Renewable Energy Applications Laboratory
(Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineer)
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัยที่สนับสนุนจากเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ ปีงบประมาณ 2551

เรื่อง

อินเวอร์เตอร์แบบหลายระดับสำหรับการเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายพลังงานทดแทน

เสนอโดย
ดร. สุรินทร์ คำฝอย หัวหน้าโครงการ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Chalongkrung Rd., Bangkok, THAILAND

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

อินเวอร์เตอร์แบบหลายระดับสำหรับการเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายพลังงานทดแทน

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอการควบคุมเอช-บริดจ์อินเวอร์เตอร์ 11 ระดับที่ใช้พลังงานทดแทนเป็นแหล่งจ่าย โดยมีพิกัดของอินเวอร์เตอร์เป็น 3 kVA ซึ่งในแต่ละเฟสประกอบด้วยอินเวอร์เตอร์ชนิดฟูลบริดจ์ต่ออนุกรมกัน 5 ชุด จึงทำให้ต้องมีอินเวอร์เตอร์และแหล่งจ่ายทั้งหมด 15 ชุดโดยมีเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งจ่ายไฟตรงใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์PIC18F4431 เป็นตัวกำเนิดสัญญาณพีดับบลิวเอ็ม และใช้มอดเฟตเป็นสวิทช์ของอินเวอร์เตอร์ มีการใช้ซีพีแอลดี(CPLD)ผสมสัญญาณเพื่อเป็นสัญญาณขับเกตของมอดเฟตในอินเวอร์เตอร์แต่ละตัว ซึ่งสามารถสร้างแรงดันเฟส220โวลท์(อาร์เอ็มเอส)ได้โดยไม่ต้องใช้หม้อแปลงและฟิลเตอร์ สัญญาณแรงดันที่ได้จะมีคุณภาพที่ดีกว่าอินเวอร์เตอร์สองระดับโดยมีเปอร์เซ็นต์ความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกส์รวมของแรงดันเฟส($\%THD_v$)เท่ากับ 10.69% และเปอร์เซ็นต์ความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกส์รวมของแรงดันไลน์($\%THD_v$)เท่ากับ 6.58% ความเครียดการสวิทช์น้อยกว่าอินเวอร์เตอร์สองระดับและสามารถปรับV/f เพื่อใช้ควบคุมความเร็วมอเตอร์ได้ ซึ่งจะใช้โปรแกรมMATLABในการจำลองวงจรการทำงาน จากนั้นนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จากเอช-บริดจ์อินเวอร์เตอร์ 11 ระดับที่สร้างขึ้นจริง

RCH1
TK
7872
.165
ส861อ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 108246
วัน,เดือน,ปี 18 มี.ย. 2553

b 1815122x
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Multilevel Inverter for Rewable Energy Sources

Abstract

The Applications of Multilevel Inverter for Renewable Energy system are presented in this thesis. The Multilevel Inverter, rated 3kVA in each phase, consists of 5 full bridge inverter series must 15 solar cell sources. The PIC 18F4431 microcontroller is used to generate the PWM signals. The CPLD is also used to multiplex the PWM signals incorporating with the microcontroller. Power mosfet switches are used in inverter. The Multilevel Inverter can generate 220 volts(rms) without a transformer and a filter with high quality output voltage waveforms. The total harmonics distortion(%THD_v) of phase voltages are 10.69% and total harmonics distortion of line voltages are 6.58%. The stress of switch is decrease compared to 2-level inverter. Moreover, Multilevel Inverter can also be adjusted V/f for speed control induction motor drive. The simulation of proposed technique is also performed by using Matlab/Simulink program. The experimental results are satisfactory and agree with the simulation results. The results show that the Multilevel Inverter can be used for Rewable Energy Sources applications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
1. บทนำ	1
2. พลังงานทดแทน	2
3. หลักการสร้างสัญญาณควบคุมคลาสเคสเอชบริดจ์อินเวอร์เตอร์ 11 ระดับ	3
4. การประยุกต์ใช้งาน	6
5. คุณสมบัติคลาสเคสเอช-บริดจ์อินเวอร์เตอร์ 11 ระดับ	6
6. โครงสร้างของเอชบริดจ์อินเวอร์เตอร์ 11 ระดับ	7
7. วิธีการใช้งานคลาสเคสเอช-บริดอินเวอร์เตอร์ 11 ระดับ	10
8. ข้อควรระมัดระวังในการใช้งาน	15
9. ผลการทดสอบคลาสเคสเอช-บริดจ์อินเวอร์เตอร์ 11 ระดับ	15
10. สรุป	19
เอกสารอ้างอิง	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 1 แสดงการมอดดูเลชั่นเทคนิค SPWM ของอินเวอร์เตอร์ 11 ระดับ	5
รูปที่ 2 โครงสร้างของอินเวอร์เตอร์ 11 ระดับแบบคาส – เคสเอชบริดจ์	7
รูปที่ 3 รูปคลื่นแรงดันเฟสเอาท์พุท	8
รูปที่ 4 วงจรกำลังของอินเวอร์เตอร์ 11 ระดับ 3 เฟส	8
รูปที่ 5 วงจรควบคุม	9
รูปที่ 6 วงจรกำลังและวงจรควบคุมของอินเวอร์เตอร์ 11 ระดับชนิดคาสเคดเอชบริดจ์	9
รูปที่ 7 การเปิดสวิตช์แหล่งจ่ายเซลล์แสงอาทิตย์จำลอง	10
รูปที่ 8 การกดปุ่ม ON/OFFที่จอแสดงผล	11
รูปที่ 9 ผลที่ได้ในสภาวะไร้ภาระทางไฟฟ้าที่ความถี่ 50 Hz	11
รูปที่ 10 ปุ่มปรับความถี่ลดลง	12
รูปที่ 11 ได้ในสภาวะไร้ภาระทางไฟฟ้าที่ความถี่ 30 Hz	12
รูปที่ 12 ปุ่มปรับความถี่เพิ่ม	12
รูปที่ 13 ผลที่ได้ในสภาวะไร้ภาระทางไฟฟ้าที่ความถี่ 80 Hz	13
รูปที่ 14 การหยุดทำงานกดปุ่มON/OFF	13
รูปที่ 15 ปิดสวิตซ์แหล่งจ่ายเซลล์แสงอาทิตย์จำลอง	14
รูปที่ 16 จุดเชื่อมต่อที่จ่ายให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า	14
รูปที่ 17 ผลที่ได้จากการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่อุปกรณ์ไฟฟ้า	15
รูปที่ 18 แสดงสัญญาณแรงดันเฟสที่ความถี่มูลฐานต่างๆ ก)ที่ความถี่มูลฐาน 10 Hz ข)ที่ความถี่มูลฐาน 20 Hz ค)ที่ความถี่มูลฐาน 30 Hz ง)ที่ความถี่มูลฐาน 40 Hz จ)ที่ความถี่มูลฐาน 50 Hz ฉ)ที่ความถี่มูลฐาน 60 Hz ช)ที่ความถี่มูลฐาน 70 Hz ซ)ที่ความถี่มูลฐาน 80 Hz	17
รูปที่ 19 แสดงสัญญาณแรงดันเฟสที่ความถี่มูลฐานต่างๆ ก)ที่ความถี่มูลฐาน 10 Hz ข)ที่ความถี่มูลฐาน 20 Hz ค) ที่ความถี่มูลฐาน 30 Hz ง)ที่ความถี่มูลฐาน 40 Hz จ)ที่ความถี่มูลฐาน 50 Hz	18
รูปที่ 20 แรงดันเฟสเอาท์พุทแต่ละเฟสและกระแส เมื่อมีภาระทางไฟฟ้า	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินเวอร์เตอร์แบบหลายระดับสำหรับการเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายพลังงานทดแทน

(The Application of Multilevel Inverter for Renewable Energy Sources)

1. บทนำ

คลาสเคสเอช-บริดจ์อินเวอร์เตอร์ 11 ระดับ(Cascaded H-Bridges 11 level Inverter) ได้ถูกประดิษฐ์คิดค้นขึ้นมาเพื่องรองรับการใช้งานในภาคอุตสาหกรรม สำหรับงานที่ต้องการกำลังไฟฟ้าสูง เนื่องจากอินเวอร์เตอร์มีสามารถในการทำงานที่พิกัดกำลังไฟฟ้าสูงและสามารถสร้างรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่คล้ายคลึงกับรูปคลื่นไซน์(Sine wave) โดยไม่จำเป็นต้องใช้หม้อแปลง และตัวกรอง นอกจากนี้อินเวอร์เตอร์หลายระดับสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานกับแหล่งจ่ายจากพลังงานทดแทน(Renewable Energy Source) เช่น แหล่งจ่ายพลังงานจากแสงอาทิตย์, แหล่งจ่ายพลังงานจากลม , เซลล์เชื้อเพลิง เป็นต้น ซึ่งแหล่งจ่ายพลังงานเหล่านี้สามารถนำไปเชื่อมต่อกับอินเวอร์เตอร์ 11 ระดับได้โดยตรง เพื่อการประยุกต์ใช้ในพิกัดกำลังสูง

