บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พลังงาน นับเป็นปัญหาใหญ่ในประเทศ และนับวันจะมีผลกระทบรุนแรงต่อการพัฒนาของประเทศไทยมากขึ้นทุกที เชื้อเพลิงต่างๆ ที่นำมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน เป็นต้น นับวันจะมีปริมาณน้อยลงทุกที และคงจะต้องหมดไปในอนาคต นอกจากนี้ ราคาของเชื้อเพลิงดังกล่าว ยังมีความผันผวนไปในแนวทางที่สูงขึ้นตามสถานการณ์ทางเศรษฐกิจและการเมืองของโลก ดังนั้น จึงมีความพยายามที่จะคิดค้นแหล่งพลังงานใหม่ๆ ที่ประหยัด และไม่มีวันหมดสิ้น บางชนิดก็นำมาใช้บ้างแล้ว เช่น แสงอาทิตย์ ลม เป็นต้น

พลังงานลม จัดเป็นพลังงานหมุนเวียนชนิดหนึ่ง ซึ่งใช้ไม่มีวันหมดสามารถเปลี่ยนพลังงานจลน์จากกระแสลมเป็นพลังงานกลโดยกังหันลม เมื่อมีลมพัดผ่านใบกังหันพลังงานจลน์ที่เกิดจากลมจะทำให้ใบพัดของกังหันเกิดการหมุนและได้เป็นพลังงานกลออกมาพลังงานกลจากแกนหมุนของกังหันลมจะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้าสู่ระบบต่อไป โดยปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จะขึ้นอยู่กับความเร็วของลมความยาวของใบพัดและสถานที่ตั้ง ปัจจุบันการพัฒนาเทคโนโลยีกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้าก็ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องสำหรับการวิจัยและสำรวจพลังงานลมในประเทศไทย จากการทำแผนที่ปี 2553 ผลปรากฏว่าพื้นที่ที่มีศักยภาพนั้นส่วนใหญ่อยู่แถวภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พื้นที่เป็นภูเขา และในพื้นที่ชายฝั่งทะเลบางพื้นที่ ซึ่งบางพื้นที่มีระยะทางห่างไกลจากกริดไฟฟ้า

การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมนิยมใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทาง (Doubly Fed Induction Generator, DFIG) อันเนื่องมาจากข้อดีหลายด้านได้แก่การประหยัดขนาดของคอนเวอร์เตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าที่ได้มากขึ้น ในกรณีที่ความเร็วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีความเร็วสูงกว่าความเร็วซิงโครนัสไฟฟ้า แต่ก็มีข้อเสียคือตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำไม่สามารถสร้างกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟได้เหมือนกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซิงโครนัส จึงต้องดึงกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าภายนอก ซึ่งประสิทธิภาพของการส่งกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟขึ้นกับขนาดและความยาวของสายส่งเป็นสำคัญ ถ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมต่อเชื่อมกับกริดไฟฟ้าที่อ่อนแอหรือไม่สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้อย่างเพียงพอจากสาเหตุการเพิ่มขึ้นของโหลดหรือระยะความยาวของสายส่งมากเกินไปจะส่งผลต่อเสถียรภาพ

ที่เครื่องกำเนิดได้ จึงต้องคำนึงถึงระยะทางจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมถึงระบบไฟฟ้าที่จะเชื่อมต่อด้วย

สรุปปัญหาสำคัญของการทำวิทยานิพนธ์ได้ดังนี้

ปัญหาการสูญเสียเสถียรภาพสัญญาณขนาดเล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทาง จากการส่งกำลังไฟฟ้าผ่านสายส่งกำลังไฟฟ้าไปยังกริดไฟฟ้าที่ระยะทางสายส่งระยะไกล ส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของพารามิเตอร์ของสายส่ง

การวิจัยที่ผ่านมา มีผู้ศึกษาการวิเคราะห์เสถียรภาพสัญญาณขนาดเล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทาง ดังนี้

