
12.00 น	2,075.4	2,080.9	2,076.9	2,079.0
13.00 น	1,911.3	1,916.7	1,912.8	1,914.9
14.00 น	1,877.8	1,881.4	1,878.8	1,880.2
15.00 น	1,636.9	1,642.3	1,638.4	1,640.5
16.00 น	1,467.2	1,472.5	1,468.7	1,470.7
17.00 น	1,339.8	1,345.2	1,341.2	1,343.3
18.00 น	1,494.4	1,500.2	1,496.0	1,498.2
19.00 น	1,690.7	1,694.3	1,691.7	1,693.1
20.00 น	1,981.7	1,985.8	1,982.8	1,984.4
21.00 น	1,873.5	1,876.1	1,874.2	1,875.2
22.00 น	1,549.8	1,552.9	1,550.6	1,551.8
23.00 น	1,285.9	1,288.9	1,286.7	1,287.9
24.00 น	1,144.8	1,147.7	1,145.6	1,146.7

จากข้อมูลที่ได้ไปคำนวณเพื่อวางแผนการจ่ายโหลดในหนึ่งวันตั้งแต่เวลา 01:00 น. - 24:00 น. โดยการใช้วิธีการปรับปรุงค่าที่เหมาะสมทั้งสามวิธีประกอบไปด้วย ระเบียบวิธีแบบจุดภายใน ระเบียบวิธีเชิงพันธุกรรม และระเบียบวิธีแบบฮามอนี เพื่อเปรียบเทียบผลของคำตอบที่ได้ เพื่อหาวิธีที่มีความเหมาะสมแก่การแก้ปัญหามากที่สุดและเพื่อศึกษาสภาวะด้านราคาต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไปด้วยการทดลองติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าในระบบ ซึ่งสามารถแสดงข้อมูลที่ได้นี้

5.2 ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบที่ได้แบ่งได้เป็นผลการทดลองกับระบบก่อนที่จะมีการติดตั้งกังหันลมในระบบและเมื่อติดตั้งแล้ว เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงค่าเชื้อเพลิงที่ใช้ในการวางแผนการผลิตในหนึ่งวัน โดยทำการทดสอบระบบไฟฟ้าระบบเดียวกัน ซึ่งได้ผลการทดสอบ ดังนี้

การคำนวณก่อนการติดตั้งกังหันลม

ตารางที่ 5.7 การวางแผนการจ่ายโหลดตั้งแต่ เวลา 01:00-24:00 น ก่อนการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้า

วิธีการ	HS		GA		ITP	
ช่วงเวลา	กำลัง	ราคา (฿)	กำลัง	ราคา(฿)	กำลัง	ราคา (฿)
1.00 น	1,019.49	28,283	1,019.49	29,176	1,019.49	28,650
2.00 น	1,103.54	29,887	1,103.54	31,073	1,103.54	30,305
3.00 น	1,245.66	32,864	1,245.66	35,038	1,245.66	33,423
4.00 น	1,424.11	37,034	1,424.11	39,435	1,424.11	37,509
5.00 น	1,461.04	37,582	1,461.04	38,961	1,461.04	38,110
6.00 น	1,642.67	41,625	1,642.52	43,458	1,642.52	42,110
7.00 น	1,680.83	42,410	1,680.83	43,879	1,680.83	43,643
8.00 น	1,732.44	43,572	1,732.44	45,315	1,732.44	44,259
9.00 น	1,909.54	48,042	1,909.54	49,261	1,909.54	48,061
10.00 น	2,054.92	51,674	2,054.93	53,097	2,054.93	51,988
11.00 น	2,122.23	53,271	2,122.23	54,685	2,122.23	53,364
12.00 น	2,184.37	54,931	2,184.37	54,930	2,184.37	54,548
13.00 น	2,018.65	50,317	2,018.66	51,450	2,018.66	50,361
14.00 น	1,932.99	48,287	1,932.54	50,417	1,932.54	48,660
15.00 น	1,743.35	44,175	1,743.35	45,178	1,743.35	44,621
16.00 น	1,571.39	40,343	1,571.39	41,571	1,571.39	40,923
17.00 น	1,445.71	36,454	1,445.70	38,735	1,445.70	37,857
18.00 น	1,612.97	41,017	1,612.98	42,656	1,612.98	41,266
19.00 น	1,746.38	43,776	1,746.39	46,199	1,746.39	44,645
20.00 น	2,048.94	51,649	2,048.95	52,683	2,048.88	50,324
21.00 น	1,900.54	47,122	1,900.55	49,861	1,900.55	48,288
22.00 น	1,589.01	40,880	1,589.01	42,802	1,589.01	41,753
23.00 น	1,322.10	34,999	1,322.10	37,027	1,322.10	35,367
24.00 น	1,179.21	31,435	1,179.21	32,635	1,179.21	32,103
ต้นทุนรวม	39,692.08	1,011,629	39,691.53	1,049,522	39,691.46	1,022,138

