บทที่ 1

บทนำ

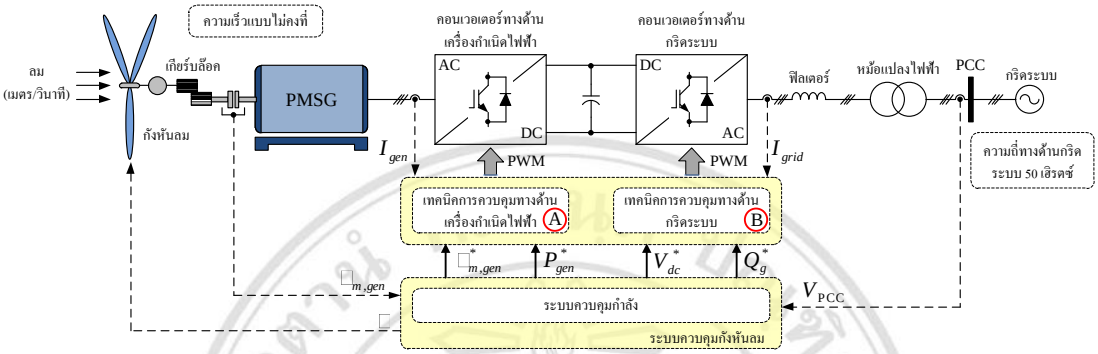
1.1 ที่มาและความสำคัญของการศึกษา

ในปัจจุบันโลกมีอัตราการใช้พลังงานจากแหล่งธรรมชาติ เช่น น้ำมัน ถ่านหิน หรือก๊าซธรรมชาติเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่พลังงานดังกล่าวมีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นในหลายประเทศเริ่มให้ความสำคัญและมีแนวคิดที่จะนำพลังงานทางเลือกใหม่มาใช้ แหล่งพลังงานดังกล่าวเรียกว่าพลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ และพลังงานชีวมวล เป็นต้น ซึ่งเป็นพลังงานที่สะอาด สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ในหลายรูปแบบ ทั้งยังเป็นการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อันเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน โดยรูปแบบที่นิยมนำมาใช้คือการนำพลังงานดังกล่าวมาแปรเปลี่ยนเป็นพลังงานต้นกำลังสำหรับขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตไฟฟ้า

การผลิตไฟฟ้าที่ใช้พลังงานหมุนเวียนมาเป็นพลังงานต้นกำลังสำหรับขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นจะเป็นระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก ดังนั้นการใช้เครื่องจักรกลซิงโครนัสมาใช้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือเรียกว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส จึงมีความเหมาะสมมากกว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบอื่น เพราะมีข้อดีในด้านของประสิทธิภาพในการผลิตกำลังไฟฟ้า ขนาด ความแข็งแรงทนทาน โครงสร้างของเครื่องจักรกลไม่ซับซ้อนและการบำรุงรักษากระทำได้ง่าย [1]-[2] เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ 1) ชนิดวาร์วโรเตอร์ 2) ชนิดแม่เหล็กถาวร โดยงานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet Synchronous Generator : PMSG) สำหรับส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับกริดระบบ จากภาพที่ 1.1 แสดงโครงสร้างการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวรเชื่อมต่อเข้ากับกริดระบบ อาศัยการควบคุมทางด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และทางด้านกริดระบบโดยอิสระ ซึ่งประกอบไปด้วย เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวร กังหันลม ชุดคอนเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายแรงดันในลักษณะหันหลังชนกัน (Back-to-back converter) ชุดวงจรกรองแรงดันและกระแสสามเฟส หม้อแปลงยกแรงดันสามเฟส และกริดระบบ การทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวรนั้น ฟลักซ์ภายในตัวโรเตอร์ถูกสร้างขึ้นได้โดยอาศัยการกระตุ้นด้วยแม่เหล็กถาวรในตัวโรเตอร์ ทั้งนี้จึงไม่จำเป็นที่จะต้องใช้วงจรกระตุ้นจากภายนอก และเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดไร้แปลงถ่านเพราะไม่มีขวดลวดสร้างสนามแม่เหล็กอยู่ที่โรเตอร์ มีความหนาแน่นของกำลังสูง [3]-[4]

