ผลกระทบของพลังงานลมต่อความเพียงพอของการผลิตไฟฟ้า

Impacts of Wind Energy on Generation Adequacy

ชุติมา จงอรุณงามแสง และ **ดุลย์พิเชษฐ์ ฤกษ์ปรีดาพงศ์**
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
Email: ahapui_zest@hotmail, dulpichet.r@ku.ac.th

บทคัดย่อ

พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่ผลิตจากทรัพยากรซึ่งมีอยู่อย่างจำกัด และลดลงอย่างรวดเร็ว ขณะเดียวกันความต้องการพลังงานไฟฟ้านั้นเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทำให้พลังงานทดแทนมีบทบาทอย่างมากในการเข้ามาทดแทนการผลิตไฟฟ้า พลังงานลมถือว่าเป็นพลังงานทดแทนที่ถูกนำมาใช้สำหรับการผลิตไฟฟ้าอย่างกว้างขวาง เนื่องจากเป็นการผลิตไฟฟ้าที่สะอาดและไม่มีราคาต้นทุนของวัตถุดิบ แต่เนื่องจากพลังงานลมนั้นไม่แน่นอนและมีความเร็วลมผันผวนในแต่ละพื้นที่ จึงจำเป็นต้องมีการประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าของพลังงานลมเพื่อใช้ในการประเมินความพอเพียงของกำลังผลิตกับความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟ ในส่วนของการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้

บทความนี้เสนอการประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าของพลังงานลมที่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย โดยนำเสนอในรูปดัชนีความเชื่อถือได้ Loss of Load Expectation (LOLE) ซึ่งใช้ความผันผวนของพลังงานลมเข้ามาวิเคราะห์ร่วมด้วย โดยใช้ข้อมูลความเร็วลมจากอำเภอระโนด จังหวัดสงขลา ผ่านกรณีศึกษา 3 กรณี และวิเคราะห์หาค่าเครดิตกำลังผลิต (Capacity Credit) เพื่อใช้ในการวางแผนติดตั้งสถานีไฟฟ้าต่อไป โดยผลของการวิเคราะห์ทำให้เห็นว่า เมื่อมีการเชื่อมต่อพลังงานลมเข้ากับระบบจำหน่ายมีค่าดัชนีความเชื่อถือได้ลดลงจากระบบทั่วไป แต่มีค่ามากกว่ากรณีที่เชื่อมต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กที่สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าสม่ำเสมอ ค่าเครดิตกำลังผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมมีค่าน้อยกว่า ค่ากำลังผลิตสูงสุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม จากการวิเคราะห์หาค่าเครดิตกำลังผลิตทำให้สามารถนำไปใช้ประเมินศักยภาพ และพิจารณาในการสร้างสถานีไฟฟ้าเพิ่มต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ

พลังงานลม ความเชื่อถือได้ ดัชนีความเชื่อถือได้ LOLE เครดิตกำลังผลิต

Abstract

Electrical power is mainly generated from petroleum, gas and coal which are limited and decrease dramatically. Meanwhile, electrical energy's need is increasing obviously, so renewable energy becomes a good alternative energy which is made from fossil fuels. Wind energy is also the renewable energy source used in generating electricity since it is clean and free. However, wind energy cannot generate electrical power constantly because it depends on wind speed which always vary all the time. Therefore, the potential of wind power which generates electrical power to serve power demand should be evaluated in terms of generation adequacy on a reliability study.

This paper presents the potential evaluation of electric power generation from wind energy connected to distribution systems in terms of Loss of Load Expectation (LOLE) index. The location which we choose to do an experiment about an uncertainty of wind speed is at Ranod, Songkhla province. The results of 3 case studies are presented and discussed in the paper also.

