

# การศึกษาออกแบบติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมขนาดใหญ่ เข้ากับระบบไฟฟ้าและการศึกษาผลกระทบต่อระบบไฟฟ้า

## The Design and Study of System Impact Study for a Large Scale Wind Generation Integration to Power System

ชัชชาย นวมโคกสูง<sup>1,2</sup> อนรรักษ์ จำดี<sup>1</sup> ศุทธิ บรรจงจิตร<sup>1</sup> เขาว์ ชมภูอินไหว<sup>1</sup> ชาย ชมภูอินไหว<sup>1</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

E-mail: gornpower@hotmail.com

<sup>2</sup>แผนกก่อสร้าง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดสระบุรี

E-mail: gornpower@hotmail.com

### บทคัดย่อ

การพิจารณาติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมนั้นสิ่งที่จะต้องให้ความสำคัญเป็นอันดับแรกก็คือศักยภาพพลังงานลมในพื้นที่เป้าหมายว่าพอเพียงที่จะผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ตามที่คาดหวังไว้หรือไม่ สิ่งที่จะบ่งบอกว่าพื้นที่นั้นจะมีศักยภาพมากน้อยแค่ไหนก็คือข้อมูลความเร็วลมของพื้นที่นั้น นอกจากการศึกษาพิจารณาศักยภาพพลังงานลมแล้วสิ่งที่จะต้องพิจารณาที่สำคัญอีกอย่างก็คือผลกระทบต่อระบบไฟฟ้าเมื่อติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมเข้ากับระบบทั้งด้านคุณภาพไฟฟ้าและเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า บทความนี้ได้เสนอการประเมินศักยภาพพลังงานลมโดยใช้แบบจำลองทางสถิติร่วมกับความสามารถการผลิตกำลังไฟฟ้าของกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมที่ความเร็วลมต่างๆ และการศึกษาถึงผลกระทบต่อระบบไฟฟ้าเมื่อติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมเข้ากับระบบไฟฟ้าทั้งในสภาวะคงตัวและสภาวะไดนามิกส์

คำสำคัญ : ศักยภาพพลังงานลม, ผลกระทบต่อระบบไฟฟ้า

### Abstract

Typically, there are two important factors needed to take into consideration before installing any wind turbine: 1) wind potential in a promising area and 2) an impact to power system. Wind potential could be estimated via the wind-speed data accumulated year-round from the prospective area. These data indicates whether a generator could produce sufficient electric energy as expected. Additional to wind potential, an impact of wind generator takes place in the system which has an impact on both power quality and reliability issue of the system. This paper proposes the method to estimate wind potential by using statistic models for various wind speeds and to study an effect of a wind generator to the electrical system in steady and dynamic states.

**Keywords:** wind potential, impact to power system

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1. บทนำ

ในปัจจุบันการใช้พลังงานทดแทน พลังงานหมุนเวียนมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากความต้องการพลังงานเพิ่มมากขึ้นในขณะที่น้ำมัน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ ที่เราใช้กันมาในอดีตจนถึงทุกวันนี้มีปริมาณลดลงและราคาเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อการเกิดมลภาวะและปัญหาโลกร้อนอีกด้วยซึ่งรัฐบาล องค์กร หน่วยงานของประเทศต่างๆ ทั่วโลก รวมถึงประเทศไทยต่างเล็งเห็นปัญหานี้และให้ความสำคัญในการแก้ปัญหาซึ่งการดำเนินการสร้างนวัตกรรม การพัฒนาเทคโนโลยี ตลอดจนการศึกษาค้นคว้าวิจัย เพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงานทดแทนจึงเป็นสิ่งจำเป็นและมีความสำคัญ

พลังงานทดแทนที่มีปริมาณการผลิตมากทั่วโลกอย่างหนึ่งก็คือพลังงานลม ในประเทศไทยโดยองค์กรต่างๆ เช่น การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) การไฟฟ้าฝ่ายผลิต (กฟผ.) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน เป็นต้น ก็ได้มีการมุ่งเน้นให้ความสำคัญกับการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากลมเช่นเดียวกัน โดยมีการศึกษาเก็บข้อมูลความเร็วลมในพื้นที่ต่างๆ ตลอดจนการติดตั้งกังหันลมเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า เช่น บริเวณเขื่อนลำนางรอง จังหวัดนครราชสีมาและบริเวณอำเภอสะทิงพระ จังหวัดสงขลา เป็นต้น อีกทั้งยังมีโครงการที่จะสำรวจเก็บข้อมูลความเร็วลมในพื้นที่ต่างๆ เพื่อเพิ่มปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากลมด้วย