การเชื่อมต่อกับกังหันลมขนาด 1MW

ตารางที่ 5.8 กังหันลมขนาด 1 MW ความเร็วลม 4.975 m/s

วิธีการ	HS		GA		ITP	
ช่วงเวลา	กำลัง	ราคา (\$)	กำลัง	ราคา(\$)	กำลัง	ราคา (\$)
1.00 น	1,019.05	27,973	1,019.05	28,778	1,019.05	28,638
2.00 น	1,103.35	29,888	1,103.35	30,176	1,103.35	30,137
3.00 น	1,244.74	32,806	1,244.74	33,690	1,244.74	33,292
4.00 น	1,423.03	36,868	1,423.03	37,684	1,423.03	37,258
5.00 น	1,461.04	37,458	1,460.95	38,828	1,461.04	37,922
6.00 น	1,642.23	41,962	1,642.23	43,878	1,642.23	42,284
7.00 น	1,680.83	42,573	1,680.83	43,772	1,680.84	43,876
8.00 น	1,732.06	43,873	1,732.06	44,790	1,732.06	44,350
9.00 น	1,908.92	46,992	1,908.92	49,367	1,908.92	48,741
10.00 น	2,052.94	51,725	2,052.94	52,836	2,052.94	52,183
11.00 น	2,120.73	53,401	2,120.73	54,841	2,120.73	54,139
12.00 น	2,179.97	54,619	2,179.97	55,503	2,180.62	54,980
13.00 น	2,014.14	49,895	2,014.14	51,446	2,014.16	51,045
14.00 น	1,926.71	47,908	1,926.71	50,386	1,926.73	49,174
15.00 น	1,739.57	43,903	1,739.57	45,997	1,739.57	44,305
16.00 น	1,567.77	40,028	1,567.77	43,510	1,567.77	40,181
17.00 น	1,444.71	37,104	1,444.71	39,146	1,444.7	37,496
18.00 น	1,612.89	40,879	1,612.89	42,557	1,612.9	41,965
19.00 น	1,746.39	43,667	1,746.39	45,995	1,746.4	44,536
20.00 น	2,048.95	51,299	2,048.95	52,686	2,048.95	51,925
21.00 น	1,900.55	47,195	1,900.2	49,884	1,900.57	48,548
22.00 น	1,587.51	40,569	1,587.51	42,359	1,587.5	40,705
23.00 น	1,322.1	34,932	1,322.1	35,798	1,322.1	34,555
24.00 น	1,179.21	31,380	1,179.21	31,257	1,179.21	31,655
ต้นทุนรวม	39,659.39	1,008,897	39,658.95	1,045,164	39,660.11	1,023,890

ตารางที่ 5.9 กังหันลมขนาด 1 MW ความเร็วลม 9.5 m/s

วิธีการ	HS		GA		ITP	
ช่วงเวลา	กำลัง	ราคา (\$)	กำลัง	ราคา (\$)	กำลัง	ราคา (\$)
1.00 น	1,015.15	27,838	1,015.15	28,856	1,011.15	28,540
2.00 น	1,100.82	29,777	1,100.82	30,543	1,100.82	29,842
3.00 น	1,237.78	32,782	1,237.78	33,489	1,237.77	33,089
4.00 น	1,414.22	36,540	1,414.22	37,772	1,414.22	36,660
5.00 น	1,454.72	37,450	1,454.71	38,214	1,454.71	37,735
6.00 น	1,636.65	41,651	1,636.65	43,083	1,636.59	42,126
7.00 น	1,675.74	43,216	1,675.74	44,109	1,675.73	43,739
8.00 น	1,724.34	44,287	1,724.34	45,629	1,724.33	44,004
9.00 น	1,900.56	47,925	1,900.56	48,640	1,900.55	48,548
10.00 น	2,048.30	51,584	2,048.3	52,681	2,048.23	51,891
11.00 น	2,116.48	53,458	2,116.48	54,751	2,116.47	53,972
12.00 น	2,177.10	54,948	2,177.1	55,577	2,177.1	55,002
13.00 น	2,011.52	49,759	2,011.52	51,288	2,011.52	50,967
14.00 น	1,929.51	47,903	1,929.51	48,867	1,929.51	49,257
15.00 น	1,736.28	43,901	1,736.28	45,984	1,736.26	44,341
16.00 น	1,564.50	39,710	1,564.5	41,294	1,564.49	40,084
17.00 น	1,438.68	36,891	1,438.67	38,552	1,438.96	37,909
18.00 น	1,604.96	40,666	1,604.96	42,182	1,604.62	41,419
19.00 น	1,743.29	43,618	1,743.29	44,879	1,743.29	44,354
20.00 น	2,044.95	50,254	2,044.95	52,266	2,044.94	51,819
21.00 น	1,899.68	47,116	1,899.68	48,719	1,899.68	48,525
22.00 น	1,587.19	40,749	1,587.19	41,508	1,587.18	41,171
23.00 น	1,320.52	34,689	1,320.52	35,673	1,320.52	35,169
24.00 น	1,177.77	31,346	1,177.77	31,905	1,177.77	31,613
ต้นทุนรวม	39,560.71	1,008,058	39,560.69	1,036,461	39,556.41	1,021,766