Keywords

wind energy, reliability, LOLE, capacity credit

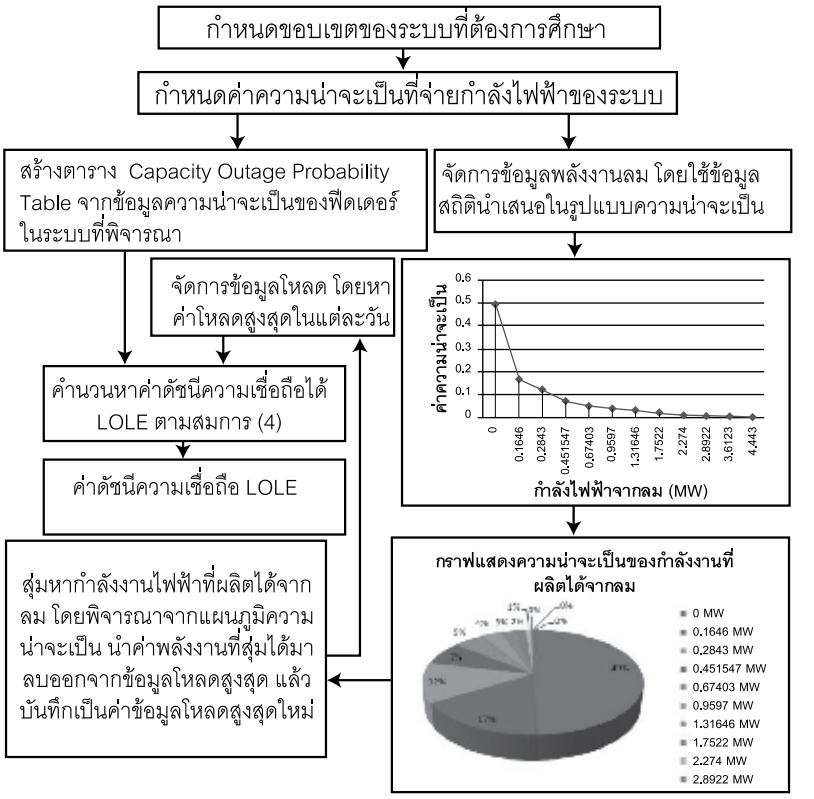
1. คำนำ

พลังงานลม เป็นพลังงานทดแทนหนึ่งที่น่าสนใจและมีการติดตั้งอย่างกว้างขวางในต่างประเทศ เนื่องจากเป็นพลังงานที่สะอาดและไม่มีต้นทุนการผลิตของวัตถุดิบในประเทศไทยนั้น กำลังติดตั้งพลังงานลมยังไม่มากนัก ส่วนใหญ่จะติดตั้งอยู่ในระบบจำหน่าย

พลังงานลมที่เกิดขึ้นนั้น ขึ้นอยู่กับความเร็วลม ซึ่งไม่แน่นอน จึงต้องมีการประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าของพลังงานลมและผลกระทบของพลังงานลม โดยใช้ดัชนีความเชื่อถือได้ LOLE และค่าเครดิตกำลังผลิตในการศึกษาผลกระทบของพลังงานลมที่ติดตั้ง โดยเปรียบเทียบกับกรณีศึกษาทั้งระบบจำหน่ายปกติที่ไม่มีการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก หรือกรณีที่มีการเชื่อมต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กที่จ่ายกำลังไฟฟ้าได้สม่ำเสมอ การวิเคราะห์หาค่าเครดิตกำลังผลิตของพลังงานลมที่ติดตั้งจริง ทำให้ทราบศักยภาพของพลังงานลมที่ตำแหน่งติดตั้งจริง เพื่อประโยชน์ในการวางแผนระบบจำหน่ายไฟฟ้า

2. กระบวนการวิเคราะห์

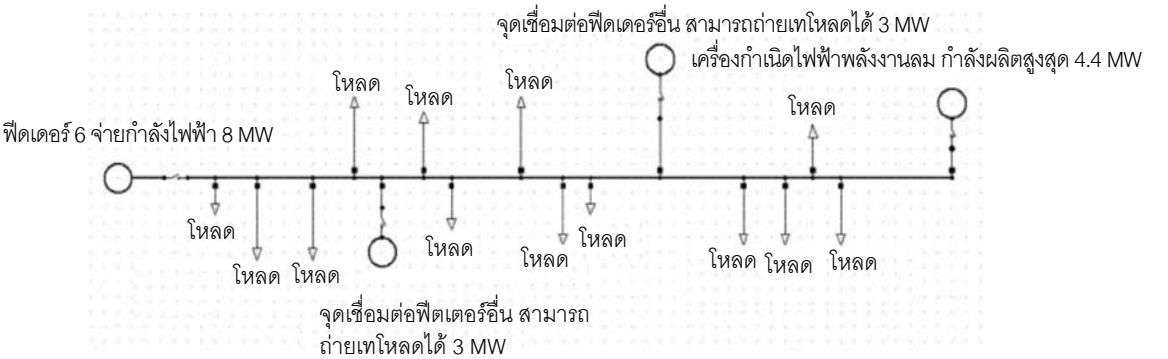
สถานีไฟฟ้าระโนดเป็นสถานีที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมติดตั้งไว้ที่ฟีดเดอร์ 6 ของสถานี ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมนี้มีกำลังผลิตสูงสุด 4.4 MW ที่อัตราเร็วลมสูงสุด 15 m/s การวิเคราะห์หาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ LOLE มุ่งเน้นให้เห็นผลกระทบ เมื่อมีการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมและเปรียบเทียบให้เห็นความแตกต่างกับกรณีการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าสม่ำเสมอ กระบวนการวิเคราะห์อธิบายด้วยภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กระบวนการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ LOLE