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อย่างไรก็ตามเพื่อให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวรสามารถทำงาน และส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าเข้าสู่กริดระบบอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดในทุกช่วงการทำงาน จึงต้องมีการควบคุมทั้งทางด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและด้านกริดระบบด้วยเทคนิคการควบคุมต่างๆ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่กล่าวไว้ข้างต้น



ภาพที่ 1.1 โครงสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวรเชื่อมต่อเข้ากับกริดระบบอาศัยการควบคุมทางด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และทางด้านกริดระบบโดยอิสระ

การประยุกต์ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวรสำหรับเชื่อมต่อเข้ากับกริดระบบ ในปัจจุบันมีการศึกษาและวิจัยหลักการควบคุมด้วยวิธีการต่างๆ มาประยุกต์ใช้งาน

งานวิจัย [5] ได้นำเสนอวิธีการควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวรสำหรับผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานลมเชื่อมต่อเข้ากับกริดระบบในเงื่อนไขการทำงานที่ความเร็วรอบและภาระโหลดมีการเปลี่ยนแปลง หากพิจารณาทางด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะอาศัยเทคนิคการควบคุมแบบเวกเตอร์ ซึ่งในระบบที่นำเสนอมีข้อโดดเด่นคือ สามารถควบคุมให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีประสิทธิภาพสูงสุดในแต่ละสภาวะโหลด และความเร็วรอบ อย่างไรก็ตามระบบควบคุมดังกล่าวจะต้องใช้ตัวควบคุมเชิงเส้นพีไอถึงสามตัว ทำให้ยากต่อการออกแบบค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมเชิงเส้นพีไอ และจะต้องใช้อุปกรณ์ตรวจวัดกระแส แรงดัน และความเร็วรอบ จำนวนมากเพื่อใช้ในการควบคุมของระบบดังกล่าวให้มีคุณสมบัติตามความต้องการ

งานวิจัย [6] ได้นำเสนอการเชื่อมกริดระบบสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวรที่ใช้ในกังหันลม โดยการใช้วงจรเรียงกระแสสามเฟสชนิดทอนแรงดันที่ใช้สวิตซ์สามตัวสำหรับด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และใช้วงจรแหล่งจ่ายแบบแซตอินเวอร์เตอร์สามเฟสสำหรับด้าน กริดระบบ ข้อดีของคอนเวอร์เตอร์ดังกล่าวเมื่อเปรียบเทียบกับคอนเวอร์เตอร์ชนิดแหล่งจ่ายแรงดันในลักษณะหันหลังชนกันคือ ไม่เกิดผลของฮาร์มอนิกทั้งด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและกริดระบบ ระบบมีความน่าเชื่อถือสูงและราคาต่ำ แต่อย่างไรก็ตามคอนเวอร์เตอร์ ชนิดนี้ไม่ค่อยนิยมใช้ในปัจจุบัน เพราะความซับซ้อนของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วงจรและหาอุปกรณ์สำเร็จรูปในตลาดได้ยาก มากกว่านั้นงานวิจัยนี้ยังได้นำเสนอวิธีการควบคุมทางด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยอาศัยเทคนิคการควบคุมองค์ประกอบของกระแสสเตเตอร์ในแกน d ให้เป็นศูนย์เพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบ และเทคนิคการควบคุมตัวประกอบกำลังเพื่อรักษาตัวประกอบกำลังให้เป็นหนึ่งตลอดเวลา โดยเทคนิคการควบคุมในแต่ละชนิดนั้นมีข้อจำกัดของการควบคุมแตกต่างกัน เช่นเทคนิคการควบคุมองค์ประกอบของกระแสสเตเตอร์นั้นมีข้อจำกัดในขอบเขตการทำงานที่เกินช่วงความเร็วพิกัด เพื่อลบจุดด้อยนี้จึงต้องอาศัยเทคนิคการควบคุมทั้งสองชนิดในแต่ละขอบเขตการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เนื่องจากเทคนิคการควบคุมตัวประกอบกำลังสามารถทำงานได้ดีในช่วงที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงานเกินความเร็วพิกัด แต่อย่างไรก็ตามการออกแบบระบบควบคุมให้ระบบเลือกใช้เทคนิคการควบคุมในแต่ละชนิดนั้นให้สลับไปมา มีความยากและซับซ้อนกว่าการเลือกใช้เทคนิคการควบคุมชนิดเดียว