การเชื่อมต่อกับกังหันลมขนาด 1.5 MW

ตารางที่ 5.10 การเชื่อมต่อกับกังหันลมขนาด 1.5 MW ความเร็วลม 4.975 m/s

วิธีการ	HS		GA		ITP	
ช่วงเวลา	กำลัง	ราคา (\$)	กำลัง	ราคา (\$)	กำลัง	ราคา (\$)
1.00 น	1,017.89	27,936	1,017.89	29,193	1,017.89	28,610
2.00 น	1,107.94	28,982	1,107.32	30,084	1,102.32	30,150
3.00 น	1,243.35	32,967	1,243.35	33,649	1,243.34	33,282
4.00 น	1,421.56	36,840	1,421.56	37,944	1,421.56	37,215
5.00 น	1,460.27	37,503	1,460.27	38,734	1,460.27	37,900
6.00 น	1,641.15	41,841	1,641.15	43,201	1,646.15	42,254
7.00 น	1,680.24	42,165	1,680.23	44,247	1,680.23	43,860
8.00 น	1,737.94	43,458	1,737.94	45,756	1,737.93	44,316
9.00 น	1,908.54	47,674	1,907.68	49,816	1,907.69	48,716
10.00 น	2,051.01	51,583	2,051.01	52,498	2,051.02	52,348
11.00 น	2,119.04	53,313	2,119.04	53,515	2,119.05	54,070
12.00 น	2,176.83	54,751	2,176.83	55,577	2,176.85	54,995
13.00 น	2,010.99	51,668	2,010.95	51,373	2,010.97	50,950
14.00 น	1,922.88	47,910	1,922.86	50,335	1,922.86	49,059
15.00 น	1,736.75	43,746	1,736.75	45,985	1,736.65	44,241
16.00 น	1,565.03	40,006	1,565.03	41,289	1,564.98	40,272
17.00 น	1,443.39	37,193	1,443.28	37,998	1,443.28	37,470
18.00 น	1,611.91	41,049	1,611.91	42,718	1,611.9	41,938
19.00 น	1,746.38	43,824	1,746.39	45,857	1,746.35	44,536
20.00 น	2,048.95	51,414	2,048.95	52,422	2,048.95	51,925
21.00 น	1,899.70	47,128	1,899.7	49,064	1,899.7	48,526
22.00 น	1,586.8	40,799	1,586.82	42,756	1,585.82	48,526
23.00 น	1,322.10	34,769	1,322.01	35,943	1,322.09	34,555
24.00 น	1,179.21	31,327	1,179.2	32,641	1,179.2	31,668
ต้นทุนรวม	39,639.85	1,009,846	39,638.1	1,042,595	39,637.1	1,031,382