ในบทความนี้ได้นำเสนอแนวทางสำหรับการพิจารณาติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม ดังนั้นประเด็นแรกที่สำคัญในการเลือกพิจารณาก็คือ สักยภาพพลังงานลมที่มีของพื้นที่เป้าหมายเพราะหากติดตั้งกังหันลมแล้ว แต่ไม่สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ตามที่คาดการณ์ไว้จะทำให้ไม่คุ้มค่าในการลงทุน ประเด็นที่จะต้องคำนึงถึงอีกอย่างที่สำคัญคือ ผลกระทบต่อระบบไฟฟ้าหลังจากติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมเข้ากับระบบแล้วว่าจะส่งผลทำให้เสถียรภาพของระบบเปลี่ยนไปอย่างไรบ้าง และจะกระทบต่อคุณภาพของระบบไฟฟ้าอย่างไรบ้าง ซึ่งบทความนี้จะได้อธิบายรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

## 2. พลังงานลม

กังหันลมสามารถเปลี่ยนพลังงานจลน์จากลมเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยการให้ลมเป็นตัวขับใบพัดที่ต่ออยู่กับชุดเกียร์ (บางรุ่นไม่มีชุดเกียร์) และส่งถ่ายกำลังงานกลไปยังโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตกำลังไฟฟ้าออกมา ซึ่งพลังงานจลน์ทั้งหมดที่ผ่านพื้นที่การหมุนของใบพัดของกังหันลม (Swept Area) ต่อหนึ่งหน่วยเวลา มีค่าเท่ากับ

$$P_{wind} = \frac{1}{2} \rho_{air} S_{rotor} V_{wind}^3 \quad (1)$$

เมื่อ

$P_{wind}$  คือ พลังงานจลน์ของลมทั้งหมด ที่ผ่านพื้นที่การหมุนของใบพัด

$\rho_{air}$  คือ ความหนาแน่นของอากาศ

$S_{rotor}$  คือ พื้นที่การหมุนของใบพัด

$V_{wind}$  คือ ความเร็วลม

สมการที่ (1) บอกถึงพลังงานจลน์ของลมทั้งหมดที่ผ่านพื้นที่การหมุนของใบพัด แต่อย่างไรก็ตามกังหันลมจะไม่สามารถดึงพลังงานจลน์มาได้ทั้งหมด โดยพลังงานจลน์ที่กังหันลมสามารถดึงมาใช้ได้ จะเป็นไปตามสมการดังนี้

$$P_{turb} = \frac{1}{2} C_p(\lambda, \beta) \rho_{air} S_{rotor} V_{wind}^3 \quad (2)$$

เมื่อ  $P_{turb}$  คือ พลังงานจลน์ที่กังหันลมสามารถดึงมาใช้ได้  $C_p(\lambda, \beta)$  คือ ประสิทธิภาพการผลิตพลังงาน (Coefficient of Performance) โดยทั่วไปเรียก  $C_p$  เป็นตัวแปรที่อยู่ในฟังก์ชันของ อัตราส่วนของ Tip-speed ( $\lambda$ ) และมุมของใบพัด ( $\beta$ ) โดยที่ค่าอัตราส่วน Tip-speed ( $\lambda$ ) หาได้จากสมการต่อไปนี้

$$\lambda = \frac{R_{turb} \cdot \Omega_{turb}}{V_{wind}} \quad (3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ  $R_{turb}$  คือ รัศมีของใบพัดกังหันลม  
 $\Omega_{turb}$  คือ ความเร็วการหมุนของใบพัด

