

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย



ผลิตภัณฑ์ **Digital Oscilloscope (YOKOGA)**

รุ่น **DL1540 /DL (4 Channel)**

รายละเอียด **150 MHz Analog Bandwidth**

200 MS/s on two channel

8 bit vertical resolution

DC to 30 MHz, 850V

(DC+AC peak)2% DC accuracy,

Internal low pass filter



ผลิตภัณฑ์ **Power Quality Analyzer (FLUKE)**

รุ่น **FLUKE 43B**

รายละเอียด **5 to 600 Vrms. 1.00 to 1000 Arms**

Up to 600 kw., 6 Hz to 99.9 Hz.

8 bit vertical resolution

Indicates fundamental to 13th harmonics

Measures crest factor, PF, DPF, K-factor

%THDi, %THD-R



ผลิตภัณฑ์ **Digital Multi Meter (METEX)**

รุ่น **M - 3800**

รายละเอียด **Vac or Vdc : 0 to 700 / 1000 Volts**

Iac or Idc : 0 to 20 Amp

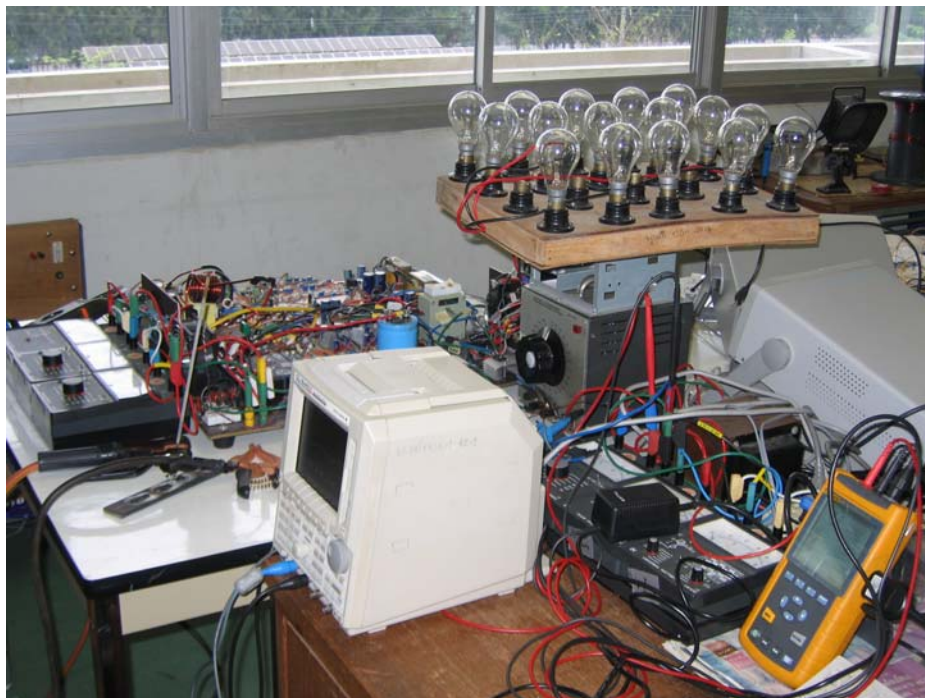
	ผลิตภัณฑ์ Current Probe (FLUKE) รุ่น 80i-110s AC/DC รายละเอียด 10mV/A, 100mV/A Input 100A peak Max Frequency: DC to 100 kHz .(@3 db) Output 10 mV/A, 100 mV/A CAT III
	ผลิตภัณฑ์ True RMS Multimeter รุ่น LM 1005 รายละเอียด • Total rms value (RMS-AC+DC) • Ripple rms value (RMS-AC) • Arithmetic mean value (AV-AC+DC) • Permanent moving moving-coil instrument class 1.5 / double scale Scale 1: measurement range 0 - 10 Scale 2: measurement range 0 - 3 • Internal resistance: current path 10mOhm, voltage path 10MOhm Voltage ranges: 3; 10; 30; 100; 300; 1000V • Current ranges: 0.1; 0.3; 1; 3; 10; 30A Crest factor: 10 • Measurement accuracy: 2% • Operating voltage: 230V, 50Hz • Dimensions: 210 x 90 x 130mm (WxHxD) • Weight: 1kg

	ผลิตภัณฑ์ Digital Clamp Meter รุ่น 266 (YUGO) รายละเอียด • DCV: 0-1000V $\pm 0.5\%$ • ACV: 0-750V $\pm 1.2\%$ • ACA: 200-1000A $\pm 2.5\%$ • OHM: 200-20k-20MΩ-2000MΩ $\pm 1.0\%$ • Dimensions: 70 x 230 x 37mm • Battery: popular 9V x 1 • Accessories: carrying case
	ผลิตภัณฑ์ Power Factor (cosphi) Meter รุ่น LM 1020 รายละเอียด • Electrically immune to damage up to 1kV and 30A • Permanent moving coil instrument class 1.5 / double scale • Scale 1: Measurement range cos-phi: 0 cap over 1 to 0 ind • Scale 2: Measurement range phase angle: 90° cap over 0 up to 90° ind • No current - voltage range switchover • Internal resistance: current path 10 mOhm, voltage path 10 MOhm • Measurement range: cos-phi: 0 cap over 1 up to 0 ind, phase angle: 90° cap over 0 up to 90° ind • Measurement accuracy: 3% • Operating voltage: 230 V, 50 Hz • Dimensions: 210 x 90 x 130mm (WxHxD) • Weight: 1kg

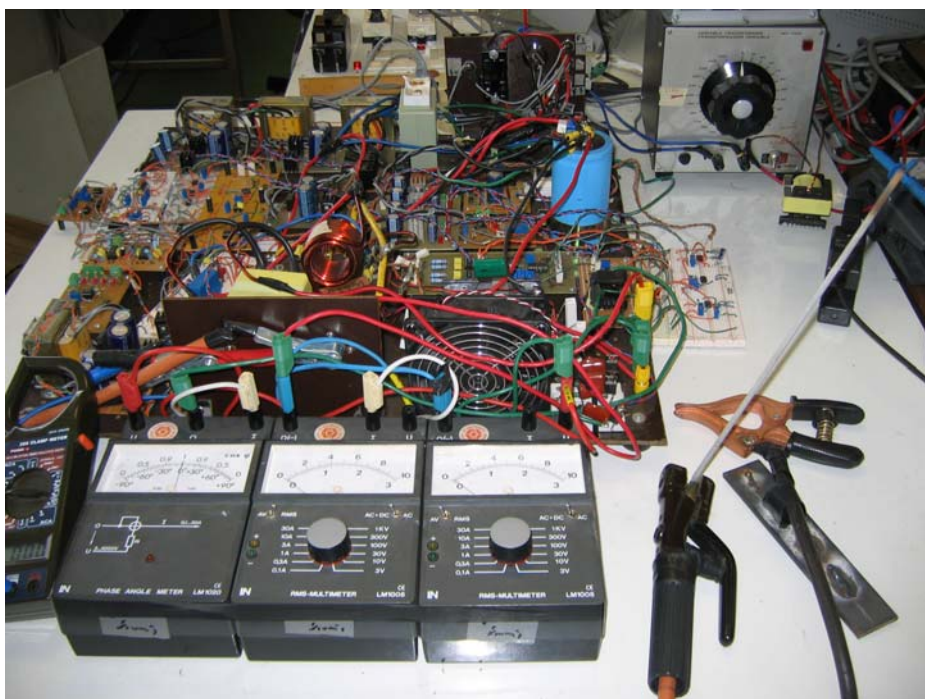
	ผลิตภัณฑ์ Differential Probe (YOKOGA) รุ่น 700925 รายละเอียด 1/10V, 1/100V 500V Peak Max
	ผลิตภัณฑ์ Electronic Universal Wattmeter รุ่น LM 1010 รายละเอียด • Electrically immune to damage up to 1kV and 30A • Overload resistant for current and voltage signals • Permanent moving coil instrument class 1.5 / double scales - Scale 1: measurement range 0 - 10 - Scale 2: measurement range 0 - 3 • Active - reactive power measurement from 0.3W (Var) up to 30kW (kVar) • Internal resistance: current path 10 mOhm, voltage path 10 Mohm • Crest factor: 2 • Measurement accuracy: 2% • Operating voltage: 230V, 50Hz • Dimensions: 210 x 90 x 130mm (WxHxD) • Weight: 1kg

ภาคผนวก ข.

ภาพโครงการโดยรวมของงานวิจัย และภาพต้นแบบงานวิจัย



รูปที่ ข.1 โครงการงานโดยรวม



รูปที่ ข.2 ต้นแบบที่สร้างขึ้น

ภาคผนวก ค.
ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

ISSN 0125-1724

วิศวกรรม

ลาดกระบัง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

LADKRABANG ENGINEERING JOURNAL

ปีที่ 23 ฉบับที่ 1

มีนาคม 2549

1.	Direction Sequence Construction for Offline Thai Handwriting Kor Kittikorn Boontee Kruatrachue	1
2.	การสังเคราะห์วัสดุประกอบคล้ายไม้จากพืชกับผงหนังและเยื่อขาน้อย ไพศาล นาคพิพัฒน์ เตือนพร บุญศิริคำชัย	7
3.	การออกแบบวงจรขยายป้อนกลับกระแสแรงดันต่ำ มนตรี สุขเลื่อง สมปอง วิเศษพานิชกิจ กอบชัย เดชหาญ	14
4.	วงจรกรองความถี่แบบควอต OTA-C ที่โปรแกรมได้ทางดิจิทัล สุรพันธ์ สุวรรณะ มนตรี คำเงิน พิพัฒน์ พรหมมี กอบชัย เดชหาญ กฤษณ์ อ่างแก้ว จิระศักดิ์ ขาญภูมิธรรม	20
5.	การศึกษาคุณสมบัติทางไฟฟ้าและผลตอบสนองทางแสงของฟิล์มเพชร ทรงเกียรติ กิตติสินธิรักษ์ วิสุทธิ วุฒิรุ่งเรือง	26
6.	โฟโตไดโอดแบบรอยต่อเนื้อสารชนิดเดียวกันของฟิล์มเพชรชนิดเอ็นและฟิล์มเพชรชนิดพี ทรงเกียรติ กิตติสินธิรักษ์ วิสุทธิ วุฒิรุ่งเรือง	32
7.	คอนเวอร์เตอร์ดีซี-เอซี เชื่อมต่อการไฟฟ้าโดยมีการแก้ไขตัวประกอบกำลังด้วยตัวควบคุมสัญญาณดิจิทัล วิมลชัย ชูรักษ์ วิจิตร กิณเรศ	38
8.	การศึกษาการตรวจจับแท่งตัวนำโรเตอร์แตกหักในมอเตอร์เหนี่ยวนำโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม กมล สะอาดดวง เอลิมชาติ มานพ วิจิตร กิณเรศ สุรชาติ ลีราภิรม	44
9.	รถไฟฟ้าขับเคลื่อนสี่ล้อ โสภณ สวัสดิ์นาวิน ประภาส ไพรสุวรรณ	50
10.	การใช้วิธีควบคุมแบบฟิวส์โอเรียลเตดสำหรับควบคุมการเปลี่ยนความเร็วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลม ยุวลักษณ์ พัฒนาศิลป์ มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์	56
11.	การวิเคราะห์การสูญเสียที่เพิ่มขึ้นของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่เกิดจากแรงดันฮาร์มอนิกส์ที่ป้อนด้วยพีดับบลิวเอ็ม โดยอินเวอร์เตอร์หลายระดับชนิดเอชบรีดจ์ ฉัตรชัย เอมสะอาด วิจิตร กิณเรศ	62
12.	การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังโดยพิจารณาการทำงานผิดพลาดของระบบป้องกันโซน 3 ไพโรจน์ เทียนทอง มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์	68
13.	วงจรสวิตช์โหมดฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ที่มีการปรับปรุงแรงดันตกคร่อมระหว่างคาปาซิเตอร์ไม่สมดุล จารุรัตน์ จันทโร วิจิตร กิณเรศ	74
14.	การออกแบบและวิเคราะห์สวิตช์โหมดเอช-ดีซีคอนเวอร์เตอร์ทางด้านอินพุตสำหรับเครื่องเชื่อมไฟฟ้ากระแสตรงที่ มีการควบคุมกระแสปฐมภูมิของหม้อแปลงความถี่สูง ทูนศรี วรรณการ ประภาส ไพรสุวรรณ วิจิตร กิณเรศ	80

การออกแบบและวิเคราะห์สวิตช์โหมดเอช-ดีซีคอนเวอร์เตอร์ ทางด้านอินพุตสำหรับเครื่องเชื่อมไฟฟ้ากระแสตรงที่มีการ ควบคุมกระแสปฐมภูมิของหม้อแปลงความถี่สูง

Design and Analysis of a Front-End AC-DC Switched Mode Converter for a DC Electric Welder with Primary Current Control of High Frequency Transformer

พูนศรี วรรณการ ประภาส ไพธูวรรณ วิจิตร กิณเรศ
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์สวิตช์โหมดเอช-ดีซีคอนเวอร์เตอร์ทางด้านอินพุตสำหรับเครื่องเชื่อมไฟฟ้ากระแสตรง โดยนำเอาเทคนิคของการควบคุมกระแสแบบพีคบัลลุ่มปรับตัวมาใช้ในการควบคุมการสวิตช์ของไอจีบีทีสองตัวที่เพิ่มเข้าไปในวงจรฟูลบริดจ์เรกตีฟาย เป็นกระบวนการปรับปรุงรูปคลื่นกระแสทางอินพุตของเครื่องเชื่อมไฟฟ้ากระแสตรง และกระแสเชื่อมทางเอาต์พุตควบคุมให้คงที่ โดยใช้หลักการควบคุมแบบป้อนกลับ โดยการตรวจจับกระแสปฐมภูมิของหม้อแปลงความถี่สูงมาเปรียบเทียบกับกระแสอ้างอิงผ่านตัวควบคุมแบบพีไอ แล้วนำสัญญาณพีคบัลลุ่มที่ได้ไปควบคุมการสวิตช์ของมอสเฟตในวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ความถี่สูง จากผลการจำลองและทดลองแสดงให้เห็นถึงความสามารถของระบบที่นำเสนอ ให้ผลเป็นที่น่าพอใจ

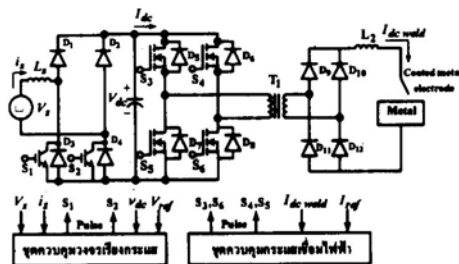
Abstract

This paper presents design and analysis of a front end AC-DC switched mode converter for a dc electric welder. A control technique is based on adaptive PWM current control for switching of two Insulated-Gate-Bipolar-Transistors(IGBT) in a full-bridge converter in order to improve current waveform for input side of the dc electric welder. Output arc current is controlled at constant level by using PI controller which primary current of a high frequency transformer is compared with reference current. Then, resultant PWM signals are used to control Power MOSFET switching devices in a full bridge high frequency inverter. Simulation and experimental results show satisfied capability of the proposed system.

1. บทนำ

ในปัจจุบันนี้เครื่องเชื่อมไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้อินเวอร์เตอร์ความถี่สูงเป็นตัวส่งถ่ายกำลังไฟฟ้า มีการนำมาใช้งานกันแพร่หลายเนื่องจากมีน้ำหนักเบาและให้รอยเชื่อมที่เรียบเมื่อเทียบกับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบอินเวอร์เตอร์ที่สร้างขึ้นมาแรกๆ ได้มีการประยุกต์ใช้หลักการของการควบคุมแบบเลื่อนเฟส แบบซีรืโซ่ในแนทคอนเวอร์เตอร์[1] และใช้หลักการเทคนิคพิคบัปวอล์คอนเวอร์เตอร์ในการสร้าง[2] ซึ่งก่อให้เกิดกระแสรบกวนทางค่านานับรบกวนต่อระบบไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกับกับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบอินเวอร์เตอร์

กระแสรบกวนที่เกิดขึ้นทำให้ค่าตัวประกอบกำลังมีค่าต่ำ ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงรูปคลื่นกระแสทางค่านานับของเครื่องเชื่อมไฟฟ้ากระแสตรงที่นำเสนอให้มีรูปคลื่นเป็นไซน์ โดยใช้เทคนิคการควบคุมกระแสแบบติดตามขอบเขตฮิสเตอร์ซิส ให้อิทธิพลที่ต่อตัวทำงานเป็นสวิทช์ต่อขนานกลับขั้ว(anti-parallel) กับไดโอดคู่ล่างของบริดจ์[3] ข้อดีของโครงสร้างแบบนี้จะทำให้ประหยัดกว่าการใช้ไอจีบีที 4 ตัวแบบเดิมต่อขนานกับไดโอดแต่ละตัว ในวงจรฟูลบริดจ์เรกติฟายที่ให้อิทธิพลในเรื่องการส่งถ่ายกำลังไฟฟ้าได้สองทิศทาง ซึ่งไม่จำเป็นสำหรับงานวิจัยนี้ที่ต้องการส่งถ่ายกำลังไฟฟ้าไปทางด้านเอาต์พุตเพียงทิศทางเดียว ดังนั้นจึงเลือกใช้ไอจีบีที 2 ตัวต่อขนานกับไดโอดสองตัวคู่ล่างในวงจรฟูลบริดจ์เรกติฟายดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 วงจรรวมของเครื่องเชื่อมไฟฟ้ากระแสตรงที่นำเสนอ โดย S_1 และ S_2 คือสวิทช์ไอจีบีที และ S_3 , S_4 , S_5 และ S_6 คือสวิทช์มอสเฟต

2. ทฤษฎีการส่งถ่ายกำลังไฟฟ้า

2.1 หลักการทำงานของสวิทช์โหมดคอนเวอร์เตอร์

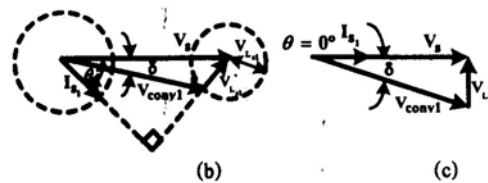
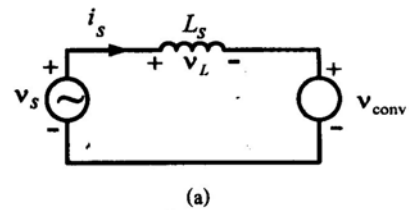
การวิเคราะห์การส่งถ่ายกำลังไฟฟ้า ระหว่างแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง v_s ไปยังแรงดันตกคร่อมสวิทช์โหมดคอนเวอร์เตอร์ v_{conv} สามารถเขียนเป็นวงจรสมมูลแสดงดังรูปที่ 2(a) เฟสเซอร์ไดอะแกรมการส่งถ่ายกำลังไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 2(b) และรูปที่ 2(c) แสดงเฟสเซอร์ไดอะแกรมการส่งถ่ายกำลังไฟฟ้าในโหมดเรียงกระแสที่มีตัวประกอบกำลังมูลฐานเท่ากับ 1 (DPF ; Displacement power factor) [4]

เมื่อกำหนดให้ v_s เป็นสัญญาณไซน์ และเป็นค่าอ้างอิงโดยพิจารณาที่องค์ประกอบมูลฐานดังสมการที่ (1) และ (2)

$$V_s = V_{conv1} + V_{L_s} \quad (1)$$

เมื่อ

$$V_{L_s} = j\omega L_s I_{s1} \quad (2)$$

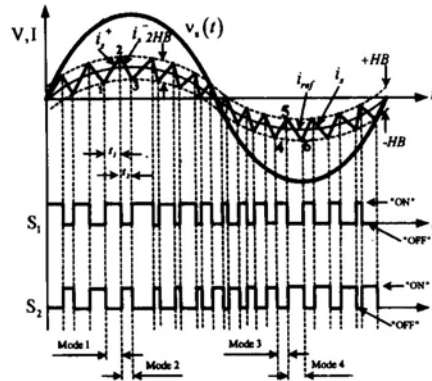


รูปที่ 2 (a) วงจรสมมูลการส่งถ่ายกำลังไฟฟ้า

(b) เฟสเซอร์ไดอะแกรมการส่งถ่ายกำลังไฟฟ้า

(c) เฟสเซอร์ไดอะแกรมในโหมดเรียงกระแสที่มีตัวประกอบกำลังขององค์ประกอบมูลฐานเท่ากับ 1

2.2 การวิเคราะห์การทำงานของสวิตช์โหมด คอนเวอร์เตอร์



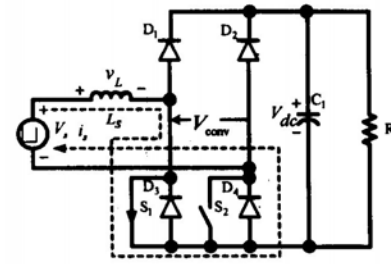
รูปที่ 3 สัญญาณพัลส์ควบคุมสวิตช์ไอจีบีที (S_1 และ S_2)
ที่ได้จากตัวเปรียบเทียบกระแสแบบฮิสเทอรีซิส

สถานะที่ 1 เมื่อแรงดันแหล่งจ่าย v_s อยู่ในเชิงบวก แล้วสวิตช์ S_1 'ON', S_2 'OFF' ดังรูปที่ 4(a) ตัวเหนี่ยวนำ L_s จะเก็บสะสมพลังงานจากแหล่งจ่ายผ่านสวิตช์ S_1 และ ไดโอด D_4 ทำให้กระแสอินพุต i_s เพิ่มขึ้นจากจุดที่ 1 ไปถึงจุดที่ 2 ในรูปที่ 3 และ V_{conv} จะมีค่าเท่ากับศูนย์โวลต์ โดยแรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ L_s มีค่าตามสมการที่(3)

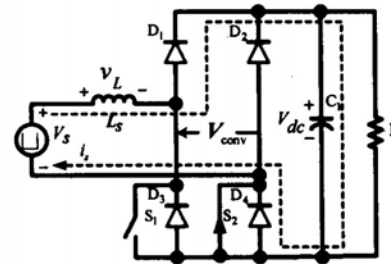
$$V_L = L_s \frac{di_s}{dt} = v_s(t) \quad (3)$$

สถานะที่ 2 เมื่อกระแส i_s เพิ่มขึ้นถึงขอบเขตบน จุดที่ 2 สวิตช์ S_1 'OFF', S_2 'ON' จะทำให้ตัวเหนี่ยวนำ L_s คายพลังงานที่เก็บสะสมแล้วทำการชาร์จประจุให้กับคาปาซิเตอร์ C_1 ดังรูปที่ 4(b) กระแสอินพุตจะลดลงจากจุดที่ 2 ไปถึงขอบเขตล่างจุดที่ 3 ในรูปที่ 3 และ V_{conv} จะมีค่าเท่ากับ V_{dc} โดยแรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ L_s มีค่าตามสมการที่(4)

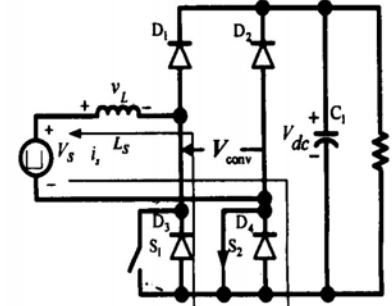
$$V_L = L_s \frac{di_s}{dt} = v_s(t) - V_{dc} \quad (4)$$



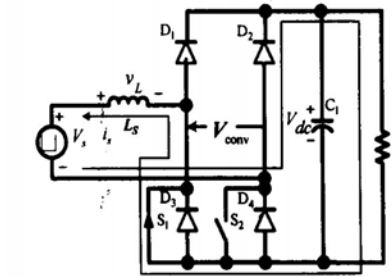
(a) MODE 1 ($V_{conv} = 0$)



(b) MODE 2 ($V_{conv} = 1$)



(c) MODE 3 ($V_{conv} = 1$)



(d) MODE 4 ($V_{conv} = -1$)

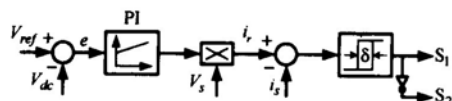
รูปที่ 4 สถานะการทำงานของสวิตช์ไอจีบีทีที่ใช้
รูปคลื่นกระแสทางด้านอินพุตของเครื่องใช้
4 สถานะ

$$V_L = L_s \frac{di_s}{dt} = v_s(t) \quad (5)$$

สถานะที่ 4 เมื่อกระแส i_s เพิ่มขึ้นถึงขอบเขตบน
จุดที่ 5 ตัวรีซอร์ S_1 'ON', S_2 'OFF' จะทำให้ตัวเหนี่ยวนำ L_s
คายพลังงานที่เก็บสะสมแล้วทำการชาร์จประจุให้กับคาปา
ซิเตอร์ C , ดังรูปที่ 4(d) กระแสอินพุทจะลดลงจากจุดที่ 5
ไปถึงจุดที่ 6 ในรูปที่ 3 ดังสมการที่ (6) และ V_{conv} จะมีค่า
เท่ากับ $-V_{\infty}$ โดยแรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ L_s มีค่าตาม
สมการที่(6)

$$V_L = L_s \frac{di_s}{dt} = v_s(t) - V_{dc} \quad (6)$$

บล็อกโคอะแกรมการควบคุมการสวิทช์ของไอจี
บีทีในวงจรเรกติฟายเออร์แบบกึ่งควบคุม แสดงดังรูปที่ 5

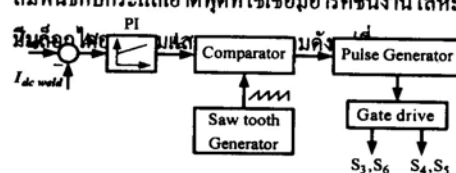


รูปที่ 5 ระบบควบคุมแบบลูปปิดเพื่อควบคุมการสวิตช์
ของไอจีบีทีในวงจรเรกติฟายเออร์แบบกึ่งควบคุม

3. การควบคุมกระแสเชื่อมด้านเอาต์พุต

การควบคุมกระแสเชื่อมแบบรูปปิด โดยการ
ตรวจจับกระแสทางด้านอินพุตของหม้อแปลงความถี่สูงที่
มีขนาดกระแสต่ำจึงประหยัดค่าใช้จ่ายในการตรวจจับและ
มีความปลอดภัยกว่าการตรวจจับกระแสทางด้านเอาต์พุต
ของเครื่องเชื่อม จากนั้่นนำสัญญาณที่ได้มาผ่านวงจร

ฮาล์ฟบริจเรกคิฟายเพื่อแปลงเป็นไฟตรง และนำมาเปรียบเทียบกับกระแสอ้างอิง แล้วผ่านตัวควบคุม PI จากนั้นนำมาเปรียบเทียบกับคลื่นฟันเลื่อยที่มีความถี่คงที่ ซึ่งเป็นความถี่ของการสวิตช์มอสเฟต (f_{sw}) ในวงจรฟูลบริจอินเวอร์เตอร์จะได้พัลส์ที่ดับบลิวเอ็มที่มีความกว้างสัมพันธ์กับกระแสเอาต์พุตที่ใช้เชื่อมอาร์คจึงงานโลหะ ซึ่ง



รูปที่ 6 ระบบควบคุมแบบลูปปิดเพื่อควบคุมการสวิตช์
ของมอเตอร์เฟสในวงจรพลาสมาริดจ์อินเวอร์เตอร์

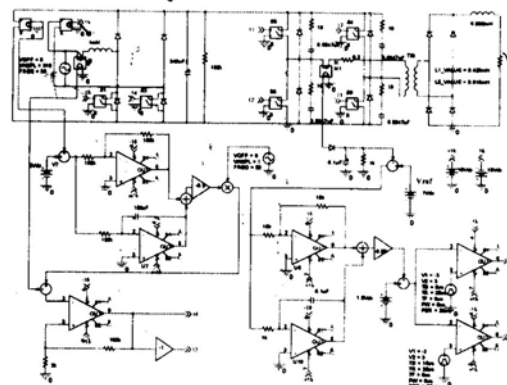
4. การจำลองและการทดลอง

4.1 รายละเอียดการออกแบบ

ตัวอย่างการออกแบบจาวงจรจำลองในรูปที่ 7 เมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของระบบเป็นดังนี้ แรงดันอินพุต $V_s = 220\text{V}$, ความถี่ 50 Hz , ตัวเหนี่ยวนำ $L_s = 1\text{ mH}$, คาปาซิเตอร์ $C_1 = 940\text{ }\mu\text{F}$, แรงดันไฟตรงเอาต์พุตที่ต้องการควบคุม 300 V_{dc} , ความถี่สวิตช์สูงสุดของไอจีบีที $f_{s1,max} = 20\text{ kHz}$ และความถี่สวิตช์ของชุดอินเวอร์เตอร์ $f_{s2} = 50\text{ kHz}$

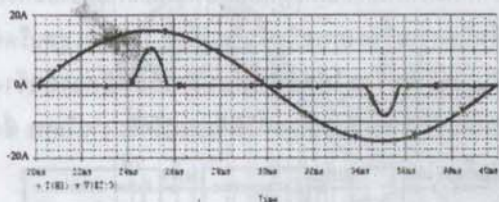
4.2 การจำลอง

วงจรการจำลองเครื่องเชื่อมไฟฟ้ากระแสตรงที่
นำเสนอนี้ แสดงผังรูปที่ 7

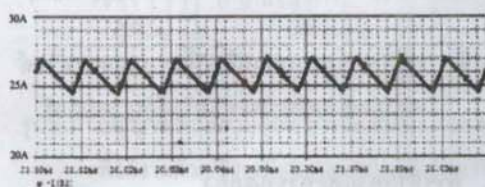


รูปที่ 7 วงจรจำลองของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าต้นแบบ

รูปคลื่นกระแสก่อนปรับปรุงทางด้านอินพุต
แสดงดังรูปที่ 8 และรูปคลื่นกระแสเอาต์พุตก่อนปรับปรุง
แสดงดังรูปที่ 9

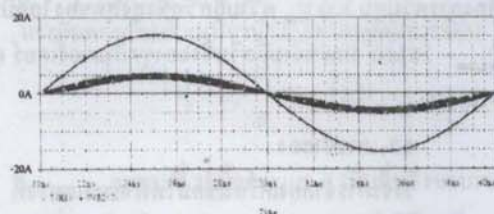


รูปที่ 8 รูปคลื่นจำลองแรงดันและกระแสด้านอินพุต
ก่อนปรับปรุง

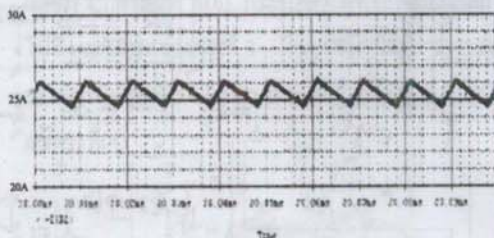


รูปที่ 9 รูปคลื่นจำลองกระแสด้านเอาต์พุตก่อนปรับปรุง

รูปคลื่นแรงดันและกระแสทางด้านอินพุตหลัง
ปรับปรุงแสดงดังรูปที่ 10 และรูปคลื่นกระแสเอาต์พุตหลัง
ปรับปรุงแสดงดังรูปที่ 11



รูปที่ 10 รูปคลื่นจำลองแรงดันและกระแสด้านอินพุต
หลังปรับปรุง



รูปที่ 11 รูปคลื่นจำลองกระแสด้านเอาต์พุตหลังปรับปรุง

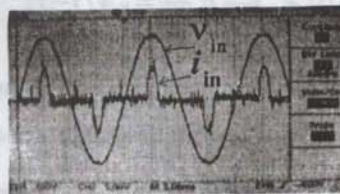
4.3 การทดลอง

จากการจำลองการทำงานของเครื่องเชื่อมนำมา
สร้างวงจรต้นแบบ และนำมาทดสอบดังรูปที่ 12



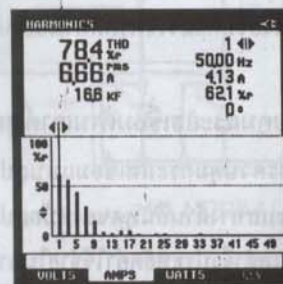
รูปที่ 12 การทดสอบเครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่นำเสนอ