ตารางที่ 5.11 การเชื่อมต่อกับกังหันลมขนาด 1.5 MW ความเร็วลม 9.5 m/s

วิธีการ	HS		GA		ITP	
ช่วงเวลา	กำลัง	ราคา (\$)	กำลัง	ราคา (\$)	กำลัง	ราคา (\$)
1.00 น	1,012.05	27,947	1,012.04	28,539	1,012.04	28,459
2.00 น	1,098.76	29,786	1,098.52	29,968	1,098.53	29,998
3.00 น	1,232.91	32,407	1,232.91	33,345	1,232.91	32,944
4.00 น	1,409.11	36,702	1,409.11	38,891	1,409.1	36,892
5.00 น	1,450.65	37,356	1,450.63	38,713	1,450.64	37,613
6.00 น	1,632.78	41,557	1,632.78	43,385	1,632.78	42,014
7.00 น	1,672.26	42,219	1,672.26	44,045	1,672.27	43,643
8.00 น	1,719.35	43,287	1,719.26	44,698	1,719.39	44,457
9.00 น	1,895.14	47,718	1,895.14	49,964	1,895.15	48,371
10.00 น	2,044.05	51,389	2,044.05	52,517	2,044.07	51,593
11.00 น	2,112.71	53,137	2,112.66	53,624	2,112.02	53,822
12.00 น	2,172.53	54,557	2,172.53	55,552	2,172.56	54,700
13.00 น	2,007.01	49,975	2,007.01	51,405	2,007.03	50,832
14.00 น	1,927.06	47,997	1,930.06	50,390	1,927.06	49,184
15.00 น	1,731.81	43,834	1,731.81	45,803	1,731.8	44,122
16.00 น	1,560.12	40,006	1,560.12	41,704	1,560.13	40,139
17.00 น	1,434.25	37,033	1,434.22	38,126	1,434.22	37,717
18.00 น	1,434.25	40,697	1,434.5	40,962	1,434.3	41,301
19.00 น	1,740.80	43,585	1,740.8	45,707	1,740.81	44,593
20.00 น	2,042.01	51,202	2,040.01	52,445	2,042.03	52,237
21.00 น	1,898.31	47,334	1,898.32	48,176	1,898.32	48,463
22.00 น	1,585.36	40,573	1,585.35	42,763	1,585.35	41,373
23.00 น	1,318.80	34,805	1,318.8	35,853	1,318.8	34,556
24.00 น	1,176.13	31,375	1,176.11	31,525	1,176.11	31,638
ต้นทุนรวม	39,308.21	1,006,478	39,309	1,038,100	39,307.4	1,020,661

การเชื่อมต่อกับกังหันลมขนาด 2.5 MW

ตารางที่ 5.12 การเชื่อมต่อกับกังหันลมขนาด 2.5 MW ความเร็วลม 4.975 m/s

วิธีการ	HS		GA		ITP	
ช่วงเวลา	กำลัง	ราคา (\$)	กำลัง	ราคา (\$)	กำลัง	ราคา (\$)
1.00 น	1,015.73	28,269	1,015.74	28,884	1,015.74	28,555
2.00 น	1,100.34	29,844	1,100.34	30,986	1,100.34	29,836
3.00 น	1,240.85	32,920	1,240.85	33,604	1,240.85	33,179
4.00 น	1,418.94	36,811	1,418.94	38,647	1,418.96	37,137
5.00 น	1,458.51	37,499	1,458.51	38,645	1,458.51	37,974
6.00 น	1,639.11	41,530	1,639.1	43,452	1,639.11	42,196
7.00 น	1,678.55	42,301	1,678.55	44,208	1,678.57	43,815
8.00 น	1,728.82	43,752	1,728.82	45,723	1,728.83	44,253
9.00 น	1,905.40	48,230	1,905.58	50,120	1,905.42	48,666
10.00 น	2,047.73	51,840	2,047.73	52,646	2,047.75	51,542
11.00 น	2,116.11	51,284	2,116.11	54,748	2,116.01	53,958
12.00 น	2,171.81	54,465	2,171.81	55,546	2,171.8	54,815
13.00 น	2,005.85	49,828	2,005.85	51,237	2,005.79	50,798
14.00 น	1,919.22	47,892	1,916.81	49,677	1,916.81	48,879
15.00 น	1,732.18	43,741	1,732.18	45,192	1,732.18	44,353
16.00 น	1,560.58	39,956	1,560.58	41,167	1,560.58	40,164
17.00 น	1,440.81	37,074	1,440.72	38,393	1,440.72	37,827
18.00 น	1,610.00	40,889	1,610	42,346	1,610.01	41,454
19.00 น	1,745.27	43,943	1,745.27	46,176	1,745.27	44,650
20.00 น	2,047.81	51,418	2,047.81	52,656	2,047.83	51,895
21.00 น	1,897.99	47,164	1,897.91	49,596	1,897.93	48,478
22.00 น	1,582.89	40,586	1,582.89	41,383	1,582.89	40,607
23.00 น	1,322.10	34,851	1,322.1	35,527	1,322.09	34,555
24.00 น	1,179.20	31,430	1,179.21	32,478	1,179.21	31,655
ต้นทุนรวม	39,565.8	1,007,517	39,563.4	1,043,037	39,563.2	1,021,241

