การสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์

Construction and Performance Verification of Single Phase Welding Machine Saving Energy Controlled by Solid State Relay

สิทธิพงษ์ จีนหมั้น[1] ทัศพร สมเชื้อ[2] และ วรวุฒิ ตั้งนรกุล[3]

*[*1,2,3]สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สังกัดวิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี สถาบันการอาชีวศึกษาภาคใต้*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างหาประสิทธิภาพ และเพื่อศึกษาผลการใช้เครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์ โดยเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานกับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวชนิดหม้อแปลงแบบเลื่อนขดลวด และประเมินความพึงพอใจ ทั้งนี้ได้ทำการทดลองโดยการนำเอาสิ่งประดิษฐ์ คือเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์ ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างช่างเชื่อมโลหะใน จังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 10 คน

ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อวัน (8 ชั่วโมง) ของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์ เวลาที่ใช้ขณะเตรียมงาน 4 ชั่วโมง ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขณะเตรียมงาน 0 กิโลวัตต์ และเวลาที่ใช้ขณะเชื่อมงาน 4 ชั่วโมง ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขณะเตรียมงาน 178.20 กิโลวัตต์ สรุปเครื่องเชื่อมไฟฟ้าประหยัดพลังงานไฟฟ้าขณะเตรียมงาน 27.72 กิโลวัตต์ต่อเครื่องต่อวัน (8 ชั่วโมง)

ผลของความพึงพอใจต่อผู้ใช้เครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์ อยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ : เครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียว, เครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวแบบเลื่อนขดลวด, การสิ้นเปลืองพลังงาน

Abstract

This study aims to construct and find out the efficiency of single phase welding machine saving energy controlled by solid state relay. In order to find out the efficiency of the machine, we need to compare power consumption ratio to electrical welding machine (coil slider single phase) and evaluate the welders' satisfaction.

The study was carried out with 10 welders from different welding shops in Suratthani. The machine was used eight hours per day, (four hours for welding and four hours for preparing welding materials)

The main findings are as follows : The power consumption was 0 (Zero)kilowatt/ 4hour while preparing welding materials. The power consumption was 178.20 kilowatt/4 hour while welding. Each machine can save energy 27.72 kilowatt/day. The level of subjects' satisfaction with the machine,

creative thinking, durability, design and application were acceptable.

The result of the satisfaction of users of single phase welding machine saving energy controlled by solid state relay. At the highest level

Keywords : Single phase welding machine, Coil slider single phase welding machine, Power consumption

1. บทนำ

พลังงานเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งของมนุษย์ในโลกปัจจุบัน เพราะพลังงานได้เข้ามามีส่วนสำคัญทั้งในด้านที่อยู่อาศัย ภาคธุรกิจ และภาคอุตสาหกรรมต่างๆ จากการคาดการณ์ของทบวงพลังงานโลก (International Energy Agency: IEA) ภาพรวมการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานของโลกยังคงเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยคาดว่าภายในปี 2578 ปริมาณการใช้พลังงานของโลกจะมากกว่าเมื่อปี 2551 อยู่ประมาณร้อยละ 36 (แผนการบริหารราชการแผ่นดิน พ.ศ. 2555–2558 กระทรวงพลังงาน: 7) พลังงานจึงเป็นปัจจัยพื้นฐานในการผลิตที่สำคัญของแต่ละประเทศ ในภาวะที่เศรษฐกิจโลกมีการขยายตัวทั้งทางด้านอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี การเร่งรัดพัฒนาประเทศไปสู่ประเทศอุตสาหกรรมใหม่จำเป็นต้องใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น

พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานสำคัญอีกประเภทหนึ่งที่ถูกนำมาใช้เพื่อสนองตอบความต้องการในการพัฒนาประเทศ พัฒนาฝีมือแรงงานคน ไม่ว่าจะเป็นการนำมาใช้ในปัจจัยพื้นฐานสำหรับการดำรงชีวิตประจำวัน การอำนวยความสะดวกในการดำเนินชีวิต การคมนาคม การพัฒนาเศรษฐกิจตลอดจนภาคอุตสาหกรรม ซึ่งแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 10 ได้ให้ความสำคัญกับภาคอุตสาหกรรม ส่งผลให้ประเทศไทยมีการขยายตัวและมีการพัฒนาฝีมือแรงงานตามมาเป็นลำดับซึ่งการพัฒนาฝีมือแรงงานที่กำลังเป็นที่ต้องการในภาคอุตสาหกรรมอยู่ตอนนี้ก็คงหนีไม่พ้นช่างฝีมือเชื่อมโลหะ สิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ที่เกิดขึ้นล้วนมากจากการประกอบชิ้นส่วนจากการเชื่อมกันทั้งสิ้น แต่จะรู้หรือไม่ว่าการเชื่อมงานแต่ละชิ้นต้องเปิดเครื่องเชื่อมทิ้งไว้ตลอดเวลา และการเชื่อมเหล็กในแต่ละครั้งจะมีแสลก (Slag) ที่รอยเชื่อมที่ต้องเคาะออก ซึ่งใช้เวลาในการเคาะนานพอสมควร หรือช่างบางรายที่ต้องทำการเชื่อมบนหลังคาก็คงไม่ลงมาปิดแน่ หรือบางครั้งการเปลี่ยนลวดเชื่อมก็ใช้เวลานานพอสมควร และกระแสไฟฟ้าก็ยังคงไหลผ่านอยู่ตลอดเวลาทำให้สิ้นเปลืองพลังงานโดยเปล่าประโยชน์

จากความเป็นมาและความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาประสิทธิภาพเครื่องเชื่อมไฟฟ้าให้เป็นอุปกรณ์ที่สามารถประหยัดพลังงาน โดยที่ช่างเชื่อมโลหะ ไม่จำเป็นที่จะต้องเดินไปเปิด-ปิดเครื่อง เพียงแค่วางคีมจับลวดเชื่อมก็จะเป็นการปิดเครื่องเชื่อมโดยอัตโนมัติ ซึ่งทำให้สะดวกและประหยัดพลังงานมากขึ้นอีกด้วย ผู้วิจัยเห็นความสำคัญตรงนี้จึงพัฒนาเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์ เพื่อใช้พัฒนาอาชีพของช่างฝีเชื่อมโลหะและลดการใช้พลังงานที่สิ้นเปลืองไปโดยเปล่าประโยชน์

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์

2.2 เพื่อศึกษาผลการใช้เครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์ โดยเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานกับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวชนิดหม้อแปลงแบบเลื่อนขดลวด

2.3 เพื่อศึกษาความพึงพอใจจากผู้ใช้เครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์

3. แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 ประเภทเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

เครื่องเชื่อมไฟฟ้าในที่นี้ครอบคลุมถึงเครื่องเชื่อมอาร์ก กระแสสลับ เครื่องเชื่อมอาร์กกระแสตรง เครื่องเชื่อมความต้านทาน เครื่องเชื่อมอาร์กมอเตอร์-เจเนอเรเตอร์ และเครื่องเชื่อมอื่นที่คล้ายกันที่มีการใช้ไฟจากระบบไฟฟ้า เครื่องเชื่อมที่กล่าวมาข้างต้นมีลักษณะเด่นที่แตกต่างกันดังนี้

3.1.1 เครื่องเชื่อมไฟฟ้าอาร์กกระแสสลับ

เป็นเครื่องเชื่อมที่อาศัยหม้อแปลงขนาดเล็ก แปลงแรงดันให้ต่ำลง (แต่กระแสจะสูงขึ้น) ปกติจะสามารถปรับแรงดันด้านไฟออกได้ เพื่อให้เหมาะกับชิ้นงาน ขณะเชื่อมจะเกิดอาร์กระหว่างโลหะของลวดเชื่อมกับชิ้นงาน ทำให้โลหะของลวดเชื่อมหลอมละลายติดกับชิ้นงาน ณ จุดนั้นๆ

3.1.2 เครื่องเชื่อมไฟฟ้าอาร์กกระแสตรง

เครื่องเชื่อมอาร์กกระแสตรงคล้ายกับเครื่องเชื่อม อาร์ก กระแสสลับ แต่จะมีชุดเร็กติฟายเออร์เพื่อแปลงให้เป็นแรงดันไฟตรง ผลที่ได้คือรอยเชื่อมจะดีกว่าเครื่องเชื่อมอาร์กกระแสสลับ เนื่องจากกระแสไฟจะเรียบกว่านั่นเอง

3.1.3 เครื่องเชื่อมไฟฟ้าอาร์กมอเตอร์-เจเนอเรเตอร์

เป็นเครื่องเชื่อมที่ภายในประกอบด้วยมอเตอร์ และเจเนอเรเตอร์ โดยการจ่ายไฟฟ้าให้กับมอเตอร์และเอามอเตอร์ไปปั่นเจเนอเรเตอร์ให้ผลิตกระแสไฟฟ้าออกมา เพื่อใช้ในการเชื่อม ที่ใช้งานทั่วไปจะมีหลายหัวจ่ายคือเชื่อมหลายจุดได้พร้อมกัน สำหรับโรงงานทั่วไปนิยมใช้แบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ และใช้เฉพาะไฟฟ้าเท่านั้น ส่วนงานภาคสนามจะใช้แบบที่ใช้ได้ทั้งไฟฟ้า และเครื่องยนต์ (ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง) เนื่องจากอาจอยู่ไกลจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ามากเกินไป ที่พบเห็นกันทั่วไปคือเครื่องเชื่อมที่ใช้ในการ สร้างถนน, สะพาน ฯลฯ

3.1.4 เครื่องเชื่อมความต้านทาน

เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าเครื่องสปอทเป็นเครื่องเชื่อมที่ใช้ย้ำโลหะแผ่นให้หลอมละลายติดกัน สามารถเปลี่ยนหัวเชื่อมได้หลายรูปแบบให้เหมาะกับงานนั้นๆ มีทั้งหัวจ่ายเดียวและหลายหัวจ่ายแบบโรบอทที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์

3.2 เครื่องเชื่อมไฟฟ้าหม้อแปลงแบบเลื่อนขดลวด

เป็นเครื่องเชื่อมที่มีหม้อแปลงจำนวน 1 ชุด ประกอบด้วยขดลวดปฐมภูมิกับทุติยภูมิ การปรับกระแสเชื่อมเพิ่มขึ้นหรือลดลงทำได้ 2 ลักษณะคือ การปรับแกนเหล็กเคลื่อนเข้าออก (Movable Core) แกนเหล็กเคลื่อนเข้ากระแสไฟเชื่อมจะสูง เพราะเกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสูง ถ้าเคลื่อนออกการเหนี่ยวนำไฟฟ้าจะลดลง ทำให้กระแสไฟเชื่อมลดลงและการปรับขดลวดเคลื่อนที่ (Movable Winding) ซึ่งจะทำให้ขดลวดเคลื่อนที่ 1 ชุด และอยู่กับที่ 1 ชุด จะเป็นขดลวดปฐมภูมิหรือทุติยภูมิก็ได้ถ้าขดลวดเคลื่อนที่เข้าใกล้กันกระแสไฟเชื่อมจะสูงขึ้น หากเคลื่อนที่ห่างออกกระแสไฟเชื่อมจะต่ำลง

3.3 หัวจับลวดเชื่อม

คีมจับลวดเชื่อมไฟฟ้า (Electrode Holder) ใช้สำหรับจับลวดเชื่อมไฟฟ้า ทำจากวัสดุที่เป็นฉนวนทนความร้อน มีหลอดทองแดงผสมฝังอยู่ภายในของด้านจับเพื่อไว้ใส่สายเคเบิลเชื่อม มีสปริงที่คันบังคับไว้จับหรือปล่อยลวดเชื่อม ที่ปากมีการทำเป็นฟันหยักไขว้สลับไว้เพื่อเป็นร่องบังคับลวดเชื่อมให้แน่น

3.4 โซลิตสเตตรีเลย์ (Solid state Relay: SSR)

โซลิตสเตตรีเลย์ คือรีเลย์ที่ไม่ใช้หน้าสัมผัสที่ซึ่งใช้เทคโนโลยีของเซมิคอนดัคเตอร์ ทำให้ไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ เพื่อลดเสียงรบกวนที่เกิดขึ้นจากรีเลย์แบบ

หน้าสัมผัส และเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานระยะยาว โซลิตสเตตรีเลย์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อ ระหว่างภาคควบคุม ซึ่งเป็นส่วนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ กับวงจรภาคไฟฟ้ากำลัง โดยที่ภาคทั้งสองจะมีระบบกราวด์ ที่แยกออกจากกันทำให้สามารถป้องกันการลัดวงจร และการรบกวนซึ่งกันและกันได้ โซลิตสเตตรีเลย์ อาจถือได้ว่าเป็นสิ่งประดิษฐ์ที่ออกแบบมาเพื่อใช้แทนอาร์เมเจอร์รีเลย์ แต่มีข้อดีกว่าคือ มีขนาดเล็กกว่า มีความไวในการทำงานที่สูงกว่า มีอายุการทำงานนานกว่า เป็นต้น

4. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้ ขั้นตอนการสร้างเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์ โดยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

4.1 ศึกษาบริบทของกลุ่มตัวอย่างที่ประกอบอาชีพช่างเชื่อมโลหะ สำรวจ และวิเคราะห์ความต้องการอุปกรณ์ของกลุ่มตัวอย่าง

4.2 วิเคราะห์องค์ความรู้ต่างๆ เพื่อนำมาบูรณาการใช้พัฒนาเครื่องมือหรือสร้างเครื่องมือใหม่ที่คาดว่าจะมีประสิทธิภาพที่สูงกว่าของเดิม

4.3 ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหลักการ วิธีการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในอาชีพช่างเชื่อมโลหะและการหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ

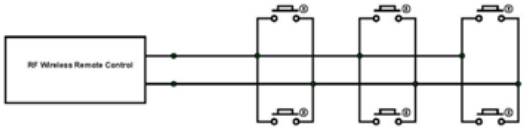
4.4 ศึกษาผลงานประดิษฐ์คิดค้นที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์ของเราจากเอกสาร ตำรา และจากเว็ปไซต์ของกรมทรัพย์สินทางปัญญาเรื่องสิทธิบัตร

4.5 ดำเนินการออกแบบเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์ ให้มีรูปแบบเหมาะสมสอดคล้องกับความต้องการของกลุ่มตัวอย่าง

4.6 ดำเนินการสร้างเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์ ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

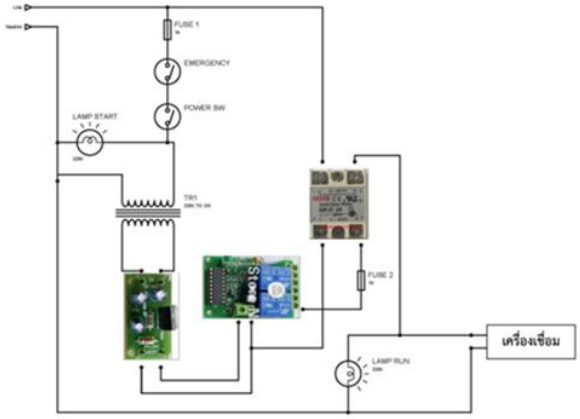
4.7 ขั้นตอนการออกแบบ

4.7.1 การออกแบบวงจรควบคุมการส่งสัญญาณระยะไกลภายในหัวจับลวดเชื่อม



รูปที่ 1 วงจรควบคุมการส่งสัญญาณระยะไกลภายในหัวจับลวดเชื่อม

4.7.2 การออกแบบวงจรควบคุมด้วยโซลิตสเตต รีเลย์และการรับสัญญาณระยะไกล



รูปที่ 2 วงจรควบคุ มด้วยโซลิตสเตตรีเลย์และการรับสัญญาณระยะไกล

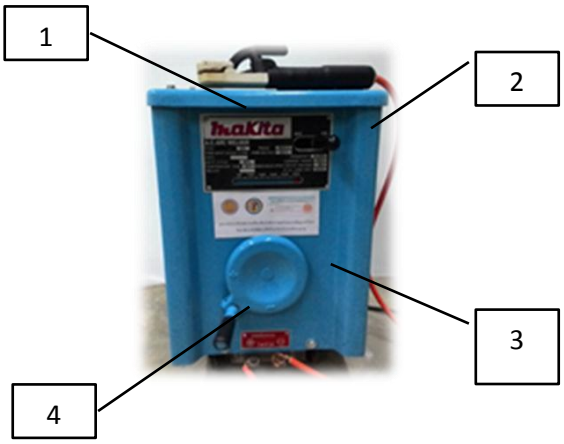
4.7.3 การออกแบบกล่องควบคุม

รูปที่ 3 กล่องควบคุม

5. ผลการวิจัย

5.1 ผลการสร้างเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์

เครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์ มีไมโครสวิตซ์ติดอยู่กลางด้ามของคีมจับลวดเชื่อม เพื่อเป็นตัวตรวจจับการใช้งานของผู้เชื่อม โดยจะทำงานร่วมกับวงจรส่งสัญญาณไร้สายที่ติดตั้งที่ปลายของคีมจับลวดเชื่อม และส่งสัญญาณการใช้งาน ไปยังวงจรควบคุมการทำงานภายในเครื่องเชื่อมไฟฟ้า เพื่อตัดต่อการทำงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ให้ตรงกับจังหวะการใช้งานของผู้เชื่อม



รูปที่ 4 เครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์

จากรูปที่ 4 หมายเลขต่างมีความหมายดังนี้

หมายเลข 1 คือ ไมโครสวิตซ์

หมายเลข 2 คือ วงจรส่งสัญญาณไร้สาย

หมายเลข 3 คือ วงจรรับสัญญาณไร้สาย

หมายเลข 4 คือ วงจรควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์

5.2 ผลการทดสอบการประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์

ตารางที่ 1 ผลของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อวัน (8 ชั่วโมง) ของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์

ชั่วโมงที่	เวลาที่ใช้ขณะเตรียมงาน (ชั่วโมง)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขณะเตรียมงาน (กิโลวัตต์)	เวลาที่ใช้ขณะเชื่อมงาน (ชั่วโมง)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขณะเชื่อมงาน (กิโลวัตต์)	ประหยัดพลังงานไฟฟ้าขณะเตรียมงาน (กิโลวัตต์)
1	0.5	0	0.5	4.95	0.77
2	1	0	1	9.90	1.54
3	1.5	0	1.5	14.85	2.31
4	2	0	2	19.80	3.08
5	3.5	0	3.5	24.75	3.85
6	3	0	3	29.70	4.62
7	3.5	0	3.5	34.65	5.39
8	4	0	4	39.60	6.16
รวม		0		178.20	27.72

(หมายเหตุ : แรงดันที่ใช้ 220 โวลต์ กระแสไฟฟ้าเข้าขณะเชื่อม 45 แอมแปร์ และกระแสไฟฟ้าเข้าขณะเตรียมงาน 7 แอมแปร์ : ข้อมูลจากการตรวจวัด และ Name Plate ของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบมือหมุน)

จากตารางที่ 1 พบว่าผลการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อวัน ของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์ เวลาที่ใช้ขณะเตรียมงาน 4 ชั่วโมง ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขณะเตรียมงาน 0 กิโลวัตต์ และเวลาที่ใช้ขณะเชื่อมงาน 4 ชั่วโมง ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขณะเตรียมงาน 178.20 กิโลวัตต์ สรุปเครื่องเชื่อมไฟฟ้าประหยัดพลังงานไฟฟ้าขณะเตรียมงาน 27.72 กิโลวัตต์ต่อเครื่องต่อวัน

5.3 ผลการทดสอบการประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์ เปรียบเทียบกับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวชนิดหม้อแปลงแบบเลื่อนขดลวด

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์ กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวชนิดหม้อแปลงแบบเลื่อนขดลวด

ชั่วโมงการทำงาน	เครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิต สเตตรีเลย์		เครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวชนิดหม้อแปลงแบบเลื่อนขดลวด	
	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขณะเตรียมงาน (กิโลวัตต์)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขณะเชื่อมงาน (กิโลวัตต์	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขณะเตรียมงาน (กิโลวัตต์)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขณะเชื่อมงาน (กิโลวัตต์)
1	0	4.95	0.77	4.95
2	0	9.90	1.54	9.90
3	0	14.85	2.31	14.85
4	0	19.80	3.08	19.80
5	0	24.75	3.85	24.75
6	0	29.70	4.62	29.70
7	0	34.65	5.39	34.65
8	0	39.60	6.16	39.60
รวม	0	178.20	27.72	178.20
	178.20		**205.92**	

(หมายเหตุ : แรงดันที่ใช้ 220 โวลต์ กระแสไฟฟ้าเข้าขณะเชื่อม 45 แอมแปร์ และกระแสไฟฟ้าเข้าขณะเตรียมงาน 7 แอมแปร์ : ข้อมูลจากการตรวจวัด และ Name Plate ของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบมือหมุน)

จากตารางที่ 2 จะพบว่าเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์ โดยมีพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขณะเตรียมงานรวมกับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขณะเชื่อมงานอยู่ที่ 205.92 กิโลวัตต์ ส่วนเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวชนิดหม้อแปลงแบบเลื่อนขดลวดโดยมีพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขณะเตรียมงานรวมกับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขณะเชื่อมงานอยู่ที่ 178.20 กิโลวัตต์ ซึ่งเครื่องเชื่อมไฟฟ้าประหยัดพลังงานชนิดหม้อแปลงแบบเลื่อนขดลวดควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์จะมีการประหยัดพลังงานอยู่ที่ 27.72 กิโลวัตต์ต่อเครื่องต่อวัน

5.4 ผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้ที่มีต่ออุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้ที่มีต่อเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์

รายการประเมิน	$\overline{X}$	**S.D.**	**ผลลัพธ์**
ด้านความคิดสร้างสรรค์	**4.67**	**0.43**	**มากที่สุด**
1. โครงการเป็นงานที่คิดประดิษฐ์จากการประยุกต์ขึ้นมา	4.62	0.42	มากที่สุด
2. การออกแบบโครงการมีความโดดเด่นและน่าสนใจ	4.82	0.43	มากที่สุด
3. การออกแบบและตกแต่งโครงการมีความทันสมัย	4.57	0.45	มากที่สุด
ด้านความคงทน (ขนาด/รูปร่าง/รูปทรง/สัดส่วน)	4.69	0.50	มากที่สุด

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้ที่มีต่อเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์ (ต่อ)

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	ผลลัพธ์
4. โครงการมีขนาดและสัดส่วนที่เหมาะสม	4.44	0.51	มาก
5. โครงการมีความคงทนต่อการใช้งาน	4.78	0.48	มากที่สุด
6. โครงการมีสีสันที่สวยงาม	4.83	0.48	มากที่สุด
ด้านการออกแบบ	4.68	0.44	มากที่สุด
7. โครงการถูกประดิษฐ์ขึ้นด้วยความละเอียดและประณีต	4.57	0.46	มากที่สุด
8. โครงการมีการประกอบ/ติดด้วยความเรียบร้อย	4.78	0.43	มากที่สุด
ด้านการนำไปใช้ประโยชน์	**4.99**	**0.85**	**มากที่สุด**
9. โครงการสามารถนำไปใช้งานในชีวิตประจำวันได้จริง	4.99	0.83	มากที่สุด
10. โครงการสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก	4.98	0.87	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยทุกด้าน	**4.76**	**0.46**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 3 พบว่าผู้ใช้มีความพึงพอใจต่อเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิต สเตตรีเลย์ ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ =4.76) และในแต่ละด้านพบว่ามีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด

6. สรุปผลการวิจัย

การทดสอบเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์ พบว่ามีประสิทธิภาพตามที่กำหนด ทั้งนี้เพราะผู้วิจัยได้ศึกษาบริบทของกลุ่มตัวอย่างที่ประกอบอาชีพช่างเชื่อมโลหะ โดยสำรวจและวิเคราะห์ ความต้องการอุปกรณ์ของกลุ่มตัวอย่าง และจากการศึกษาบริบท จนได้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ นอกจากนั้นยังได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับหลักการ วิธีการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในอาชีพอีกทั้งยังได้รับความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญช่วยตรวจสอบสื่อและเครื่องมือ จำนวนหลายท่าน แล้วปรับปรุงแก้ไขจนได้เครื่องมือที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้งานได้อย่างเกิดประโยชน์สูงสุด

6.1 การที่ประสิทธิภาพของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ ทั้งนี้เป็นเพราะการสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์ดังกล่าว ผ่านการพัฒนาที่เป็นระบบตามขั้นตอน กล่าวคือผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ก่อนที่จะสร้างและหาประสิทธิภาพอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพในการใช้งานให้เกิดประโยชน์สูงสุด

6.2 เครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์ มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า เมื่อเทียบกับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวชนิดหม้อแปลงแบบเลื่อนขดลวด มีความแตกต่างกัน โดยมีอัตราการประหยัดพลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 27.72 กิโลวัตต์ ต่อเครื่องต่อวัน

6.3 ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์ ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะผู้วิจัยได้ออกแบบให้เครื่องมีขนาดพอเหมาะ และเลือกใช้วัสดุที่คงทนสวยงาม ลดความเสี่ยงต่ออันตรายจากการใช้งาน

7. การอภิปรายผล

การทดลองอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรี

เลย์ พบว่ามีประสิทธิภาพตามที่กำหนด ทั้งนี้เพราะผู้วิจัยได้ศึกษาบริบทของกลุ่มตัวอย่างที่ประกอบอาชีพช่างเชื่อมโลหะ โดยสำรวจและวิเคราะห์ ความต้องการอุปกรณ์ของกลุ่มตัวอย่าง และจากการศึกษาบริบท จนได้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ นอกจากนั้นยังได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับหลักการ วิธีการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในอาชีพอีกทั้งยังได้รับความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญช่วยตรวจสอบสื่อและเครื่องมือ จำนวนหลายท่าน แล้วปรับปรุงแก้ไขจนได้เครื่องมือที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้งานได้อย่างเกิดประโยชน์สูงสุด

7.1 การที่ประสิทธิภาพของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ ทั้งนี้เป็นเพราะการสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์ดังกล่าว ผ่านการพัฒนาที่เป็นระบบตามขั้นตอน กล่าวคือผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ก่อนที่จะสร้างและหาประสิทธิภาพอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพในการใช้งานให้เกิดประโยชน์สูงสุด

7.2 เครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์ มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า เมื่อเทียบกับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวชนิดหม้อแปลงแบบเลื่อนขดลวด มีความแตกต่างกัน โดยมีอัตราการประหยัดพลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 27.72 กิโลวัตต์ ต่อเครื่องต่อวัน

7.3 ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์ ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะผู้วิจัยได้ออกแบบให้เครื่องมีขนาดพอเหมาะ และเลือกใช้วัสดุที่คงทนสวยงาม ลดความเสี่ยงต่ออันตรายจากการใช้งาน

8. ข้อเสนอแนะ

8.1 จากผลการวิจัยพบว่า เครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และเมื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง พบว่าสามารถพัฒนาอาชีพแก่ประชากรกลุ่มตัวอย่างในอำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี และสามารถนำไปใช้กับผู้ประกอบการจากจังหวัดอื่นๆ เพื่อประโยชน์แก่การประกอบอาชีพต่อไป

8.2 เครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์ เป็นเครื่องมือที่ผ่านการทดสอบ และมีความทันสมัย เหมาะสมกับการนำไปใช้กับอาชีพอื่นๆ ที่มีลักษณะการทำงานใกล้เคียงกันได้

8.3 ควรมีการศึกษาประสิทธิผลของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเฟสเดียวประหยัดพลังงานควบคุมด้วยโซลิตสเตตรีเลย์ระยะยาวประสิทธิภาพการใช้งานอาจจะด้อยลงตามระยะเวลา

เอกสารอ้างอิง

[1] เจน สงสมพันธ์, “**เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ 1**”, สถาบันอิเล็กทรอนิกส์กรุงเทพรังสิต, พ.ศ. 2538, หน้า 80-90.

[2] นภัทร วัจนเทพินทร์,“**อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์**”, พิมพ์ครั้งที่ 3,สกายบุคก์ พ.ศ.2541,หน้า70-74.

[3] กาญจนา วัฒายุ, “**การวิจัยเพื่อพัฒนาคุณภาพการศึกษา**”,ธนพร การพิมพ์,พ.ศ.2545,หน้า12.

[4] อำนาจ ทองแสน, “**งานเชื่อมและโลหะแผ่น**”, ซีเอ็ดยูเคชั่น, พ.ศ.2558, หน้า 80-92.

[5] บรรจง เฟื่องฟู และ พรหมรีย์ พลรมย์, “**งานเชื่อมไฟฟ้า 1**”, ศูนย์หนังสือเมืองไทย, พ.ศ. 2558, หน้า 100-112.