2.1 ระบบที่ใช้ในการพิจารณา

การศึกษาระบบจำหน่ายไฟฟ้าฟีดเดอร์ 6 ของสถานีไฟฟ้าระโนด ที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมต่อเข้ากับระบบจำหน่ายนี้ สมมติให้ฟีดเดอร์ที่พิจารณาจ่ายโหลดมีขนาด 8 MW และให้ความน่าจะเป็นที่สามารถใช้งานได้ของหม้อแปลงกำลังที่จ่ายกำลังไฟฟ้าให้ฟีดเดอร์มีค่าเท่ากับ 0.96 และให้ฟีดเดอร์นี้มีการเชื่อมต่อกับฟีดเดอร์อื่นจำนวน 2 จุด ซึ่งแต่ละจุดสามารถถ่ายเทโหลดได้ 3 MW ความน่าจะเป็นในการถ่ายเทโหลดสำเร็จเท่ากับ 0.8 และที่ปลายฟีดเดอร์มีการเชื่อมต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ระบบจำหน่ายจำลองของฟีดเดอร์ 6 สถานีไฟฟ้าระโนด จ. สงขลา

2.2 แบบจำลองความเชื่อถือได้ของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

ตัวแปรต้นที่สำคัญที่ใช้วิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของระบบ ได้แก่ ค่าความน่าจะเป็นที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือจุดเชื่อมต่อในการจ่ายกำลังไฟฟ้าสามารถผลิตหรือจ่ายกำลังไฟฟ้าได้ และไม่ได้ [1]

ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองหน่วยผลิตแต่ละหน่วยนั้น จะสร้างให้อยู่ในรูปของค่าเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้ค่าความน่าจะเป็นในการสร้างแบบจำลอง [2] โดยมีหลักการพื้นฐานตามสมการ (3)

$$P_r = {}^{n}C_r U^r A^{n-r} \quad (3)$$

เมื่อ A คือ ความน่าจะเป็นของหน่วยผลิตที่สามารถใช้งานได้

U คือ ความน่าจะเป็นของหน่วยผลิตที่ไม่สามารถใช้งานได้

n คือ จำนวนหน่วยผลิตที่พิจารณา

r คือ จำนวนหน่วยผลิตที่ไม่สามารถทำงานได้

P_r คือ ความน่าจะเป็นของหน่วยผลิตที่ไม่สามารถทำงานได้ของแต่ละสถานะ

จากสมการที่ (3) สามารถสร้างตาราง Capacity Outage Probability Table (COPT) เพื่อแสดงถึงความน่าจะเป็นรวมของการจ่ายกำลังไฟฟ้าทั้งหมดของระบบที่ต้องการพิจารณา โดยถือว่าแต่ละจุดจ่ายกำลังไฟฟ้าอิสระต่อกัน

จากระบบศึกษาใช้ข้อมูลความน่าจะเป็นที่สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าของแต่ละจุดเชื่อมต่อ โดยแบ่งพิจารณาที่จุดเชื่อมต่อ 2 ชุด คือ ที่จุดเชื่อมต่อกับฟีดเดอร์อื่นๆ ที่สามารถถ่ายเทโหลดได้ 3 MW และพิจารณาฟีดเดอร์หลักที่สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้ 8 MW เป็นไปตามตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ความน่าจะเป็นในการถ่ายเทโหลดสำเร็จของแต่ละจุดเชื่อมต่อที่มีขนาดการถ่ายเทโหลดได้จุดละ 3 MW จำนวน 2 จุดเชื่อมต่อ

state	Capacity In (MW)	Capacity Out (MW)	Probability state	Probability state
1	6	0	${}^{2}C_0 \cdot (0.8)^2 \cdot (0.2)^0$	0.64
2	3	3	${}^{2}C_1 \cdot (0.8) \cdot (0.2)$	0.32
3	0	6	${}^{2}C_2 \cdot (0.8)^0 \cdot (0.2)^2$	0.04

ตารางที่ 2 ความน่าจะเป็นของการจ่ายกำลังไฟฟ้าของฟีดเดอร์ 6 สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ 8 MW

state	Capacity In (MW)	Capacity Out (MW)	Probability state	Probability state
1	8	0	${}^{1}C_0 \cdot (0.96)^1 \cdot (0.04)^0$	0.96
2	0	8	${}^{1}C_1 \cdot (0.96)^0 \cdot (0.04)^1$	0.04