ตารางที่ 5.13 การเชื่อมต่อกับกังหันลมขนาด 2.5 MW ความเร็วลม 9.5 m/s

วิธีการ	HS		GA		ITP	
ช่วงเวลา	กำลัง	ราคา (\$)	กำลัง	ราคา (\$)	กำลัง	ราคา (\$)
1.00 น	1,007.07	27,932	1,007.07	28,174	1,007.07	28,327
2.00 น	1,094.73	29,771	1,094.73	30,937	1,094.73	29,888
3.00 น	1,225.38	32,646	1,225.38	33,120	1,225.38	32,921
4.00 น	1,399.35	36,617	1,399.36	37,819	1,399.36	36,692
5.00 น	1,444.23	37,231	1,444.23	38,383	1,626.73	37,488
6.00 น	1,626.71	41,578	1,626.71	43,301	1,711.68	42,326
7.00 น	1,666.74	42,026	1,666.74	42,865	1,666.77	43,486
8.00 น	1,711.66	43,237	1,711.66	44,654	1,711.67	44,909
9.00 น	1,886.95	47,853	1,886.81	48,234	1,886.82	48,126
10.00 น	2,037.42	51,703	2,037.42	52,275	2,037.45	51,704
11.00 น	2,106.67	52,760	2,106.67	53,580	2,106.56	53,580
12.00 น	2,165.45	54,433	2,165.45	54,942	2,165.47	54,425
13.00 น	2,000.14	49,688	2,000.48	50,828	2,000.36	50,390
14.00 น	1,923.04	47,763	1,923.04	49,481	1,924.06	49,065
15.00 น	1,724.87	43,531	1,724.87	45,321	1,724.87	44,137
16.00 น	1,553.30	39,812	1,553.30	40,569	1,553.29	40,249
17.00 น	1,427.36	36,712	1,427.31	38,044	1,427.32	37,289
18.00 น	1,592.39	40,407	1,592.39	42,825	1,592.38	41,109
19.00 น	1,736.72	43,583	1,736.72	45,948	1,736.72	44,241
20.00 น	2,037.28	51,336	2,037.28	52,257	2,037.31	51,712
21.00 น	1,895.85	47,137	1,895.85	49,979	1,902.86	48,392
22.00 น	1,582.26	40,606	1,582.2	42,715	1,582.2	40,985
23.00 น	1,316.24	33,173	1,315.82	35,388	1,315.81	34,798
24.00 น	1,173.27	31,305	1,173.23	31,673	1,173.23	31,479
ต้นทุนรวม	39,335.1	1,002,840	39,334.7	1,033,312	39,610.1	1,017,718

ในการพิจารณาผลของการเกิดเวกเอฟเฟกต์ (Wake effect) แบ่งออกได้เป็น 3 กรณีศึกษา แบ่งตามทิศทางลม และได้ทำการทดลองคำนวณก่อนที่จะมีการพิจารณาผลของเวกเอฟเฟกต์ (Wake effect) รวมเป็น 4 กรณี ซึ่งผลจากการคำนวณ แสดงได้ดังนี้

กรณีที่ 1 การเชื่อมต่อกังหันลม 2 MW โดยไม่พิจารณาผลของเวกเอฟเฟกต์ (Wake effect)

ตารางที่ 5.14 การเชื่อมต่อกังหันลม 2 MW โดยไม่พิจารณาผลของเวกเอฟเฟกต์
(Wake effect) กรณีที่ 1

