

การวิเคราะห์เชิงตัวเลขและการทดลองเครื่องปรับระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับ เครื่องเชื่อมโซ่ Spot Welding

NUMERICAL ANALYSIS AND EXPERIMENTATION OF AN AC VOLTAGE REGULATOR FOR SPOT WELDING MACHINE

จิรศักดิ์ ส่องบุญแก้ว¹ เอกพล ทับพร¹ ปิยดา โพธิ์ศรี² จามรภูมิ ตำนานจิตร¹ และวรารณ สุ่มมัตย์^{3*}
Jirasak Songbunkaew¹, Ekkapol Tubpond¹, Piyada Phosri², Chamonwut Tamnanchit¹
and Waraporn Summart^{3*}

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี

² คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

³ สำนักศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยธนบุรี

*Corresponding author E-mail: waraporn@thonburi-u.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการพัฒนาเครื่องเชื่อมโซ่ที่มีการควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้า และวิเคราะห์ผลที่ได้จากการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าของหม้อแปลงไฟฟ้าเทียบกับการวิเคราะห์เชิงตัวเลขทางคณิตศาสตร์ ทดสอบโดยควบคุมกระแสในการเชื่อมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำหน้าที่สร้างสัญญาณจุดชนวนให้กับเอส ซี อาร์(SCR) ในวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ(AC-AC Converter) แบบเฟสเดียวชนิดเต็มคลื่น ผลการทดสอบเทียบกับการวิเคราะห์เชิงตัวเลข ผลการวิจัยพบว่าสามารถควบคุมค่ากระแสในการเชื่อมโซ่ให้เหมาะสมกับชนิดของโซ่ ชุดปรับระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ต่อใช้งานเข้ากับเครื่องเชื่อมโซ่ ทำการปรับตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการเชื่อมโซ่ขนาดต่าง ๆ ผลที่ได้จากวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์สอดคล้องกับผลการทดสอบในการปรับค่าแรงดัน ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนในการเปรียบเทียบกับ การวิเคราะห์เชิงตัวเลขทางคณิตศาสตร์สูงสุดอยู่ที่ 6.18 %

คำสำคัญ: เครื่องเชื่อมโซ่ เครื่องปรับระดับแรงดัน การเปรียบเทียบทางคณิตศาสตร์ การวิเคราะห์เชิงตัวเลข

Abstract

This study aimed to present the development of a chain welding machine equipped with voltage level control and to analyze the results obtained from measuring the input voltage of the transformer in comparison to numerical mathematical analysis. The experiment was conducted by regulating the welding current using a microcontroller, which generates trigger signals for the Silicon-Controlled Rectifier (SCR) in a single-phase full-wave AC-AC converter circuit. The experimental results were compared to numerical analysis, and the study found that it is feasible to control the welding current to suit the specific type of chain being used. The AC voltage adjustment unit connected to the chain welding machine was utilized to adjust the voltage for welding chains of various sizes. The results obtained from mathematical analysis were found to be consistent with the experimental results in adjusting the voltage, with a maximum discrepancy of 6.18% compared to numerical mathematical analysis.

Keywords: chain welding machine, voltage regulator, mathematical comparison, numerical analysis

บทนำ

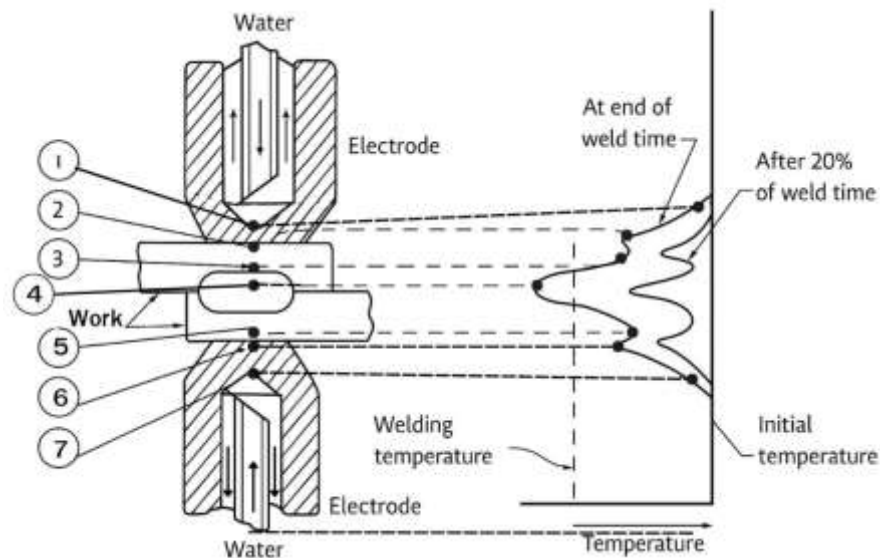
เนื่องจากในประเทศไทยเครื่องจักรในแต่ละอุตสาหกรรมมีอายุการใช้งานที่ต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย สภาพการใช้งาน การบำรุงรักษา และการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี หากพิจารณาแยกเป็นรายอุตสาหกรรม เช่น ในอุตสาหกรรมยานยนต์เครื่องจักรที่ทำงานหนักอย่างต่อเนื่อง คือหุ่นยนต์เชื่อมและเครื่องปั๊มขึ้นส่วนรถยนต์ จะมีอายุการใช้งานประมาณ 8-12 ปี การอัปเดตเทคโนโลยีเป็นประจำจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและลดการสึกหรอของเครื่องจักรในระยะยาว หรือเครื่องจักรในการประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เช่น เครื่องบัดกรีและเครื่องทดสอบ มีอายุการใช้งานประมาณ 5-8 ปี เนื่องจากเทคโนโลยีมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วและต้องเปลี่ยนเครื่องจักรให้ทันสมัย นอกจากนี้ สถิติการพังของเครื่องจักรในปี 2566 เครื่องจักรในอุตสาหกรรมการผลิตทั่วไป เช่น เครื่องจักรตัดเหล็ก เครื่องกลึง และเครื่องปั๊ม พบว่ามีอัตราการพังเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 15-20% ต่อปี โดยสาเหตุหลักที่ทำให้เครื่องจักรเหล่านี้พังคือ การใช้งานที่หนักหน่วงและต่อเนื่อง การบำรุงรักษาที่ไม่สม่ำเสมอ อายุของเครื่องจักรที่เก่าเกินไป (บริษัท ซิสเต็มส์สโตน จำกัด, 2567) และปัญหาที่พบบ่อยเสมอก็คือการหาซื้ออะไหล่ทำได้ยากเพราะในบางส่วนต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศและใช้เวลานานหรือไม่ก็ต้องดัดแปลงอะไหล่มาทดแทนแต่ก็พบว่าใช้ได้ไม่ดีเท่า ปัญหาที่ตามมาคือต้องหยุดเครื่องทำให้การผลิตหยุดชะงักเสียหายแก่กระบวนการผลิต หรือผลิตภัณฑ์ที่ออกมาไม่ได้ตามความต้องการและเป็นไปตามมาตรฐาน