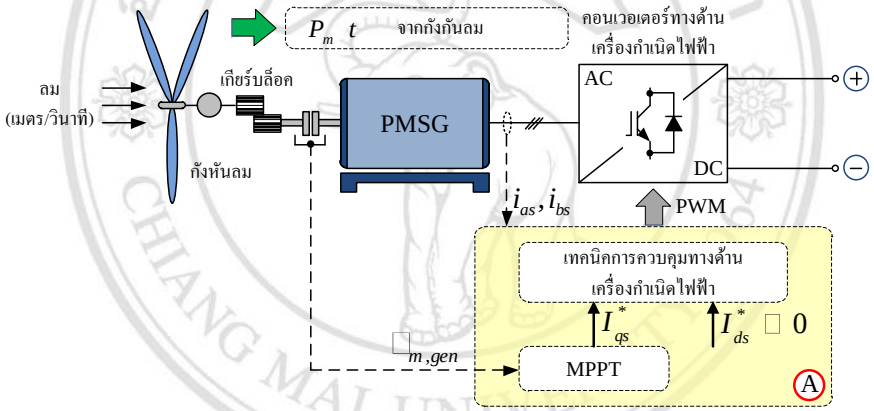
งานวิจัย [7] ได้นำเสนอเทคนิคการควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวรแบบหนึ่งวงรอบ สำหรับกังหันพลังงานลม ซึ่งเทคนิคการควบคุมที่นำเสนอไม่ต้องอาศัยการคำนวณการแปลงแกนเลย จึงสามารถลดขั้นตอนในการออกแบบการควบคุม ทำให้ระบบควบคุมง่าย รวดเร็ว แม่นยำ และไม่จำเป็นต้องใช้บอร์ดประมวลผลที่มีความเร็วสูงและราคาแพง แต่อย่างไรก็ตามเทคนิคการควบคุมแบบหนึ่งวงรอบไม่สามารถควบคุมองค์ประกอบของกระแสสเตเตอร์ในแกน d และ q ได้อย่างอิสระจากกัน