จากทฤษฎีของเบทซ์ (Betz's law) กังหันลมสามารถดึงพลังงานจลน์จากลมที่ผ่านพื้นที่การหมุนของใบพัดได้ไม่เกิน 59% ดังนั้น  $C_p$  จึงมีค่าไม่เกิน 0.59 ทฤษฎี ที่กล่าวมาข้างต้นเพื่อที่จะแสดงให้เห็นว่าตัวแปรที่จะทำให้เกิดพลังงานจากกังหันลมให้ได้มากที่สุดคือความเร็วลมซึ่งในสมการพลังงานที่ได้จะแปรผันโดยตรงกับความเร็วลมยกกำลังสาม ดังนั้นการเก็บค่าความเร็วลมเพื่อที่จะวิเคราะห์หาศักยภาพพลังงานลมจึงจำเป็นจะต้องได้ข้อมูลที่มีความถูกต้อง แม่นยำ และมีข้อมูลเพียงพอในการวิเคราะห์ซึ่งโดยปกติแล้วข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ในแต่ละพื้นที่นั้นจะต้องใช้ระยะเวลาในการเก็บต่อเนื่อง 1 ปีขึ้นไป

ในการพิจารณาศักยภาพพลังงานลมจะใช้การวิเคราะห์ความเร็วลมโดยใช้แบบจำลองทางสถิติโดยใช้ Weibull Distribution ซึ่งมีสมการคือ

$$f(V) = \frac{k}{c} \left(\frac{V}{c}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{V}{c}\right)^k} \quad (4)$$

เมื่อ  $k$  คือ Weibull shape factor  
 $c$  คือ Scale factor  
 $V$  คือ ค่าความเร็วลม

สมการที่ 4 เป็นตัวบ่งชี้แสดงความน่าจะเป็นที่จะเกิดความเร็วลมที่ค่าความเร็วลมที่กำหนด ตัวแปรที่ต้องการหาในสมการที่ 4 คือ  $k$  และ  $c$  ซึ่งวิธีการหาสามารถศึกษาได้จาก [1]

ในการพิจารณาค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม กราฟการผลิตกำลังไฟฟ้าของกังหันลม (Power curve) เป็นตัวบ่งบอกลักษณะสมบัติการผลิตพลังงาน ไฟฟ้าของกังหันลมเมื่อมีความเร็วลมเปลี่ยนแปลง ซึ่งกังหันลมแต่ละรุ่นหรือแต่ละยี่ห้อจะมีกราฟการผลิตกำลังไฟฟ้าของกังหันลมที่แตกต่างกัน

กันออกไป เมื่อนำเอาฟังก์ชันของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากกังหันลมมาคูณกับฟังก์ชันความน่าจะเป็นที่จะเกิดความเร็วลม (สมการที่ 4) และคูณกับจำนวนชั่วโมงทั้งหมดที่กังหันลมผลิตกำลังงานไฟฟ้า จะได้กำลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เป็นวัตต์-ชั่วโมง ดังสมการที่ 5 [2]

$$E = T \int_{V_0}^{V_1} P_V f(V) dV \quad (5)$$

เมื่อ  $E$  คือ พลังงานไฟฟ้าที่กังหันลมผลิตได้  
 $T$  คือ จำนวนชั่วโมงที่กังหันลมผลิตไฟฟ้า  
 $P_V$  คือ ฟังก์ชันของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากกังหันลม (ฟังก์ชันของ Power curve)  
 $V_0$  คือ ความเร็วลมที่กังหันลมเริ่มต้นทำงาน (Cut-in wind speed)  
 $V_1$  คือ ความเร็วลมที่กังหันลมหยุดทำงาน (Cut-off wind speed)

### 3. ผลการคำนวณการหาศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม

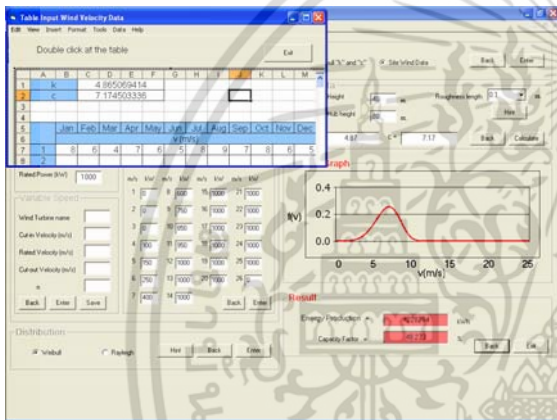
ในการศึกษานี้ได้ทำการเขียนโปรแกรมการคำนวณหาศักยภาพขึ้นมา โดยมีข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยในแต่ละเดือน ดังตารางที่ 1 เป็นอินพุตให้กับโปรแกรมเพื่อหาค่า  $k$  และ  $c$  ซึ่งโปรแกรมจะคำนวณหาค่า  $k$  และ  $c$  ออกมาให้ นอกจากนี้โปรแกรมสามารถที่จะรับข้อมูลความเร็วลมเป็นรายนาที่ เช่นเก็บค่าทุกๆ 10 นาทีได้ หากการเก็บข้อมูลความเร็วลมมีความละเอียดมากเท่าใด ผลการคำนวณก็จะแม่นยำมากขึ้น

ตารางที่ 1 ตัวอย่างความเร็วลมเฉลี่ยในแต่ละเดือนใน 1 ปี

เดือน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)	8	6	4	7	6	5	8	9	7	8	6	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นระบุฟังก์ชันของการผลิตกำลังไฟฟ้าจาก กังหันลม (Power Curve) ในที่นี้ระบุโดยการป้อนค่า กำลังไฟฟ้าที่กังหันลมผลิตออกมาได้ที่ความเร็วลมต่างๆ ลงในโปรแกรม ระบุค่าสัมประสิทธิ์ของสภาพภูมิประเทศ (Roughness length) ซึ่งแต่ละภูมิประเทศค่านี้ก็จะต่างกัน ออกไปเช่น พื้นที่เพาะปลูกมีค่าเท่ากับ 0.1 เมืองใหญ่ตึกสูง มีค่าเท่ากับ 0.8 [3] ระบุความสูงของกังหันลมและความสูง ของเสาวัดความเร็วลมลง ในโปรแกรมสุดท้าย โปรแกรมจะ ทำการคำนวณพลังงาน ไฟฟ้าที่กังหันลมผลิตได้และค่า คาปาซิตีแฟคเตอร์ออกมา ดังในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ผลการประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าจาก เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม

จากตัวอย่างผลการคำนวณก็จะได้ว่าด้วยความเร็ว ในตารางที่ 1 ในระยะเวลา 1 ปี กังหันลมขนาด 1 MW ผลิต พลังงาน ไฟฟ้าได้ 4,228,764 kWh และมีคาปาซิตีแฟคเตอร์ 48.273 %

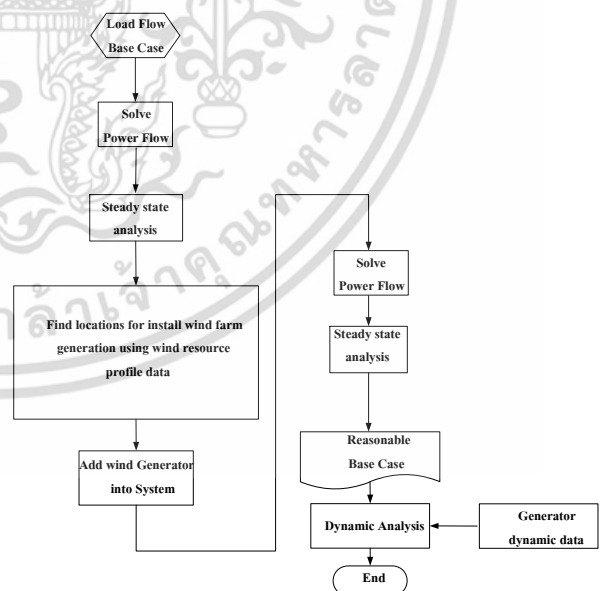
**4. การศึกษาผลกระทบต่อระบบไฟฟ้า**

หลังจากที่ได้ทำการประเมินศักยภาพพลังงานลม ว่ามี ศักยภาพเพียงพอที่จะผลิตกำลังไฟฟ้าได้และคุ้มค่าใน การลงทุน แล้วการศึกษาในลำดับต่อมาคือการศึกษา ผลกระทบต่อระบบไฟฟ้าหลังจากการติดตั้งกังหันลมเข้า ไปในระบบ ซึ่งในปัจจุบันนี้สามารถจำแนกกังหันลมออก ตามการท างานและการควบคุมได้เป็น 4 ชนิด คือ