ในบทความนี้จะนำเสนอ เครื่องปรับระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับเครื่องเชื่อมโซ่ ที่เป็นการนำเอาเทคโนโลยีทางด้านดิจิทัลเข้ามาใช้ในการควบคุมการผลิตซึ่งจะส่งผลให้งานทางด้านอุตสาหกรรมการผลิตมีการพัฒนาศักยภาพเพิ่มขึ้น โดยจะใช้ เอส ซี อาร์ (SCR) ควบคุมแรงดันก่อนเข้าสู่เชื่อม ซึ่งระบบเก่าจะใช้สัญญาณอนาล็อกควบคุม การจุดชนวนเกท SCR ในการปรับแรงดันก่อนเข้าสู่เชื่อมด้วยสัญญาณแบบอนาล็อกที่ประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลายส่วนซึ่งเข้ามาทำงานด้วยกันและยังมีความต้านทานปรับค่าได้อีกหลายตัว เพื่อสร้างสัญญาณไปจุดชนวนเกท เอส ซี อาร์ แต่เมื่อใช้งานไปนาน ๆ จะทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บางตัวเสื่อมสภาพและมีค่าผิดพลาดสูงจึงส่งผลให้การปรับแต่งแรงดันไฟฟ้าเป็นไปตามที่ต้องการไม่ได้ เพราะฉะนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงมีต้องการสร้างสัญญาณจุดชนวน เอส ซี อาร์ ที่สร้างขึ้นมาแทนที่ระบบการจุดชนวน เอส ซี อาร์ ของเครื่องเชื่อมโซ่แบบเก่า ด้วยการใช้สัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณไปจุดชนวนเกท เอส ซีอาร์ ทำให้การปรับแต่งสัญญาณเป็นไปได้ง่ายขึ้น เกิดการผิดพลาดน้อยลงและสามารถใช้อุปกรณ์ที่มีขายภายในประเทศ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษากระบวนการผลิตของเชื่อมโซ่

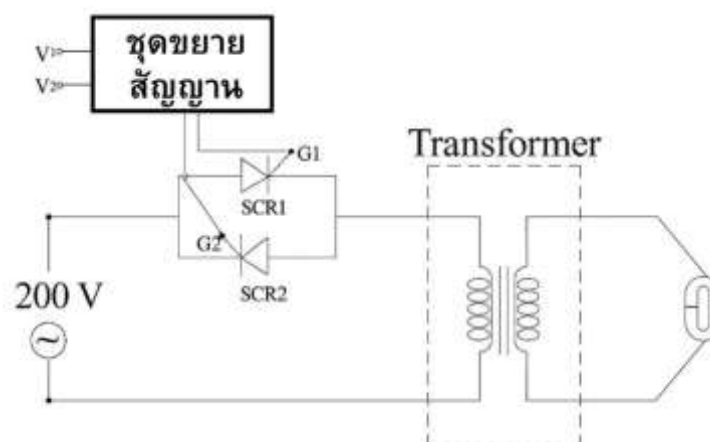
ในเครื่องเชื่อมโซ่นั้นจะอาศัยหลักการเชื่อมจุด (Spot) โดยต้องอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความดันเชิงกลร่วมกับขนาดและเวลาที่เหมาะสม โดยกระแสจะผ่านจากอิเล็กโทรดไปยังโลหะงานหรือโซ่ ซึ่งต้องใช้แรงกดโลหะงานตลอดเวลาเพื่อให้กระแสไหลผ่านอย่างต่อเนื่อง ตำแหน่งที่ต้องการเชื่อมก็ต้องได้รับความร้อนเพียงพอจนโลหะงานหรือโซ่หลอมละลายติดกัน ความหนาแน่นกระแสและความดันต้องสูงพอจนเนื้องานหลอมละลาย แต่ไม่สูงเกินไปจนโลหะงานหรือโซ่เสียสภาพและเวลาที่กระแสไหลผ่านต้องสั้นพอเหมาะ (กรมชลประทาน, 2562) เพราะถ้านานเกินไปหน้าอิเล็กโทรดจะร้อนจัดและอาจหลอมติดกับโลหะงานหรือโซ่ได้ ซึ่งจะส่งผลทำให้อายุการใช้งานสั้นลง สำหรับปริมาณความร้อนที่เกิดในการเชื่อมขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 3 ประการ คือ กระแส ความต้านทานของตัวนำหรือโลหะงานและเวลาที่กระแสไหลผ่าน ความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสกำลังสอง, ความต้านทานและเวลา ซึ่งความร้อนที่เกิดขึ้นจะใช้เพื่อเชื่อมงานเข้าด้วยกัน โดยมีบางส่วนสูญเสียให้กับสภาพแวดล้อมที่อยู่ใกล้เคียงด้วยสำหรับกระแสไฟฟ้าที่ต้องการเพื่อเชื่อมงานเป็นสัดส่วนผกผันกับรากที่สองของเวลา ดังนั้นถ้าเวลาสั้นมากต้องใช้กระแสสูงมากตาม



ภาพที่ 1 การกระจายอุณหภูมิในการเชื่อม (Polajnar et al, 2008)

2. การออกแบบวงจรกำลัง

ในวงจรกำลังจะประกอบด้วยหม้อแปลงซึ่งเป็นอุปกรณ์ในการจ่ายกระแสเชื่อมให้กับหัวเชื่อมโซ่ โดยควบคุมปริมาณกระแสโดยใช้เอส ซี อาร์แบบควบคุมเฟสซึ่งจะเป็นการต่อแบบสองทิศทางก็จะสามารถควบคุมแรงดันในการจ่ายอินพุตให้กับหม้อแปลงทั้งในซีกบวกและซีกลบ แสดงในภาพที่ 2

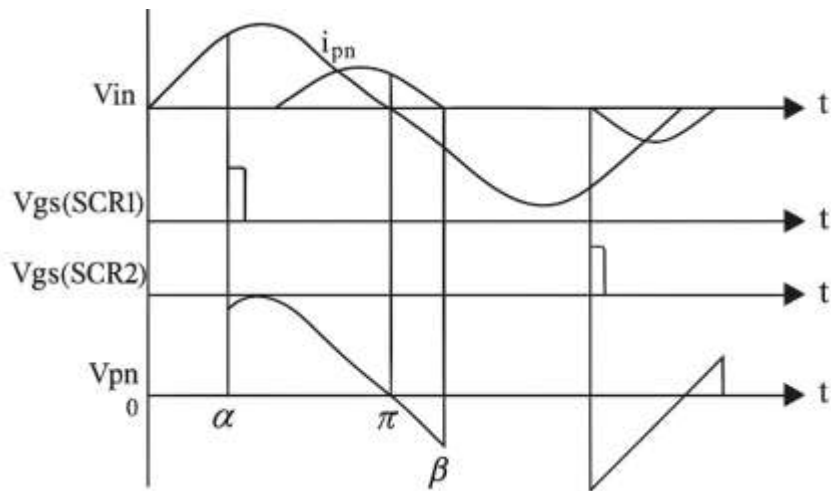


ภาพที่ 2 วงจรกำลังเครื่องเชื่อมโซ่ (Popa et al, 2014)

