ST-12

เครื่องเชื่อมจุด 11.2 กิโลวัตต์

11.2 kW Spot Welding Machine

ธนัช เอกเกื้อกูล[1] และวิชาญ ศรีสุวรรณ์[2]
Tanut Aekkuerkul[1] and Wichan Srisuwan[2]
[1,2] อาจารย์ประจำ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
อีเมล: wichan.sri@neu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอเครื่องเชื่อมจุดสำหรับเชื่อมชิ้นงานพิกัดขนาด 11.2 กิโลวัตต์ เพื่อใช้เชื่อมชิ้นงานที่มีขนาดบางๆ ได้ โดยที่ขอบเขตของชิ้นงานวิจัย คือ ออกแบบและสร้างหม้อแปลงที่มีพิกัดแรงดัน 230/7 โวลต์ และกระแสขาออกมากกว่า 800 แอมป์ เพื่อสร้างแรงดันสำหรับการเชื่อมจุด เครื่องเชื่อมจุดนี้ควบคุมการทำงานด้วยวงจรไอซี 555 และสามารถเชื่อมชิ้นงานที่มีความหนา 4 มิลลิเมตร (โลหะแผ่นขนาด 2 มิลลิเมตรประกบกัน) โดยมีหลักการทำงานดังนี้: เมื่อสวิตช์เท้าถูกเหยียบ สวิตช์เท้าจะสั่งงานให้วงจรไอซี 555 เริ่มการทำงานและควบคุมระยะเวลาที่แมกเนติกคอนแทคเตอร์จ่ายไฟให้กับหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งระยะเวลาที่แมกเนติกคอนแทคเตอร์จ่ายไฟนี้สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความหนาของชิ้นงาน จากนั้นเมื่อหม้อแปลงไฟฟ้าได้รับแรงดันแล้ว หม้อแปลงไฟฟ้ามีหน้าที่ในการลดทอนแรงดันให้ต่ำลงจาก 230 โวลต์ เป็น 5-7 โวลต์ ซึ่งแรงดันที่ถูกลดทอนนี้จะถูกป้อนให้กับหัวเชื่อมชิ้นงานเพื่อใช้ในการเชื่อมจุด จากผลการทดสอบ พบว่าสามารถเชื่อมเหล็กที่มีขนาดบางๆ จนไปถึงเหล็กหนาที่มีขนาด 4 มิลลิเมตรได้ (เหล็กแผ่นขนาด 2 มิลลิเมตรประกบกัน) ซึ่งเป็นไปตามขอบเขตที่ออกแบบไว้ และสามารถนำไปเชื่อมสิ่งของในชีวิตประจำวันที่ชำรุดได้ เช่น เหล็กย่าง เหล็กคีบ หม้อ และของอื่นๆที่ทำจากเหล็ก เป็นต้น

คำหลัก: เครื่องเชื่อมจุด, หม้อแปลงไฟฟ้า, ไอซี 555.

Abstract

This research presents a spot welding machine for welding thin metal workpieces. The scope of this research is to design and build a transformer, voltage ratio of 230/7 volt with the output current of more than 800 amps, that creates a voltage for spot welding. The operation of this machine is controlled by the IC 555 circuit. The machine can weld workpieces with the thickness of up to 4 mm (2 pieces of 2mm sheet metal). The working principle is as follows: When the user presses the foot switch, it will trigger the IC 555 circuit to start the operation and control the ON/OFF period of the magnetic contactor that supply the voltage to the transformer. This ON/OFF period can be adjusted according to the thickness of the metal workpieces. After receiving the voltage from the magnetic contactor, the transformer is responsible for reducing the voltage from

230 volts to 5-7 volts and this reduced voltage will be supplied to the welding electrode for spot welding the workpieces. From the experiment, it was found that the machine was able to spot-weld the thin mild steel with the thickness up to 4 mm (2 pieces of 2mm sheet steel). The machine meets the scope of the design and can be used for fixing the broken metal products such as grilling meshes, tongs, pots and other items made of steel etc.

Keywords: Spot welding machine, Transformer, IC 555.