- A) ชนิดความเร็วคงที่
- B) ชนิดความเร็วไม่คงที่แบบออพติสลิป
- C) ชนิดความเร็วไม่คงที่แบบดับบลิเฟด
- D) ชนิดความเร็วไม่คงที่กำลังไฟฟ้าทั้งหมดผ่าน

คอนเวอร์เตอร์

การศึกษาผลกระทบต่อระบบไฟฟ้าของการ ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมเข้ากับระบบนั้นในที่นี้ จะใช้โปรแกรม PSS/E (Power System Simulation for Engineering) ศึกษาอยู่สองส่วนหลักๆ คือ การศึกษาระบบ ในสภาวะคงตัว (Steady state) ได้แก่ ผลกระทบด้าน แรงดัน กระแสไฟฟ้า กระแสลัดวงจร โดยการจำลอง Power Flow และการศึกษาในระบบในสภาวะพลวัต (Dynamic) ซึ่งจะมีการนำโมเดลทางคณิตศาสตร์ของชุด ควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งของกังหันลมเอง และของ เครื่องกำเนิดชนิดอื่นที่ต่ออยู่ในระบบเดียวกันมาคำนวณ เสถียรภาพของระบบทั้งในสภาวะปกติและเมื่อเกิดสิ่งผิด พว่อง (fault) ขึ้นกับระบบ โดยกระบวนการในการศึกษา เป็นไปตามรูปที่ 2

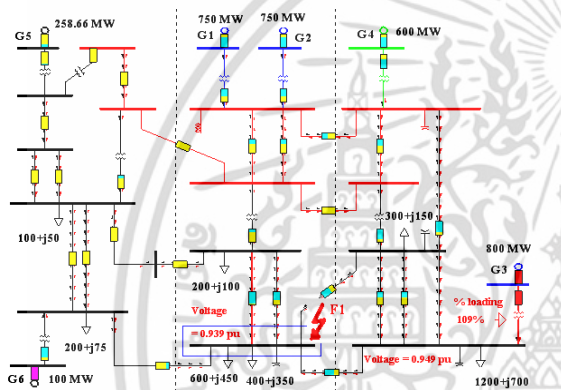


รูปที่ 2 Flow Chart การศึกษาผลกระทบต่อระบบไฟฟ้า จากการติดตั้งกังหันลมเข้ากับระบบไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5. ผลการศึกษาผลกระทบต่อระบบไฟฟ้า

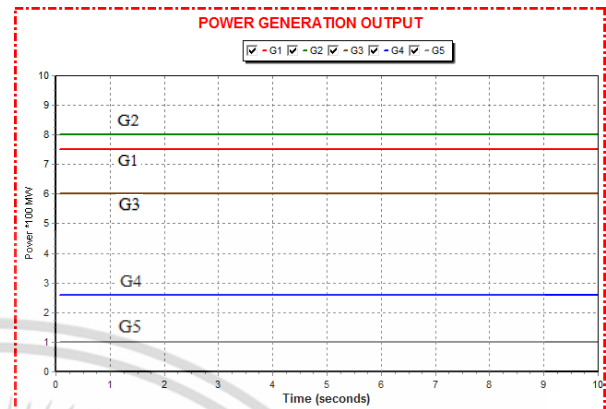
กังหันลมที่จะเชื่อมต่อเข้ากับระบบเป็นกังหันลมชนิด DFIG รุ่น GE 1.5sle ซึ่งมีขนาด 1,500 kW โดยอัตราความเร็วลมที่พิกัดอยู่ที่ 14 m/s อัตราความเร็วลมต่ำสุดที่เริ่มผลิตแรงดันอยู่ที่ 3.5 m/s ส่วนอัตราความเร็วลมสูงสุดที่ Cut-out อยู่ที่ 25 m/s [4] และเป็นชนิดที่สามารถเลือกโหมดการทำงานได้ว่าจะให้ทำงานในโหมด Power Factor Control หรือ Voltage Control และระบบไฟฟ้าที่ใช้ในการศึกษาผลกระทบ ซึ่งประกอบองค์ประกอบต่างๆ ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 3



