บทที่ 5
สรุปผลโครงการและข้อเสนอแนะ

5.1 บทนำ

โครงการวิจัยนี้ได้นำเสนอการออกแบบและสร้างชุดควบคุมระบบอิเล็กทรอนิกส์กำลังด้วยบอร์ดประมวลผลสัญญาณดิจิตอล (Digital Signal Processing Board) เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าแบบต่างๆ ที่น่าสนใจ เช่นวงจรแปลงผันกำลังไฟตรง แบบ DC Buck Converter แบบ DC Boost Converter และแบบ Interleaved DC Boost Converter นอกจากนั้นยังมีวงจรอินเวอร์เตอร์ 1 เฟสแบบ Full Bridge และวงจรอินเวอร์เตอร์ 3 เฟสแบบ Sine PWM ด้วย ซึ่งกระบวนการทั้งหมดของโครงการ สามารถจำแนกได้เป็นขั้นตอน ดังนี้

1. การออกแบบและสร้างวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้า ซึ่งส่วนนี้จะแบ่งออกได้เป็น 4 วงจร ซึ่งเป็นโครงสร้างหลักที่ใช้ในการแปลงผันกำลังไฟฟ้าแบบต่างๆในโครงการนี้
2. การออกแบบและสร้างวงจรแปลงผันกำลังไฟตรง (DC Converter) และวงจรอินเวอร์เตอร์ 1 เฟส จะใช้ Power MOSFET เบอร์ IRFP460 ของบริษัท International Rectifier Inc. ทำงานที่ความถี่สวิตซ์ที่ประมาณ 10 kHz. ซึ่งขณะปฏิบัติการทดลองจำเป็นต้องทำงานร่วมกับวงจรแยกส่วนและยกระดับสัญญาณ
3. การออกแบบและสร้างวงจรอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส ในโครงการจะใช้ Intelligent Power Module ซึ่งเป็นโมดูลชุด IGBT 3 Phase Inverter ของบริษัท POWEREX Inc. โดยภายในโมดูลจะประกอบด้วยวงจรขับสัญญาณ วงจรป้องกันระบบ และวงจรตรวจวัดสัญญาณต่างๆ ที่ใช้ในการตรวจสอบระบบด้วย ดังนั้นในขณะปฏิบัติการทดลองจึงไม่จำเป็นต้องใช้วงจรแยกส่วนสัญญาณร่วมในการใช้งาน ทำให้นักศึกษาที่ใช้ชุดทดลองนี้ในการปฏิบัติงาน สามารถแยกแยะความยาก/ง่ายในการสร้างวงจรควบคุมและวงจรภาคกำลัง เมื่อเปรียบเทียบลักษณะของวงจรอินเวอร์เตอร์ 3 เฟสในหัวข้อนี้ กับลักษณะของวงจรอินเวอร์เตอร์ 1 เฟสในหัวข้อที่แล้วได้
4. การออกแบบ และการสร้างวงจรสร้างสัญญาณควบคุม เป็นการประยุกต์ใช้ชิปประมวลผลสัญญาณรุ่น dsPIC30F2010 ของบริษัท MICROCHIP INC. ซึ่งเป็นชิปประมวลผลสัญญาณที่มีราคาถูก หาซื้อได้ง่ายภายในประเทศ มาประกอบเป็นบอร์ด

ควบคุมสัญญาณ ซึ่งทำให้นักศึกษาที่ใช้ชุดทดลองนี้เห็นได้ว่าสามารถสร้างเองได้ง่าย ไม่จำเป็นต้องใช้บอร์ดสำเร็จรูปจากต่างประเทศ

5. การทดสอบในโครงการวิจัย แบ่งออกเป็นการทดสอบสัญญาณใน 3 วงจรคือ การทดสอบสัญญาณ ในวงจรแปลงผันกำลังไฟตรงแบบทบระดับแรงดันชนิดเหลื่อมเฟส (Interleaved DC Boost Converter) การทดสอบสัญญาณในวงจรอินเวอร์เตอร์แบบวงจร Full Bridge และการทดสอบสัญญาณในวงจรอินเวอร์เตอร์ 3 เฟสโดยให้สัญญาณควบคุมเป็นแบบ SPWM (Sinusoidal Pulse Width Modulation)

อย่างไรก็ตาม การปฏิบัติการวงจรแปลงผันกำลังไฟตรงแบบทอนระดับแรงดัน และแบบทบระดับแรงดัน (DC Buck และ DC Boost Converter) นั้น นักศึกษาสามารถใช้วงจร Interleaved DC Boost Converter ในการทดลองดังกล่าวได้เลย โดยเปลี่ยนแปลงการต่อวงจรเล็กน้อยเท่านั้น

5.2 สรุปผลโครงการวิจัย

โครงการนี้เป็นการนำเสนอการออกแบบและสร้างชุดระบบควบคุมวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังที่เหมาะสมต่อการปฏิบัติการทดลองการแปลงผันกำลังไฟฟ้า ในวิชาปฏิบัติการวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังของนักศึกษาปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งบอร์ดควบคุมในโครงการจะเป็นการประยุกต์ใช้ชิปประมวลผลสัญญาณดิจิตอลแบบพื้นฐาน ที่สามารถหาซื้อได้ในตลาดสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไปในการสร้างวงจร ส่วนวงจรภาคกำลังมีทั้งวงจรแปลงผันกำลังไฟตรงแบบ Interleaved DC Boost Converter วงจรอินเวอร์เตอร์ 1 เฟสแบบวงจร Full Bridge และวงจรอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส อย่างไรก็ตาม ทุกวงจรในโครงการจะต้องถูกนำไปจำลอง เพื่อหาสภาวะการทำงานของวงจรเสียก่อน ด้วยซอฟแวร์ PSIM (demo Version) ของบริษัท POWER SIM TECH. Inc. เสียก่อน ที่จะทำการสร้างวงจรและระบบจริง