1. Francoise Mei และคณะ ได้ศึกษาเรื่อง Modal Analysis of Grid-Connected Doubly Fed Induction Generators (Mei & Pal, 2007, pp.728-736) พบว่าเมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทางต่อเชื่อมกับกริดไฟฟ้า ทำการวิเคราะห์เสถียรภาพสัญญาณขนาดเล็กโดยพิจารณาค่าพารามิเตอร์ของสายส่งเฉพาะค่ารีแอคแตนซ์ เมื่อค่ารีแอคแตนซ์ของสายส่งเพิ่มขึ้นค่าไอเกนในโหมดสเตเตอร์และโหมดไม่มีการแกว่ง มีแนวโน้มเข้าสู่จุดที่ไม่เสถียรภาพ

2. Chen Wang และคณะ ได้ศึกษาเรื่อง Small Signal Stability Analysis Considering Grid-Connected Wind Farms of DFIG Type (Wang, Shi, Wang & Ni,2008, pp. 1-6) พบว่าเมื่อฟาร์มกังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทางต่อเชื่อมกับบัสทดสอบ IEEE 3 เครื่องกำเนิด 9 บัส โดยเปรียบเทียบการทำงานใน 3 กรณี คือ กรณีที่ 1 เครื่องกำเนิดซิงโครนัสต่อทั้งสามบัส กรณีที่ 2 เชื่อมต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมแทนเครื่องกำเนิดซิงโครนัสที่บัส 2 และกรณีที่ 3 เชื่อมต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมแทนเครื่องกำเนิดซิงโครนัสที่บัส 3 โดยวิเคราะห์เสถียรภาพ เมื่อเพิ่มโหลดที่บัส 6 อีก 11 % ทำให้กรณีที่ 1 เสียเสถียรภาพ

3. Ding Wei และคณะ ได้ศึกษาเรื่อง The Impact of Wind Farms On the Small Signal Stability of Power System (Wei, Benteng, Huifang, Baohui & Jin, 2011, pp. 74-78) พบว่าเมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทาง ทำการต่อเชื่อมกับบัสทดสอบ IEEE 3 เครื่องกำเนิด 9 บัส โดยต่อเชื่อมผ่านสายส่งในช่วงความยาวของสายส่ง 0 ถึง 10 กิโลเมตร พารามิเตอร์ของสายส่งเกือบจะไม่มีผลกับเสถียรภาพสัญญาณขนาดเล็ก

อย่างไรก็ตามผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่นำเสนอยังไม่มีการพิจารณาค่าตัวประกอบการมีส่วนร่วมของตัวแปรสถานะที่ส่งผลให้เสียเสถียรภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์เสถียรภาพสัญญาณขนาดเล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทาง ที่เกิดจากระยะความยาวสายส่ง

2. เพื่อสร้างแบบจำลองการวิเคราะห์เสถียรภาพสัญญาณขนาดเล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทาง

3. เพื่อศึกษาการวิเคราะห์เสถียรภาพสัญญาณขนาดเล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทาง ด้วยวิธีพิจารณาค่าไอเกนและตัวประกอบการมีส่วนร่วม

1.3 คำถามในการศึกษาวิจัย

1. เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทางที่ติดตั้งห่างไกลจากสายกริดไฟฟ้าหลัก หรือมีระยะทางของสายส่งระหว่างเครื่องกำเนิดและระบบกริดไกลกัน จะกระทบกับเสถียรภาพสัญญาณขนาดเล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทางหรือไม่

2. เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทางเสียเสถียรภาพ ค่าไอเกนจะเปลี่ยนแปลงจากค่าลบเป็นค่าบวกหรือไม่ และค่าตัวประกอบการมีส่วนร่วมจะทำให้ทราบถึงตัวแปรที่มีความไวต่อการเสียเสถียรภาพหรือไม่