ผลการทดลองเมื่อยังไม่ปรับปรุงรูปคลื่นกระแส
ทางอินพุต แสดงรูปคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุตได้
ดังรูปที่ 13 สเปกตรัมของกระแสฮาร์มอนิกทางด้านอินพุต
ของเครื่องเชื่อมก่อนปรับปรุงรูปคลื่นกระแสแสดงดังรูปที่
14 ซึ่งมีค่า $THD_i = 78.4\%$ และรูปคลื่นกระแสด้านเอาต์พุต
แสดงดังรูปที่ 15

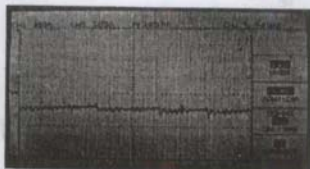


รูปที่ 13 รูปคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุตก่อน
ปรับปรุงที่มีอัตราส่วนแรงดันและกระแส

100V/ Div และ 5A / Div

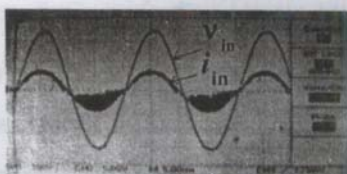


รูปที่ 14 สเปกตรัมของกระแสฮาร์มอนิกทางด้าน
อินพุตก่อนปรับปรุง



รูปที่ 15 รูปคลื่นกระแสด้านเอาต์พุตก่อนปรับปรุง
สเกลกระแส 20A / Div

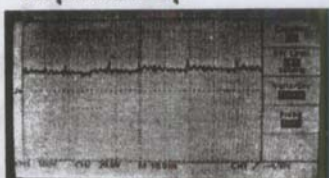
หลังปรับปรุงจะได้รูปคลื่นแรงดันและกระแส
ด้านอินพุตแสดงดังรูปที่ 16 และค่า $THD_i = 11.2\%$ แสดง
ดังรูปที่ 17 ค่ากระแสเอาต์พุตเป็นกระแสซิงค์ที่มีขนาด 25
A ซึ่งมี ripple ขนาด 4 A ดังแสดงในรูปที่ 18



รูปที่ 16 รูปคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุตหลัง
ปรับปรุงสเกลแรงดันและกระแส
100V/ Div และ 5A / Div



รูปที่ 17 สเปกตรัมของกระแสฮาร์โมนิกทางด้าน
อินพุตหลังปรับปรุง



รูปที่ 18 รูปคลื่นกระแสด้านเอาต์พุตหลังปรับปรุง
สเกลกระแส 20A / Div



รูปที่ 19 รอยเชื่อมชิ้นงานที่กระแสเอาต์พุตประมาณ 25 A

5. สรุป

การปรับปรุงรูปคลื่นกระแสของเครื่องเชื่อมที่
นำเสนอ โดยใช้เทคนิคของการควบคุมกระแสแบบติดตาม
ขอบเขตฮิสเตอร์รีซิส ที่ได้ออกแบบในบทความนี้สามารถ
ปรับปรุงรูปคลื่นกระแสให้เป็นรูปคลื่นไซน์ได้ โดย
ให้ผลเป็นที่น่าพอใจในระดับหนึ่ง ซึ่งในงานวิจัยนี้จะต้อง
ทำการเพิ่มขนาดกระแสเชื่อมทางด้านเอาต์พุตให้สูงขึ้นไป
อีก เพื่อให้เชื่อมอาร์คชิ้นงานโลหะที่มีความหนามากขึ้น

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] T.-F. Wu, H.-P. Yung and C.-M. Pan, "Analysis and Design of Variable Frequency and Phase-Shift Controlled Series Resonant Converter Applied for Electric Arc Welding Machines," IEEE PESC., pp.656-661, 1995.
- [2] Y.-M. Chae, J.-S. Gho, W.-S. Shin and J.-Y. Choi, "PWM Converter-Inverter Arc Welding Machine Using New Type N.C.T.," IEEE PESC., pp.1636-1641, 1998.
- [3] J.-W. Lim and B.-H. Kwon, "A Power-Factor Controller for Single-Phase PWM Rectifiers," IEEE Trans. Industrial Electronics., vol. 46, no. 5, pp. 1035-1037, 1999.
- [4] N. Mohan., T.M. Undeland and W.P. Robins "Power Electronic Converters, Applications, and Design," Second Edition, John Wiley & Sons, Inc., 1995.