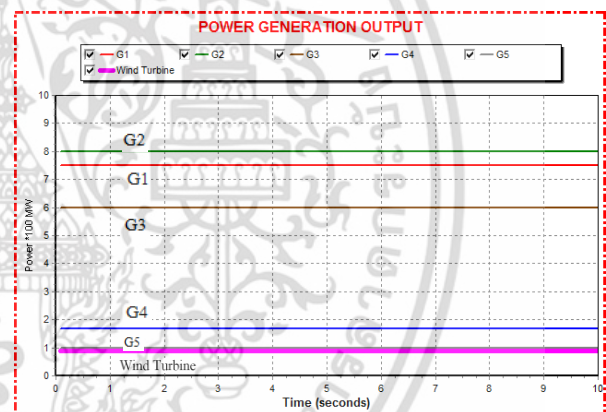
รูปที่ 3 ระบบไฟฟ้าที่ใช้ในการศึกษาผลกระทบ

จากการศึกษาจำลอง Power Flow ของระบบพบว่าเกิดปัญหาค่าแรงดันไฟฟ้าไหลเกินที่สายส่งอยู่ 1 เส้น และเกิดปัญหาแรงดันต่ำที่บัสทั้งหมด 2 บัส ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 3 ดังนั้นในการศึกษานี้จะติดตั้งกังหันลมเข้าไปที่บัสแรงดันต่ำ 0.939 pu. (บัสที่มีกรอบสี่เหลี่ยมครอบ) ขนาดพิกัดติดตั้ง 90 MW (พิกัด SPP) และควบคุมกังหันลมด้วยโหมด Voltage Control ที่ Collector bus = 1.0 pu เพื่อที่จะช่วยยกระดับแรงดันขึ้นส่วนกระแสลัดวงจรจากบทความ [5] เมื่อพิจารณากระแสลัดวงจรของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดต่างๆจะเห็นได้ว่าเครื่องกำเนิดชนิดเหนี่ยวนำ มีค่ากระแสลัดวงจร เป็น 93% ของเครื่องกำเนิดประเภทซิงโครนัส, DFIG (Doubly Fed Induction Generator) และ IGR (Induction Generator with Rotor resistances)

มีค่ากระแสลัดวงจร เป็น 61% ของเครื่องกำเนิดประเภทซิงโครนัส [6]