บทนำ

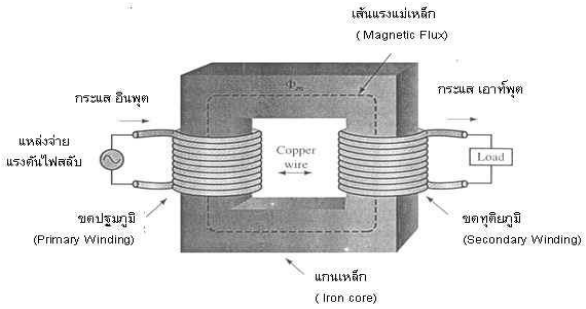
การเชื่อมแบบความต้านทาน (Resistance Welding) (ธนัช เอกเกื้อกุล, 2020) เกี่ยวข้องกับการสร้างความร้อนจากการผ่านกระแสไฟฟ้าผ่านโลหะที่มีความต้านทานไฟฟ้า ซึ่งบริเวณที่มีความต้านทานสูง คือ บริเวณรอยที่ผิวโลหะคนละชิ้นมาสัมผัสกัน จะเกิดความร้อนสูงสุดทำให้โลหะหลอมละลายเกิดเป็นบ่อหลอมเชื่อมต่อโลหะทั้งสองชิ้นเข้าด้วยกัน โดยทั่วไปกระบวนการเชื่อมนี้ทำให้เกิดมลพิษต่ำ แต่มีข้อจำกัดด้านการใช้งานที่ไม่หลากหลาย และอุปกรณ์มีราคาแพง และการเชื่อมจุด (Spot Welding) (สิทธิพงษ์ แสงอินทร์, 2564 และมนตรี วะเศษสร้อย, 2555) เป็นการเชื่อมแบบความต้านทานประเภทหนึ่งที่เป็นที่นิยมใช้งานเชื่อมต่อแผ่นโลหะที่วางซ้อนกันโดยมีความหนาได้ถึง 3 มิลลิเมตร ในการเชื่อมนั้นอิเล็กโทรดสองชิ้นจะทำหน้าที่นำกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ชิ้นงานและกดชิ้นงานในเวลาเดียวกัน ข้อดีของกระบวนการนี้ คือ ใช้พลังงานน้อย และไม่ทำให้ชิ้นงานเสียรูป ทำงานได้เร็ว ทำเป็นระบบอัตโนมัติได้ง่าย และไม่จำเป็นต้องใช้ลวดเติม แต่ความแข็งแรงของแนวเชื่อมที่ได้จะต่ำกว่าการเชื่อมด้วยกระบวนการอื่นๆ เมื่อเทียบกับกระบวนการเชื่อมแบบเดียวกัน (Mallardhya H.M, 2018 และ P. Podrzaj, 2008) การเชื่อมแบบจุดนี้ใช้มากให้อุตสาหกรรมรถยนต์ โดยประยุกต์ใช้กับแขนหุ่นยนต์ ในรถยนต์คันหนึ่งอาจมีรอยเชื่อมจุดได้มากถึงหลายพันจุด ส่วนการเชื่อมแบบตะเข็บ (Seam Welding) คล้ายกับการเชื่อมแบบจุด แต่มีข้อแตกต่างที่การเชื่อมแบบตะเข็บนั้นรอยเชื่อมต่อเนื่องเป็นแนว ไม่ได้เป็นจุด เนื่องจากไม่ได้ใช้อิเล็กโทรดรูปแท่งแบบตะเข็บ แต่ใช้เป็นลักษณะวงล้อ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาและสร้างเครื่องเชื่อมแบบจุด โดยมีหลักการทำงาน เริ่มจากการใช้ foot switch เป็นตัวสั่งการทำงานของวงจรไอซี 555 ให้เริ่มนับเวลาตามที่ตั้งไว้ ซึ่งจะควบคุมการจ่ายไฟให้กับวงจรแมกเนติกคอนแทคเตอร์ เพื่อปล่อยและตัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าเข้าสู่หม้อแปลง ซึ่งหม้อแปลงมีหน้าที่ในการลดทอนแรงดันให้ต่ำลงจาก 230 โวลต์ เป็น 5-7 โวลต์ ที่หัวเชื่อมชิ้นงาน

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

1. หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)

หม้อแปลงไฟฟ้า คือ อุปกรณ์ที่ใช้แปลงแรงดันไฟฟ้าสลับให้มีขนาดแรงดันไฟฟ้าตามที่เราต้องการเรานำหม้อแปลงไฟฟ้าไปใช้ในงานหลายด้านทั้งในระบบการจ่ายไฟฟ้าหรือเป็นอุปกรณ์ประกอบในเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างที่ใช้กันตามบ้านเรือน ไม่ว่าจะเป็นโทรทัศน์ เครื่องขยายเสียง วิทยุเทป หรืออะแด็ปเตอร์แปลงไฟเพื่อใช้ในงานต่างๆ จึงนับว่ามีความสำคัญและเกี่ยวข้องกับงานทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์อย่างมาก ในระบบจ่ายไฟฟ้าจะมีการแปลงแรงดันไฟฟ้าสลับให้มีขนาดสูงมาก ๆ เช่น ให้มีขนาดเป็น 48