2. พลังงานทดแทน

พลังงานทดแทนหมายถึง พลังงานที่นำมาใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิง สามารถแบ่งตามแหล่งที่ได้มากเป็น 2 ประเภท คือ พลังงานทดแทนจากแหล่งที่ใช้แล้วหมดไป อาจเรียกว่า พลังงานสิ้นเปลือง ได้แก่ ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ นิวเคลียร์ หินน้ำมัน และทรายน้ำมัน เป็นต้น และพลังงานทดแทนอีกประเภทหนึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้แล้วสามารถหมุนเวียนมาใช้ได้อีก เรียกว่า พลังงานหมุนเวียน ได้แก่ แสงอาทิตย์ ลม ชีวมวล น้ำ และไฮโดรเจน เป็นต้น ซึ่งในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะศักยรูป และสถานรูปการใช้ประโยชน์ของพลังงานทดแทน การศึกษาและพัฒนาพลังงานทดแทนเป็นการศึกษา ค้นคว้า ทดสอบ พัฒนา และสาธิต ตลอดจนส่งเสริมและเผยแพร่พลังงานทดแทน ซึ่งเป็นพลังงานที่สะอาด ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นแหล่งพลังงานที่มีอยู่ในท้องถิ่น เช่น พลังงานลม แสงอาทิตย์ ชีวมวล และอื่นๆ เพื่อให้มีการผลิต และการใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย มีประสิทธิรูป และมีความเหมาะสมทั้งทางด้านเทคนิค เศรษฐกิจ และสังคม สำหรับผู้ใช้ในเมือง และชนบท ซึ่งในการศึกษา ค้นคว้า และพัฒนาพลังงานทดแทนดังกล่าว ยังรวมถึงการพัฒนาเครื่องมือเครื่องใช้ และอุปกรณ์เพื่อการใช้งานมีประสิทธิรูปสูงสุดด้วย งานศึกษา และพัฒนาพลังงานทดแทน เป็นส่วนหนึ่งของแผนงานพัฒนาพลังงานทดแทน ซึ่งมีโครงการที่เกี่ยวข้องโดยตรงภายใต้แผนงานนี้คือ โครงการศึกษาวิจัยด้านพลังงาน และมีความเชื่อมโยงกับแผนงานพัฒนาชนบทในโครงการจัดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าประจุแบตเตอรี่ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับหมู่บ้านชนบทที่ไม่มีไฟฟ้า โดยงานศึกษา และพัฒนาพลังงานทดแทนจะเป็นงานประจำที่มีลักษณะการดำเนินงานของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิจกรรมต่างๆ ในเชิงกว้างเพื่อสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานทดแทน ทั้งในด้านวิชาการเชิงทฤษฎี และอุปกรณ์เครื่องมือทดลอง และการทดสอบ รวมถึงการส่งเสริมและเผยแพร่ ซึ่งจะเป็นการสนับสนุน และรองรับความพร้อมในการจัดตั้งโครงการใหม่ๆ ในโครงการศึกษาวิจัยด้านพลังงานและโครงการอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น การศึกษาค้นคว้าเบื้องต้น การติดตามความก้าวหน้าและร่วมมือประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาต้นแบบ ทดสอบ วิเคราะห์ และประเมินความเหมาะสมเบื้องต้น และเป็นงานส่งเสริมการพัฒนาโครงการที่กำลังดำเนินการให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ตลอดจนสนับสนุนให้โครงการที่เสร็จสิ้นแล้วได้นำผลไปดำเนินการส่งเสริม และเผยแพร่และการใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสมต่อไป

ความต้องการกำลังงานไฟฟ้าของประเทศมีปริมาณสูงขึ้นตามเวลาและการพัฒนาของประเทศ โดยในการผลิตกำลังไฟฟ้าแหล่งพลังงานส่วนใหญ่จะใช้ ถ่านหิน, น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานประเภทฟอสซิลที่ใช้แล้วหมดไป อีกทั้งในกระบวนการผิตพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานเหล่านี้ยังก่อให้เกิด ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x), คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ซึ่งส่งผลให้เกิดมลภาวะทางอากาศ และเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ เพื่อที่จะบรรเทาปัญหามลภาวะนี้ การประยุกต์ใช้งานแหล่งจ่ายพลังงานทดแทน เช่น เซลล์พลังงาน (Fuel Cell) และเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic) ซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับประเทศไทยนั้นเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง

- **เซลแสงอาทิตย์ (Solar Cell)**

เซลแสงอาทิตย์ เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าและทำจากสารที่เรียกว่าสารกึ่งตัวนำ เช่นซิลิคอนแคล เมี่ยม เป็นต้น เทคโนโลยีการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ โดยใช้เซลแสงอาทิตย์นั้นสามารถแบ่งออกได้ 3 แบบคือ

- เซลแสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Stand Alone System)
- เซลแสงอาทิตย์แบบต่อเข้ากับระบบจำหน่าย (PV Grid Connectioned System)
- เซลแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid System)

- **พลังงานลม (Wind Generator)**

พลังงานลมเป็นพลังงานตามธรรมชาติที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิหรือความกดดันของบรรยากาศซึ่งปัจจุบันมีการนำเอาพลังงานลมมาใช้ประโยชน์มากขึ้นเนื่องจากพลังงานลมไม่จำเป็นต้องมีค่าใช้จ่ายในการซื้อหาแต่อย่างเหมือนกับพลังงานแสงอาทิตย์แต่ในประเทศไทยบางพื้นที่ยังมีปัญหาในการวิจัยพัฒนานำเอาพลังงานลมมาใช้งานเนื่องจากปริมาณของลมไม่สม่ำเสมอตลอดปีแต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก็ยังคงมีพื้นที่บางพื้นที่สามารถนำเอาพลังงานลมมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ เช่น พื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลเป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์ที่ช่วยในการเปลี่ยนจากพลังงานลมออกมาเป็นพลังงานในรูปอื่นๆ เช่น พลังงานไฟฟ้า หรือพลังงานกล ก็ได้แก่กังหันลม นั้นเอง

เทคโนโลยีกังหันลมกังหันลมที่ใช้อยู่ในปัจจุบันจะแบ่งตามการจัดวางแกนของใบพัดซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 2 ลักษณะด้วยกันคือ

- กังหันลมแบบแนวแกนตั้ง (Vertical Axis Turbine **VAWT**)
- กังหันลมแบบแนวแกนนอน (Horizontal Axis Turbine **HVWT**)

- **เซลล์เชื้อเพลิง (fuel cell)**

เซลล์เชื้อเพลิง (fuel cell) เป็นเซลล์ไฟฟ้าเคมีอย่างหนึ่งคล้ายกับแบตเตอรี่ แต่แตกต่างกันที่เซลล์เชื้อเพลิงนั้นออกแบบมาให้มีการเติมสารตั้งต้นเข้าสู่ระบบตลอดเวลา นั่นคือการเติมไฮโดรเจนและออกซิเจนตลอดเวลาซึ่งช่วยขจัดปัญหาความจุที่จำกัดของแบตเตอรี่ออกไป นอกจากนี้ที่ขั้วไฟฟ้าของแบตเตอรี่จะเข้าทำปฏิกิริยาเมื่อมันถูกอัดประจุหรือคายประจุ ในขณะที่ขั้วไฟฟ้าของเซลล์เชื้อเพลิงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและค่อนข้างเสถียร

สารตั้งต้นที่ใช้โดยทั่วไปในเซลล์เชื้อเพลิงได้แก่ ก๊าซไฮโดรเจนที่ด้านแอโนด และก๊าซออกซิเจนที่ด้านแคโทด (เซลล์ไฮโดรเจน) โดยปกติแล้วเมื่อมีสารตั้งต้นไหลเข้าสู่ระบบ สารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นก็จะไหลออกจะระบบไปด้วย ดังนั้นการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงจึงดำเนินต่อไปได้เรื่อยๆ ตราบเท่าที่เราสามารถควบคุมการไหลได้