1.2 แนวทางการวิจัย

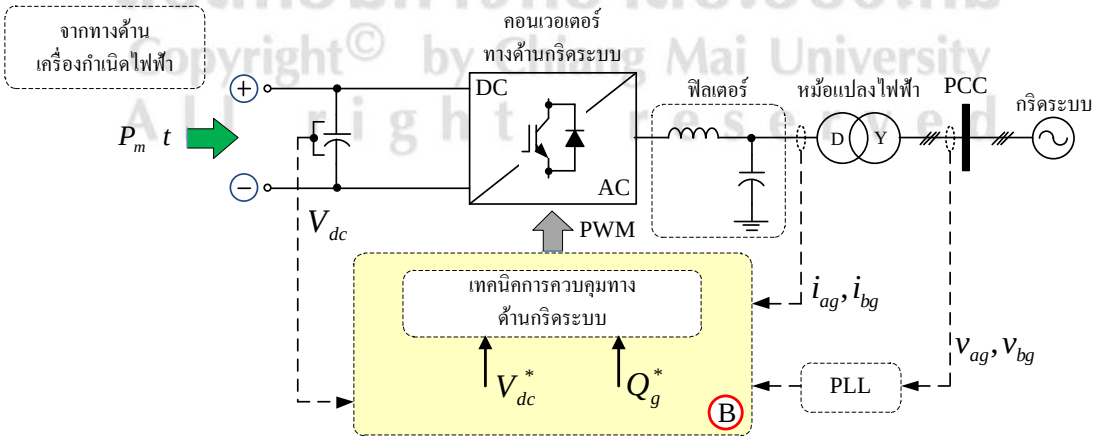
จากตัวอย่างเทคนิคการควบคุมในงานวิจัย [5]-[7] ที่ได้กล่าวในหัวข้อ 1.1 นั้นยังคงมีจุดอ่อนทั้งในเรื่องของขอบเขตความสามารถในการทำงาน สมรรถนะของเทคนิคการควบคุมนั้นๆ และความซับซ้อนของระบบควบคุมซึ่งมีความยากในการออกแบบ ดังนั้นแนวทางในการทำวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวรสำหรับกังหันลมเชื่อมเข้ากริดระบบโดยอาศัยเทคนิคการควบคุมองค์ประกอบของกระแสสเตเตอร์ในแกน d ให้เป็นศูนย์ทางด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และอาศัยเทคนิคการควบคุมแบบเวกเตอร์ทางด้านกริดระบบ ซึ่งมีสมมุติฐานและวัตถุประสงค์หลักของการวิจัยเพื่อเพิ่มสมรรถนะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวรให้มีสมรรถนะและประสิทธิภาพที่สูงสุดในทุกช่วงการทำงานในขอบเขตไม่เกินช่วงความเร็วพิกัด ระบบควบคุมไม่ซับซ้อนง่ายต่อการออกแบบ เพื่อให้ง่ายในการทำความเข้าใจในงานวิจัยนี้จะแบ่งส่วนการทำงานเป็นสองส่วน ในส่วนแรกจะพิจารณาทางด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและในส่วนที่สองจะพิจารณาทางด้านกริดระบบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 1.2 แสดงโครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวรเชื่อมเข้ากับคอนเวอร์เตอร์ทางด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยกังหันลมทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมให้เป็นกำลังทางกลเพื่อนำไปขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จากนั้นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจึงจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสสลับให้กับคอนเวอร์เตอร์ เทคนิคการควบคุมองค์ประกอบของกระแสสเตเตอร์ทางแกน d ให้เป็นศูนย์ทางด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำหน้าที่ควบคุมคอนเวอร์เตอร์ดังกล่าวให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่กล่าวไว้ในข้างต้น โดยรายละเอียดของหลักการควบคุมได้อธิบายไว้ในหัวข้อ 2.4 และในภาพที่ 1.3 แสดงโครงสร้างทางด้านกริดระบบซึ่งประกอบไปด้วยคอนเวอร์เตอร์ทางด้านกริดระบบทำหน้าแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงที่รับมาจากฝั่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับจ่ายกำลังไฟฟ้าเข้ากับกริดระบบ และเทคนิคการควบคุมแบบเวกเตอร์ทำหน้าที่ควบคุมคอนเวอร์เตอร์ทางด้านกริดระบบให้สามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าแอกทีฟ และรีแอกทีฟได้อย่างอิสระจากกัน โดยรายละเอียดของหลักการควบคุมได้อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 3.3



ภาพที่ 1.2 โครงสร้างทางด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และเทคนิคการควบคุมทางด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



ภาพที่ 1.3 โครงสร้างทางด้านกริดระบบ และเทคนิคการควบคุมทางด้านกริดระบบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาค้นคว้าเอกสารและบทความที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย จะเห็นได้ว่ามีหลายบทความที่แสดงให้เห็นถึงเทคนิคการควบคุมระบบขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวรและเทคนิคการควบคุมกริดระบบ เพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพแรงดันไฟฟ้าและสมรรถนะทั้งด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและกริดระบบได้ โดยสามารถสรุปสาระสำคัญจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ดังต่อไปนี้