จากตารางที่ 1 และ 2 นำมาสร้างตาราง COPT โดยการรวมตารางทั้ง 2 คิดเฉพาะสถานะที่เป็นไปได้ โดยนำค่าความน่าจะเป็นมาคูณกัน และค่ากำลังการผลิตไฟฟ้ามาบวกกัน [2] จะได้เป็นดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตาราง COPT จากการคำนวณความน่าจะเป็นในการจ่ายกำลังไฟฟ้าทั้งหมดของระบบที่พิจารณา

state	Capacity In (MW)	Capacity Out (MW)	Probability state	Probability state
1	8	0	0.96	1
2	6	8	0.64•0.04	0.04
3	3	11	0.32•0.04	0.0144
4	0	14	0.04•0.04	0.0016

2.3 แบบจำลองโหลด (Load Model)

โหลดทางไฟฟ้านั้นเป็นค่าเชิงสถิติที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งเป็นเรื่องยากที่จะอธิบายได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ แบบจำลองของโหลดนั้นจะเป็นค่าความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของแต่ละวัน

โหลดของฟีดเดอร์ที่พิจารณาถูกบันทึกไว้เป็นค่าเฉลี่ยของทุกๆ 30 นาที เป็นเวลา 31 วัน จะได้ค่าโหลดสูงสุดตามตารางที่ 4

2.4 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม

คือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่แปลงพลังงานลมเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยสามารถคำนวณพลังงานลมจากความเร็วลม ความหนาแน่นของอากาศ ขนาดของกังหันลม [3] ได้จากสมการ (5)

$$\textit{Wind power outpul, } P = \frac{1}{2} pAV^3 \qquad (5)$$

โดยที่ P คือ กำลังงานที่ผลิตได้ (Watts)

p คือ ความหนาแน่นของอากาศเท่ากับ 1.225 kg/m^3 ที่ระดับน้ำทะเล

A คือ พื้นที่วาดของใบพัดเทอร์ไบน์ (m^2)

V คือ ความเร็วลม (m/s)

พลังงานลมที่ผลิตได้นั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยด้วยกัน ทั้งชนิดของกังหันลม และลักษณะการติดตั้งกังหันลม ข้อเสียของพลังงานลมที่ทราบกันโดยทั่วไป คือพลังงานไม่มีความต่อเนื่อง ทำให้การผลิตกระแสไฟฟ้าไม่มีความแน่นอน เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมที่ต่อเข้ากับระบบที่พิจารณากำลังการที่ผลิตขึ้นอยู่กับความเร็วลม โดยที่ระบบที่ใช้ในการศึกษานั้นมีการบันทึกค่าความเร็วลมเป็นเวลา 1 ปี ทำให้สามารถหาค่าความน่าจะเป็นของความเร็วลมที่เกิดขึ้นได้ตลอดทั้งปี ค่าที่บันทึกนั้นจะบันทึกทุกๆ 30 นาที ส่วนค่าความน่าจะเป็นที่หามาได้นั้นเกิดจากการหาค่าเฉลี่ย ในช่วงเวลา 1 ชั่วโมง [4] ซึ่งสามารถสรุปค่าความน่าจะเป็นตามช่วงความเร็วลมตามตารางที่ 5

ความน่าจะเป็นข้างต้นสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาค่ากำลังไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้จากพลังงานลมในช่วงเวลาโหลดสูงสุดของแต่ละวัน

ตารางที่ 4 ค่าโหลดสูงสุดใน 31 วัน

โหลดสูงสุดในแต่ละวัน (MW)	6.51	7.19	7.54	7.88
จำนวนวัน	1	10	17	3

ตารางที่ 5 ความน่าจะเป็นของความเร็วลมที่ระดับความเร็วที่แตกต่างกัน

state no	wind speed(m/s)	power output (W)	Probability
1	≤ 4	0	0.494479
2	> 5 และ ≤ 6	213927.2	0.167274
3	> 6 และ ≤ 7	354543.8	0.123046
4	> 7 และ ≤ 8	548850	0.074055
5	> 8 และ ≤ 9	799026	0.050907
6	> 9 และ ≤ 10	1115492.7	0.035216
7	> 10 และ ≤ 11	1502699.5	0.026336
8	> 11 และ ≤ 12	1965346.3	0.016697
9	> 12 และ ≤ 13	2494222.1	0.008747
10	> 13 และ ≤ 14	3138584.7	0.002391
11	> 14 และ ≤ 15	3863711.6	0.000626
12	> 15 และ ≤ 30	4443068.1	0.000228