3. หลักการสร้างสัญญาณควบคุมคลาสเคสเอชบริดจ์อินเวอร์เตอร์ 11 ระดับ

เนื่องจากความสูงของคลื่นพาหะจะขึ้นกับจำนวนระดับ การหาความกว้างของพัลส์เอาท์พุตสามารถพิจารณาจาก ค่าความสูงจากยอดถึงยอดของคลื่นพาหะเป็นหนึ่งหน่วยดังรูปที่ 1 และความสูงของสัญญาณที่ใช้ในการม็อดดูเลชั่นมีจุดอ้างอิงที่ศูนย์ (ขอบล่างของคลื่นพาหะ) ความกว้างสัญญาณเอาท์พุตที่ได้จะเป็นไปตามสมการ

$$\frac{T_P}{T_S} = A \qquad ; 0 \leq A \leq 1 \tag{2.12}$$

การคำนวณเทคนิคการม็อดดูเลชั่นแบบ SPWM สำหรับอินเวอร์เตอร์ 11 ระดับนั้น ความของคลื่นพาหะจะมีค่าเท่ากับ 1 ใน 5 ถ้าจะทำให้คลื่นพาหาเป็นหนึ่งหน่วยต้องคูณด้วย 5 ดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T_P = \begin{cases} 5(m\sin(\omega t) - \frac{4}{5})T_s & ;\frac{4}{5} \le mSin(\omega t) \le 1 \\ 5(m\sin(\omega t) - \frac{3}{5})T_s & ;\frac{3}{5} \le mSin(\omega t) \le \frac{4}{5} \\ 5(m\sin(\omega t) - \frac{2}{5})T_s & ;\frac{2}{5} \le mSin(\omega t) \le \frac{3}{5} \\ 5(m\sin(\omega t) - \frac{1}{5})T_s & ;\frac{1}{5} \le mSin(\omega t) \le \frac{2}{5} \\ 5(m\sin(\omega t)T_s & ;0 \le mSin(\omega t) \le \frac{1}{5} \\ 5(m\sin(\omega t) + \frac{1}{5})T_s & ;-\frac{1}{5} \le mSin(\omega t) \le 0 \\ 5(m\sin(\omega t) + \frac{2}{5})T_s & ;-\frac{2}{5} \le mSin(\omega t) \le -\frac{1}{5} \\ 5(m\sin(\omega t) + \frac{3}{5})T_s & ;-\frac{3}{5} \le mSin(\omega t) \le -\frac{2}{5} \\ 5(m\sin(\omega t) + \frac{4}{5})T_s & ;-\frac{4}{5} \le mSin(\omega t) \le -\frac{3}{5} \\ 5(m\sin(\omega t) + 1)T_s & ;-1 \le mSin(\omega t) \le -\frac{4}{5} \end{cases} \quad (2.13)$$

ในการสร้างพีดับบลิวเอ็มทั้ง 60 สัญญาณสำหรับอินเวอร์เตอร์ 11 ระดับ การผสมสัญญาณ(สัญญาณพีดับบลิวเอ็มที่ได้จากชุดกำเนิดสัญญาณพีดับบลิวเอ็มของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละตัวที่กำเนิดได้ตัวละตัวละ 6 สัญญาณ) จำเป็นต้องใช้วงจรจากภายนอก เพื่อให้ได้ 60 สัญญาณตามที่ต้องการ โดยสัญญาณที่นำมาใช้ในการผสมมาจากการเปรียบเทียบสัญญาณอ้างอิงกับค่าคงที่ โดยจะต้องใช้ 5 สัญญาณต่อเฟสสำหรับอินเวอร์เตอร์ 11 ระดับ จะได้สมการดังนี้

$$A_1 = \begin{cases} =1 & ;\text{Signal} \ge 0 \\ =0 & ;\text{Signal} \le 0 \end{cases} \quad (2.14)$$

$$A_2 = \begin{cases} =1 & ;\text{Signal} \ge \frac{1}{5} \\ =0 & ;\text{Signal} \le \frac{1}{5} \end{cases} \quad (2.15)$$

$$A_3 = \begin{cases} =1 & ;\text{Signal} \ge \frac{2}{5} \\ =0 & ;\text{Signal} \le \frac{2}{5} \end{cases} \quad (2.16)$$

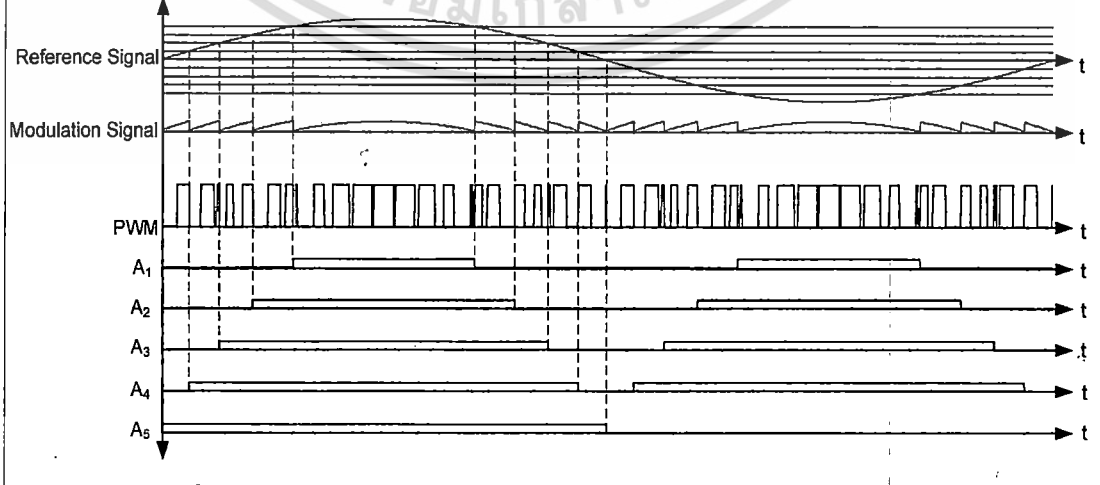
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$A_4 = \begin{cases} =1 & ;\text{Signal} \geq \frac{3}{5} \\ =0 & ;\text{Signal} \leq \frac{3}{5} \end{cases} \quad (2.17)$$

$$A_5 = \begin{cases} =1 & ;\text{Signal} \geq \frac{4}{5} \\ =0 & ;\text{Signal} \leq \frac{4}{5} \end{cases} \quad (2.18)$$

เนื่องจากสัญญาณทางซีกบวกและซีกลบสมมาตรกันดังนั้นเราสามารถลดจำนวนข้อมูลได้ โดยจะเก็บข้อมูลทางซีกบวกอย่างเดียวจะได้สมการดังนี้

$$T_P = \begin{cases} 5(m\sin(\omega t) - \frac{4}{5})T_s & ;\frac{4}{5} \leq mSin(\omega t) \leq 1 \\ 5(m\sin(\omega t) - \frac{3}{5})T_s & ;\frac{3}{5} \leq mSin(\omega t) \leq \frac{4}{5} \\ 5(m\sin(\omega t) - \frac{2}{5})T_s & ;\frac{2}{5} \leq mSin(\omega t) \leq \frac{3}{5} \\ 5(m\sin(\omega t) - \frac{1}{5})T_s & ;\frac{1}{5} \leq mSin(\omega t) \leq \frac{2}{5} \\ 5(m\sin(\omega t)T_s & ;0 \leq mSin(\omega t) \leq \frac{1}{5} \end{cases} \quad (2.19)$$



รูปที่ 1 แสดงการม็อดดูเลชั่นเทคนิค SPWM ของอินเวอร์เตอร์ 11 ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การประยุกต์ใช้งาน

คลาสเคสเอช-บริดจ์อินเวอร์เตอร์ 11 ระดับสามารถประยุกต์ใช้งานได้กับการควบคุมการขับเคลื่อนของมอเตอร์ไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม โดยใช้หลักการควบคุมมอเตอร์แบบสเกลาร์(Scalar Control) เพื่อทำให้อัตราส่วนระหว่างแรงดันกับความถี่มีค่าคงที่(Open Loop Volts / HZ Control) ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนความถี่ไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์เพื่อขับเคลื่อนมอเตอร์ให้มีความเร็วที่เหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน นอกจากนี้การใช้ คลาสเคสเอช-บริดจ์อินเวอร์เตอร์ 11 ระดับจะสามารถประหยัดการใช้ พลังงานไฟฟ้าได้อีกด้วย