Keyuan Huang และ คณะ [8] ได้นำเสนอเทคนิคการควบคุมแบบเวกเตอร์สำหรับระบบขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวรเชื่อมต่อกับกริดระบบผ่านคอนเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายแรงดันในลักษณะหันหลังชนกันสำหรับระบบผลิตไฟฟ้ากังหันพลังงานลม โดยอาศัยการประมาณความเร็วรอบและตำแหน่งของโรเตอร์แทนการใช้เซนเซอร์วัดความเร็วรอบ จึงสามารถลดจำนวนการใช้อุปกรณ์เซนเซอร์ในระบบได้ งานวิจัยนี้ใช้เทคนิคการควบคุมแบบเวกเตอร์เพื่อให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถเรียกพลังงานสูงสุดจากกังหันพลังงานลมได้เหมาะสมที่สุด ณ จุดความเร็วรอบในขณะนั้น ในทำนองเดียวกันเทคนิคการควบคุมแบบเวกเตอร์ยังถูกนำมาใช้ทางด้านกริดระบบเพื่อรักษาปริมาณของแรงดันเชื่อมโยงไฟตรงให้คงที่ อีกทั้งยังสามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าแอกทีฟและรีแอกทีฟได้อย่างอิสระ สำหรับป้อนให้กับกริดระบบได้อีกด้วย อย่างไรก็ตามการประมาณความเร็วรอบและตำแหน่งของโรเตอร์จะต้องอาศัยสมการคณิตศาสตร์เข้ามาวิเคราะห์ พารามิเตอร์ที่นำมาใช้งานจะต้องถูกต้องจึงจะสามารถประมาณค่าดังกล่าวได้อย่างแม่นยำ

Jingya Dai และ คณะ [9] ได้นำเสนอเทคนิคการควบคุมสำหรับคอนเวอร์เตอร์ชนิดแหล่งจ่ายกระแสที่เชื่อมระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวรกับกริดระบบบนพื้นฐานของกังหันพลังงานลม ข้อดีของคอนเวอร์เตอร์ชนิดแหล่งจ่ายกระแสเมื่อเปรียบเทียบกับคอนเวอร์เตอร์ชนิดแหล่งจ่ายแรงดันคือ มีโครงสร้างที่ง่าย ไม่ซับซ้อน และให้สมรรถนะสูงเมื่อเชื่อมเข้ากับกริดระบบในด้านของรูปคลื่นของกระแสและตัวประกอบกำลัง มากกว่านั้นคอนเวอร์เตอร์ชนิดแหล่งจ่ายกระแสยังคงสามารถป้องกันปัญหาที่เกิดจากการลัดวงจรที่บัสไฟตรงได้อีกด้วย เทคนิคการควบคุมแบบเวกเตอร์ถูกพัฒนาและนำมาใช้สำหรับควบคุมทั้งทางด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและทางด้านกริดระบบ ทางด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทคนิคการควบคุมจะถูกแบ่งการทำงานออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกทำหน้าที่ดึงพลังงานสูงสุดที่ได้จากกันหันลม และในส่วนที่สองทำหน้าที่ควบคุมให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงานอย่างเหมาะสมที่สุดในทุกสภาวะการทำงาน ทางด้านกริดระบบนั้นระบบควบคุมจะทำหน้าที่รักษากระแสเชื่อมโยงไฟตรงให้คงที่และมีค่าที่ต่ำอยู่ตลอดเวลาเพื่อลดกำลังงานไฟฟ้าสูญเสียที่อุปกรณ์สวิตชิงในคอนเวอร์เตอร์ อีกทั้งยังทำหน้าที่จัดการการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟให้กับกริดระบบอีกด้วย อัลกอริทึมของเทคนิคการควบคุมในงานวิจัยนี้อาศัยการเปรียบเทียบระหว่างกระแสจริง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กับกระแสอ้างอิงสองเฟส เพื่อสร้างสัญญาณขับนำสวิตช์สำหรับคอนเวอร์เตอร์ดังกล่าว อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคอนเวอร์เตอร์ชนิดแหล่งจ่ายกระแส และชนิดแหล่งจ่ายแรงดัน พบว่าคอนเวอร์เตอร์ชนิดแหล่งจ่ายแรงดันจะมีความยืดหยุ่นมากกว่าเมื่อประยุกต์ใช้งานกับระบบอื่นๆ อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือสูงกว่าอีกด้วย