ซึ่งทำได้โดยการสุ่มหากำลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากลม ซึ่งความน่าจะเป็นที่บันทึกได้นั้นนำเสนอในรูปแบบการกระจายตัวที่ขึ้นอยู่กับค่าความน่าจะเป็นตามสมการที่ (6)

$$P_x(\mathrm{x}) - \mathrm{P}[\mathrm{X}\text{-}x] \qquad (6)$$

โดยที่ $P_x(\mathrm{x})$ คือ ฟังก์ชันแสดงความน่าจะเป็นที่ตัวแปรสุ่มจะมีค่าค่าหนึ่ง

X คือ ตัวแปรสุ่มแบบไม่ต่อเนื่อง

x คือ ค่าพลังงานลมจริงที่อยู่ในขอบเขตที่กำหนด

ค่าพลังงานลมที่สุ่มมาได้นั้นใช้ในการคำนวณหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ LOLE ในขั้นตอนต่อไป

2.5 ดัชนีความเชื่อถือได้ (Reliability Indices)

ดัชนีความเชื่อถือได้ใช้ในการประเมินความเชื่อถือได้ของประสิทธิภาพการทำงานของระบบ โดยการเปรียบเทียบค่าความเชื่อถือได้กับค่ามาตรฐานหรือความต้องการต่ำสุดที่กำหนดไว้ โดยดัชนีความเชื่อถือได้มีอยู่หลายประเภทด้วยกัน เช่น Loss of Load Probability (LOLP), Loss of Load Expectation (LOLE) และ Loss of Energy Expectation (LOEE) เป็นต้น [1] โดยค่าดัชนีแต่ละประเภทจะสะท้อนถึงปัจจัยต่างๆ เช่น ปัจจัยในด้านความพอเพียงด้านการผลิต หรือปัจจัยด้านความเชื่อถือได้ เป็นต้น ส่วนงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นที่ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ LOLE

ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ LOLE คือ ค่าที่บอกถึงโอกาสที่จะมีการสูญเสียโหลด หรือมีกำลังผลิตน้อยกว่าโหลดในขณะนั้นๆ โดยทั่วไปมีวิธีการคิดด้วยกัน 2 วิธี คือ มอนติคาร์โลซิมูเลชั่น (Monte Carlo Simulation) และวิธีการวิเคราะห์ (Analytical Method) ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์ (Analytical Method) [5] เนื่องจากเป็นการวิเคราะห์เชิงสมการทางคณิตศาสตร์ ทำได้โดยสร้างแบบจำลองในเชิงคณิตศาสตร์นำมาผ่านกระบวนการวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อหาค่าดัชนีที่ต้องการเป็นวิธีการที่ให้ความถูกต้องและค่อนข้างแม่นยำในการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความเชื่อถือได้

โดยทั่วไปแล้ว ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ LOLE นั้นจะต้องใช้ค่าโหลดสูงสุดในแต่ละวันมาพิจารณา [2] โดยสามารถอธิบายได้ด้วยสมการที่ (7)

$$LOLE = \sum_{i=1}^{n} P_i(C_i - L_i) \qquad (6)$$

โดยที่ C_i คือ กำลังผลิตในวันที่ i

L_i คือ โหลดสูงสุดที่คาดการณ์ในวันที่ i

P_i คือ ความน่าจะเป็นที่จะสูญเสียโหลดในวันที่ i

$LOLE$ คือ ค่าคาดการณ์ที่จะสูญเสียโหลด มีหน่วยเป็น วัน/ช่วงเวลา

งานวิจัยนี้ศึกษา เพื่อดูผลกระทบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมที่มีต่อระบบจำหน่ายเป็นเวลา 31 วัน โดยแบ่งออกเป็น 3 กรณี

กรณี 1 ไม่มีการเชื่อมต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมเข้าสู่ระบบที่ใช้พิจารณา

กรณี 2 เชื่อมต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมเข้าสู่ระบบที่ใช้พิจารณา

กรณี 3 แทนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กในระบบที่ใช้พิจารณา

2.6 ผลการศึกษากรณี 1 ไม่มีการเชื่อมต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมเข้าสู่ระบบที่ใช้พิจารณา

การคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้ LOLE เป็นไปตามสมการ (4) จะได้ว่า