5. คุณสมบัติคลาสเคสเอช-บริดจ์อินเวอร์เตอร์ 11 ระดับ

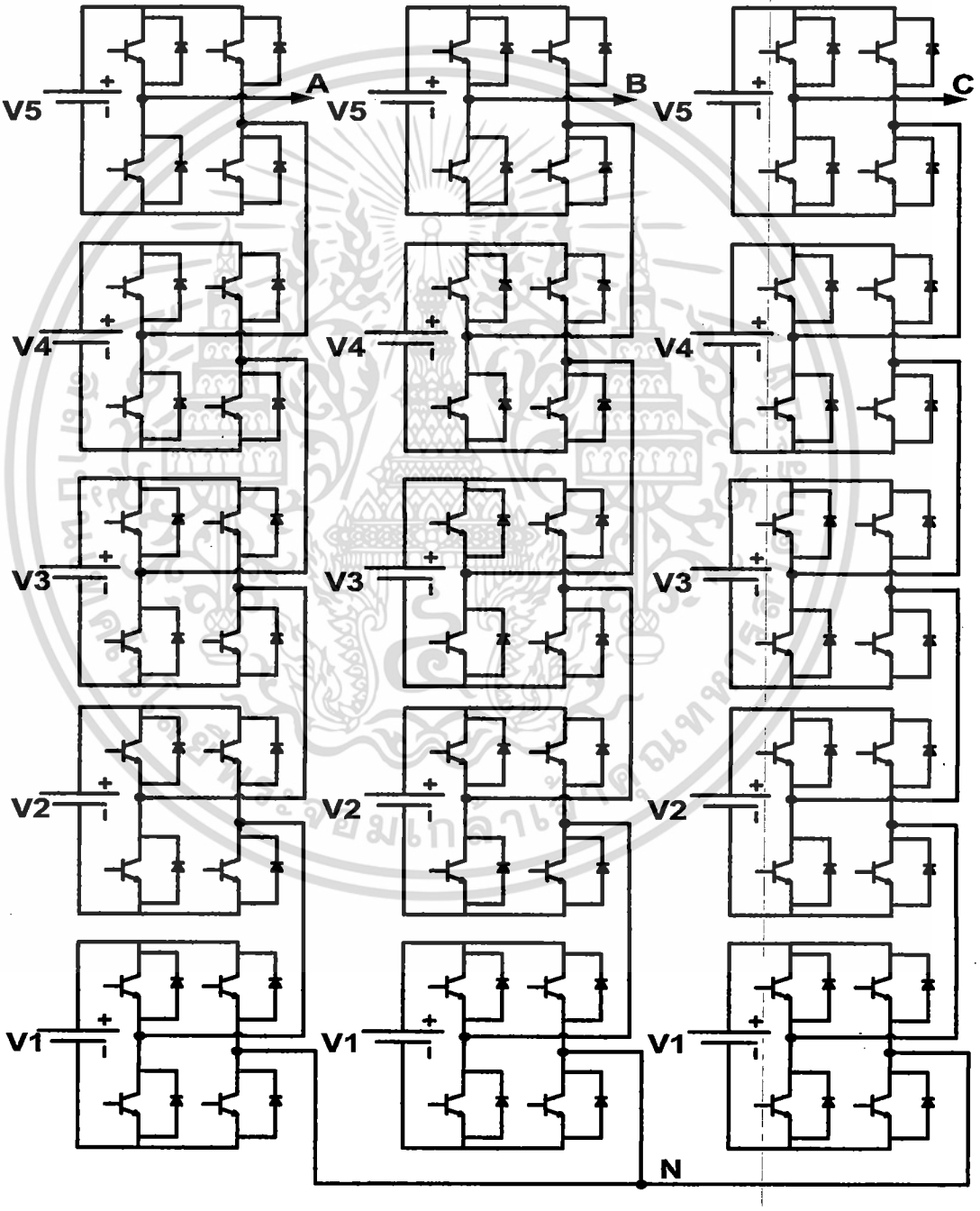
คลาสเคสเอช-บริดจ์อินเวอร์เตอร์ 11 ระดับมีคุณสมบัติเหนือกว่าอินเวอร์เตอร์สองระดับแบบดั้งเดิม(Conventional two -level Inverter) ดังต่อไปนี้

- จำนวนของระดับแรงดันเอาท์พุตที่สามารถเป็นไปได้ จะมีค่ามากกว่าสองเท่าของแหล่งที่แยกอิสระต่อเฟส
- คลาสเคสเอช-บริดจ์อินเวอร์เตอร์ 11 ระดับสามารถผลิตรูปคลื่นแรงดันเป็นแบบขั้นบันได(Staircase waveform) ที่มีคุณรูปมีค่าความผิดเพี้ยนต่ำ(Low distortion) และลดค่าความเครียดจาก dv/dt ดังนั้นจะสามารถ ลดปัญหาความเข้ากันได้ทางแม่เหล็ก (EMC)
- คลาสเคสเอช-บริดจ์อินเวอร์เตอร์ 11 ระดับสามารถลดแรงดันโหมดร่วม(Common mode voltage) ให้มีค่าน้อยลงได้
- คลาสเคสเอช-บริดจ์อินเวอร์เตอร์ 11 ระดับสามารถทำงานได้ทั้งที่ความถี่สวิตช์มูลฐานและความถี่สวิตช์ที่สูงของ PWM (Pulse Wide Modulation) เมื่อคลาสเคสเอช-บริดจ์อินเวอร์เตอร์ 11 ระดับทำงานที่ความถี่สวิตช์มูลฐาน ซึ่งจะทำให้ความสูญเสียจากการสวิตช์มีค่าต่ำ(Lower switching loss)และมีประสิทธิรูปที่สูง
- คลาสเคสเอช-บริดจ์อินเวอร์เตอร์ 11 ระดับเหมาะสมกับการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าที่มีค่าพิกัด VA สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

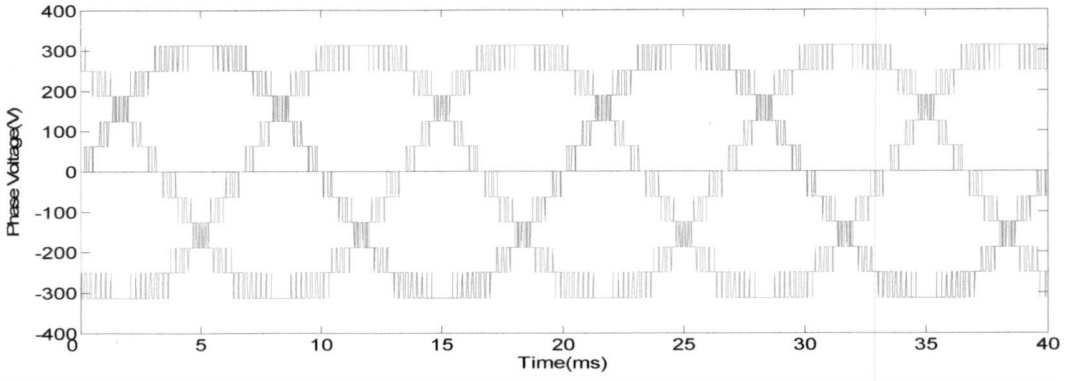
6. โครงสร้างของเอชบริดจ์อินเวอร์เตอร์ 11 ระดับ

เอช-บริดจ์อินเวอร์เตอร์ 11 ระดับ โครงสร้างของวงจรจะประกอบไปด้วยอินเวอร์เตอร์ฟลูบริดจ์(Full-bridge) หรือ เอชบริดจ์(H- bridge) ที่ต่ออนุกรมกันเป็นระดับๆและมีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแยกอิสระต่อกัน โดยแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงสามารถใช้กับแหล่งจ่ายพลังงานทดแทนได้และแหล่งจ่ายแต่ละชุดจะต้องแยกกราวด์ (Isolated Ground) ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งเป็นโครงสร้างของอินเวอร์เตอร์ 11 ระดับ



รูปที่ 2 โครงสร้างของอินเวอร์เตอร์ 11 ระดับแบบคาส - เคสเอชบริดจ์

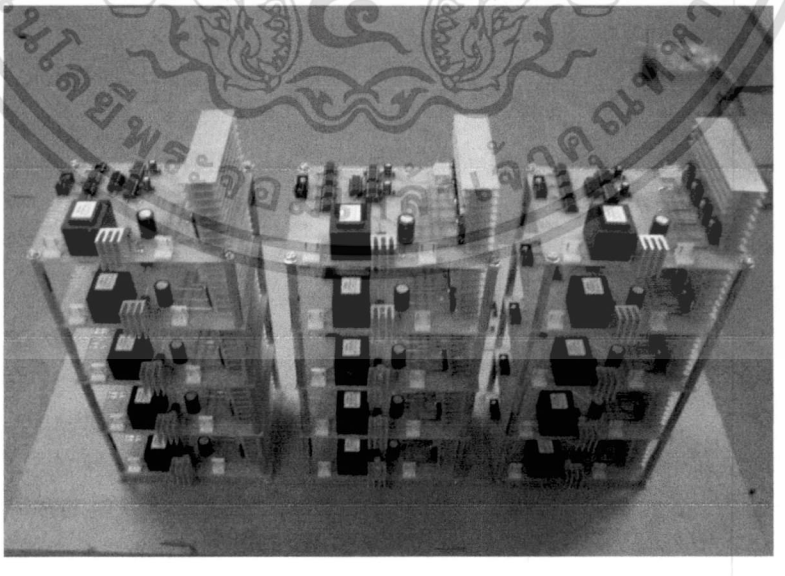
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 รูปคลื่นแรงดันเฟสเอาท์พุท