วิธีการ	HS		GA		ITP	
ช่วงเวลา	กำลัง (MW)	ราคา (\$)	กำลัง (MW)	ราคา (\$)	กำลัง (MW)	ราคา (\$)
1.00 น	947.98	26,598	947.97	28,562	947.97	27,066
2.00 น	1,052.81	29,014	1,052.8	30,524	1,052.8	29,445
3.00 น	1,128.88	30,353	1,128.9	30,942	1,128.9	30,980
4.00 น	1,281.54	33,860	1,281.6	35,541	1,281.5	34,625
5.00 น	1,364.23	35,564	1,364.2	37,810	1,364.2	35,862
6.00 น	1,551.47	39,792	1,551.5	40,830	1,551.5	40,284
7.00 น	1,599.70	31,790	1,599.7	42,965	1,599.7	41,620
8.00 น	1,612.75	40,707	1,612.8	42,915	1,612.8	41,664
9.00 น	1,778.73	44,994	1,778.7	47,122	1,778.7	45,153
10.00 น	1,954.12	49,155	1,954.1	50,062	1,954.1	49,110
11.00 น	2,032.62	56,015	2,032.6	52,104	2,032.6	51,095
12.00 น	2,075.40	52,363	2,075.4	52,471	2,075.4	52,234
13.00 น	1,911.29	47,686	1,911.3	50,151	1,911.3	48,741
14.00 น	1,877.84	46,667	1,877.8	49,301	1,877.8	47,439
15.00 น	1,636.95	41,871	1,636.9	42,766	1,636.9	42,080
16.00 น	1,467.22	37,676	1,467.2	39,432	1,467.2	38,573
17.00 น	1,339.77	35,141	1,339.8	37,083	1,339.8	35,657
18.00 น	1,494.41	38,377	1,494.4	40,959	1,494.4	38,867
19.00 น	1,690.70	43,298	1,690.7	44,407	1,690.7	43,393
20.00 น	1,981.74	49,956	1,981.7	50,890	1,981.9	50,324
21.00 น	1,873.53	46,804	1,873.5	49,609	1,873.5	47,519
22.00 น	1,549.80	40,154	1,549.8	42,147	1,549.8	40,513
23.00 น	1,285.94	34,426	1,285.9	35,558	1,285.9	34,358
24.00 น	1,144.80	30,803	1,144.8	31,660	1,144.8	31,621
ต้นทุนรวม	37,634.3	963,064	37,634.1	1,005,811	37,634.2	978,223

กรณีที่ 2 เมื่อทิศทางลมเคลื่อนเข้าสู่บริเวณที่มีการติดตั้งกังหันลมทางทิศตะวันออก

ตารางที่ 5.15 การเชื่อมต่อกังหันลม 2 MW โดยพิจารณาผลของเวกเอฟเฟกต์ (Wake effect)

กรณีที่ 2

วิธีการ	HS		GA		ITP	
ช่วงเวลา	กำลัง	ราคา (\$)	กำลัง	ราคา (\$)	กำลัง	ราคา (\$)
1.00 น	952.14	26,347	952.15	27,384	952.14	27,189
2.00 น	1,056.26	29,482	1,056.27	30,232	1,056.27	29,487
3.00 น	1,134.77	30,220	1,134.62	32,520	1,132.67	31,060
4.00 น	1,288.22	33,738	1,288.21	36,415	1,288.21	34,514
5.00 น	1,369	35,314	1,369.3	37,286	1,369.30	36,305
6.00 น	1,556.49	40,412	1,556.34	42,291	1,556.34	40,658
7.00 น	1,604.25	40,907	1,604.22	42,303	1,604.22	42,167
8.00 น	1,618.62	41,090	1,618.62	42,866	1,618.62	41,728
9.00 น	1,785.18	45,644	1,784.91	46,272	1,784.91	46,180
10.00 น	1,959.32	50,028	1,959.33	50,740	1,959.33	50,113
11.00 น	2,037.43	51,130	2,037.44	52,262	2,037.44	51,904
12.00 น	2,081.09	52,152	2,080.89	52,625	2,080.89	52,657
13.00 น	1,916.72	46,673	1,916.73	49,179	1,916.73	48,934
14.00 น	1,881.4	45,796	1,881.41	49,193	1,881.41	48,878
15.00 น	1,642.4	41,069	1,642.34	41,612	1,642.34	43,417
16.00 น	1,472.54	36,979	1,472.55	40,658	1,472.55	39,433
17.00 น	1,345.38	35,275	1,345.2	36,186	1,345.16	36,562
18.00 น	1,500.3	37,514	1,500.24	41,042	1,500.24	39,627
19.00 น	1,694.33	42,590	1,694.33	44,562	1,694.33	44,235
20.00 น	1,985.77	49,542	1,985.77	51,432	1,985.77	50,807
21.00 น	1,876.13	47,788	1,876.13	49,346	1,876.13	48,059
22.00 น	1,553.04	40,230	1,552.86	41,161	1,552.86	40,476
23.00 น	1,288.88	33,316	1,288.88	36,217	1,288.88	34,827
24.00 น	1,147.7	33,050	1,147.69	33,276	1,147.69	31,669
ต้นทุนรวม	37,747.4	966,286	37,746.4	1,007,060	37,744.4	990,886