LOLE = $1x(P_1(14-6.51))+$

$10x(P_2(14-7.19))+$

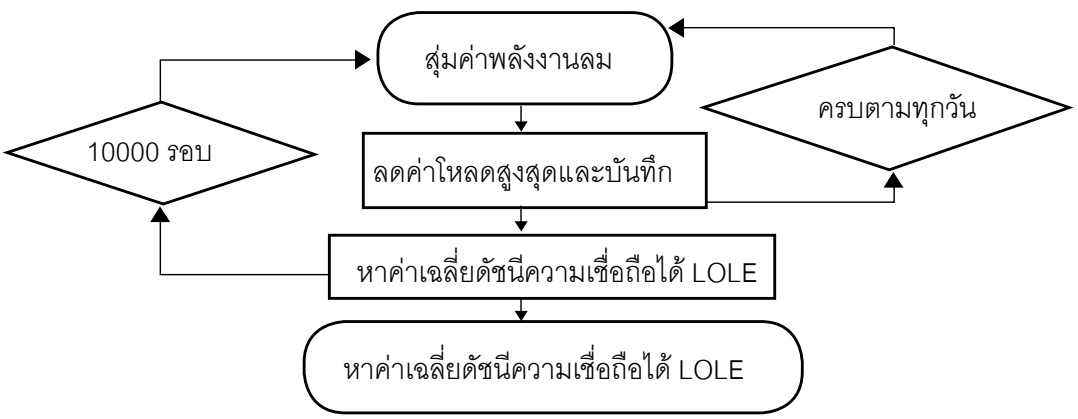
$17x(P_3(14-7.54)+$

LOLE = (1x0.04) + (10 x 0.04) + (17 x 0.04) + (3x 0.04)

LOLD = 1.24%

2.7 ผลการศึกษากรณี 2 เชื่อมต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมเข้าสู่ระบบที่ใช้พิจารณา

ในกรณีที่ 2 เนื่องจากความเร็วลมที่ผันผวน ทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ไม่แน่นอน จำเป็นต้องอาศัยวิธีการสุ่มค่าพลังงานลม โดยพิจารณาจากความน่าจะเป็นของความเร็วลมที่คำนวณจากข้อมูลความเร็วลมที่วัดได้จากสถานที่จริง ดังภาพที่ 3 เพื่อให้ได้ค่าพลังงานออกมา โดยทำการสุ่มทั้งหมด 31 วัน



ภาพที่ 3 ภาพแสดงกระบวนการคิดกรณีมีการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม

ตัวอย่างค่ากำลังไฟฟ้าที่สุ่มได้ทั้ง 31 วันมีค่าตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ตัวอย่างกำลังไฟฟ้าที่ได้จากพลังงานลมมีหน่วยเป็น MW ที่สุ่มได้ตั้งแต่วันที่ 1 ถึง 31

วันที่ 1-10	0	0.1646	0	0.2843	0.4515	0	0.674	0	0	0
วันที่ 11-20	0	0	0.274	0.1646	1.3165	0.2843	0	0.4515	0.2843	0
วันที่ 21-30	0	0	0	0.2843	0.4515	0	0.674	0	0	0.1646
วันที่ 31	0									

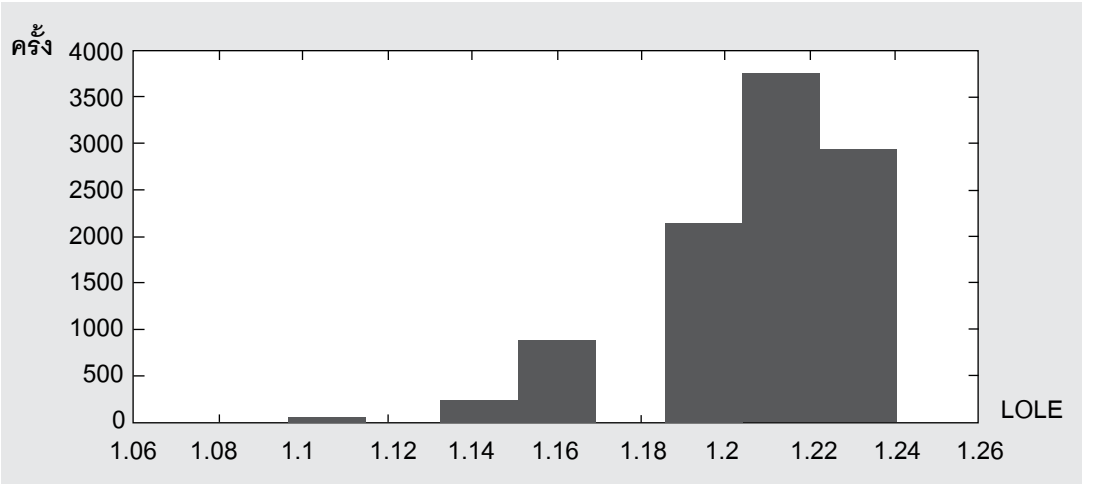
ค่าพลังงานลมที่สุ่มมาได้นั้นนำมาคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ LOLE ได้ว่า