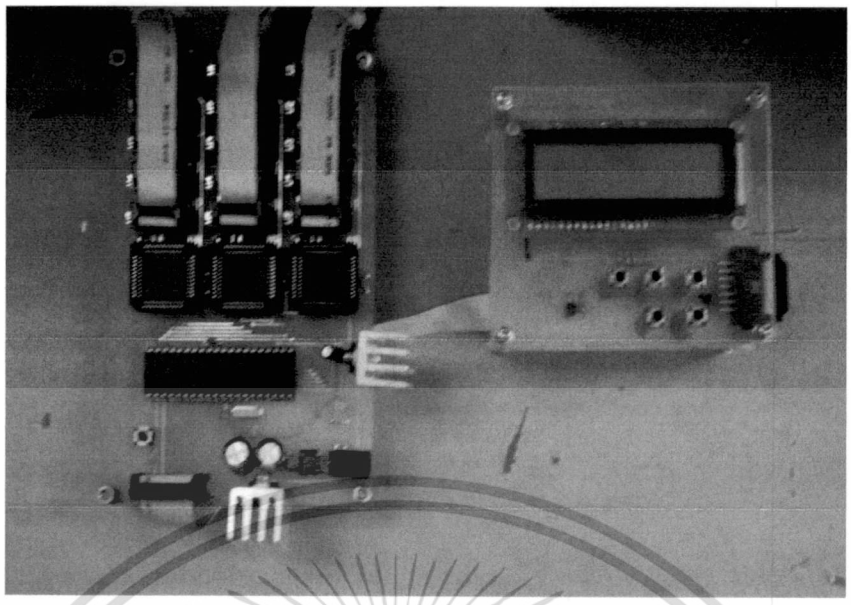
อินเวอร์เตอร์หลายระดับแบบคาสเคสเอชบริดจ์สามารถผลิตแรงดันระหว่าง $+V_{dc}$, 0 , และ $-V_{dc}$ ซึ่งเกิดจากการทำงานของตัวสวิตช์(Switching) S_1 , S_2 , S_3 , และ S_4 เมื่อแรงดันมีค่าเป็น $+V_{dc}$ สวิตช์ S_1 และ S_4 จะทำงาน(Turned on) และเมื่อแรงดันมีค่าเป็น $-V_{dc}$ สวิตช์ S_2 และ S_3 จะทำงาน (Turned on) หากสวิตช์ทุกตัวทำงานพร้อมกัน(all turned on) รูปคลื่นแรงดันเอาท์พุตของอินเวอร์เตอร์ชนิดนี้เป็นไฟกระแสสลับและรูปคลื่นแรงดันมีลักษะเป็นขั้นบันไดคล้ายรูปคลื่นไซน์ที่มีค่า THD_v น้อยกว่า 5% ดังรูปที่ 3

คลาสเคสเอช-บริดจ์อินเวอร์เตอร์ 11 ระดับชนิดคาสเคดที่สร้างขึ้นจริง มีพิกัด 3 kVA , 220 V , 50 Hz จะประกอบไปด้วยการออกแบบวงจรหลักสองส่วนคือวงจรกำลังและวงจรควบคุม โดยวงจรควบคุมจะทำหน้าที่ผลิตสัญญาณเพื่อควบคุมการทำงานของวงจรกำลัง ซึ่งวงจรกำลังจะมีหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ

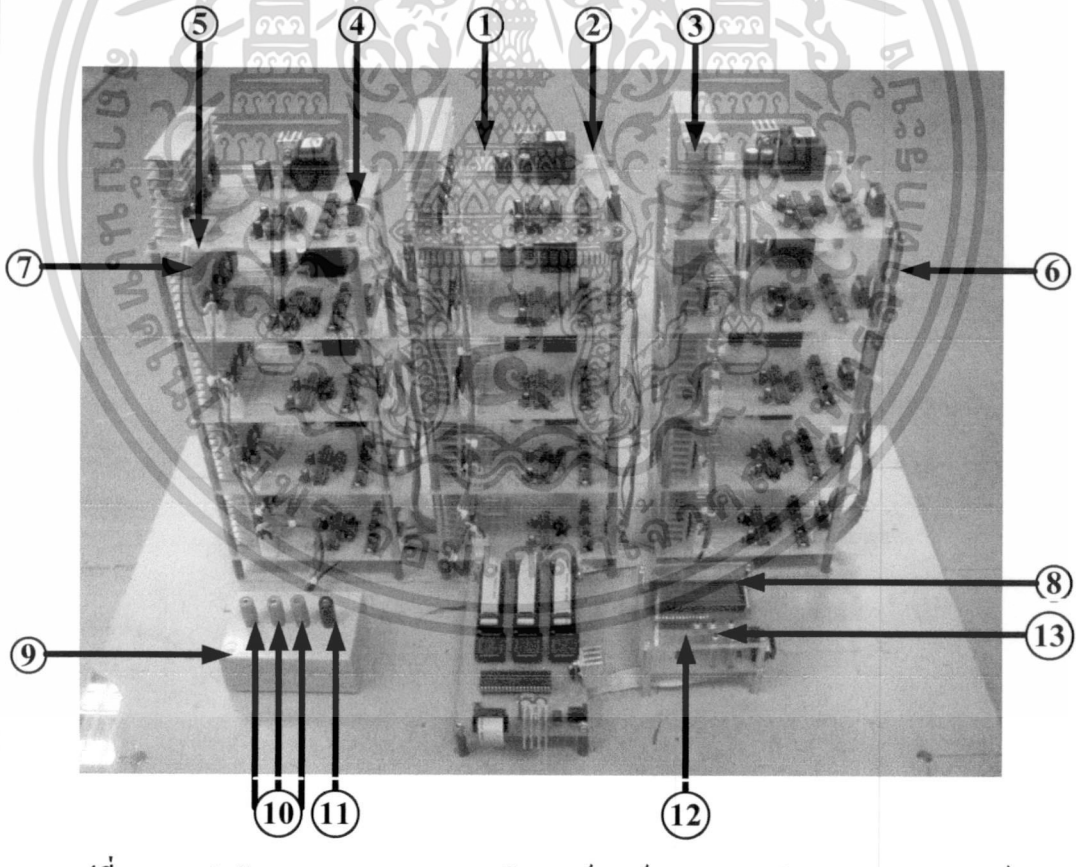


รูปที่ 4 วงจรกำลังของอินเวอร์เตอร์ 11 ระดับ 3 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 วงจรควบคุม



รูปที่ 6 วงจรกำลังและวงจรควบคุมของอินเวอร์เตอร์ 11 ระดับชนิดคาสเคดเอชบริดจ์

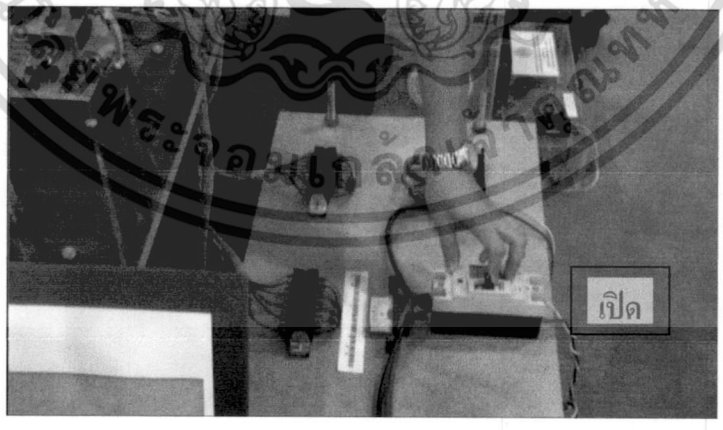
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบายสัญลักษณ์