1.4 สมมติฐานการศึกษาวิจัย

1. ระยะทางระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทางกับจุดเชื่อมต่อของระบบไฟฟ้าอยู่ห่างไกลกัน ทำให้ความเหนี่ยวนำของสายส่งกำลังไฟฟ้ามีค่าสูงจะส่งผลต่อเสถียรภาพสัญญาณขนาดเล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทาง

2. เมื่อระยะทางระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทางกับกริดไฟฟ้ามีระยะไกลกัน จะมีค่าไอเกนอยู่หนึ่งตัวเป็นบวก ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเสียเสถียรภาพ และตัวแปรที่มีค่าตัวประกอบการมีส่วนร่วมสูงสุดจะเป็นตัวแปรที่มีความไวต่อการเสียเสถียรภาพมากที่สุด

1.5 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย

1. สร้างแบบจำลองการวิเคราะห์เสถียรภาพสัญญาณขนาดเล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทาง ขนาด 1.5 เมกกะวัตต์

2. ศึกษาและวิเคราะห์เสถียรภาพสัญญาณขนาดเล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทางต่อร่วมกับสายกริดแบบเรเดียล วิเคราะห์ความแปรผันของค่าไอเกนและค่าตัวประกอบการมีส่วนร่วม

3. วิเคราะห์เสถียรภาพสัญญาณขนาดเล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทาง ขนาด 1.5 เมกกะวัตต์ ด้วยโปรแกรม Matlab และโปรแกรม Digsilent Power Factory

1.6 วิธีดำเนินการศึกษาวิจัย

1. ศึกษาการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทาง
2. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า
3. กำหนดแบบจำลองทางไฟฟ้าที่ใช้ศึกษา
4. วิเคราะห์เสถียรภาพ โดยจำลองการทำงานเพื่อวิเคราะห์หาระยะทางที่ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทางเสียเสถียรภาพ
5. วิเคราะห์หาตัวแปรสถานะที่ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทางเสียเสถียรภาพ
6. สรุปผลการวิจัย