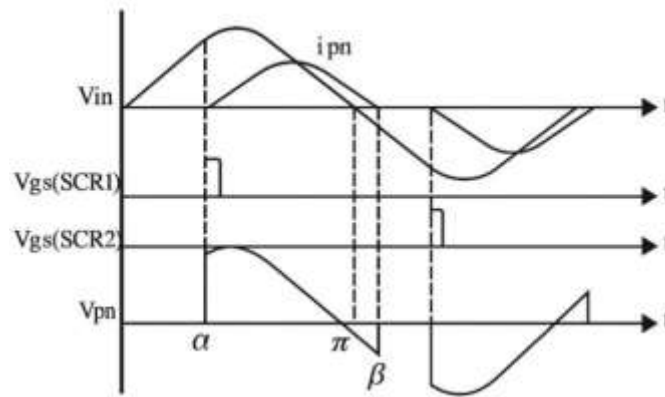
ในการควบคุมการจุดชนวน เอส ซี อาร์ แบบควบคุมเฟสตามภาพที่ 2 นั้นจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวสร้างสัญญาณจุดชนวนให้กับ SCR1 และ SCR 2 เพื่อเป็นตัวควบคุมกระแสในการเชื่อมให้เหมาะสมกับขนาดของโซ่ที่ใช้ในการเชื่อม โดยการเชื่อมโซ่ในแต่ละขนาดจะสร้างสัญญาณจุดชนวนเอส ซี อาร์ เพื่อควบคุมแรงดันที่เป็นตัวกำหนดค่ากระแสในการเชื่อมให้มี 2 ค่าด้วยกัน โดยกำหนดค่าแรงดันช่วงแรกให้มิต่ำน้อยเพื่อใช้สำหรับการอุ่นโซ่ให้มีความร้อน ส่วนแรงดันในช่วงที่สองจะให้มีค่ามากเพื่อให้ได้ค่ากระแสที่มีค่าสูงเพื่อใช้สำหรับการหลอมละลายโซ่ให้ติดกันตามภาพที่ 3 และภาพที่ 4 โดยมีสมการดังนี้

$$\begin{aligned}
 V_{pri}(rms) &= \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\beta} [V_m \sin \omega t]^2 d(\omega t)} \\
 &= \left\{ \frac{V_m^2}{2\pi} \int_{\alpha}^{\beta} \frac{1}{2} (1 - \cos 2\omega t) d\omega t \right\}^{\frac{1}{2}} \\
 &= V \left[\frac{1}{\pi} \left(\beta - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2} - \frac{\sin 2\beta}{2} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \\
 \therefore &= V \sqrt{\frac{1}{\pi} \left(\beta - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2} - \frac{\sin 2\beta}{2} \right)} \quad (1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{pri}(rms) &= \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\beta} i_o^2 \omega t d(\omega t)} \\
 &= \frac{V}{Z} \left[\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\beta} \left\{ \sin(\omega t - \phi) - \sin(\alpha - \phi) e^{\left(\frac{R}{L}\right)\left(\frac{\alpha}{\omega - t}\right)} \right\} d\omega t \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)
 \end{aligned}$$



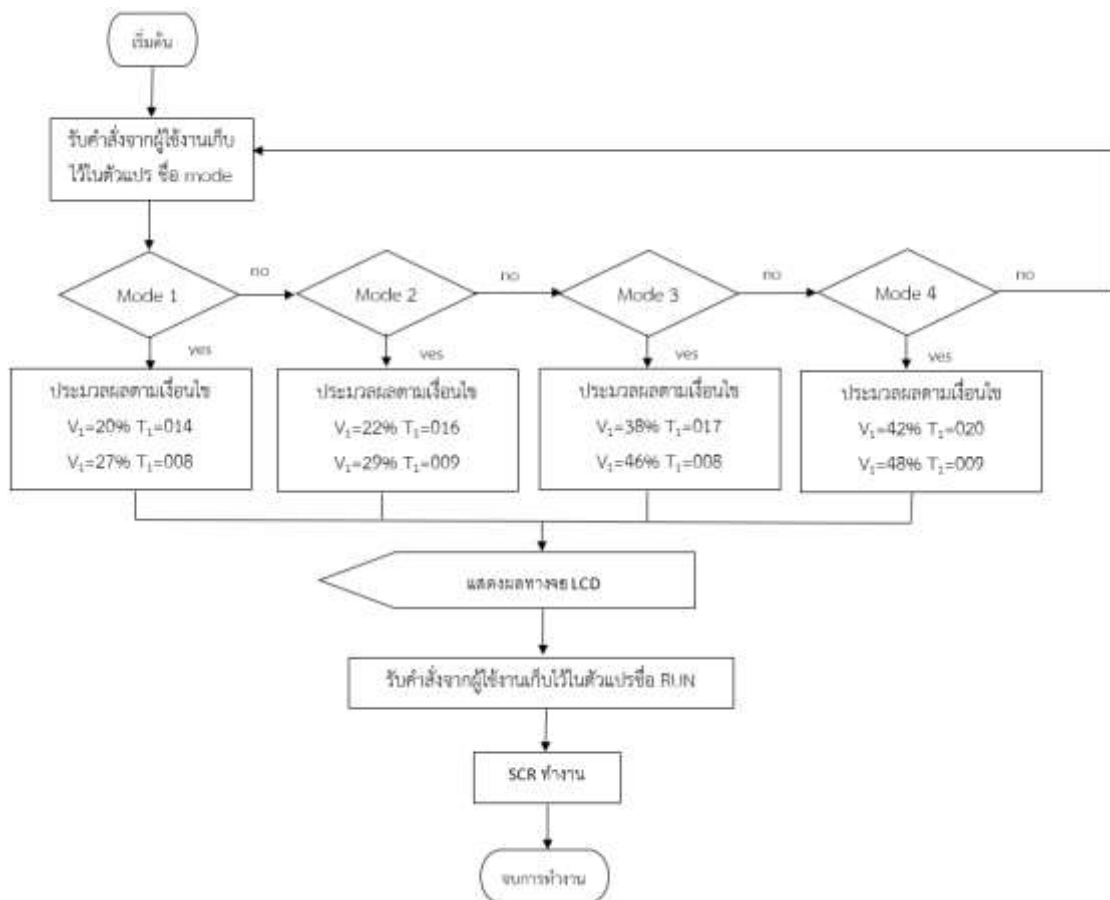
ภาพที่ 3 ภาพคลื่นการทำงานช่วงแรก(การอุ่นโซ่)