① จุดเชื่อมต่อรับไฟฟ้ากระแสตรงด้านอินพุท
② จุดเชื่อมต่อรับไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลท์
③ แผงระบายความร้อน
④ จุดเชื่อมต่อสายสัญญาณจากวงจรควบคุม
⑤ จุดเชื่อมต่อสายไฟฟ้าด้านเอาท์พุท
⑥ สายสัญญาณ
⑦ สายจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับด้านเอาท์พุท
⑧ หน้าจอแสดงผล
⑨ กล่องจ่ายกระแสไฟฟ้า
⑩ ช่องไฟฟ้ากระแสสลับเอาท์พุท
⑪ กราวด์
⑫ ปุ่มปรับความถี่ไฟฟ้าลง
⑬ ปุ่มปรับความถี่ไฟฟ้าขึ้น

7. วิธีการใช้งานคลาสเคสเอช-บริดอินเวอร์เตอร์ 11 ระดับ

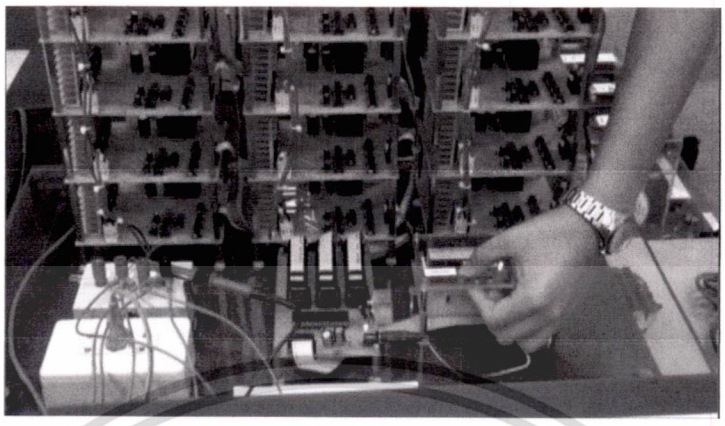
1.เปิดสวิตช์แหล่งจ่ายเซลล์แสงอาทิตย์จำลอง เพื่อจ่ายพลังงานให้อินเวอร์เตอร์แต่ละตัว



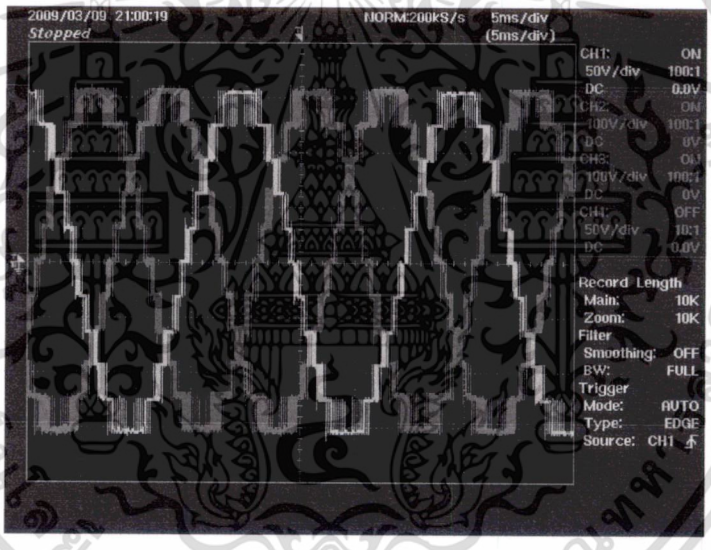
รูปที่ 7 การเปิดสวิตช์แหล่งจ่ายเซลล์แสงอาทิตย์จำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.กดปุ่ม ON/OFFที่จอแสดงผลเพื่อเปิดอินเวอร์เตอร์สังเกตุความถี่ที่จอแสดงผลจะอยู่ที่ 50Hz



รูปที่ 8 การกดปุ่ม ON/OFFที่จอแสดงผล



รูปที่ 9 ผลที่ได้ในสภาวะไร้ภาระทางไฟฟ้าที่ความถี่ 50 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.เมื่อต้องการลดความถี่การลดความถี่ให้กดปุ่ม F-

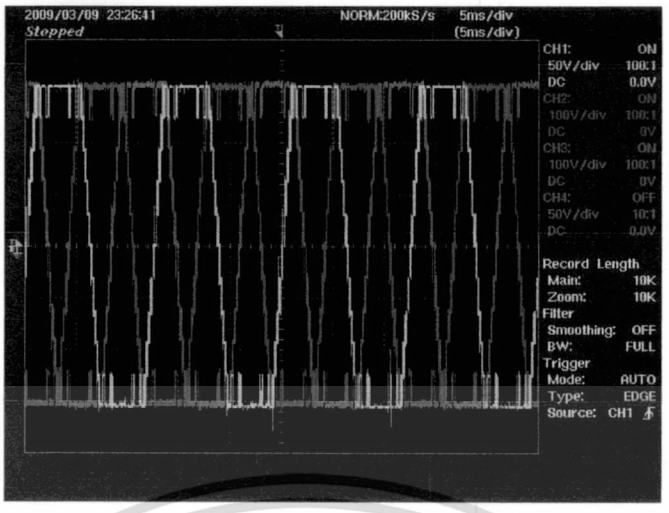
รูปที่ 10 ปุ่มปรับความถี่ลดลง

รูปที่ 11 ผลที่ได้ในสภาวะไร้ภาระทางไฟฟ้าที่ความถี่ 30 Hz

4.เมื่อต้องการเพิ่มความถี่ให้กดปุ่ม F+

รูปที่ 12 ปุ่มปรับความถี่เพิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



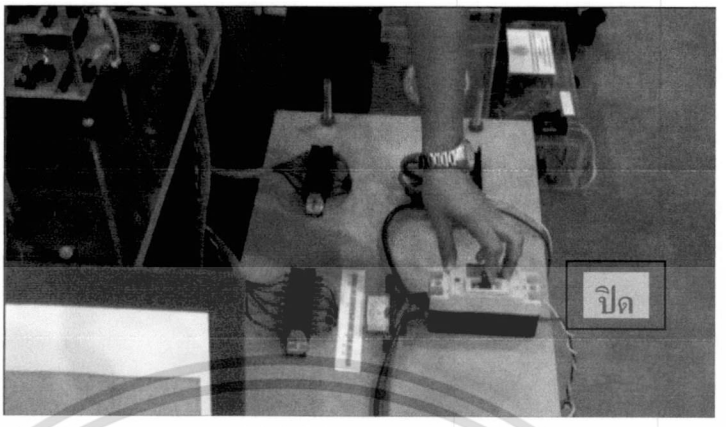
รูปที่ 13 ผลที่ได้ในสภาวะไร้ภาระทางไฟฟ้าที่ความถี่ 80 Hz

5.เมื่อต้องการหยุดทำงานกดปุ่มON/OFFอีกครั้ง ความถี่จะค่อยๆลดลงเป็น 0 Hz

รูปที่ 14 การหยุดทำงานกดปุ่มON/OFF

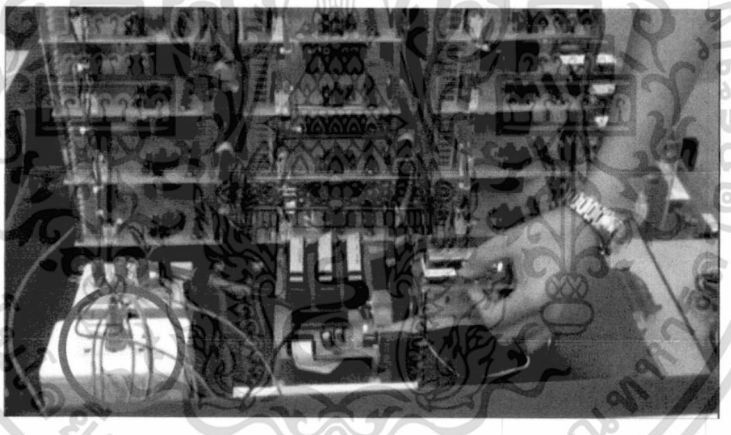
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ปิดสวิตซ์แหล่งจ่ายเซลล์แสงอาทิตย์จำลอง เมื่อไม่ต้องการใช้งานอีก



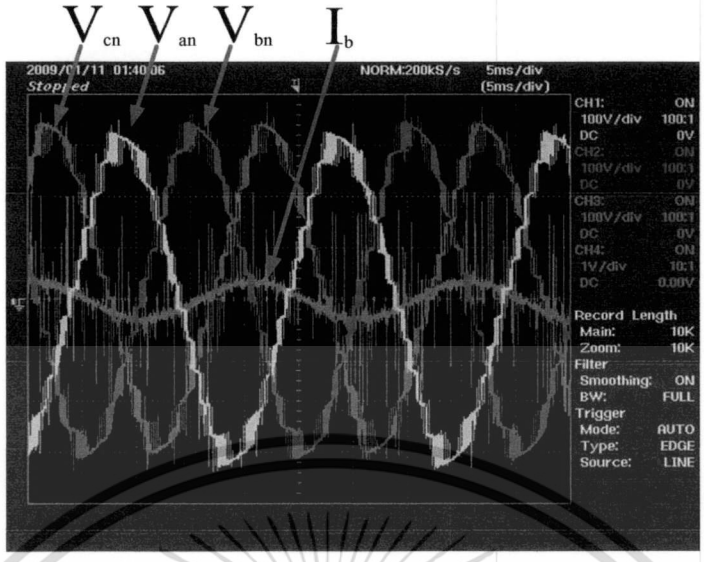
รูปที่ 15 ปิดสวิตซ์แหล่งจ่ายเซลล์แสงอาทิตย์จำลอง