1.7 โครงสร้างของงานวิจัยโดยสังเขป

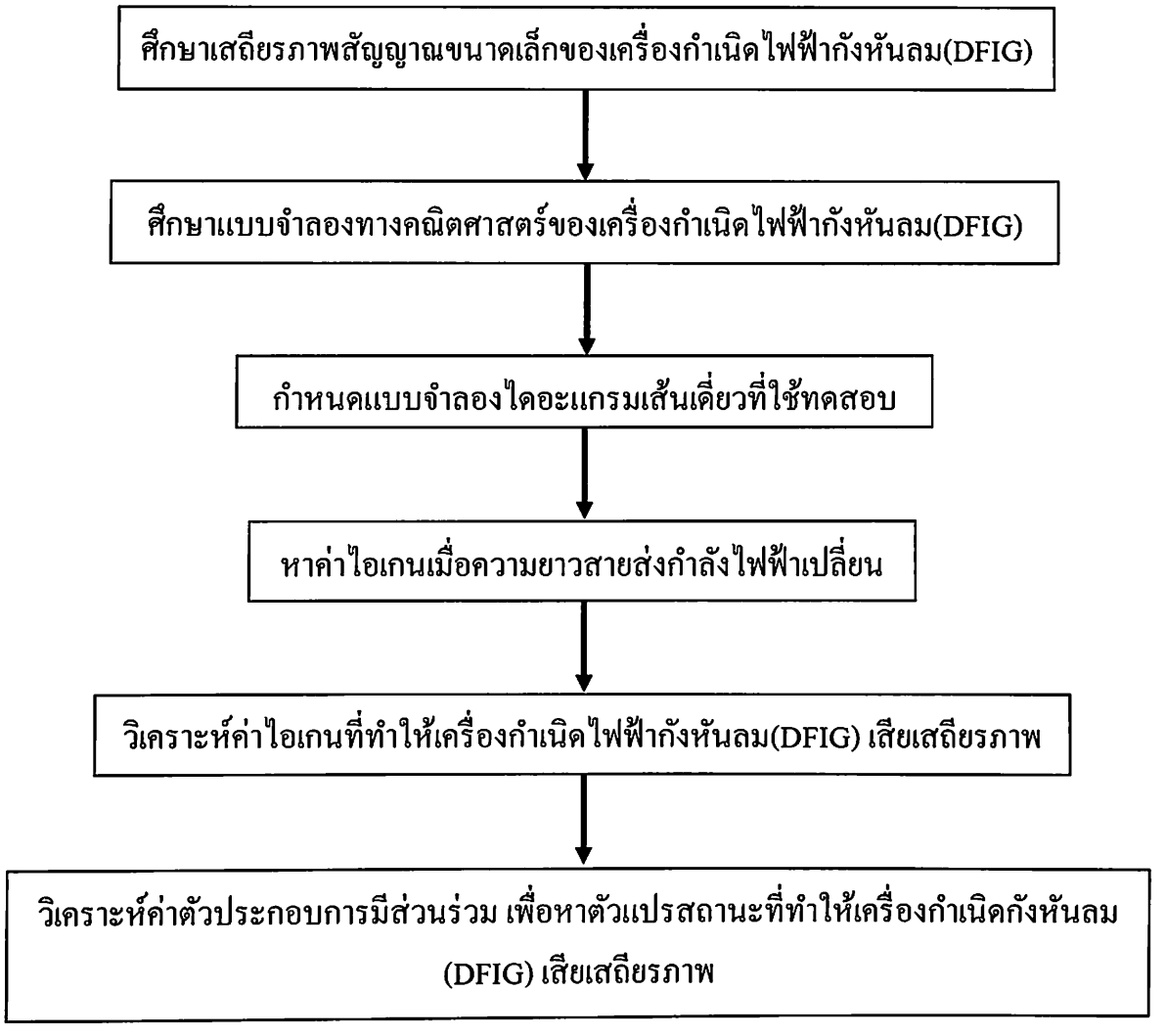
บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของการศึกษา แนวคิดที่ใช้ในการศึกษา ขอบเขตของการศึกษา ขั้นตอนการศึกษาวิทยานิพนธ์โดยสังเขป

บทที่ 2 เสถียรภาพสัญญาณขนาดเล็ก จะอธิบายทฤษฎีพื้นฐานของเสถียรภาพสัญญาณขนาดเล็ก

บทที่ 3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทาง

บทที่ 4 การวิเคราะห์เสถียรภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทาง กล่าวถึง การวิเคราะห์เสถียรภาพสัญญาณขนาดเล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทางขนาด 1.5 เมกกะวัตต์ ต่อร่วมกับสายกริดแบบเรเดียล เมื่อความยาวของสายส่งกำลังไฟฟ้าเปลี่ยนในช่วง 10 กิโลเมตร ถึง 50 กิโลเมตร ปรับเพิ่มความยาวสายครั้งละ 10 กิโลเมตร วิเคราะห์ความแปรผันของค่าไอเกน และค่าตัวประกอบการมีส่วนร่วมเพื่อหาตัวแปรสถานะที่ส่งผลต่อการเสียเสถียรภาพด้วยโปรแกรม Matlab รวมถึงการใช้โปรแกรม Digsilent Power Factory วิเคราะห์ความแปรผันของค่าไอเกน

บทที่ 5 สรุปผล กล่าวถึง สรุปผลของค่าไอเกนที่ระยะความยาวสายที่ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทางเสียเสถียรภาพ ค่าตัวประกอบการมีส่วนร่วมเพื่อหาตัวแปรสถานะที่ส่งผลต่อการเสียเสถียรภาพ



ภาพประกอบที่ 1.1 ขั้นตอนการศึกษาวิทยานิพนธ์

1.8 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิเคราะห์เสถียรภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทาง

2. ทราบผลกระทบของระยะทางของสายส่งที่มีต่อเสถียรภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทาง

3. เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขเสถียรภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทาง