

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

เทคนิค SVM (Space Vector Modulation) ได้ถูกนำมาใช้ในงานวิจัย และออกแบบอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส เพื่อสร้างสัญญาณ PWM ควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำกระแสสลับแบบ 3 เฟสอย่างแพร่หลาย ในวิทยานิพนธ์นี้ได้อาศัยหลักการเทคนิค SVM (Space Vector Modulation) เช่นเดียวกันกับในงานวิจัยอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส ที่กล่าวมาแล้ว โดยในวิทยานิพนธ์นี้จะประยุกต์ใช้เทคนิค SVM PWM บน FPGA โดยอินพุตพารามิเตอร์ ที่ป้อนให้กับอินเวอร์เตอร์ เพื่อควบคุมมอเตอร์ สามารถควบคุมได้ด้วย ระบบดิจิทัลทั้งหมด ซึ่งทำให้สามารถนำไปใช้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำกระแสสลับได้ทั้ง 1 เฟส และ 3 เฟส โดยการใช้งานกับมอเตอร์ 3 เฟสนั้นสัญญาณ SVM PWM ที่ได้จะมีลักษณะคล้ายคลึงกับวิธีบวกฮาร์โมนิกส์ที่ 3 ดังรูปที่ 5.14 โดยเมื่อนำสัญญาณแรงดันเฟสมาลบกันจะได้สัญญาณแรงดันสายที่มีลักษณะเป็นซายน์ ดังรูปที่ 5.43 ซึ่งผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแล้ว ในขณะเดียวกันหากนำวิธี SVM PWM ไปใช้ควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำกระแสสลับแบบ 1 เฟส โดยการควบคุมมุมเฟสระหว่างขั้วรีน และขดช่วยให้มีมุมต่างเฟส 90 องศา นั้นก็สามารถใช้ควบคุมมอเตอร์ 1 เฟสได้ แต่จะเกิดฮาร์โมนิกตัวอื่นประกอบมาด้วย เนื่องจากสัญญาณ SVM PWM ที่ขดทั้งสองไม่สามารถหักล้างฮาร์โมนิกที่ไม่ต้องการได้หมด ดังนั้นวิธี SVM PWM จึงเหมาะกับการควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 3 เฟส มากกว่าที่จะนำไปควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 1 เฟส แต่ในงานวิจัยที่เคยมีผู้นำเสนอหลักการ SVM เพื่อควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ผ่านมานั้นสามารถควบคุมได้เพียงมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสเพียงอย่างเดียว

เทคนิค SVM PWM สามารถให้ค่าแรงดันสายสูงเท่ากับแรงดันแหล่งจ่ายไฟตรง ซึ่งวิธี SIN PWM นั้นให้ค่าแรงดันสายสูง 86.66% ของแรงดันแหล่งจ่ายไฟตรง หากต้องการให้ได้แรงดันสายมีค่าสูงเป็น 100% จำเป็นต้องมีการทวีแรงดัน ทำให้ต้องใช้สวิตช์ IGBT ที่ต้องทนแรงดันได้สูงกว่าแบบ SVM 2 เท่า รวมทั้งค่าตัวเก็บประจุในวงจรเรียงกระแสก็ต้องทนแรงดันสูงขึ้นด้วย ทำให้ชุดขับอินเวอร์เตอร์มีราคาแพงขึ้น

ส่วนเทคนิคการสร้างสัญญาณ PWM แบบบวกฮาร์โมนิกส์ที่ 3 ของสัญญาณซายน์หลักมูล (Third-harmonic PWM) เป็นเทคนิคที่ใช้การบวกสัญญาณฮาร์โมนิกส์ที่ 3 ของสัญญาณซายน์หลักมูล เป็นอีกเทคนิคหนึ่งที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง ซึ่งข้อดีคือสร้างได้ไม่ยุ่งยาก ง่ายต่อการไปประยุกต์ใช้งานทางดิจิทัล และสามารถให้แรงดันสายเข้าที่พหุมีประสิทธิภาพ 100% ของแรงดันแหล่งจ่ายไฟตรง จึงไม่จำเป็นที่จะต้องอาศัยวงจรทวีแรงดัน โดยรูปสัญญาณแรงดันเฟสจะมีลักษณะคล้ายคลึงกันกับวิธี SVM PWM แต่มีข้อดีกว่าแบบ SVM PWM ในเรื่องของการสูญเสียกำลังงานไปการสวิตช์มากกว่าแบบ SVM PWM

การสร้างสัญญาณ SVM PWM สร้างโดยใช้ FPGA (Field Programmable Gate Array) ซึ่งมีความเร็วสูง และมีความยืดหยุ่นในการออกแบบมากกว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์ และ DSPs ดังอธิบายในหัวข้อ 1.3 และ 2.8 โดยการสร้างสัญญาณ PWM ของ FPGA นั้นบดบังการทำงานที่ออกแบบไว้จะมีลักษณะเป็นการทำงานของวงจรฮาร์ดแวร์ที่มีการโปรแกรมได้ โดยสามารถทำงานได้อิสระพร้อมๆกัน จึงมีความเร็วในการทำงานสูงกว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์ และ DSPs โดยการสร้างสัญญาณ PWM นั้นจะอาศัยหลักการเคลื่อนที่ของเวกเตอร์แรงดันเฟส สองตัว รวมกับเวกเตอร์ศูนย์ที่สร้างขึ้น โดยทำการแปลงเวกเตอร์ทั้งสามตัวไปเป็นคาบเวลาในการควบคุมการสวิตช์ของแรงดันเฟสทั้งสามตัวในแบบ 3 เฟส โดยเทคนิค SVM มีความเหมาะสมมากที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับวงจรควบคุมแบบดิจิทัล อีกทั้งเทคนิค SVM ยังสามารถสร้างสัญญาณ PWM ที่มีรูปแบบการเรียงการสวิตช์ เพื่อลดการสวิตช์ที่ไม่จำเป็นได้อีกด้วย ทำให้สามารถลดผลของการสูญเสียกำลังงานอันเนื่องจากการสวิตช์ได้ ซึ่งเทคนิคการสร้างสัญญาณ PWM แบบอื่นไม่สามารถทำได้

โดยเทคนิค SVM PWM สามารถให้แรงดันสายเข้าที่พุดมีประสิทธิภาพ 100% ของแรงดันแหล่งจ่ายไฟตรง จึงไม่จำเป็นที่จะต้องอาศัยวงจรทวิแรงดัน แต่ในงานวิจัยนี้มีการต่อวงจรทวิแรงดันเพิ่มเข้าไปทำให้สามารถปรับแรงดันสายที่เข้าที่พุดได้สูงถึงเท่าตัวของแรงดันอินพุตที่เข้ามา ซึ่งมีประโยชน์มากในการขับมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ความถี่สัญญาณไฟสลับสูงกว่าความถี่ใช้งานปกติของมอเตอร์ (50Hz) โดยหากต้องการเพิ่มหรือลดความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามารถทำได้โดยการปรับความถี่ไฟสลับ หากเราทำการปรับความถี่ จะทำให้มีผลกับค่าความต้านทานของขดลวด (X_L : รีแอกแตนซ์) จะเห็นได้ว่าเมื่อเปลี่ยนแปลงความถี่ให้มีค่าสูงขึ้นจะทำให้ค่า X_L มีค่าสูงขึ้นตามความถี่ ซึ่งจะทำให้กระแสที่จ่ายให้กับมอเตอร์ลดลง หากต้องการให้มอเตอร์ทำงานที่พิกัดกำลังเดิมจำเป็นต้องเพิ่มแรงดันให้กับมอเตอร์สูงขึ้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมียังวงจรทวิแรงดันเพื่อเพิ่มแรงดันให้กับมอเตอร์โดยทำการปรับขนาดแรงดันได้โดยการปรับจากค่าครรชนีการมอดูเลชั่น โดยปรับจากโปรแกรมในส่วน of FPGA

วิทยานิพนธ์นี้ได้ออกแบบวงจรอินเวอร์เตอร์ขับมอเตอร์เหนี่ยวนำกระแสสลับ 3 เฟส และ 1 เฟส ขนาด 1 แรงม้า (750W) โดยใช้โครงสร้างของอินเวอร์เตอร์ 3 เฟสดังรูปที่ 4.3 ซึ่งสามารถควบคุม ค่าครรชนีการมอดูเลชั่นได้ตั้งแต่ 1-100% ความถี่แรงดันไฟฟ้าสลับของมอเตอร์ได้ตั้งแต่ 20-100Hz , ค่าความถี่การสวิตช์ได้ตั้งแต่ 1.5KHz จนถึง 1.5MHz และ dead time ได้น้อยสุด 333ns ที่สัญญาณนาฬิกา 6MHz ซึ่งหากทำการปรับเปลี่ยนสัญญาณนาฬิกาให้สูงขึ้นสามารถที่จะเพิ่มความถี่ไฟฟาสลับ และความถี่สวิตช์ได้สูงขึ้น โดย FPGA เบอร์ที่ใช้สามารถใช้ได้กับสัญญาณนาฬิกาสูงสุดถึง 120MHz ทั้งนี้การปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆขึ้นอยู่กับ อุปกรณ์และลักษณะการใช้งาน

การพัฒนา ในการนำไปใช้งานในงานที่ต้องการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบหลายๆค่าเช่น ในระบบเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ ซึ่งมอเตอร์ก็คือคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ สามารถทำได้โดยการเพิ่มชุดตรวจวัดอุณหภูมิ เพื่อเป็นการป้อนกลับเข้ามาเพื่อปรับความถี่ไฟสลับ

ที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์ ซึ่งสามารถทำงานได้โดยไม่ต้องมีผู้ควบคุมระบบ หรือหากต้องการปรับความถี่ใช้งานให้สูงกว่าความถี่ไฟสลับที่ทำงานปกติก็สามารถทำได้โดยการเพิ่มชุดตรวจวัดความเร็วรอบเพื่อวัดความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำ ซึ่งมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ใช้มีความเร็วรอบสูงสุดที่ 1500 รอบต่อนาทีที่ 50Hz แต่เราสามารถเพิ่มให้สูงกว่าได้โดยการปรับความถี่ไฟสลับจากชุดอินเวอร์เตอร์ และทำการปรับจูนนิมอดคูล์ชันเพื่อเพิ่มแรงดันให้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำเพื่อรักษาพิกัดกำลังงานไว้ สามารถทำได้โดยการเขียนโปรแกรมเพิ่มเติมให้ปรับค่าจูนนิมอดคูล์ชันโดยอัตโนมัติ โดยเขียนเป็นลักษณะเก็บค่ามอดคูล์ชันที่สัมพันธ์กับความเร็วรอบที่ต้องการคงพิกัดกำลังงานไว้เปรียบเทียบกับความเร็วที่เปลี่ยนไป