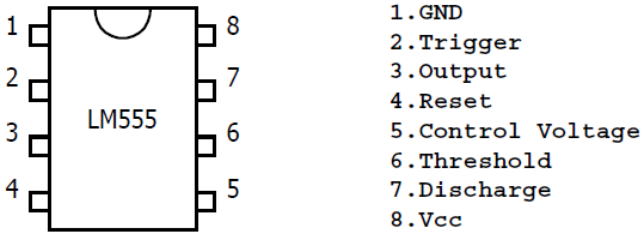
กิโลโวลต์ หรือ 24 กิโลโวลต์ เพื่อลดขนาดของลวดตัวนำที่ต้องใช้ในการจ่ายไฟฟ้าเป็นระยะทางไกลๆ เมื่อถึงปลายทางก่อนที่จะจ่ายไฟฟ้าไปให้แก่บ้านเมืองต่างๆ ก็จะแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าให้ลดลงเป็น 220 โวลต์ เพื่อลดอันตรายที่จะเกิดแก่ผู้ใช้ไฟฟ้าและเมื่อต้องการใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ระดับแรงดันต่ำๆ เช่น 6 โวลต์ หรือ 9 โวลต์ ก็จะต้องมีการแปลงแรงดันไฟฟ้าตามบ้านจาก 220 โวลต์ เป็นระดับไฟฟ้าตามที่ต้องการ อุปกรณ์ที่นำหน้าที่ดังกล่าว เราเรียกว่า หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) การทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้านั้นอาศัยหลักการความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับเส้นแรงแม่เหล็กในการสร้างแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำให้กับตัวนำ คือ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดตัวนำก็จะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กรอบๆ ตัวนำนั้น และถ้ากระแสไฟฟ้าที่ป้อนมีขนาดและทิศทางที่เปลี่ยนแปลงไปมาก็จะทำให้สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ถ้าสนามแม่เหล็กที่มีการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวตัดผ่านตัวนำก็จะเกิดแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำขึ้นที่ตัวนำนั้น โดยขนาดของแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำจะสัมพันธ์กับความเข้มของสนามแม่เหล็ก และความเร็วในการตัดผ่านตัวนำของสนามแม่เหล็ก ดังแสดงในภาพที่ 1 ดังนี้



ภาพที่ 1 โครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า [1]

2. ไอซีเบอร์ 555

ไอซีเบอร์ 555 เป็นไอซีที่นิยมใช้กันมากในการนำไปสร้างสัญญาณรูปคลื่นแบบต่างๆ เช่น สัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยม สัญญาณพัลส์ สัญญาณ ramp และวงจรตั้งเวลาไอซีเบอร์ 555 เป็นอุปกรณ์วงจรรวมที่มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆอยู่ภายในและมีส่วนที่ต้องต่อภายนอกเพื่อควบคุมการทำงานและใช้งานเป็นลักษณะต่างๆ ซึ่งง่ายต่อการออกแบบและง่ายในการสร้างสัญญาณพัลส์ความถี่ต่างๆ อีกทั้งสามารถเข้าใจการทำงานได้ง่ายนอกจากไอซีเบอร์ 555 แล้วยังมีไอซีเบอร์ 556 ที่เป็นแบบ Dual Timer ประกอบด้วยไอซีเบอร์ 555 จำนวน 2 ตัว อยู่ภายในตัวเดียวกัน เพื่อใช้เป็นวงจรตั้งเวลาและสะดวกในการออกแบบวงจรที่ต้องใช้ไอซีเบอร์ 555 หลายๆตัว ดังแสดงในภาพที่ 2 ดังนี้

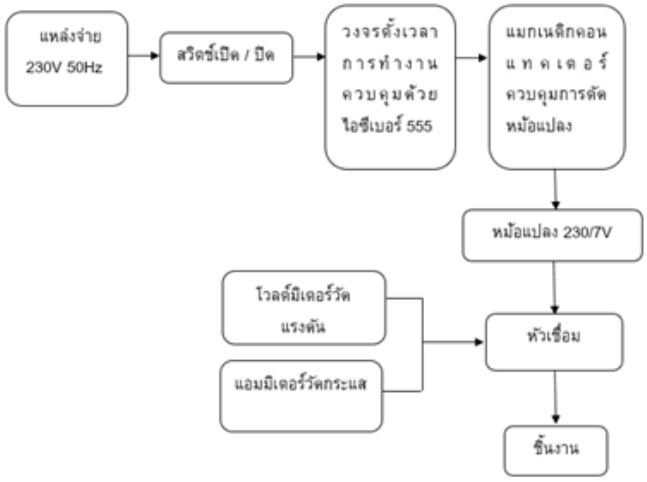


ภาพที่ 2 ส่วนประกอบของไอซีเบอร์ 555 [1]