ภาพที่ 4 ภาพคลื่นการทำงานช่วงที่สอง(การเชื่อมต่อ)

จากภาพที่ 3 มุมจุดชนวน (α) เอสซีอาร์ จะมีค่ามากส่งผลทำให้แรงดันเข้าหม้อแปลงมีค่าน้อยและได้ค่ากระแสที่ไหลเข้าหม้อแปลงก็จะมีค่าน้อยด้วยทำให้ค่ากระแสในการเชื่อมมีค่าน้อย ซึ่งสภาวะนี้จะเป็นการทำให้เกิดความร้อนที่ตัวโซ่ไม่มากจึงเป็นลักษณะการอุ่นตัวโซ่ ดังภาพที่ 4 เป็นการทำงานในช่วงที่สอง ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อโซ่เพื่อให้เกิดการหลอมละลายติด

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยสามารถเลือกโหมดการทำงานให้เหมาะสมกับขนาดของโซ่ได้ 4 ขนาดด้วยกัน จึงกำหนดโหมดการทำงานได้ 4 โหมดการทำงานตามขนาดของโซ่ ซึ่งแสดงดังภาพที่ 5 และการสร้างสัญญาณจุดชนวน เอส ซี อาร์ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวสร้างสัญญาณจุดชนวนดังภาพที่ 6



ภาพที่ 5 ลำดับการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์



ภาพที่ 6 ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับสร้างสัญญาณจุดชนวนเอสซีอาร์

จากภาพที่ 5 เป็นลำดับการสร้างสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยผู้ใช้เป็นคนกำหนดโหมดการทำงานให้เหมาะสมกับกับขนาดของโซ่ที่จะทำการเชื่อมหลังจากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะดึงข้อมูลการสร้างสัญญาณจากฐานข้อมูลเพื่อนำมาสร้างสัญญาณในการจุดชนวนให้กับ SCR1 และ SCR 2 โดยมีข้อมูลแบ่งออกเป็น โหมดการทำงานดังตารางที่ 1 สำหรับภาพที่ 6 เป็นชุดต้นแบบสำหรับสร้างสัญญาณจุดชนวนเอสซีอาร์ โดยประกอบด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เป็นตัวสร้างสัญญาณจุดชนวนเอสซีอาร์ตามความต้องการของผู้ใช้งานที่สามารถกดปุ่มหน้าเครื่องตามโหมดการทำงานที่ได้ตั้งค่าไว้

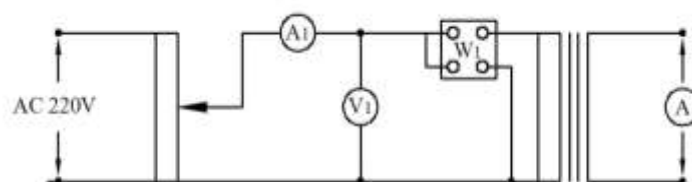
ตารางที่ 1 โหมดการทำงานที่กำหนดตามขนาดของโซ่

MODE Chain size (mm)	ช่วงที่ 1		ช่วงที่ 2	
	แรงดันเข้าหม้อแปลง(V_{pri}) (%)	Time (sec.)	- แรงดันเข้าหม้อแปลง(V_{pri}) (%)	Time (sec.)
1 (Chain size 5)	20	1	27	4
2 (Chain size 6)	22	1	29	4
3 (Chain size 7)	38	1	46	4
4 (Chain size 8)	42	1	48	4

จากตารางที่ 2 ค่าแรงดันเข้าของหม้อแปลง(V_{pri}) ของทั้ง 2 ช่วงการทำงานนั้นจะได้อาจจากการทดสอบในการเชื่อมโซ่เพื่อหาค่าที่เหมาะสมสำหรับนำไปตั้งค่าชุดไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับสร้างสัญญาณจุดชนวนเอสซีอาร์

3. การคำนวณพารามิเตอร์ของตัวแปรของวงจร

3.1 การคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของหม้อแปลงไฟฟ้า



ภาพที่ 7 วงจรการต่อสำหรับทดสอบหาพารามิเตอร์หม้อแปลง

จากภาพที่ 7 เป็นการทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ของหม้อแปลงที่เป็นส่วนประกอบวงจรกำลังเครื่องเชื่อมโซ่ตามภาพที่ 2 โดยทำการจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับเข้าทางปฐมภูมิของหม้อแปลงแล้ววัดค่า แรงดัน V_1 , กระแส I_1 , กระแส I_2 และกำลังไฟฟ้า P_1 นำมาคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของหม้อแปลงตามตารางที่ 2 ด้วยตามสมการ

$$R = \frac{P_1}{I_2^2}, \quad Z = \frac{V_1}{I_2}, \quad X = \sqrt{Z^2 - R^2} \quad (3)$$

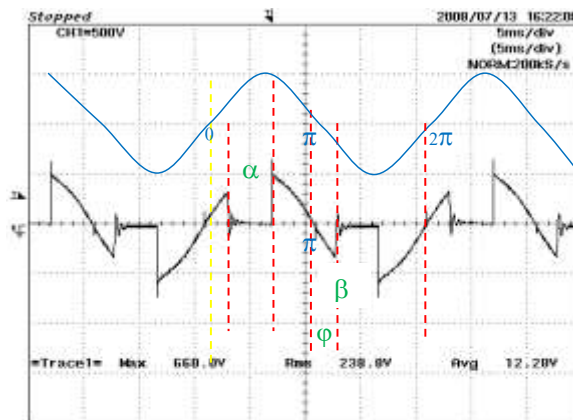
ตารางที่ 2 ผลการทดสอบและการคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆเมื่อทำการทดสอบแบบลัดวงจร

จากการทดสอบ				จากการคำนวณ			
$I_1(A)$	$V_1(V)$	$I_2(A)$	$P_1(W)$	$\cos \phi$	$R(\Omega)$	$X(\Omega)$	$Z(\Omega)$
0.30	2.885	5.40	0.70	0.809	7.778	5.655	9.617

จากผลการทดสอบและคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของหม้อแปลง

จะได้ $R = \frac{P_1}{(I_1)^2} = \frac{0.7}{(0.3)^2} = 7.778 \Omega$

ผลการวัดรูปคลื่นสัญญาณตามภาพที่ 8 จะได้ว่าคลื่นสัญญาณที่ล่าช้าและมีค่าเท่ากับ 2 ช่องโดยสัญญาณ 1 คาบ ซึ่งจะมีค่า 10 ช่อง เท่ากับ 180° และได้มุม $\phi = 36^\circ$