$$LOLE = \sum_{i=1}^{31} P(C_t - L_t - Wind\ Power)$$

$$LOLE = P(14 - 6.51 - 1.3165) + P(14 - 7.19 - 0.1646) + P(14 - 7.19 -0,) +...+ P(14 - 7.88 - 0)$$

$$LOLE = 1.2144\%$$

การหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ LOLE โดยการสุ่มค่าพลังงานลมตามการกระจายตัวของข้อมูลความเร็วลมที่วัดได้ 10000 รอบ เพื่อหาค่าเฉลี่ยนั้นทำให้ค่าที่ได้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ LOLE เฉลี่ยจากการดำเนินการทั้ง 10000 รอบ นั้น มีค่าเท่ากับ 1.2144% โดยได้แสดงให้เห็นค่าดัชนีความเชื่อถือได้ LOLE ที่แตกต่างกันของแต่ละรอบได้ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ LOLE ที่คำนวณได้ในแต่ละรอบ

2.8 ผลการศึกษากรณี 3 แทนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก 1.5 MW

กรณีนี้มีวิธีกระบวนการคิด คล้ายกับกรณีที่ 2 โดยนำค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กลบออกจากค่าโหลดสูงสุด แล้วนำไปคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ LOLE โดยค่าดัชนีความเชื่อถือได้ LOLE นั้นมีค่าเท่ากับ 0.958%

จากผลการศึกษาทั้ง 3 กรณีสามารถสรุปผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ LOLE ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 สรุปผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ LOLE ทั้ง 3 กรณี

กรณี	1	2	3
LOLE (days/month)	0.380	0.376	0.297
LOLE (days/year)	4.56	4.52	3.35

2.9 **เครดิตกำลังผลิต** (Capacity Credit)

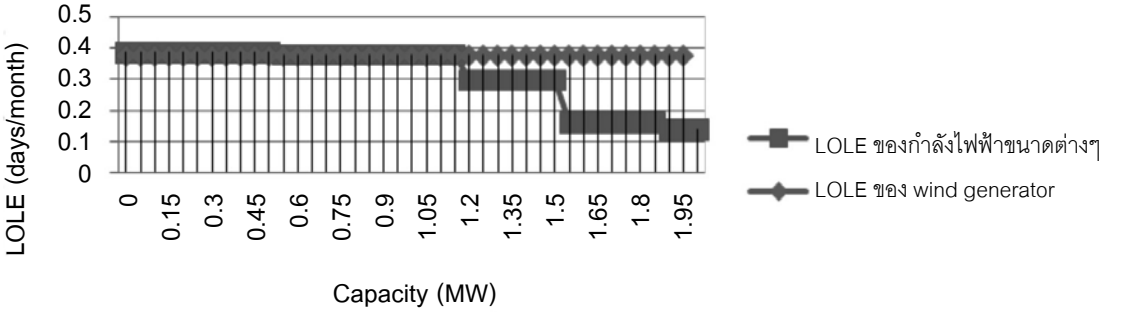
เครดิตกำลังผลิต (Capacity Credit) นั้นหมายความถึง ความสามารถในการผลิตที่รับประกันได้ในช่วงโหลดสูงสุด ซึ่งมีความสัมพันธ์กับตัวแปรดัชนีความเชื่อถือได้ LOLE และ LOEE เป็นต้น [6]

ค่าเครดิตกำลังผลิตนั้นใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการวางแผนก่อสร้างสถานีไฟฟ้า หรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอีกด้วย โดยที่ค่าเครดิตกำลังผลิตจะถูกพิจารณาจากกรณีที่มีการเชื่อมต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ให้พลังงานไม่ต่อเนื่อง เช่น พลังงานลม หรือพลังงานแสงอาทิตย์ และพิจารณากรณีที่ไม่มีการเชื่อมต่อในขณะที่รักษาระดับความเชื่อถือได้ให้อยู่ในระดับเดียวกัน โดยที่ส่วนใหญ่การคิดหาค่าเครดิตกำลังผลิตทำได้โดยเพิ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ให้กำลังงานสม่ำเสมอเข้ากับระบบ โดยขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่แทนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ให้พลังงานไม่ต่อเนื่องนั้นทำให้ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ LOLE มีค่าเท่าเดิม ค่ากำลังไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพิ่มเข้าไปจะถูกใช้แทนค่าเครดิตกำลังผลิต