7. เมื่อต้องการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่อุปกรณ์ไฟฟ้า จะสามารถเชื่อมต่อกับแผงขั้วเชื่อมต่อดังรูป



รูปที่ 16 จุดเชื่อมต่อที่จ่ายให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 17 ผลที่ได้จากการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ความถี่ 50 Hz

8. ข้อควรระมัดระวังในการใช้งาน

1. คลาสเคสเอชบริดจ์อินเวอร์เตอร์ควรติดตั้งไว้ในที่ร่มที่ปราศจากความชื้น
2. แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงควรแยกกราวด์กัน
3. ก่อนจ่ายโหลดควรทำการตรวจสอบค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับของแต่ละเฟสให้มีค่า 220 โวลท์

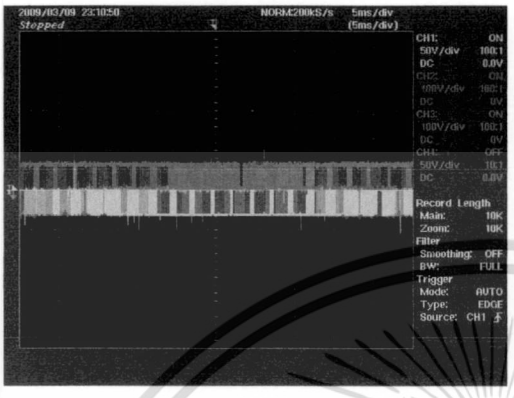
9. ผลการทดสอบคลาสเคสเอช-บริดจ์อินเวอร์เตอร์ 11 ระดับ

อินเวอร์เตอร์ 11 ระดับชนิดคาสเคดเอชบริดจ์สามารถ ประยุกต์ใช้ได้กับการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งในการทดสอบการประยุกต์ใช้งาน จะใช้มอเตอร์ที่มีพิกัด 3 แรงม้า 220 โวลท์ 50 Hz โดยใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่แยกอิสระต่อกัน 15 ชุด จ่ายให้กับอินเวอร์เตอร์แต่ละตัวที่แรงดัน 62.5 โวลท์ ใช้เทคนิคการมอดูเลทแบบ SPWM ที่ความถี่สวิทช์เท่ากับ 4.8 kHz จากนั้นทำการวัดสัญญาณแรงดันและกระแสขาออกและปรับความถี่ในการทำงานของมอเตอร์ในย่านต่างๆ แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น โดยการปรับความถี่ตั้งแต่ 10 ถึง 80 Hz ในการทดสอบนี้ได้ทดสอบอินเวอร์เตอร์ 11 ระดับชนิดคาสเคดเอชบริดจ์ขณะไร้ภาระทางไฟฟ้าและขณะมีภาระทางไฟฟ้า

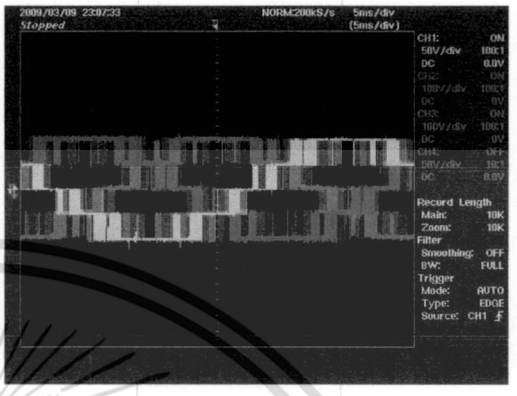
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ผลการทดสอบขณะไม่มีภาระทางไฟฟ้า

จากการทดสอบการปรับความถี่มูลฐานจะเห็นได้ว่า การปรับความถี่มูลฐานมีผลต่อแรงดันเฟสเอาท์พุทและจำนวนระดับของแรงดันเฟสผลการทดลองที่ได้เป็นดังนี้

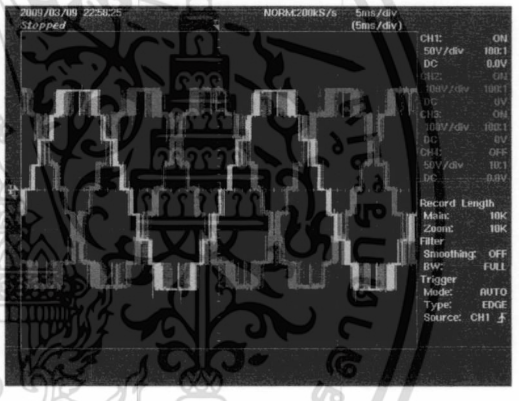


ก)

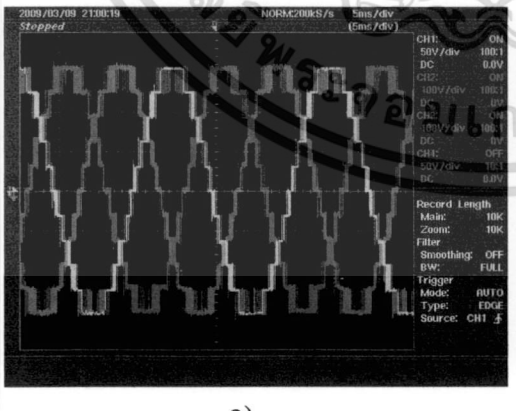


ข)

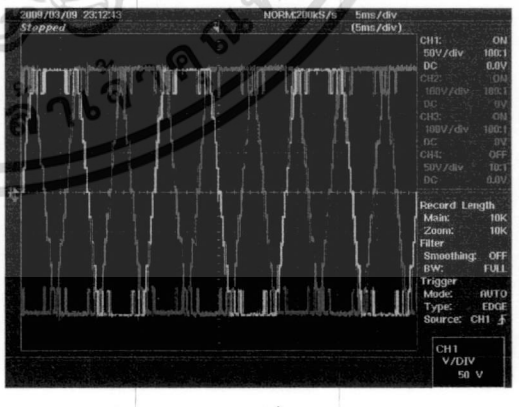
ค)



ง)



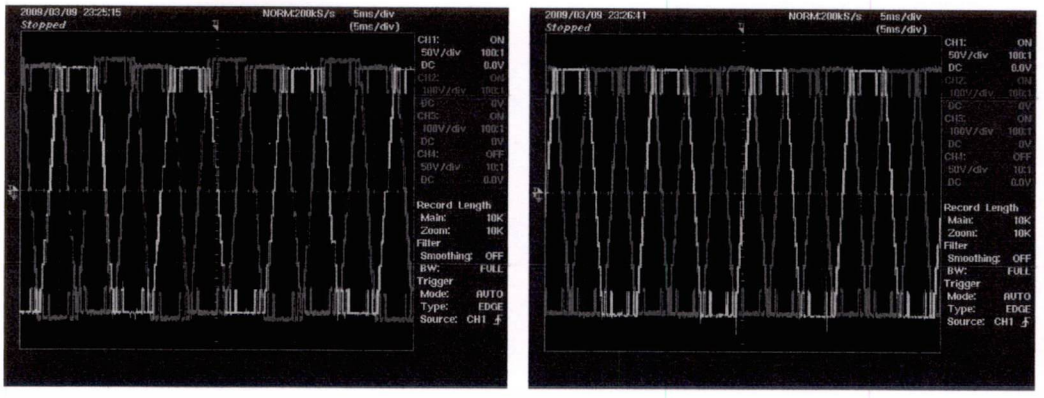
จ)



ฉ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ช)　　ซ)