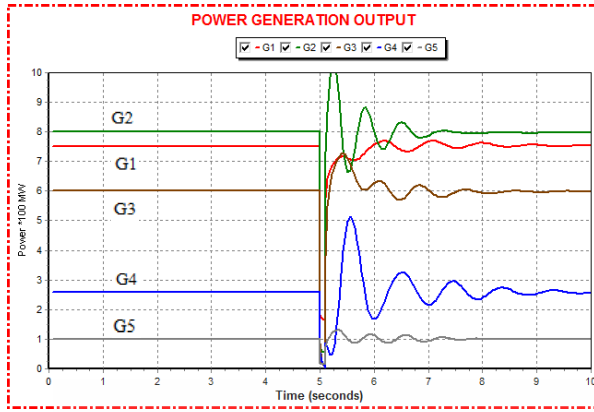


รูปที่ 4 ผลการจำลองระบบสภาวะปกติก่อนติดตั้งกังหันลม

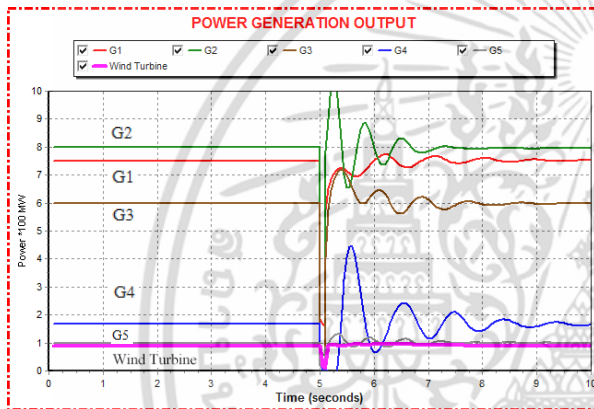


รูปที่ 5 ผลการจำลองระบบสภาวะปกติหลังติดตั้งกังหันลม

หลังจากติดตั้งกังหันลมเข้ากับระบบแล้วทำการจำลอง Power Flow อีกครั้งผลปรากฏว่าแรงดันทั้งสองบัสสูงขึ้นกลับมาอยู่ในสภาวะปกติ ต่อจากนั้นได้ทำการจำลองระบบในสภาวะไดนามิกส์ทั้งในสภาวะปกติ และสภาวะเกิด fault ผลการจำลองดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 4, 5, 6 และรูปที่ 7 ซึ่งเห็นได้ว่าก่อนติดตั้งและหลังติดตั้งกังหันลมเมื่อระบบเกิด Fault กังหันลมไม่ได้สร้างผลกระทบต่อเสถียรภาพของระบบแต่อย่างใด



รูปที่ 6 ผลการจำลองระบบสถานะเมื่อเกิด temporary fault (F1) ก่อนติดตั้งกังหันลม



รูปที่ 7 ผลการจำลองระบบสถานะเมื่อเกิด temporary fault (F1) หลังติดตั้งกังหันลม

6. สรุปผล

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าในการเลือกหาสถานที่ที่จะทำการติดตั้งกังหันลมเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าจะต้องคำนึงถึงข้อมูลความเร็วลมที่มีความละเอียดแม่นยำเพื่อนำมาวิเคราะห์หาศักยภาพพลังงานลมซึ่งถ้าข้อมูลที่ได้มาไม่ถูกต้องก็จะส่งผลกระทบต่อการลงทุน และอีกอย่างที่สำคัญที่จะต้องคำนึงถึงคือผลกระทบต่อระบบไฟฟ้า ซึ่งจากการจำลองศึกษาพบว่ากังหันลมชนิด DFIG ไม่ก่อให้เกิดปัญหาหรือส่งผลกระทบต่อระบบแต่อย่างใด

อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาแรงดันตกได้ด้วยเนื่องจากกังหันลมชนิดนี้มีความสามารถที่จะจ่ายกำลังไฟฟ้าเสมือนออกมาให้กับระบบได้ โดยจากผลการศึกษา บัสที่มีแรงดันตก 0.939 pu. หลังจากติดตั้งกังหันลมแรงดันเพิ่มขึ้นเป็น 0.951 pu. และบัสที่มีแรงดันตก 0.949 pu. หลังจากติดตั้งกังหันลมแรงดันเพิ่มขึ้นเป็น 0.960 pu.

ข้อเด่นอีกประการของการศึกษานี้คือได้ใช้แบบจำลองกังหันลมที่ใช้จำลองมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของกังหันลมที่ถูกต้องเนื่องมาจากเป็นค่าพารามิเตอร์ที่บริษัทผู้ผลิตกังหันลมโดยตรงและกังหันลมที่ใช้ในการจำลองก็มีขนาดพิกัดตรงตามที่ติดตั้งจริงที่มีจำหน่าย

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Mathew, “Wind Energy: Fundamentals, Resource Analysis and Economics,” Springer, 2006.
- [2] E. Jane McArdle, “Dynamic Modeling of wind turbine generators and the impact on small lightly interconnected grids,” Wind engineering, vol.28, No.1, pp 57-74, 2004.
- [3] N. Bao, Junping Xu, Weidou Ni, “Large-scale wind farms as the core of the multi-energy hybrid power systems,” Research and Approach, Vol.28, No.8, pp.29-33, 2006.
- [4] GE Energy, “1.5MW Wind Turbine,” General Electric Company.
- [5] J. Martinez, P.C. Kjaer, P. Rodriguez, and R. Teodorescu, “Short Circuit Signatures from Different Wind Turbine Generator types,” IEEE Power System Conference and Exposition, pp.1-7, 2011.
- [6] R. A. Walling, E. Gursoy, and B. English, “Current Contributions from Type 3 and Type 4 Wind Turbine Generators During Faults,” IEEE Transmission and Distribution Conference and Exposition, pp.1-6, 2012.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้