กรณีที่ 3 เมื่อทิศทางลมเคลื่อนเข้าสู่บริเวณที่มีการติดตั้งกังหันลมทางทิศใต้

ตารางที่ 5.16 การเชื่อมต่อกังหันลม 2 MW โดยพิจารณาผลของเวกเอฟเฟกต์ (Wake effect)

กรณีที่ 3

วิธีการ	HS		GA		ITP	
ช่วงเวลา	กำลัง	ราคา (\$)	กำลัง	ราคา (\$)	กำลัง	ราคา (\$)
1.00 น	949.12	26,753	949.11	27,169	949.11	27,099
2.00 น	1,053.74	28,027	1,053.76	29,885	1,053.76	29,457
3.00 น	1,130.43	29,491	1,130.43	32,389	1,130.43	30,981
4.00 น	1,283.36	34,051	1,283.37	36,309	1,283.34	34,462
5.00 น	1,365.63	35,584	1,365.62	37,186	1,365.62	36,228
6.00 น	1,552.79	38,905	1,552.80	42,230	1,552.81	40,073
7.00 น	1,600.94	40,682	1,600.94	42,351	1,600.94	42,200
8.00 น	1,614.36	41,025	1,614.36	43,077	1,614.36	41,602
9.00 น	1,780.36	44,870	1,780.36	47,297	1,780.37	46,172
10.00 น	1,955.54	49,692	1,955.55	50,678	1,955.55	50,427
11.00 น	2,033.93	51,236	2,033.94	51,880	2,033.94	52,151
12.00 น	2,076.9	52,405	2,076.91	53,541	2,076.90	52,939
13.00 น	1,912.78	47,786	1,912.78	49,921	1,912.77	48,988
14.00 น	1,878.79	47,007	1,878.79	49,582	1,878.79	48,239
15.00 น	1,638.42	42,107	1,638.42	44,234	1,638.42	42,968
16.00 น	1,468.68	38,304	1,468.68	40,343	1,468.68	38,192
17.00 น	1,341.24	35,342	1,341.25	37,545	1,341.24	35,724
18.00 น	1,497.20	38,640	1,496.01	40,931	1,496.00	39,179
19.00 น	1,691.69	43,050	1,691.69	44,686	1,691.09	43,293
20.00 น	1,982.84	49,324	1,982.85	50,925	1,982.88	50,324
21.00 น	1,874.22	45,996	1,874.22	49,589	1,874.22	47,547
22.00 น	1,550.72	40,065	1,550.64	42,264	1,550.64	40,544
23.00 น	1,286.74	33,395	1,286.74	35,874	1,286.74	34,389
24.00 น	1,145.75	30,733	1,145.59	32,844	1,145.59	31,635
ต้นทุนรวม	37,666.2	964,470	37,664.8	1,012,730	37,664.2	984,813

กรณีที่ 4 เมื่อทิศทางลมเคลื่อนเข้าสู่บริเวณที่มีการติดตั้งกังหันลมทางทิศตะวันออกเฉียงใต้

ตารางที่ 5.17 การเชื่อมต่อกังหันลม 2 MW โดยพิจารณาผลของเวกเอฟเฟกต์ (Wake effect)

กรณีที่ 4

วิธีการ	HS		GA		ITP	
ช่วงเวลา	กำลัง	ราคา (\$)	กำลัง	ราคา (\$)	กำลัง	ราคา (\$)
1.00 น	950.85	26,600	950.62	27,232	950.7	27,146
2.00 น	1,055.07	29,521	1,055.15	30,328	1,055.08	29,473
3.00 น	1,133.18	30,035	1,132.63	31,890	1,132.63	31,024
4.00 น	1,285.91	34,789	1,285.91	35,004	1,285.91	34,453
5.00 น	1,367.55	35,925	1,367.55	37,137	1,367.55	35,954
6.00 น	1,554.66	40,818	1,554.66	42,104	1,554.66	40,554
7.00 น	1,602.66	41,064	1,602.66	42,297	1,602.66	41,405
8.00 น	1,616.59	41,185	1,616.59	43,243	1,616.59	41,814
9.00 น	1,782.75	45,675	1,782.75	47,393	1,782.75	45,884
10.00 น	1,957.52	49,260	1,957.53	50,709	1,957.53	50,021
11.00 น	2,035.77	51,214	2,035.78	52,226	2,035.77	51,812
12.00 น	2,078.99	51,311	2,078.99	52,572	2,079.00	52,502
13.00 น	1,914.85	47,561	1,914.85	50,219	1,914.85	48,845
14.00 น	1,880.17	46,829	1,880.17	49,342	1,880.17	48,070
15.00 น	1,640.48	41,848	1,640.48	44,174	1,640.47	42,762
16.00 น	1,471.71	36,630	1,470.71	38,975	1,470.69	38,629
17.00 น	1,343.29	34,862	1,343.3	36,464	1,343.29	35,313
18.00 น	1,498.23	38,474	1,498.23	40,776	1,498.22	38,807
19.00 น	1,693.12	42,131	1,693.08	44,195	1,693.08	43,363
20.00 น	1,984.38	49,098	1,984.38	50,857	1,984.69	50,065
21.00 น	1,875.22	46,873	1,875.22	49,635	1,875.22	47,587
22.00 น	1,552.46	40,352	1,551.80	41,275	1,551.80	40,586
23.00 น	1,287.86	33,268	1,287.86	35,504	1,287.86	34,433
24.00 น	1,146.69	30,050	1,146.69	31,758	1,146.69	31,097
ต้นทุนรวม	37,709.9	965,373	37,707.6	1,005,309	37707.9	981,599

5.3 สรุปผลการทดลอง

การทดสอบเปรียบเทียบการจ่ายโหลดทั้ง 3 กรณี ผลที่ได้พบว่าการแก้ปัญหาด้วยระเบียบวิธีแบบฮาโมนีนั้นในผลการคำนวณดีกว่าสองวิธีดังนี้ HS ให้คำตอบที่ดีกว่า GA 4.02 % แต่ให้คำตอบที่ดีกว่า ITP 2.46 % ผลที่ได้คำนวณคำนวณจากค่าเฉลี่ยของผลที่ได้ทั้งหมด ส่วนในการทดลองติดตั้งกังหันเพิ่มในระบบซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้คำนวณตามสมการ (5.1)-(5.5) ซึ่งสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

- การติดตั้งกังหันในระบบสามารถลดค่าเชื้อเพลิงได้ 0.57 % ในระบบขนาดเล็กและ 4.8 % ระบบขนาดใหญ่

- ผลจากการพิจารณาผลของการเกิดเวกเอฟเฟกต์ (Wake effect) ทำให้ค่าเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น 0.17 % จากค่าเฉลี่ยในกรณีศึกษาทั้ง 3 กรณี พิจารณาจากการคำนวณด้วยระเบียบวิธีแบบฮาโมนี

$$COST1\% = \frac{|A-B1|}{B1} * 100 \quad (5.1)$$

$$COST2\% = \frac{|A-B2|}{B2} * 100 \quad (5.2)$$

$$COST3\% = \frac{|C-D|}{D} * 100 \quad (5.3)$$

$$ANS1\% = \frac{|HS-GA|}{HS} * 100 \quad (5.4)$$

$$ANS2\% = \frac{|HS-ITP|}{HS} * 100 \quad (5.5)$$

โดย

ANS1%	คือ ค่าเปอร์เซ็นต์คำตอบที่ได้ HS เทียบกับ GA
ANS2%	คือ ค่าเปอร์เซ็นต์คำตอบที่ได้ HS เทียบกับ ITP
HS	คือ ค่าคำตอบที่ได้จากการคำนวณด้วยระเบียบวิธีแบบฮาโมนี
GA	คือ ค่าคำตอบที่ได้จากการคำนวณด้วยระเบียบทางพันธุกรรม
ITP	คือ ค่าคำตอบที่ได้จากการคำนวณด้วยระเบียบแบบจุดภายใน
COST1%	คือ ค่าเปอร์เซ็นต์คำตอบที่ได้
COST2%	คือ ค่าเปอร์เซ็นต์คำตอบที่ได้
COST3%	คือ ค่าเปอร์เซ็นต์คำตอบที่ได้
A	คือ ค่าต้นทุนเชื้อเพลิงก่อนมีการติดตั้งกังหันลม
B1	คือ ค่าต้นทุนเชื้อเพลิงหลังจากมีการติดตั้งกังหันลม 10 ยูนิตขนาด 2.5 MW

- B2* คือ ค่าต้นทุนเชื้อเพลิงหลังจากมีการติดตั้งกังหันลม 80 หน่วยขนาด 2 MW
- C* คือ ค่าคำตอบที่พิจารณาผลของเวกเอฟเฟกต์ (Wake effect)
- D* คือ ค่าคำตอบที่ไม่พิจารณาผลของเวกเอฟเฟกต์ (Wake effect)