3. การออกแบบและสร้างเครื่องเชื่อมจุดสำหรับเชื่อมชิ้นงาน

3.1 แผนภาพการทำงาน

จากแผนภาพการทำงานในภาพที่ 3 จะเริ่มจากแหล่งจ่ายไฟ 230 โวลต์ จ่ายไฟเข้าสู่ตัวเครื่องผ่านเบรกเกอร์ เปิดปิดการทำงานจากนั้นจะมีวงจรตั้งเวลาการทำงานควบคุมด้วย IC เบอร์ 555 มีหน้าที่ควบคุมเวลาในการอาร์คโดยมี Foot Switch เป็นตัวสั่งการทำงานของวงจรซึ่งจะควบคุมการจ่ายไฟให้กับวงจรแมกเนติกคอนแทคเตอร์ โดยควบคุมผ่านออปโต้คัปเปลอร์เมื่อวงจรตั้งเวลาการทำงานเริ่มการทำงานแล้ว จะสั่งออปโต้คัปเปลอร์นำกระแสไหลผ่านไปขับรีเลย์ให้ควบคุมแมกเนติกคอนแทคเตอร์ เพื่อปล่อยและตัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าเข้าสู่หม้อแปลง ซึ่งหม้อแปลงมีหน้าที่ในการลดทอนแรงดันให้ต่ำลง จาก 230 โวลต์เป็น 5-7 โวลต์ แรงดัน 5 ถึง 7 โวลต์นี้จะถูกส่งไปที่หัวเชื่อมชิ้นงาน ซึ่งจะเป็นแรงดันที่มีค่าต่ำแต่กระแสจะมีค่าสูงมากในระดับ 1,000 แอมป์ ถึง 1,600 แอมป์



ภาพที่ 3 แผนภาพการทำงานของเครื่องเชื่อมจุดสำหรับเชื่อมชิ้นงาน [1]

3.2 โครงสร้างของเครื่องเชื่อมจุดสำหรับเชื่อมชิ้นงาน

ภาพที่ 4 แสดงโครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องเชื่อมแบบจุดสำหรับเชื่อมชิ้นงานตามการวิจัยนี้ โดยมีส่วนประกอบได้แก่

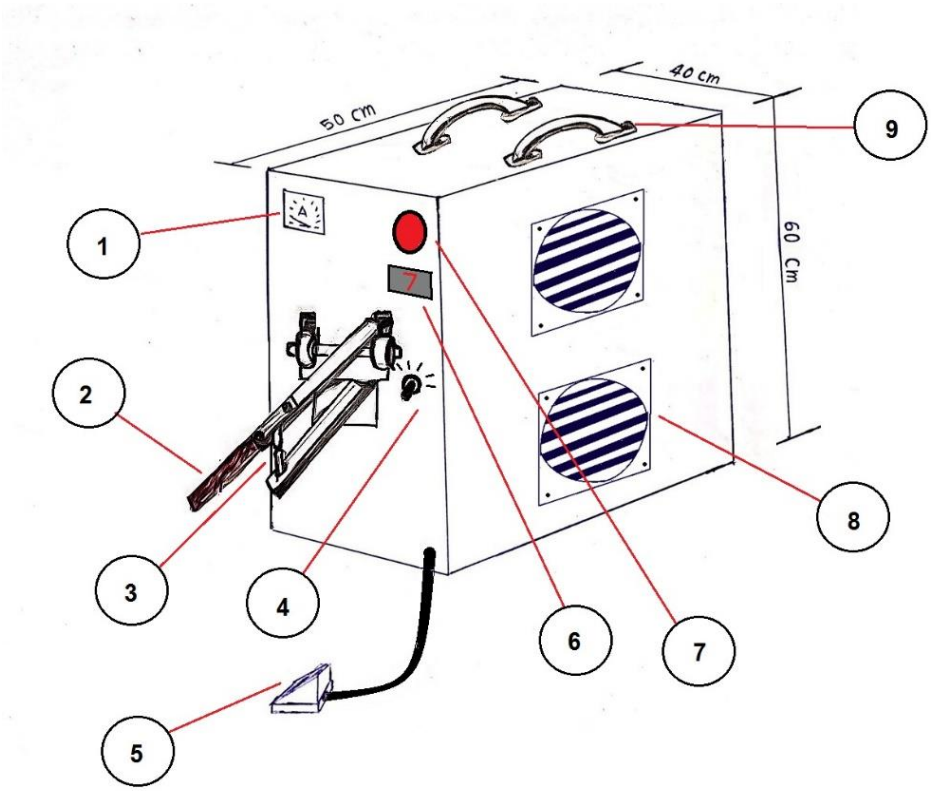
หมายเลข 1 คือ พาเนลแอมมิเตอร์
หมายเลข 2 คือ ด้ามจับกดชิ้นงาน
หมายเลข 3 คือ หัวเชื่อม
หมายเลข 4 คือ โวลลุ่มปรับเวลา
หมายเลข 5 คือ Foot Switch

หมายเลข 6 คือ โวลต์มิเตอร์

หมายเลข 7 คือ ไฟแสดงสถานะการทำงานของเครื่อง

หมายเลข 8 คือ พัดลมระบายอากาศ

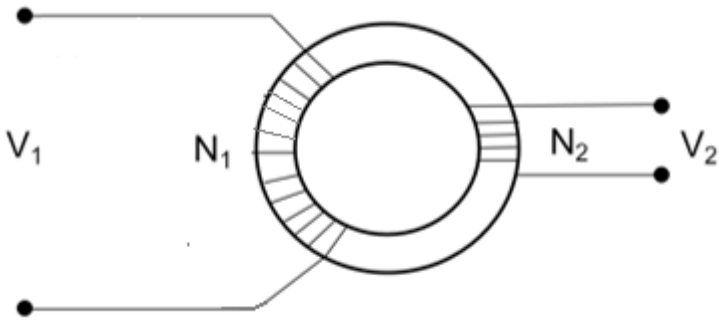
หมายเลข 9 คือ หูจับยกตัวเครื่อง



ภาพที่ 4 โครงสร้างของเครื่องเชื่อมจุดสำหรับเชื่อมชิ้นงาน

3.3 การออกแบบหม้อแปลง

เลือกใช้แกนหม้อแปลงแบบเทอลอยด์ เนื่องจากพันง่าย คำนวณแล้วขนาดเหมาะสมกับการติดตั้ง เนื่องจากงานนี้ต้องใช้กระแสสูง ถ้าเป็นแกน EI มาตรฐาน ต้องใช้ 2 - 3 แกนขนานซึ่งไม่สะดวกแต่ถ้าเป็นแบบเทอลอยด์จะมีเนื้อที่เหลือเยอะและพันง่าย หม้อแปลงกระแสสูงใช้ขดลวดใหญ่ แกนแบบทอลอยด์จะพันง่ายกว่า



ภาพที่ 5 แสดงลักษณะการพันขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้า [2]

กำหนดให้แกนเหล็กมี B_{max} = 1 T , จาก $B_{max} = \frac{\Phi_{max}}{A}$

$$\Phi_{max} = B_{max} A \quad (1)$$

จาก $E = 4.44 f N_1 (B_{max} A)$ (สมการฟาราเดย์)

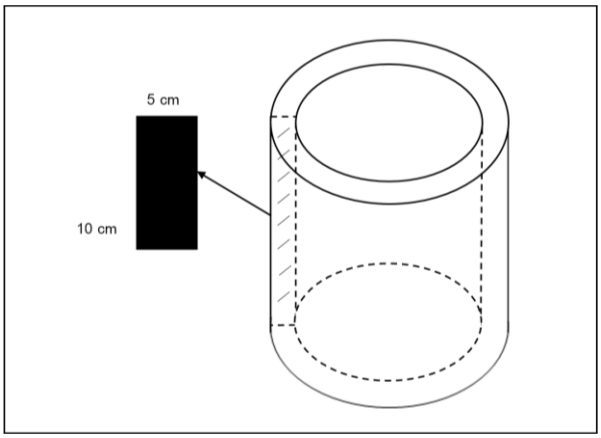
พิสูจน์สมการ ($N_1 A$ ต้องเท่ากับ 1 เพื่อให้สมการเป็นจริง)

$$\frac{230}{4.44 f N_1} = 4.44 \times 50 \times N_1 \times 1 \times A$$

$$\frac{230}{4.44 \times 50} = N_1 A$$

$$N_1 A = 1$$

มีตัวแปร 2 ตัวที่ยังไม่ทราบค่า (N_1 และ A) แต่ผลคูณของตัวแปรทั้งสองตัวต้องเท่ากับ 1 ดังนั้นจึงเลือก A = 50 cm^2 ดังในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แสดงพื้นที่หน้าตัดหม้อแปลงไฟฟ้า

เมื่อ A = 50 cm^2 จะได้ว่าจำนวนรอบขดลวดปฐมภูมิ

$$N_1A = 1$$

$$N_1 \times (50\times10^{-4}) = 1$$

$$N_1 = 1/50\times10^{-4} = 200 \text{ รอบ}$$

จากสมการหม้อแปลง

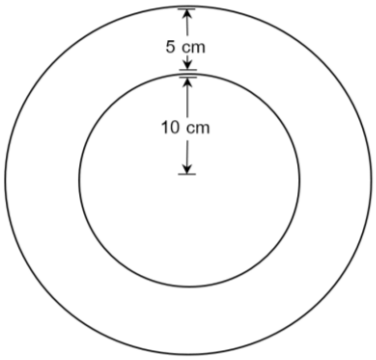
$$N_2/N_1 = V_2/V_1 \quad (2)$$

กำหนดให้แรงดันด้านทุติยภูมิเท่ากับ 7V เพราะเป็นแรงดันที่เหมาะสมในการอาร์คชิ้นงาน

$$N_2 = V_2/V_1 \times N_1$$

$$= 7/230 \times 200$$

$$= 6 \text{ รอบ}$$



ภาพที่ 7 แสดงพื้นที่หน้าตัดของหม้อแปลงไฟฟ้า

$$(S_1) = (S_2) \quad (3)$$

$$V_1 I_1 = V_2 I_2$$

$$I_2 = 1{,}600 \text{ A}$$

$$230 \times I_1 = 7 \times 1{,}600$$

$$I_1 = \frac{7\times1{,}600}{230}$$

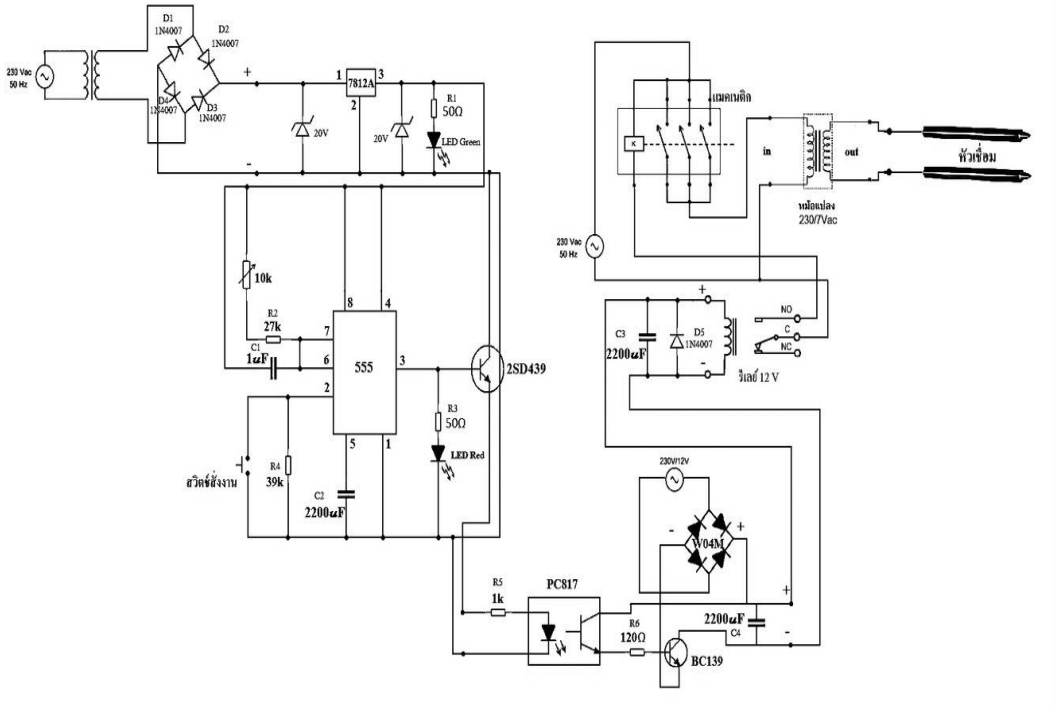
$$= 50 \text{ A}$$

ใช้ขดลวดปฐมภูมิขนาด 2.5 sqmm ทนกระแสได้ 50 A และกระแสทุติยภูมิที่กำหนดไว้ คือ 1,600 A อย่างไรก็ตามเนื่องจากการอาร์คเกิดขึ้นเพียงระยะเวลาสั้นๆ ดังนั้น จึงสามารถใช้ขดลวดทุติภูมิที่มีพิกัดกระแสน้อยกว่า 1,600 A ได้หลายเท่าตัว

ดังนั้น จึงใช้ขดลวดทุติภูมิ Φ 70 sqmm ซึ่งทนกระแสต่อเนื่องได้ 240 A

3.4 วงจรควบคุม

จากภาพที่ 8 เริ่มจากแหล่งจ่ายไฟ 230 โวลต์ จ่ายไฟเข้าสู่ตัวเครื่องผ่านเบรกเกอร์เปิดปิดการทำงานจากนั้นจะมีวงจรบริดจ์แปลงแรงดันจาก 230 โวลต์ เป็น 12 โวลต์ กระแสสลับจากนั้นแรงดันนี้จะถูกป้อนผ่านไดโอด D1 D2 D3 และ D4 ซึ่งมีหน้าที่ในการเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้กลายเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแบบเต็มคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแบบเต็มคลื่นนี้มีไว้สำหรับตรวจจับมุมเฟสของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับและจะถูกป้อนเข้าสู่วงตั้งเวลา วงจรตั้งเวลานี้ใช้ IC 555 ในการควบคุมการทำงาน โดยจะมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการตั้งเวลาคือตัวต้านทานปรับค่าได้ 50 กิโลโอห์ม และตัวเก็บประจุขนาด 100 ไมโครฟารัด ซึ่งต่อเป็นวงจร Off Time delay เมื่อใดก็ตามที่มีการกดสวิตช์สั่งงาน ตัวต้านทานและตัวเก็บประจุจะทำให้เกิดการชาร์จประจุที่ตัวเก็บประจุอย่างไรก็ตามในตอนที่เพิ่งกดสวิตช์สั่งงานใหม่ๆ แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุจะยังคงมีค่าน้อยจึงส่งผลให้วงจรเปรียบเทียบแรงดันภายใน IC 555 เริ่มทำงานทันที และทำให้มีแรงดันออกจากขา 3 ไปขับทรานซิสเตอร์ 2sd439 เพื่อสั่งให้รีเลย์เริ่มการทำงานแต่พอตัวเก็บประจุเริ่มมีแรงดันมากขึ้นจนถึงค่าที่กำหนดไว้จะทำให้วงจรเปรียบเทียบแรงดัน หยุดการทำงานและทำให้ขาสามไม่มีแรงดันออกจึงทำให้รีเลย์หยุดการทำงาน โดยเวลาการทำงานของวงจร 555 นี้จะเป็นไปตามสมการ T = 0.639RC และจากค่าที่ระบุไว้ในรูปจะสามารถคำนวณเวลาได้เท่ากับ 0-3 วินาที T = 0.639×50 กิโลโอห์ม ×100 ไมโครฟารัด = 3 วินาที วงจรออปโต้คัปเปลอร์จะเริ่มทำงานโดยมีไดโอดเปล่งแสงเป็นอินพุตและโฟโต้ทรานซิสเตอร์เป็นเอาท์พุตของวงจร เมื่อมีกระแสไหลผ่าน LED โดยมี R5 เป็นตัวจำกัดกระแส LED จะส่องแสงไปที่โฟโต้ทรานซิสเตอร์ให้โฟโต้ทรานซิตเตอร์นำกระแสมีแรงดันเอาต์พุตตกคร่อมที่ R6 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเอาต์พุตของวงจรจะถูกควบคุมโดยอินพุต โดยทั้งอินพุตและเอาต์พุตแยกกันทางไฟฟ้าโดยสิ้นเชิง



ภาพที่ 8 วงจรควบคุมการทำงานเครื่องเชื่อมจุดสำหรับเชื่อมชิ้นงาน

ผลการทดสอบ

การทดสอบเครื่องเชื่อมจุดเป็นการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบเวลาในการเชื่อมเหล็กแต่ละขนาด โดยใช้ไอซี 555 ควบคุมเวลาการทำงานในการเชื่อมเหล็กตามขนาดต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 9 ดังนี้

ภาพที่ 9 การทดสอบเชื่อมชิ้นงานตามขนาดเหล็กในขณะทำการทดสอบเชื่อมวงแหวน

1. ขั้นตอนการทดสอบ

1.1 ทำการต่อไฟฟ้าแหล่งจ่ายเข้ากับเซอร์กิตเบรกเกอร์เพื่อเปิดให้เครื่องเชื่อมทำงาน

1.2 ใช้ครีมจับแผ่นเหล็กตามขนาดที่ต้องการเชื่อม

1.3 ปรับกระแสให้ตรงตามขนาดเหล็กที่ต้องการเชื่อม

1.4 ปรับตั้งเวลาในการเชื่อม

1.5 ใช้มือกดหัวเชื่อมความแรงตามขนาดของเหล็กแล้ว เปิด *Foot Switch* เพื่อให้วงจรตั้งเวลาวงจรวัดกระแสและวงจรวัดแรงดันทำงานเพื่อตรวจวัดค่ากระแสและแรงดันทำการเชื่อมชิ้นงานเมื่อเชื่อมชิ้นงานเสร็จวงจรตั้งเวลาก็จะทำการตัดหม้อแปลง

4.2 เปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างเหล็กหนาและเหล็กบาง

การทดสอบครั้งที่ 1

ตารางที่ 1 การทดสอบครั้งที่ 1

ความหนาชิ้นงาน (mm.)	เวลาในการเชื่อม (วินาที)	กระแส (A)	แรงดัน (V)	จำนวนครั้งในการเชื่อม (ตามความหนาของชิ้นงาน)
1	1	1600	1.20	1
2	2.5	1600	1.70	1
3	3	1600	1.50	2
4	4	1600	1.30	3

การทดสอบครั้งที่ 2

ตารางที่ 2 การทดสอบครั้งที่ 2

ความหนาชิ้นงาน (mm.)	เวลาในการเชื่อม (วินาที)	กระแส (A)	แรงดัน (V)	จำนวนครั้งในการเชื่อม (ตามความหนาของชิ้นงาน)
1	1	1600	1.5	1
2	2.5	1600	1.8	1
3	4	1600	2	2
4	4	1500	1.7	3

การทดลองครั้งที่ 3

ตารางที่ 3 การทดสอบครั้งที่ 3

ความหนาชิ้นงาน (mm.)	เวลาในการเชื่อม (วินาที)	กระแส (A)	แรงดัน (V)	จำนวนครั้งในการเชื่อม (ตามความหนาของชิ้นงาน)
1	1	1600	1.60	1
2	2.5	1500	1.70	1
3	3.5	1500	2.00	2
4	4	1400	2.10	3

สรุปผลการทดสอบ (เฉลี่ย)

ตารางที่ 4 สรุปผลการทดสอบ (เฉลี่ย)

ความหนาชิ้นงาน (mm.)	เวลาในการเชื่อม (วินาที)	กระแส (A)	แรงดัน (V)	จำนวนครั้งในการเชื่อม (ตามความหนาของชิ้นงาน)
1	1	1600	1.43	1
2	2.5	1566.67	1.73	1
3	3.5	1566.67	1.83	2
4	4	1500.00	1.70	3

<u>หมายเหตุ</u> ในการเชื่อมแต่ล่ะครั้งแรงกดไม่เท่ากันจึงทำให้กดชิ้นงานซ้ำกันหลายรอบเพื่อให้ชิ้นงานหลอมละลายติดกันและในการเชื่อมแต่ละครั้งก็ขึ้นอยู่กับขนาดความหนาของแต่ละชิ้นงาน

ข้อเสนอแนะ

1. ควรออกแบบการกดชิ้นงานโดยใช้เท้าเหยียบสามารถปรับแรงสปริงได้เพื่อจะได้กดชิ้นงานให้แน่นจะทำให้การปรับตั้งเวลาเชื่อมสม่ำเสมอ

2. ควรออกแบบวงจรปรับกระแสในการเชื่อมจะได้ควบคุมกระแสในการเชื่อมชิ้นงานแต่ละชนิด

3. ควรติดตั้งจอแสดงเวลาดิจิตอลเพื่อให้ทราบเวลาในการเชื่อมชิ้นงานแต่ละชนิดเพื่อจะได้ปรับตั้งเวลาให้ตรงตามความหนาชิ้นงานและเพื่อให้การเชื่อมชิ้นงามมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

บทสรุป

จากการทดสอบเครื่องเชื่อมจุดสำหรับเชื่อมชิ้นงานนี้เป็นการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบเวลาในการเชื่อมเหล็กแต่ละขนาด โดยใช้ไอซี 555 ควบคุมเวลาการทำงานในการเชื่อมเหล็กตามขนาดต่างๆ จะพบว่า ที่ความหนาชิ้นงานขนาด 1 มิลลิเมตร เชื่อมจำนวน 1 ครั้ง ใช้เวลาในการเชื่อม 1 วินาที ที่ความหนาชิ้นงานขนาด 2 มิลลิเมตร เชื่อมจำนวน 1 ครั้ง ใช้เวลาในการเชื่อม 2.5 วินาที ที่ความหนาชิ้นงานขนาด 3 มิลลิเมตร เชื่อมจำนวน 2 ครั้ง ใช้เวลาในการเชื่อม 3.5 วินาที ที่ความหนาชิ้นงานขนาด 4 มิลลิเมตร เชื่อมจำนวน 3 ครั้ง ใช้เวลาในการเชื่อม 4 วินาที จากการทดสอบที่ได้ถือว่าเป็นที่น่าพอใจ และเป็นไปตามขอบเขตที่วางไว้ คือ ออกแบบและสร้างเครื่องเชื่อมจุดที่สามารถเชื่อมชิ้นงานขนาด 2 มิลลิเมตร ประกบกันได้ โดยมีแรงดันขาออกอยู่ที่ประมาณ 7 โวลต์ กระแสประมาณ 1,600 แอมป์ และกำลังวัตต์อยู่ที่ 11.2 กิโลวัตต์ ซึ่งสามารถนำไปเชื่อมสิ่งของในชีวิตประจำวันที่ชำรุดได้ เช่น เหล็กย่าง เหล็กคีบ หูหม้อสแตนเลส และของอื่นๆที่ทำจากเหล็ก เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

ธนัช เอกเกื้อกุล, ชัยพร อัดโดดดร และกิตติศักดิ์ ดียา. (2020). *การออกแบบและสร้างเครื่องเชื่อมไฟฟ้าอินเวอร์เตอร์โดยอาศัยหลักการทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์ฮาล์ฟบริดจ์*, The 7th NEU National Conference 2020 (NEUNC 2020) May 30, 2020 North Eastern University, หน้า 858-867.

สิทธิพงษ์ แสงอินทร์. (2564). ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปลายอิเล็กโทรดสำหรับการเชื่อมชิ้นงานความหนาต่างกันในกระบวนการเชื่อมความต้านทานแบบจุด, *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, 17*(2). 46-55.

มนตรี วะเศษสร้อย, สันติรัฐนันสะอาง. (2555). การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรพารามิเตอร์ต่อการเชื่อมความต้านทานแบบจุดเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำเกรด AISI 1010 กรณีศึกษาการเชื่อมแบบต่อเกย 3 ชั้น, การประชุมวิชาการแห่งชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9, หน้า 298-307.

Mallardhya H.M, Vijay Kumar. M, R. Ranganatha Darshan. S and Lochan. (2018). Resistance Spot Welding: A Review, *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD)*, *8*(2). 403-418.

P. Podrzaj, I. Polajnar, J. Diaci and Z. Kariz. (2008). Overview of resistance spot welding control, *Article in Science and Technology of Welding & Joining*, April 2008, 1-10.