รูปที่ 18 แสดงสัญญาณแรงดันเฟสที่ความถี่มูลฐานต่างๆ

ก)ที่ความถี่มูลฐาน 10 Hz ข)ที่ความถี่มูลฐาน 20 Hz ค)ที่ความถี่มูลฐาน 30 Hz

ง)ที่ความถี่มูลฐาน 40 Hz จ)ที่ความถี่มูลฐาน 50 Hz ฉ)ที่ความถี่มูลฐาน 60 Hz

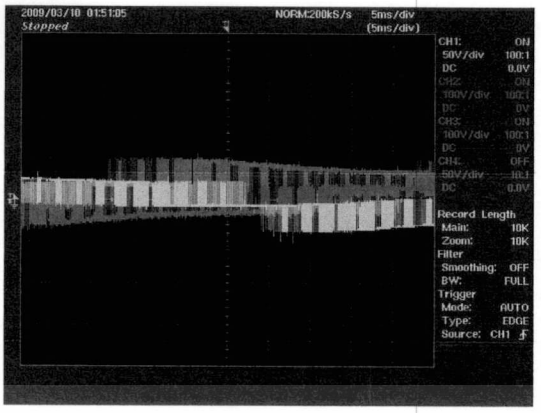
ช)ที่ความถี่มูลฐาน 70 Hz ซ)ที่ความถี่มูลฐาน 80 Hz

จากรูปที่ 18 ผลการทดลองสัญญาณแรงดันเฟสที่ความถี่มูลฐานต่างๆ เมื่อทำการปรับความถี่เพิ่มขึ้นในสภาวะที่ไร้ภาระทางไฟฟ้าพบว่า ที่ความถี่มูลฐาน 10 Hz ถึง 50 Hz แอมปลิจูด (Amplitude)ของแรงดันและจำนวนระดับจะมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งการเพิ่มขึ้นของ ความถี่ทำให้รูปคลื่นแรงดันที่ได้มีรูปคลื่นแรงดันร่างคล้ายคลึงกับรูปคลื่นไซน์มากขึ้น และเมื่อทำการปรับความถี่มากกว่า 50 Hz พบว่าแอมปลิจูด(Amplitude)ของแรงดันและจำนวน ระดับจะมีค่าไม่เปลี่ยนแปลง

- **ผลการทดสอบขณะมีภาระทางไฟฟ้า**

ในการทดสอบอินเวอร์เตอร์ 11 ระดับแบบคาสเคดจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ที่มีพิกัด 3 แรงม้า(2.2 กิโลวัตต์) 380 โวลท์ 50 Hz พิกัดกระแส 5 แอมป์แปร์ PF 0.8 จะได้ผลดังนี้

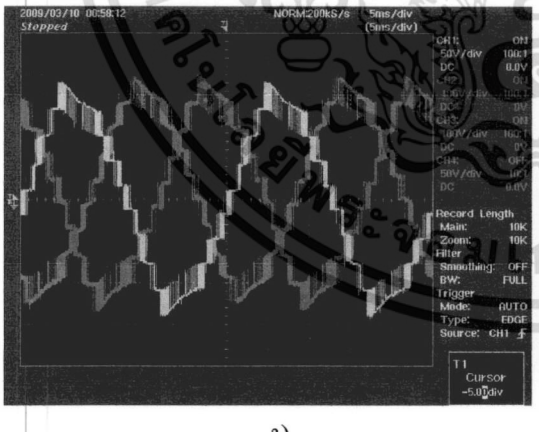
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
108246



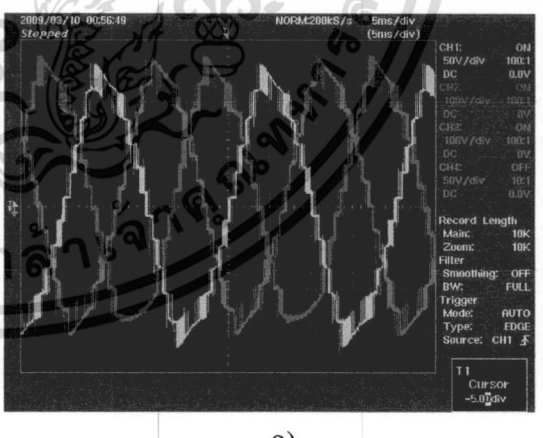
ก)

ข)

ค)



ง)



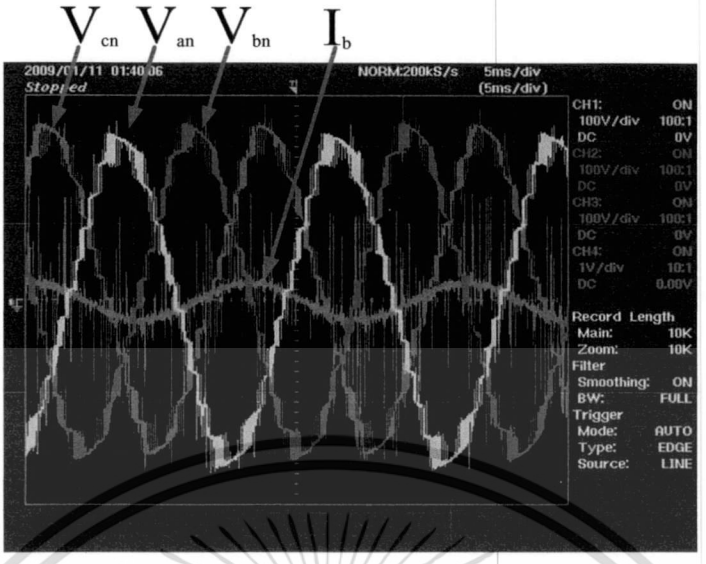
จ)

รูปที่ 19 แสดงสัญญาณแรงดันเฟสที่ความถี่มูลฐานต่างๆ

ก)ที่ความถี่มูลฐาน 10 Hz ข)ที่ความถี่มูลฐาน 20 Hz ค) ที่ความถี่มูลฐาน 30 Hz

ง)ที่ความถี่มูลฐาน 40 Hz จ)ที่ความถี่มูลฐาน 50 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 20 แรงดันเฟสเอาท์พุทแต่ละเฟสและกระแส เมื่อมีภาระทางไฟฟ้า

จากรูปที่ 20 ผลการทดลองสัญญาณแรงดันเฟสที่ความถี่มูลฐานต่างๆ เมื่อทำการปรับความถี่เพิ่มขึ้นในสภาวะที่ไร้ภาระทางไฟฟ้าพบว่า ที่ความถี่มูลฐาน 10 Hz ถึง 50 Hz แอมปลิจูด(Amplitude)ของแรงดันและจำนวนระดับจะมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งการเพิ่มขึ้นของ ความถี่ทำให้รูปคลื่นแรงดันที่ได้มีรูปคลื่นแรงดันร่างคล้ายคลึงกับรูปคลื่นไซน์มากขึ้น

10. สรุป

อินเวอร์เตอร์หลายระดับสามารถเชื่อมต่อได้โดยตรงกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากพลังงานทดแทน เพื่อทำให้เกิดประสิทธิภาพในการส่งผ่านพลังงาน ซึ่งสามารถสร้างแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลท์(อาร์เอ็มเอส) ที่มีคุณภาพของสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ดีได้โดยไม่ต้องอาศัยหม้อแปลงไฟฟ้าและตัวฟิลเตอร์ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่ารูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ได้จะมีสัญญาณรบกวน เนื่องจากการใช้สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายเป็นตัวจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแทนแหล่งจ่ายพลังงานทดแทน นอกจากนี้อินเวอร์เตอร์หลายระดับสามารถปรับความถี่ไฟฟ้าได้ ทำให้เป็นการปรับดัชนีการมอทดูเลทไปพร้อมกันด้วย ดังนั้นในการควบคุมการขับเคลื่อนของมอเตอร์ไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมจะต้องใช้หลักการโดยทำให้อัตราส่วนระหว่างแรงดันกับความถี่(Open Loop Volts / HZ Control) เพื่อรักษาระดับของแรงบิดให้มีค่าคงที่และจะทำให้ประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] L. M. Tolbert, F. Z. Peng, and T. G. Habetler, "Multilevel Converters for Large Electric Drives," **IEEE trans. Industrial Electron.**, Vol. 35, No.1, 1999, pp. 36-44.

[2] L. M. Tolbert, F. Z. Peng, and T. G. Habetler, "A Multilevel Converter-Based Universal Power Conditioner," **IEEE trans. Industrial Electron.**, Vol. 36, No.2, 2000, pp. 596-603.

[3] B. K. Bose, **Modern Power Electronics and AC Drives**, Prentice - Hall, Inc., 2002.

[4] S.Khomfoi, L.M. Tolbert, **Power Electronics Handbook**, Elsevier, 2006.

[5] ฉัตรชัย เอมสะอาด, "การวิเคราะห์การสูญเสียที่เพิ่มขึ้นของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่เกิดจากแรงดันฮาร์มอนิคที่ป้อนด้วยพีดับบลิวเอ็มโดยอินเวอร์เตอร์หลายระดับชนิดเอชบริดจ์" **วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต**, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2537.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้