ภาพที่ 8 คลื่นสัญญาณที่เกิดมุมต่างๆ ในการคำนวณ

ช่วง 36° นี้คือค่าของ ϕ

จากสูตร $\phi = \tan^{-1} \left[\frac{W_L}{R} \right]$

หาค่า $L = \tan \phi \left[\frac{R}{W} \right]$

แทนค่า $= \tan 36^\circ \left[\frac{7.778}{2 \times \pi \times 50} \right]$

จะได้

$$L = 0.018 \text{ H}$$

$$= 18 \text{ mH}$$

$$X = 2 \times \pi \times f \times L_1$$

$$= 2 \times \pi \times 50 \times 0.018$$

$$X = 5.656 \text{ } \Omega$$

จาก

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$= \sqrt{7.778^2 + 5.656^2}$$

$$Z = 9.617 \text{ } \Omega$$

และ

$$V_1 = Z \times I_1$$

$$= 9.617 \times 0.30$$

$$V_1 = 2.885 \text{ V}$$

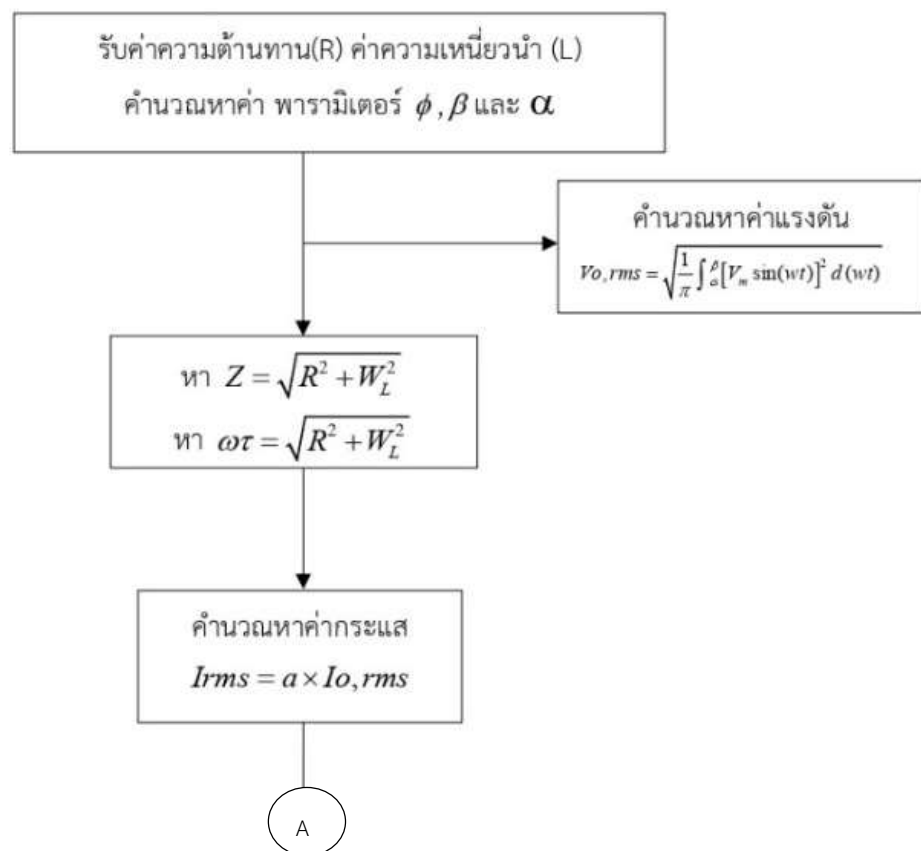
จาก

$$\cos \phi = \frac{P_1}{(I_1)(V_1)}$$

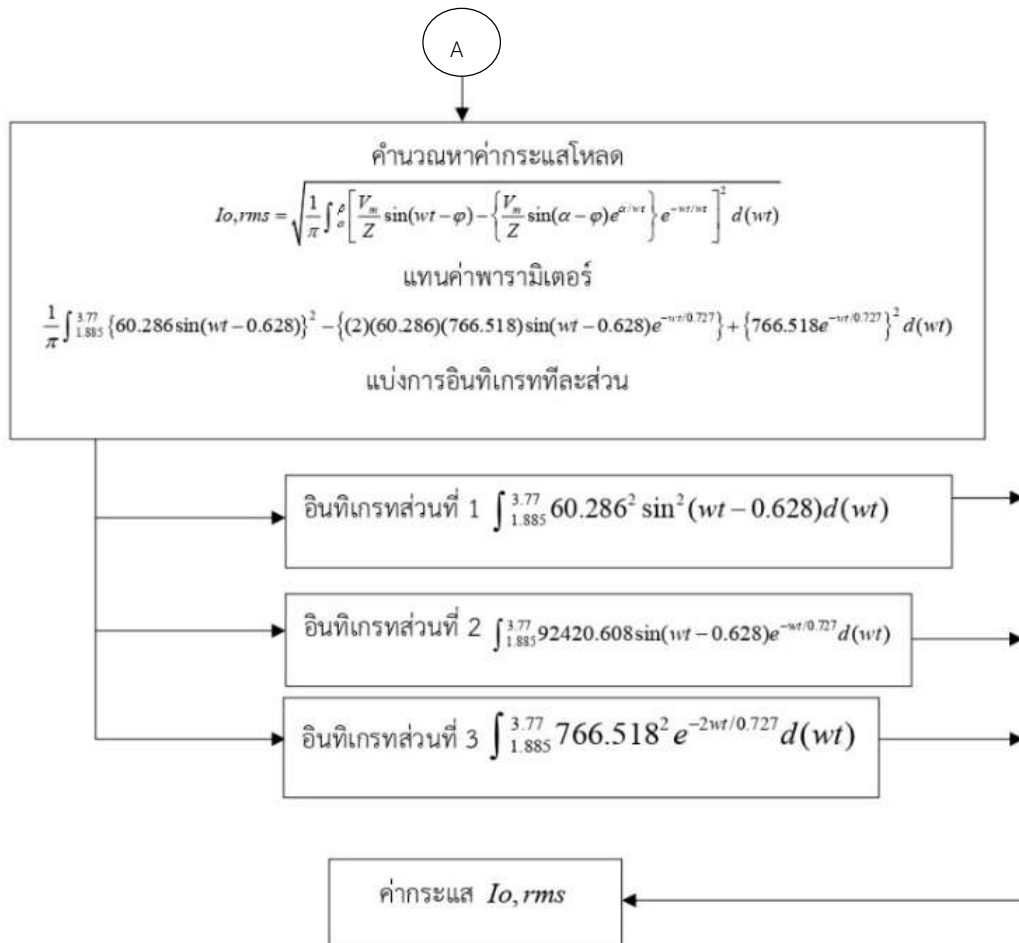
$$= \frac{0.70}{0.30 \times 2.885}$$

$$\cos \phi = 0.809$$

3.2 ขั้นตอนการคำนวณหาค่า V_o, rms และค่า I_o, rms โดยทางคณิตศาสตร์



ภาพที่ 9 คลื่นสัญญาณที่เกิดขึ้นต่าง ๆ ในการคำนวณ

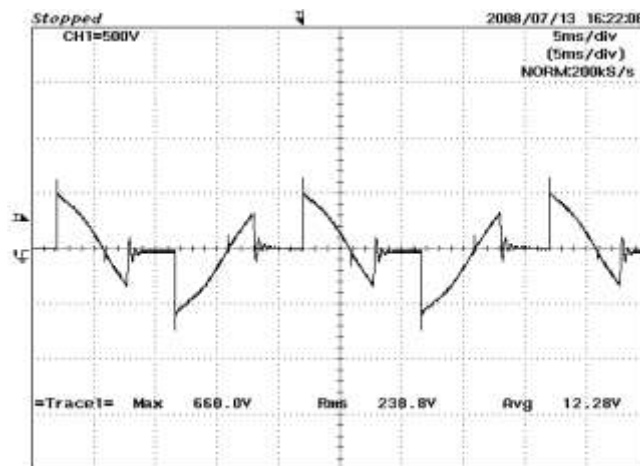


ภาพที่ 9 คลื่นสัญญาณที่เกิดขึ้นมต่าง ๆ ในการคำนวณ (ต่อ)

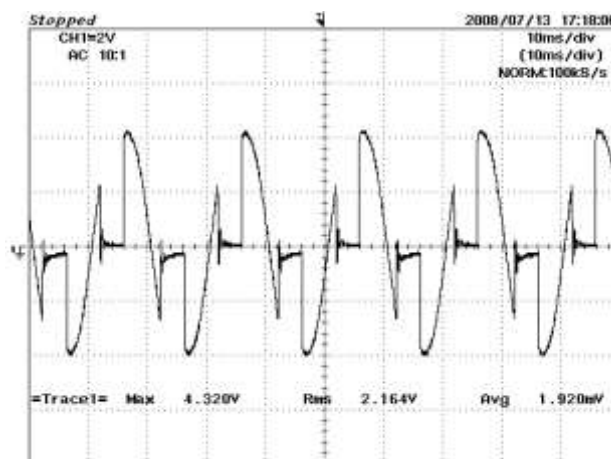