R. Esmaili และ คณะ [10] ได้นำเสนอเทคนิคการหาจุดพลังงานสูงสุดสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวรที่ใช้ในกังหันพลังงานลม ทางด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ต่อเชื่อมกับกริดระบบผ่านคอนเวอร์เตอร์ คอนเวอร์เตอร์ชนิดนี้ประกอบไปด้วย วงจรเรียงกระแสสามเฟส ผ่านวงจรแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรงชนิดเพิ่มแรงดันและเชื่อมต่อกับคอนเวอร์เตอร์ชนิดแหล่งจ่ายแรงดันเพื่อส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กริดระบบ โดยอัลกอริทึมของเทคนิคการหาจุดพลังงานสูงสุดจะทำหน้าที่คำนวณความเร็วรอบอ้างอิงที่สัมพันธ์กับพลังงานสูงสุดที่กังหันลมได้รับ วงจรแปลงไฟฟ้ากระแสตรงชนิดเพิ่มแรงดันจะรับค่าความเร็วรอบอ้างอิง เพื่อทำหน้าที่ควบคุมพลังงานที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายออกมา กล่าวคือพลังงานที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าป้อนให้กับกริดระบบจะขึ้นอยู่กับความเร็วรอบอ้างอิงนั้นเอง ซึ่งระบบที่นำเสนอดังกล่าวทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและตอบสนองได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งยังสามารถลดกำลังงานไฟฟ้าสูญเสียที่อุปกรณ์สวิตชิงในคอนเวอร์เตอร์ได้อีกด้วย เนื่องจากวงจรแปลงไฟฟ้ากระแสตรงชนิดเพิ่มแรงดันมีอุปกรณ์สวิตชิงเพียงตัวเดียว อย่างไรก็ตาม โครงสร้างของคอนเวอร์เตอร์ดังกล่าว จะไม่สามารถรองรับเทคนิคการควบคุมที่หลากหลายได้

Li Jian-lin และ คณะ [11] ได้นำเสนอการต่อขนานคอนเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายแรงดันในลักษณะหันหลังชนกันสำหรับระบบขับเคลื่อนพลังงานลม โดยโครงสร้างคอนเวอร์เตอร์ที่ได้นำเสนอสามารถกับระบบขับเคลื่อนพลังงานลมระดับแรงดันต่ำ กระแสสูง และ แรงดันกับกระแสระดับพิกัดได้ ข้อดีของคอนเวอร์เตอร์ชนิดนี้คือ พิกัดของกำลังในระบบเพิ่มขึ้น แรงดันเชื่อมโยงไฟตรงมีเสถียรภาพมากขึ้น และสามารถรักษาคุณภาพของตัวประกอบกำลังทางด้านออกได้ เนื่องจากแรงดันดีซีลิงค์แยกกันอย่างอิสระระหว่างคอนเวอร์เตอร์ทั้งสองตัว ดังนั้นปัญหากระแสในลำดับศูนย์จึงไม่เกิดขึ้น เทคนิคการสร้างสัญญาณมอดูเลตแบบเลื่อนเฟส ถูกนำมาใช้เพื่อลดกระแสกระเพื่อมในระบบ แต่อย่างไรก็ตาม การต่อขนานของคอนเวอร์เตอร์ดังกล่าวมีความยากและซับซ้อน มากกว่านั้นกำลังงานไฟฟ้าสูญเสียที่อุปกรณ์สวิตชิ่งในคอนเวอร์เตอร์เกิดสูงขึ้นเนื่องจากมีอุปกรณ์สวิตชิ่งมากขึ้นเท่าตัว