จากตารางที่ 8 การคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ LOLE ของระบบที่เชื่อมต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กที่จ่ายกำลังไฟฟ้าสม่ำเสมอที่กำลังไฟฟ้าขนาดต่างๆ พบว่าค่าเครดิตกำลังผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมที่สถานีไฟฟ้า ระโนด มีค่าเท่ากับกำลังไฟฟ้าที่จ่ายเข้าสู่ระบบที่ทำให้ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ LOLE มีค่าเท่ากับ 0.376 days/month ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลตามตารางที่ 8 ทำให้ทราบว่าค่าเครดิตกำลังผลิตนั้นมีค่า 0.55 MW ซึ่งอธิบายการเปรียบเทียบได้ตามภาพที่ 5 นั้นมีค่า 0.55 MW ซึ่งอธิบายการเปรียบเทียบได้ตามภาพที่ 5

ตารางที่ 8 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ LOLE ที่กำลังไฟฟ้าขนาดต่างๆ จ่ายเข้าสู่ระบบจำหน่าย

กำลังไฟฟ้า (MW)	0 - 0.5	0.55 - 1.15	1.2 - 1.5	1.55 - 1.85	1.9 - 2.0
LOLE (days/month)	0.3844	0.3764	0.297	0.162	0.1384



ภาพที่ 5 เปรียบเทียบค่าดัชนีความเชื่อถือได้ LOLE ของกรณีศึกษาที่ 2 และกรณีที่เพิ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จ่ายกำลังไฟฟ้าสม่ำเสมอขนาดกำลังไฟฟ้าที่จ่ายได้ต่างๆ

3. สรุปผล

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นผลกระทบของพลังงานลม เมื่อมีการเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย ซึ่งได้เปรียบเทียบกับระบบจำหน่ายปกติ และระบบจำหน่ายที่มีการเพิ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กที่สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้สม่ำเสมอผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมช่วยลดค่าดัชนีความเชื่อถือได้ LOLE เล็กน้อย เมื่อเทียบกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้สม่ำเสมอ ถึงแม้ว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมจะสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ถึง 4.4 MW แต่ไม่สามารถช่วยลดค่าดัชนีความเชื่อถือได้ LOLE ได้ดีเท่ากับการต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จ่ายกำลังไฟฟ้าสม่ำเสมอ ขนาด 1.5 MW เนื่องจากความไม่แน่นอนของความเร็วลมที่ใช้ในการผลิตกำลังไฟฟ้า งานวิจัยนี้ได้นำเสนอค่าเครดิตกำลังผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมที่ติดตั้งจริงที่สถานีไฟฟ้าระโนด ซึ่งค่าเครดิตกำลังผลิตมีค่าอยู่ที่ 0.55 MW ทั้งนี้ทั้งนั้นผลงานวิจัยนี้เป็นแนวทางสำหรับการวางแผนก่อสร้างสถานีไฟฟ้าและวางแผนการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดต่างๆ ในระบบจำหน่ายต่อไป โดยคำนึงถึง ความเชื่อถือได้ รวมไปถึงแนวทางในการวิเคราะห์พลังงานทดแทนประเภทอื่นๆ ที่ไม่มีความแน่นอนในการผลิตไฟฟ้า

เอกสารอ้างอิง

[1] Phoon, H. Y. 2006. **Generation System Reliability Evaluations with Intermittent Renewables**. M.S. Thesis, Strathclyde University.

[2] Billinton, R. and Allan , R.N. 1996. **Reliability Evaluation of Power Systems**. A divition of Plenum Publishing Corporation.

[3] Mohod, S.W. and Aware, M. V. 2010. Wind Energy Conversion System Simulator using Variable Speed Induction Motor, pp. 1 - 6. *In* International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems (PEDES) & 2010 Power India. 20-23 December 2010. New Delhi, India.

[4] Atwa, Y. M. and El-Saadany, E. F. 2011. **Probabilistic approach for optimal allocation of wind-based distributed generation in distribution systems**, *In* IET on Renewable Power Generation 1 (5): 79 - 88.

[5] Atwa, Y. M., El-Saadany, E. F. and Guise, A. C. 2010. **Supply Adequacy Assessment of Distribution System IncludingWind-Based DG During Different Modes of Operation**. *In* IEEE Transactions on Power System 1 (5): 78 - 86.

[6] Patrick, L., Vandamme, W., Perez, P. S., Driesen, J. and D'haeseleer, W. 2009. **Applying Markov Chains For The Determination of The Capacity Credit of Wind Power**, pp. 1 - 6. In 6th International Conference on The European Energy Market. 27 - 29 May 2009. Leuven, Belgium.