จากภาพที่ 9 รับค่าความต้านทาน(R) ค่าความเหนี่ยวนำ (L) คำนวณหาค่า พารามิเตอร์ ϕ , β และ α และคำนวณหาค่าแรงดัน จากนั้นเมื่อได้ค่า ϕ , β และ α แล้ว นำค่าที่ได้ไปคำนวณเพื่อหาค่ากระแส $I_{o,rms}$ โดยการแยกอินทิเกรตทีละส่วน เมื่อได้ค่าครบทั้ง 3 ส่วนแล้ว นำมารวมกัน จะได้ค่า $I_{o,rms}$ โดยเป็นไปตามขั้นตอนตามภาพที่ 9

ผลการวิจัย

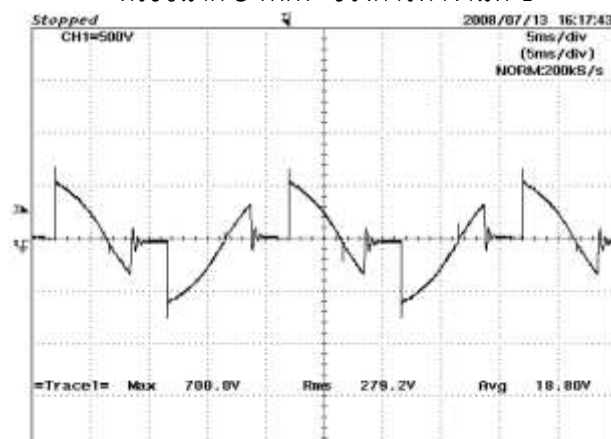
เป็นการวัดค่าแรงดันและทางด้านเข้าของหม้อแปลงในวงจรกำลัง ซึ่งจะเป็นแรงดันและที่ทำงานในช่วงการเชื่อมต่อ โดยมีค่าแรงดันอยู่ที่เท่ากับ $238.8 V_{rms}$ ในช่วงการทำงานที่ 1 ดังภาพที่ 10 สำหรับภาพที่ 11 แรงดันและกระแสทางด้านออกของหม้อแปลงในวงจรกำลัง ซึ่งจะเป็นภาพคลื่นแรงดันและกระแสที่ทำงานในช่วงการเชื่อมต่อ โดยมีค่าแรงดันอยู่ที่เท่ากับ $2.146 V_{rms}$ ดังภาพที่ 11



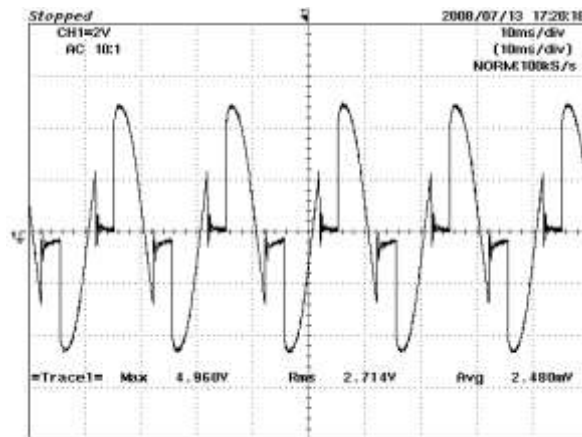
ภาพที่ 10 คลื่นสัญญาณวัดก่อนเข้าหม้อแปลงตู้เชื่อมที่แรงดัน 20% $V_{rms} = 238.8 \text{ V}$ ที่ใช้ขนาด 5 mm ช่วงการทำงานที่ 1



ภาพที่ 11 คลื่นสัญญาณวัดหลังออกจากหม้อแปลงตู้เชื่อมที่แรงดัน 20% $V_{rms} = 2.164 \text{ V}$ ที่ใช้ขนาด 5 mm ช่วงการทำงานที่ 1



ภาพที่ 12 คลื่นสัญญาณวัดก่อนเข้าหม้อแปลงตู้เชื่อมที่แรงดัน 27 % $V_{rms} = 279.2 \text{ V}$ ที่ใช้ขนาด 5 mm. ช่วงการทำงานที่ 2



ภาพที่ 13 คลื่นสัญญาณวัดก่อนเข้าหม้อแปลงตู้เชื่อมที่แรงดัน 27 % $V_{rms} = 2.714 \text{ V}$ ที่โซ่ขนาด 5 mm. ช่วงการทำงานที่ 2