Kelvin Tan และ Syed Islam [12] ได้นำเสนอเทคนิคการควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวรสำหรับระบบผลิตกระแสไฟฟ้ากังหันพลังงานลมโดยปราศจากเซนเซอร์ทางกล โครงสร้างระบบของงานวิจัยประกอบไปด้วย กังหันลม เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวร วงจรเรียงกระแสสามเฟส และคอนเวอร์เตอร์ชนิดแหล่งจ่ายกระแสเชื่อมเข้ากับกริดระบบ โดย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อัลกอริทึมของระบบควบคุมทำหน้าที่สร้างสัญญาณมอดูเลตแบบพีดับเบิลยูเอ็ม เพื่อนำไปขับสวิตช์ของคอนเวอร์เตอร์ชนิดแหล่งจ่ายกระแส โดยระบบควบคุมดังกล่าวทำหน้าที่ดึงพลังงานสูงสุดที่กังหันลมได้รับมาใช้อย่างเหมาะสม และรักษากระแสบัสไฟตรงให้คงที่ตลอดเวลา อีกทั้งยังทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับกริดระบบโดยสามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าแอกทีฟและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟอย่างอิสระอีกด้วย จุดเด่นเทคนิคการควบคุมของงานวิจัยนี้คือ อาศัยการคำนวณความเร็วลมแทนการใช้เซนเซอร์ตรวจวัดความเร็วลมในการทำงาน ซึ่งสามารถลดค่าใช้จ่ายและอุปกรณ์ในระบบได้ แต่อย่างไรก็ตามอัลกอริทึมในการคำนวณความเร็วลมมีความยากและซับซ้อน อีกทั้งระบบควบคุมยังควบคุมเฉพาะคอนเวอร์เตอร์ทางด้านกริดระบบ จึงไม่สามารถควบคุมแรงบิดและสมรรถนะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้

Shuhui และ คณะ [13] ได้นำเสนอการควบคุมแบบเวกเตอร์ด้วยวิธีการแบบแยกอิสระ (Decoupled Control) สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวรในกังหันพลังงานลม โดยอัลกอริทึมของเทคนิคการควบคุมที่ได้นำเสนอแบ่งออกเป็นสามส่วน ในส่วนแรกความเร็วรอบที่วัดจริงถูกนำมาเปรียบเทียบกับความเร็วรอบอ้างอิง แล้วนำค่าความเร็วรอบที่ผิดพลาดที่ได้มาผ่านตัวควบคุมเชิงเส้นพีไอ (PI Controller) เพื่อหาค่ากระแสอ้างอิง ในส่วนถัดมากระแสอ้างอิงถูกนำมาเปรียบเทียบกับกระแสที่วัดจริง แล้วนำค่าความผิดพลาดของกระแสที่ได้ผ่านตัวควบคุมเชิงเส้นพีไอ แล้วนำกระแสที่ได้เข้ากระบวนการควบคุมแบบแยกอิสระและในส่วนสุดท้ายกระแสที่ผ่านกระบวนการควบคุมแบบแยกอิสระจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณแรงดันและถูกส่งเข้าสู่กระบวนการมอดูเลตเพื่อสร้างสัญญาณขับนำสวิตช์ในลำดับถัดไป ระบบควบคุมที่ได้นำเสนอดังกล่าวสามารถทำงานได้อย่างรวดเร็วในสภาวะไดนามิก การควบคุมทางด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ระบบควบคุมสามารถดึงกำลังสูงสุดของกังหันลมได้มากกว่านั้นทางด้านกริดระบบ ระบบควบคุมสามารถรักษาแรงดันเชื่อมโยงไฟตรงให้คงที่และมีเสถียรภาพได้ แต่อย่างไรก็ตามระบบควบคุมนี้จะไม่สามารถทำงานได้เมื่อความเร็วรอบโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเกินค่าพิกัด

Sergio A. Diaz และ คณะ [14] ได้นำเสนอการควบคุมความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวร โดยเทคนิคการควบคุมแบบควบคุมให้องค์ประกอบของกระแสสเตเตอร์ในแกน d เป็นศูนย์ ซึ่งอาศัยการประมาณความเร็วรอบด้วยวิธีการทางอ้อม แทนการใช้อุปกรณ์เซนเซอร์วัดความเร็วรอบ โดยการประมาณความเร็วรอบดังกล่าวประมาณจากฟลักซ์แม่เหล็กไฟฟ้าของแรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับบนแกนอ้างอิงหมุนสองเฟส (dq) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จากผลการทดสอบการประมาณความเร็วรอบด้วยวิธีการทางอ้อมให้ค่าความเร็วรอบที่แม่นยำ แต่อย่างไรก็ตามในย่านความเร็วรอบต่ำๆฟลักซ์แม่เหล็กไฟฟ้าของแรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับ มีค่าต่ำมากเป็นผลให้ไม่สามารถประมาณความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