การออกแบบฮาร์ดแวร์ของโครงการ นำเสนอการประยุกต์ใช้ระบบ Embedded System ด้วยบอร์ดประมวลผลสัญญาณดิจิตอลรุ่น dsPIC30F2010 ของบริษัท Microchip Inc. เป็นส่วนประมวลผลและสร้างสัญญาณควบคุมระบบ วงจรภาคกำลังมี 3 วงจร สามารถใช้ศึกษาวงจรได้ 5 ลักษณะการทำงาน โดยวงจรแปลงผันกำลังไฟตรงในโครงการ สามารถใช้ศึกษาวงจรแปลงผันไฟตรงได้ทั้งแบบทอนระดับแรงดัน แบบทบระดับแรงดัน และแบบทบระดับแรงดันชนิดเหลื่อมเฟส ส่วนวงจรอินเวอร์เตอร์ มีทั้งแบบวงจรอินเวอร์เตอร์ 1 เฟสและ วงจรอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส

วงจรแปลงผันกำลังไฟตรง และวงจรอินเวอร์เตอร์ 1 เฟสในโครงการจะใช้อุปกรณ์สวิตซ์กำลังแบบ Discrete ซึ่งเป็น Power MOSFET เบอร์ IRFP460 ทำให้การควบคุมระบบยังต้องใช้วงจรแยกส่วนสัญญาณและวงจรขับเกตภายนอกอุปกรณ์ ส่วนวงจรอินเวอร์เตอร์ 3 เฟสนั้นใช้เป็นโมดูล IGBT Inverter สำเร็จรูปรุ่น PS22052 ของบริษัท POWEREX จำกัด ซึ่งมีวงจรขับเกต วงจรแยกส่วนสัญญาณ และวงจรป้องกันระบบภายในโมดูล ทำให้สามารถควบคุมการทำงานได้ง่ายขึ้น

โดยสรุป จะเห็นได้ว่าผลการทดสอบระบบควบคุมวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังด้วยบอร์ดประมวลผลสัญญาณดิจิตอลที่สร้างขึ้นในโครงการวิจัยนี้ สามารถทำงานได้ถูกต้องตามต้องการ และสามารถใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าซึ่งเป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังของนึกศึกษาวิศวกรรมไฟฟ้า ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ได้เป็นอย่างดี

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของระบบควบคุมวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังในโครงการวิจัยนี้โดยละเอียด คณะผู้วิจัยพบว่า ยังมีข้อบกพร่องและที่ปัญหาบางประการที่ยังเกิดขึ้นอยู่บ้าง และสมควรได้รับการแก้ไขข้อบกพร่องนี้ในโครงการวิจัยในอนาคต ดังนี้

5.3.1 เนื่องจากโครงการวิจัยนี้ให้ความสนใจต่อวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าแบบพื้นฐานเท่านั้น ซึ่งจะเห็นว่าสามารถใช้ศึกษาวงจรต่างๆในโครงการได้ตามต้องการ ซึ่งชิปประมวลผลสัญญาณดิจิตอล dsPIC30F2010 ที่ใช้ในโครงการเป็นแบบพื้นฐานสามารถหาซื้อได้ในตลาดสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป แต่ถ้าหากต้องการประยุกต์ใช้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังขนาดใหญ่ หรือที่มีการควบคุมซับซ้อนควรเลือกใช้บอร์ดประมวลผลที่ได้ออกแบบไว้โดยเฉพาะ หรือเลือกใช้ชิปประมวลผลสัญญาณที่มีประสิทธิภาพสูงกว่านี้

5.3.2 เนื่องจากระบบควบคุมในโครงการเป็นการแยกส่วนกันระหว่างวงจรควบคุมและวงจรภาคกำลัง ดังนั้นในอนาคตยังสามารถเปลี่ยนแปลงระบบควบคุมและวิธีการควบคุมระบบได้ง่าย โดยการเปลี่ยนบอร์ดควบคุมตามต้องการ เช่น บอร์ดประมวลผลสัญญาณดิจิตอลสำเร็จรูปแบบ eZdsp รุ่น F2812 หรือรุ่น F28335 ของบริษัท Spectrum Digital Inc. หรือแม้แต่บอร์ด Rapid STM32 ของบริษัท Aimagine จำกัด เป็นต้น ที่สามารถเชื่อมต่อการทำงานร่วมกันกับโปรแกรม MATLAB/Simulink ได้

5.3.3 โครงการวิจัยนี้ยังสามารถพัฒนาต่อเนื่องไปได้อีกในหลายรูปแบบตามต้องการ เช่นเปลี่ยนแปลงการประยุกต์ใช้ของบอร์ดควบคุม ดังได้กล่าวแล้วในหัวข้อ 5.3.2 หรือการพัฒนาระบบควบคุมให้เป็นแบบระบบวงปิด เป็นต้น นอกจากนี้ ยังต้องได้รับการพัฒนาด้านเอกสารประกอบการใช้งาน เพื่อให้เหมาะสมสำหรับการศึกษาของนักศึกษาวิศวกรรมไฟฟ้าต่อไป