ภาพที่ 14 เครื่องเชื่อมโซ่ขณะทำงานการเชื่อมโซ่ขนาด 5 mm

จากภาพที่ 14 เป็นชุดไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับสร้างสัญญาณจุดชนวน เอส ซี อาร์ ในเครื่องเชื่อมโซ่ โดยทำการทดสอบการทำงานทั้งหมดของเครื่องปรับระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับเครื่องเชื่อมโซ่ ชุดปรับระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ต่อใช้งานเข้ากับเครื่องเชื่อมโซ่ ทำการปรับตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการเชื่อมโซ่ขนาดต่างๆ ซึ่งเมื่อทดลองเชื่อมโซ่ในแต่ละขนาดและนำไปทดสอบการรับแรงดึง สามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานของทดสอบโซ่ในแต่ละขนาด และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าปรับแรงดันของเครื่องเชื่อมโซ่ระบบเดิม ซึ่งจะได้ผลการทดสอบการใช้งานและการวัดค่าแรงดันด้านเข้าของหม้อแปลงเปรียบเทียบกับค่าคำนวณทางคณิตศาสตร์จะได้ตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้กับค่าที่คำนวณทางคณิตศาสตร์

ขนาดโซ่ Mode	ค่าที่ตั้งสำหรับการใช้งาน	ค่าที่วัดได้จากการทดลอง (Vrms)	ค่าที่คำนวณทางคณิตศาสตร์ (Vrms)	ค่าผิดพลาด (%)	ช่วงที่ทำงาน
1 ขนาดโซ่ 5 mm.	$V_1=20\%$	238.8	244.315	2.26	ช่วงที่ 1 (อุ่น)
	$T_1=014$	-	-	-	
	$V_2=27\%$	279.2	278.874	1.57	ช่วงที่ 2 (เชื่อม)
	$T_2=008$	-	-	-	

ขนาดโซ่ Mode	ค่าที่ตั้งสำหรับ การใช้งาน	ค่าที่วัดได้จาก การทดลอง (Vrms)	ค่าที่คำนวณทาง คณิตศาสตร์ (Vrms)	ค่าผิดพลาด (%)	ช่วงที่ทำงาน
2 ขนาดโซ่ 6 mm.	$V_1=22\%$	249.3	250.479	0.47	ช่วงที่ 1 (อุ่น)
	$T_1=016$	-	-	-	
	$V_2=29\%$	283.0	292.418	3.22	ช่วงที่ 2 (เชื่อม)
	$T_2=009$	-	-	-	
3 ขนาดโซ่ 7 มม.	$V_1=38\%$	324.1	344.389	5.89	ช่วงที่ 1 (อุ่น)
	$T_1=017$	-	-	-	
	$V_2=46\%$	353.2	376.457	6.18	ช่วงที่ 2 (เชื่อม)
	$T_2=008$	-	-	-	
4 ขนาดโซ่ 8 mm.	$V_1=42\%$	341.4	353.210	3.34	ช่วงที่ 1 (อุ่น)
	$T_1=020$	-	-	-	
	$V_2=48\%$	356.9	379.783	6.02	ช่วงที่ 2 (เชื่อม)
	$T_2=009$	-	-	-	

โดยที่ V_1 คือ ค่าแรงดันทางด้านปฐมภูมิของหม้อแปลง

V_2 คือ ค่าแรงดันทางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลง

จากตารางที่ 3 เป็นการทดสอบจากเครื่องมือวัดเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณจะมีค่าผิดพลาดเนื่องจากเวลาที่ใช้ในการวัดค่าต่างๆขณะทดสอบน้อยมาก ซึ่งเป็นผลทำให้ค่าที่จากเครื่องมือวัดยังไม่นิ่ง จึงมีค่าผิดพลาดตามขนาดของโซ่

สรุปและอภิปรายผล

การทดสอบการทำงานทั้งหมดของเครื่องปรับระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับเครื่องเชื่อมโซ่ชุดปรับระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ต่อใช้งานเข้ากับเครื่องเชื่อมโซ่ ทำการปรับตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการเชื่อมโซ่ขนาดต่าง ๆ ซึ่งเมื่อทดลองเชื่อมโซ่ในแต่ละขนาดและนำไปทดสอบการรับแรงดึง สามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานของทดสอบโซ่ในแต่ละขนาดและเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าปรับแรงดันของเครื่องโซ่ระบบเดิมเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณค่าผิดพลาดน้อยเมื่อขนาดของโซ่ที่มีขนาดเล็ก และมากขึ้นตามขนาดของโซ่

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบการปรับแรงดันของเครื่องโซ่

การปรับแรงดันของเครื่องโซ่ระบบเดิม	การปรับแรงดันของเครื่องโซ่ระบบใหม่
1. ต้องใช้ความชำนาญในการปรับตั้งระดับแรงดัน	1. ทำการตั้งค่าของ mode การเชื่อมโซ่แต่ละขนาดในไมโครคอนโทรลเลอร์ทำให้เลือกใช้ในการเชื่อมโซ่ง่ายขึ้น
2. การสูญเสียเส้นลวดในช่วงการปรับตั้งระดับแรงดันเมื่อทำการเปลี่ยนขนาดเส้นลวดที่ใช้ในการผลิตโซ่	2. ลดการสูญเสียเส้นลวดเนื่องจากถ้ามีการเปลี่ยนขนาดเส้นลวดที่ใช้ในการผลิตโซ่ระดับแรงดันที่ปรับตั้งจะเหมาะสมกับขนาดโซ่
3. ความผิดพลาดระหว่างการเชื่อมโซ่เฉลี่ย 20 ครั้งในหนึ่งวัน	3. ลดความผิดพลาดระหว่างการเชื่อมโซ่ซึ่งเฉลี่ย 10 ครั้งในหนึ่งวัน

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบการปรับแรงดันของเครื่องโซ่ (ต่อ)

การปรับแรงดันของเครื่องโซ่ระบบเดิม	การปรับแรงดันของเครื่องโซ่ระบบใหม่
4.อุปกรณ์ในการควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับหายากในท้องตลาด	4.อุปกรณ์ในการควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับหาง่ายในท้องตลาด
5. ผ่านมาตรฐานของทดสอบโซ่	5. ผ่านมาตรฐานของทดสอบโซ่

จากผลการทดลองเครื่องปรับระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับเครื่องเชื่อมโซ่ การพัฒนาเครื่องเชื่อมโซ่ที่มีการควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้า โดยระบบที่ออกแบบใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมหลักในการจุดชนวนเกทของซิลิกอนคอนโทรลเรกติไฟเออร์ (SCR) เพื่อปรับระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับก่อนเข้าสู่เครื่องเชื่อม ซึ่งผลการทำงานแสดงให้เห็นว่าเครื่องสามารถปรับแรงดันได้อย่างแม่นยำ เหมาะสมกับการเชื่อมโซ่ในขนาดต่าง ๆ โดยเฉพาะขนาด 5–7 มิลลิเมตร ทั้งนี้โซ่ที่ผ่านการเชื่อมด้วยเครื่องต้นแบบเมื่อผ่านการทดสอบแรงดึงแล้วพบว่ามีความแข็งแรงและผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามที่กำหนด

เมื่อเปรียบเทียบกับระบบการควบคุมแรงดันแบบเดิมซึ่งต้องอาศัยพนักงานที่มีประสบการณ์สูงในการปรับค่าความต้านทาน พบว่าระบบใหม่ที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์มีความสะดวกและปลอดภัยมากกว่า อีกทั้งยังสามารถลดความผิดพลาดในการปรับแรงดันได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยจากการทดสอบในสภาวะจริงพบว่าความผิดพลาดจากการปรับระดับแรงดันลดลงจากเฉลี่ย 20 ครั้งต่อวัน เหลือเพียงประมาณ 10 ครั้งต่อวัน นอกจากนี้ยังสามารถลดการสูญเสียของเส้นลวดที่ใช้ในการผลิตโซ่ได้อย่างเห็นได้ชัด ส่งผลให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นและลดต้นทุนในการดำเนินงาน

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสามารถช่วยยกระดับประสิทธิภาพและคุณภาพของกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมได้อย่างแท้จริง อีกทั้งยังช่วยลดการพึ่งพาทรัพยากรบุคคลที่มีทักษะเฉพาะทาง ลดความผิดพลาดในการทำงาน เครื่องปรับระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับเครื่องเชื่อมโซ่ที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองต่อความต้องการของภาคอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีศักยภาพในการนำไปใช้งานจริงในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

ในการจัดทำเครื่องปรับระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับเครื่องเชื่อมโซ่ ควรจะพัฒนาคุณสมบัติความสามารถในการทำงานของเครื่องปรับระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับเครื่องเชื่อมโซ่ ดังนี้

- ควรพัฒนาโปรแกรมเพื่อให้สามารถควบคุมการจุดชนวนเกท สำหรับการเชื่อมโซ่ที่มีขนาดใหญ่กว่านี้ได้
- ควรจะติดตั้ง โวลต์มิเตอร์ เพื่อให้ผู้ใช้เครื่องได้รับรู้ว่าการเชื่อมโซ่แต่ละขนาดมีระดับแรงดันที่เท่าใด
- ควรพัฒนาให้เครื่องปรับระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับเครื่องเชื่อมโซ่มีขนาดที่ เล็ก gọn เพื่อความสะดวกในขณะติดตั้งใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

กรมชลประทาน. (2562). เครื่องเชื่อมไฟฟ้า. <https://shorturl.asia/YGd2e>. ค้นเมื่อ 25 มีนาคม 2567.

กวิน สนธิเพิ่มพูน ชลลดา เรือนอินทร์ เดชฤทธิ์ กิตติเดช ปริญญญา ดวงจิตร์. (2566). การหาค่าตัวแปรที่เหมาะสมในการเชื่อมจุดของอลูมิเนียมอัลลอย 6061-T6 ในอุตสาหกรรมยานยนต์. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*, 18(2): 96-110.

- บริษัท ซิสเต็มส์สโตน จำกัด. (2567). อายุของเครื่องจักร และแนวโน้มอาการเสียในแต่ละอุตสาหกรรม ปัจจัยใดที่ส่งผลต่อการใช้งาน. <https://factorium.tech/article-june-industrialmachine/>. ค้นเมื่อ 16 กุมภาพันธ์ 2567.
- Bendrich, M., Scheuer, A., Hayes, R. E., & Votsmeier, M. (2018). Unified mechanistic model for Standard SCR, Fast SCR, and NO₂ SCR over a copper chabazite catalyst. *Applied Catalysis B: Environmental*, 222: 76-87. <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2017.09.069>.
- Dai, W., Li, D., Tang, D., Wang, H., & Peng, Y. (2022). Deep learning approach for defective spot welds classification using small and class-imbalanced datasets. *Neurocomputing*, 477: 46-60. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2022.01.004>
- Damma, D., Ettireddy, P. R., Reddy, B. M., & Smirniotis, P. G. (2019). A review of low temperature NH₃-SCR for removal of NO_x. *Catalysts*, 9(4): 3-35. <https://doi.org/10.3390/catal9040349>.
- Doshi, A., Smith, R. T., Thomas, B. H., & Bouras, C. (2017). Use of projector based augmented reality to improve manual spot- welding precision and accuracy for automotive manufacturing. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 89: 1279–1293. <https://doi.org/10.1007/s00170-016-9164-5>
- Forzatti, P. (2001). Present status and perspectives in de-NO_x SCR catalysis. *Applied Catalysis A: General*, 222(1–2): 221-236. [https://doi.org/10.1016/S0926-860X\(01\)00832-8](https://doi.org/10.1016/S0926-860X(01)00832-8)
- Gao, F. (2020). Fe-exchanged small-pore zeolites as ammonia selective catalytic reduction (NH₃-scr) catalysts. *Catalysts*, 10(11): 1-33. <https://doi.org/10.3390/catal10111324>
- Ivan, P., Janez, G., and Elsayed A. ESMAIL. (2008). sources of acoustic emission in resistance spot welding. Česká Společnost Pro Nedeštruktivní Zkoušení Materiálu Mezinárodní Konference Defektoskopie 2008, 187-194.
- Palmonella, M., Friswell, M. I., Mottershead, J. E., & Lees, A. W. (2005). Finite element models of spot welds in structural dynamics: Review and updating. *Computers and Structures*, 83(8–9): 648-661. <https://doi.org/10.1016/j.compstruc.2004.11.003>
- Popa, G., Sora, I., Diniş, C., Deacon, S. (2014). an analysis on the velocity of dust particles in the plate- type electrostatic precipitators used in thermoelectric power plants. *Environment Protection Engineering*, 40(1). 85-102. DOI: 10.5277/epe140107.
- Pouranvari, M. (2017). Fracture toughness of martensitic stainless steel resistance spot welds. *Materials Science and Engineering: A*, 680: 97-107. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2016.10.088>
- Shi, Z., Peng, Q., E, J., Xie, B., Wei, J., Yin, R., & Fu, G. (2023). Mechanism, performance and modification methods for NH₃-SCR catalysts: A review. *Fuel*, 331(2). <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.125885>
- Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K. K., Colquhoun, H., Levac, D., Moher, D., Peters, M. D. J., Horsley, T., Weeks, L., Hempel, S., Akl, E. A., Chang, C., McGowan, J., Stewart, L., Hartling, L., Aldcroft, A., Wilson, M. G., Garritty, C., Straus, S. E. (2018). PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): Checklist and explanation. *Annals of Internal Medicine*, 169(7). <https://doi.org/10.7326/M18-0850>