XuZhen Shen และ คณะ [15] ได้นำเสนอเทคนิคการควบคุมตัวประกอบกำลังทางด้านกริดระบบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวร โดยอาศัยการหาตำแหน่งของฟลักซ์แม่เหล็กไฟฟ้าทางด้านสเตเตอร์ ข้อโดดเด่นของเทคนิคการควบคุมดังกล่าวสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าเข้าสู่กริดระบบโดยมีตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเป็นหนึ่งได้ ระบบควบคุมง่ายและไม่ซับซ้อน จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าทางด้านกริดระบบสามารถควบคุมให้เป็นหนึ่งได้จริง และสามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าแอกทีฟ และกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟได้อย่างอิสระ อย่างไรก็ตามตัวประกอบกำลังทางด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้ายังคงมีค่าลดต่ำลงขึ้นอยู่กับความเร็วของตัวโรเตอร์ทำให้ประสิทธิภาพลดลงตามไปด้วย เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้ควบคุมตัวประกอบกำลังทางด้านกริดระบบเท่านั้น

1.4 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.4.1 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์การทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวรเชื่อมต่อเข้ากับกริดระบบทั้งในภาวะชั่วครู่และภาวะอยู่ตัว

1.4.2 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบระบบขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวรเชื่อมเข้ากับกริดระบบ ด้วยเทคนิคการควบคุมองค์ประกอบของกระแสสเตเตอร์ในแกน d ให้เป็นศูนย์ทางด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และเทคนิคการควบคุมแบบเวกเตอร์ทางด้านกริดระบบ

1.4.3 เพื่อทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวรเชื่อมกับกริดระบบ ด้วยหลักการควบคุมองค์ประกอบของกระแสสเตเตอร์ในแกน d ให้เป็นศูนย์ทางด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

1.5 ขอบเขตของการศึกษา

1.5.1 สร้างแบบจำลองการทำงานของระบบขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวรเชื่อมต่อเข้ากับกริดระบบ โดยใช้การจำลองบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยวิธีการควบคุมกระแสสเตเตอร์ในแกน d ให้เป็นศูนย์

1.5.2 สร้างเครื่องต้นแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวรเชื่อมต่อเข้ากับกริดระบบโดยใช้คอนเวอร์เตอร์กำลังแบบแหล่งจ่ายแรงดันแบบสองระดับต่อในลักษณะหันหลังชนกัน ที่ถูกควบคุมทั้งทางด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและควบคุมด้านกริดระบบด้วยขนาดพิกัดกำลัง 1 กิโลวัตต์ (380 โวลต์, 50 เฮิรตซ์)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.5.3 วิเคราะห์ผลการทำงานเปรียบเทียบระหว่างผลการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์กับผลการทดสอบจริงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ถูกควบคุมองค์ประกอบของกระแสสเตเตอร์ในแกน d ให้เป็นศูนย์ทั้งในภาวะชั่วครู่และภาวะอยู่ตัว

1.6 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษา เชิงทฤษฎี และ/หรือเชิงประยุกต์

1.6.1 ได้ผลการศึกษาและวิเคราะห์การทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวรเชื่อมต่อเข้ากับกริดระบบอย่างมีเสถียรภาพทั้งในภาวะชั่วครู่และภาวะอยู่ตัว

1.6.2 ได้เครื่องต้นแบบระบบขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวรเชื่อมเข้ากับกริดระบบ ด้วยเทคนิคการควบคุมองค์ประกอบของกระแสสเตเตอร์ในแกน d ให้เป็นศูนย์ทางด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และเทคนิคการควบคุมแบบเวกเตอร์ทางด้านกริดระบบ

1.6.3 ได้ผลการทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวรเชื่อมกับกริดระบบ ด้วยหลักการควบคุมองค์ประกอบของกระแสสเตเตอร์ในแกน d ให้เป็นศูนย์ทางด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved