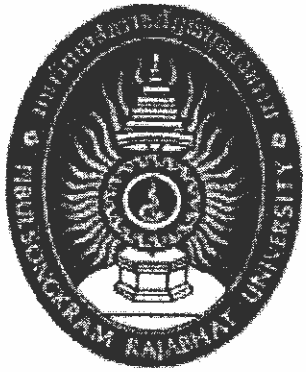


รายงานการวิจัย

เรื่อง

อุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

นายประสิทธิ์ แก้วฟุ้งรังษี และคณะ

พ.ศ. 2551

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ISBN 978-974-9802-13-7

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอ การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าชนิดหม้อแปลงไฟฟ้า เพราะว่าการใช้งานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า จะจ่ายพลังงานให้เครื่องเชื่อมไฟฟ้าตลอดเวลาไม่ว่าจะมีการเชื่อมหรือไม่ก็ตาม ดังนั้นจึงออกแบบวงจรในการตรวจสอบการเชื่อมอาศัยกฎของเคอร์ชอฟฟ์ ตรวจสอบกระแสด้านทุติยภูมิของเครื่องเชื่อม ถ้าไม่มีการเชื่อมจะทำการตัดการจ่ายพลังงานให้กับเครื่องเชื่อม และเมื่อมีการเชื่อมก็จะทำการจ่ายพลังงานให้กับเครื่องเชื่อม และทำการทดสอบโดยใช้เครื่องเชื่อมที่ใช้งานจริง จำนวน 20 เครื่อง ทดสอบขณะที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน และขณะที่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเปรียบเทียบกัน ผลที่ได้จากการทดสอบเครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานจะสามารถประหยัดพลังงานได้ 18 เปอร์เซนต์

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

Abstract

This research was presented the designing and innovation of the energy saving equipment used for electrical welding transformer. Currently the energy was supplied in welding process all the times, whether the machine being used or not. Therefore, an electrical circuit had been designed to check welding according to Kirchoff's laws. A secondary current supply of the electrical welding was checked, the current supply would be cut off if there was any connection, and vice versa. It was tested by using 20 units of electrical welding machines and tested with and without the energy saving equipment. The result showed that 18 % of energy were saved when the welding was connected with the energy saving equipment.

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ และให้โอกาสจากมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้ จนสามารถสร้างชุดควบคุมการใช้พลังงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าสำเร็จตามเป้าหมาย คณะผู้ศึกษาค้นคว้ารู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งจึงกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

อันความดีที่เกิดจากการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองครั้งนี้ คณะผู้ศึกษาค้นคว้าขอมอบแด่ บิดา มารดา ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้ศึกษาค้นคว้า

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	**บทนำ**	1
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
	1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
	1.4 คำนิยามและศัพท์เฉพาะ	2
บทที่ 2	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	5
	2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	6
	2.1.1 การออกแบบผลิตภัณฑ์ และการหาประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์	
	2.1.2 เครื่องเชื่อมไฟฟ้า	13
	2.1.3 วงจรควบคุมการทำงาน	15
	2.1.4 อุปกรณ์ควบคุมการทำงาน	29
	2.1.5 เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า	44
	2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	50
บทที่ 3	**วิธีการดำเนินการศึกษา**	52
	3.1 การศึกษาการสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า แบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300 A	52
	3.2 การสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า แบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300 A	52
	3.3 การทดสอบสมรรถนะอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า แบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300 A	56
บทที่ 4	**ผลการดำเนินการศึกษา**	60
	4.1 ด้านการศึกษาการสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า แบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300 A	60
	4.2 ด้านการสร้าง อุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า แบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300 A	60
	4.3 ด้านการทดสอบสมรรถนะอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า แบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300 A	61

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่5 บทสรุป อภิปรายและข้อเสนอแนะ 83

5.1 ความเป็นมาของการศึกษาค้นคว้า 83

5.2 จุดมุ่งหมายของการศึกษา 83

5.3 ขอบเขตของการศึกษา 83

5.4 วิธีการดำเนินการศึกษา 84

5.5 ผลการศึกษา 85

5.6 ปัญหาและแนวทางแก้ไข 91

5.7 แนวทางการพัฒนาต่อ 92

บรรณานุกรม 93

ภาคผนวก 95

ภาคผนวก ก. การออกแบบอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ขนาด 24 KVA 300 A 96

ภาคผนวก ข. วงจรควบคุมการทำงานอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ขนาด 24 KVA 300 A 98

ภาคผนวก ค. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าพลังงานไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้า 102

ภาคผนวก ง. คู่มือการใช้งานอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ขนาด 24 KVA 300 A 105

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพ 2.1	เครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลง	13
ภาพ 2.2	การต่อสายใช้งานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลง	13
ภาพ 2.3	วงจรปรับกระแสด้วยวงจรไฟฟ้า	14
ภาพ 2.4	วงจรปรับกระแสด้วยวิธีทางกล	14
ภาพ 2.5	วงจรพื้นฐานของการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลั๊กฉนวน	15
ภาพ 2.6	บล็อกไดอะแกรมของวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น	15
ภาพ 2.7	วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นแบบหม้อแปลงมีแทป	16
ภาพ 2.8	During negative half-cycle, D2 is forward-biased and D1 is reverse-biased	17
ภาพ 2.9	วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ (a)	17
ภาพ 2.10	วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ (b)	18
ภาพ 2.11	รูปคลื่น Vin เปรียบเทียบกับ Vout ของวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์	18
ภาพ 2.12	โครงสร้างภายในของทรานซิสเตอร์	19
ภาพ 2.13	สัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์	19
ภาพ 2.14	การไบอัสทรานซิสเตอร์แบบไบโพลาร์	20
ภาพ 2.15	สัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์	20
ภาพ 2.16	วงจรขยายสัญญาณอิมิเตอร์ร่วม	21
ภาพ 2.17	รูปคลื่นการทำงานของไดโอด	21
ภาพ 2.18	รูปคลื่นการนำกระแสของคอลเลคเตอร์	22
ภาพ 2.19	ใช้งานทรานซิสเตอร์มาเป็นสวิทซ์	22
ภาพ 2.20	วงจรพื้นฐานของทรานซิสเตอร์	23
ภาพ 2.21	วงจรขยายสัญญาณ ด้วยทรานซิสเตอร์ (ในขณะที่รีเลย์ทำงาน)	23
ภาพ 2.22	วงจร RC ที่ไม่มีแหล่งจ่าย	24
ภาพ 2.23	ผลตอบสนองของวงจร RC ที่ไม่มีแหล่งจ่าย	26
ภาพ 2.24	วงจร RC ที่มีแหล่งจ่าย	27
ภาพ 2.25	ผลตอบสนองของวงจร RC ที่มีแหล่งจ่าย	28
ภาพ 2.26	ลักษณะของแกนทอรอยด์	30
ภาพ 2.27	การพันขดลวดบนแกนทอรอยด์	31
ภาพ 2.28	วงจรและรูปร่างของหม้อแปลงชนิดสายส่ง	35

สถาบันวิทยบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

หน้า

ภาพ 2.29	วิธีการวัดค่าความเหนี่ยวนำที่พันขึ้นมา โดยใช้ดิพมิเตอร์	39
ภาพ 2.30	แสดงการพันขดลวดแกนทอรอยด์แบบต่างๆ	40
ภาพ 2.31	รีเลย์ควบคุมการทำงานชนิด OMRON	41
ภาพ 2.32	แมคเนติกคอนแทคเตอร์	42
ภาพ 2.33	หน้าสัมผัสของคอนแทคเตอร์ในลักษณะต่างๆ	43
ภาพ 2.34	ตำแหน่งจุดต่อสายสำหรับคอนแทคเตอร์	43
ภาพ 2.35	หลอดสัญญาณแสดงสถานะการทำงาน	44
ภาพ 2.36	แสดงการต่อวัตต์ฮาวร์มิเตอร์	46
ภาพ 2.37	แสดงโครงสร้างของPower Meter	47
ภาพ 2.38	แสดงหน้าปัทม์การแสดงผลของPower Meter	48
ภาพ 2.39	แสดงการต่อของPower Meter ร่วมกับแอมป์มิเตอร์	48
ภาพ 3.1	วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้าง	53
ภาพ 3.2	แสดงการวัดค่าและตรวจสอบอุปกรณ์ต่างๆของวงจร	54
ภาพ 3.3	แสดงการทดสอบการทำงานของวงจร	54
ภาพ 3.4	แสดงลายแผ่นปริ้นของวงจรที่ได้จากการออกแบบ	55
ภาพ 3.5	แสดงการประกอบอุปกรณ์ลงในตู้ชุดควบคุม	55
ภาพ 3.6	แสดงการต่อสายวงจรควบคุมและวงจรกำลัง	56
ภาพ 3.7	แสดงการวัดค่าต่างๆ ขณะไม่ติดตั้งชุดควบคุม	58
ภาพ 3.8	แสดงการวัดค่าต่างๆ ขณะติดตั้งชุดควบคุม	59
ภาพ 4.1	แสดงอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า	60
ภาพ 4.2	แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ภายในชุดควบคุม	61
ภาพ 5.1	แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า A1 ขณะติดตั้ง และไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า	86
ภาพ 5.2	แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า A3 ขณะติดตั้ง และไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า	86
ภาพ 5.3	แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า A5 ขณะติดตั้ง และไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า	87

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี@สงคราม Rambhaipanni Rajabhat University

หน้า

ภาพ 5.4	แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า A7 ขณะติดตั้ง และไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า	87
ภาพ 5.5	แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า A9 ขณะติดตั้ง และไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า	88
ภาพ 5.6	แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า A10 ขณะติดตั้ง และไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า	88
ภาพ 5.7	แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า A12 ขณะติดตั้ง และไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า	89
ภาพ 5.8	แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า A14 ขณะติดตั้ง และไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า	89
ภาพ 5.9	แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า A16 ขณะติดตั้ง และไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า	90
ภาพ 5.10	แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า A18 ขณะติดตั้ง และไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า	90
ภาพ 5.11	แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า A1-A20 ขณะติดตั้งและไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า	91
ภาพ 5.12	วงจรสมมูลย์ของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าขณะต่อใช้งาน	91

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 Powdered –Iron Toroidal Corcs- Al Values 33

ตารางที่ 2.2 Ferrite Torolds-A_L Chart (mlt per 1000 turns) Enameled Wire 36

ตารางที่ 4.1 การทดสอบโดยไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A1 63

ตารางที่ 4.2 การทดสอบโดยติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A1 63

ตารางที่ 4.3 การทดสอบโดยไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A2 64

ตารางที่ 4.4 การทดสอบโดยติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A2 64

ตารางที่ 4.5 การทดสอบโดยไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A3 65

ตารางที่ 4.6 การทดสอบโดยติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A3 65

ตารางที่ 4.7 การทดสอบโดยไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A4 66

ตารางที่ 4.8 การทดสอบโดยติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A4 66

ตารางที่ 4.9 การทดสอบโดยไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A5 67

ตารางที่ 4.10 การทดสอบโดยติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A5 67

ตารางที่ 4.11 การทดสอบโดยไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A6 68

ตารางที่ 4.12 การทดสอบโดยติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A6 68

ตารางที่ 4.13 การทดสอบโดยไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A7 69

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

หน้า

ตารางที่ 4.14 การทดสอบโดยติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A7 69
ตารางที่ 4.15 การทดสอบโดยไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A8 70
ตารางที่ 4.16 การทดสอบโดยติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A8 70
ตารางที่ 4.17 การทดสอบโดยไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A9 71
ตารางที่ 4.18 การทดสอบโดยติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A9 71
ตารางที่ 4.19 การทดสอบโดยไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A10 72
ตารางที่ 4.20 การทดสอบโดยติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A10 72
ตารางที่ 4.21 การทดสอบโดยไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A11 73
ตารางที่ 4.22 การทดสอบโดยติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A11 73
ตารางที่ 4.23 การทดสอบโดยไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A12 74
ตารางที่ 4.24 การทดสอบโดยติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A12 74
ตารางที่ 4.25 การทดสอบโดยไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A13 75
ตารางที่ 4.26 การทดสอบโดยติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A13 75
ตารางที่ 4.27 การทดสอบโดยไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A14 76

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

หน้า

ตารางที่ 4.28 การทดสอบโดยติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A14 76
ตารางที่ 4.29 การทดสอบโดยไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A15 77
ตารางที่ 4.30 การทดสอบโดยติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A15 77
ตารางที่ 4.31 การทดสอบโดยไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A16 78
ตารางที่ 4.32 การทดสอบโดยติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A16 78
ตารางที่ 4.33 การทดสอบโดยไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A17 79
ตารางที่ 4.34 การทดสอบโดยติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A17 79
ตารางที่ 4.35 การทดสอบโดยไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A18 80
ตารางที่ 4.36 การทดสอบโดยติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A18 80
ตารางที่ 4.37 การทดสอบโดยไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A19 81
ตารางที่ 4.38 การทดสอบโดยติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A19 81
ตารางที่ 4.39 การทดสอบโดยไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A20 82
ตารางที่ 4.40 การทดสอบโดยติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A20 82

มหาวิทยาลัยนเรศวร Naresuan University Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากในยุคปัจจุบัน มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีการใช้พลังงานกันอย่างสิ้นเปลือง โดยมิได้คำนึงถึงความสูญเสียอันที่จะเกิดขึ้น ซึ่งการสูญเสียพลังงานเหล่านี้ แบ่งเป็นการสูญเสียได้หลายประเภท เช่น การสูญเสียในด้านเศรษฐกิจ ทำให้จำเป็นต้องสั่งนำเข้าพลังงานต่างๆมาจากต่างประเทศโดยเฉพาะน้ำมันเชื้อเพลิง ที่ใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า ซึ่งทำให้ประเทศของเราขาดดุลทางการค้ากับต่างประเทศเป็นจำนวนมาก การสูญเสียทรัพยากรในธรรมชาติภายในประเทศนั้น เช่น ถ่านหินลิกไนต์ฯ เป็นต้น ทรัพยากรเหล่านี้ล้วนแล้วเมื่อนำมาใช้มีแต่จะหมดไป ซึ่งไม่สามารถผลิตขึ้นมาทดแทนได้ในระยะเวลาอันสั้น
และยังต้องใช้ระยะเวลานานในการที่จะผลิตขึ้นมาทดแทนได้ใหม่ซึ่งก็ไม่ทันกับความต้องการ ที่เพิ่มขึ้นในยุคปัจจุบัน

เครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบ Transformer type ก็เป็นเครื่องมือทางไฟฟ้าอีกชนิดหนึ่ง ที่ยังคงมีการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างสิ้นเปลือง (เครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลง) เช่น ในขณะที่มีการเปิดเครื่อง Standby ในระหว่างปฏิบัติงาน หรือรอการปฏิบัติงาน ฉะนั้นในช่วงระยะเวลาดังกล่าวที่เปิดเครื่องอยู่ทำให้มีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าไปส่วนหนึ่ง ถ้าเครื่องเชื่อมทำการ Standby เป็นระยะเวลานานๆ ดังนั้นจากผลที่ได้จากการทดสอบ เกี่ยวกับลักษณะการใช้งานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบ Transformer type ด้วยเครื่องมือวัดค่าทางไฟฟ้า คือ Power Meter ดังกล่าวทางคณะผู้จัดทำจึงได้เล็งเห็นถึงการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าภายในเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบ Transformer type ดังกล่าว และควรที่จะหาวิธีการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบ Transformer type ในช่วงขณะ Standby โดยได้มีการออกแบบอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300 A และวิธีการทำงานของชุดควบคุมดังกล่าวขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาการสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า แบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300A
2. เพื่อสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า แบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300A
3. เพื่อทดสอบสมรรถนะอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า แบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300A โดยคณะผู้ศึกษาการสร้างทดสอบด้วยตนเอง

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ขอบเขตของการศึกษา เพื่อสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า แบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300 A มีรายละเอียด ซึ่งสามารถจำแนกออกเป็นด้านต่างๆ ได้แก่

1. การศึกษาการสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า แบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300 A
   - 1.1 ด้านขั้นตอนการออกแบบอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า
   - 1.2 ด้านวงจรควบคุม อุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า
   - 1.3 ด้านอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า
   - 1.4 ด้านวิธีการที่ใช้ในการควบคุม อุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า
2. การสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า แบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300 A
   - 2.1 ชุดวงจรเรียงกระแส แบบ บริดจ์
   - 2.2 ชุดวงจรเรียงกระแส แบบ เต็มคลื่น
   - 2.3 วงจรขยายสัญญาณด้วยทรานซิสเตอร์ แบบ คอมมอนอีมิตเตอร์
   - 2.4 วงจรหน่วงเวลาด้วย RC Time Constant
3. การทดสอบสมรรถนะ อุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า แบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300A
   - 3.1 ทำการทดสอบโดยการไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแล้วสร้างสถานการณ์เชื่อม
   - 3.2 ทำการทดสอบโดยการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแล้วสร้างสถานการณ์เชื่อม

1.4 คำนิยามและศัพท์เฉพาะ

1.	ฟิวส์	หมายถึง	อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับจำกัดกระแสที่ไหลในวงจร
2.	มิเตอร์	หมายถึง	อุปกรณ์สำหรับวัดค่าทางไฟฟ้าเป็นเครื่องมือวัดค่า
3.	คอนแทคเมน	หมายถึง	คอนแทคที่ใช้ในการตัดต่อวงจรกำลังไฟฟ้า
4.	คอนแทคช่วย	หมายถึง	คอนแทคที่ใช้ควบคุมวงจรคอนโทรล
5.	แมกเนติกคอนแทคเตอร์	หมายถึง	อุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นตัวตัดและต่อวงจรไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยนเรศวร Naresuan University

		โดยอาศัยหลักการทำงานของอำนาจแม่เหล็กไฟฟ้า
6. เซอร์กิตเบรคเกอร์	หมายถึง	อุปกรณ์ที่ทำหน้าคลายฟิวส์ออกแบบเพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้าลัดวงจรในส่วนของวงจรควบคุม
7. แกนทอรอยด์	หมายถึง	แกนเหล็กที่มีลักษณะทรงกลมคล้ายรูปโดนัท
8. I in-put	หมายถึง	กระแสไฟฟ้าทางด้านเข้าขดลวดปฐมภูมิของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า
9. I out-put	หมายถึง	กระแสไฟฟ้าทางด้านเข้าขดลวดทุติยภูมิของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า
10. Amp	หมายถึง	หน่วยวัดกระแสไฟฟ้า
11. V in-put	หมายถึง	แรงดันไฟฟ้าทางด้านข้าวของขดลวดปฐมภูมิของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า
12. V out-put	หมายถึง	แรงดันไฟฟ้าทางด้านออกของขดลวดทุติยภูมิของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า
13. Voltage	หมายถึง	หน่วยวัดแรงดันไฟฟ้า
14. S in-put	หมายถึง	กำลังไฟฟ้าจริงที่จ่ายให้กับเครื่องเชื่อม
15. S out-put	หมายถึง	กำลังไฟฟ้าจริงที่ออกจากเครื่องเชื่อม
16. KVA	หมายถึง	หน่วยวัดกำลังงานไฟฟ้าจริง
17. Unit	หมายถึง	หน่วยในการอ่านค่าจาก Kilo watt hour meter (1 Unit = 1,000W)
18. Cosθ	หมายถึง	ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า
19. P	หมายถึง	พลังงานไฟฟ้า
20. E	หมายถึง	แรงดันไฟฟ้า
21. I	หมายถึง	กระแสไฟฟ้า
22. W	หมายถึง	หน่วยวัดพลังงานไฟฟ้า
23. Hr	หมายถึง	หน่วยชั่วโมง
24. Standby	หมายถึง	ช่วงเวลาที่เปิดเครื่องเชื่อมทิ้งไว้แต่ยังไม่ได้ใช้งาน
25. Transformer type	หมายถึง	เครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลง
26. Kilo watt hour meter	หมายถึง	เครื่องวัดไฟฟ้าที่ใช้ทำหน้าที่วัดปริมาณพลังงานไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

27. เครื่องวัดไฟฟ้าแบบ อิเล็กทรอเมกคานิก หมายถึง	เครื่องวัดไฟฟ้าที่มีหลักการอิเล็กทรอเมกคานิก ทำงานโดยการเปลี่ยนปริมาณไฟฟ้าที่วัดให้เป็นปริมาณทางกล แล้วทำให้ส่วนเคลื่อนที่พาเข็มชี้ออกจากตำแหน่งเดิมไปชี้ค่าบนสเกล
28. เครื่องไฟฟ้าแบบดิจิตอล หมายถึง	เครื่องวัดไฟฟ้าที่มีหลักการทำงาน โดยการเปลี่ยนปริมาณไฟฟ้าที่วัดให้เป็นสัญญาณดิจิตอล แล้วแสดงผลปริมาณที่วัดออกมาเป็นตัวเลข

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาการสร้างครั้งนี้เป็นการศึกษาการสร้างของ อุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300 Aจำเป็นจะต้องศึกษาค้นคว้าหาข้อมูล มาประกอบการพิจารณาเพื่อใช้ในการดำเนินงาน และจัดทำหลายด้านด้วยกัน เช่น ด้านพลังงานไฟฟ้า ด้านวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้านอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการจัดทำ ด้านขั้นตอนการออกแบบ เป็นต้น ดังนั้นคณะผู้ศึกษาจึงได้รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า แบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300 A ไว้ดังนี้

2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การออกแบบผลิตภัณฑ์ และการหาประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์

2.1.1.1 ความหมายของการออกแบบและการออกแบบผลิตภัณฑ์

2.1.1.2 กระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์

2.1.1.3 การหาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์

2.1.2 เครื่องเชื่อมไฟฟ้า

2.1.2.1 เครื่องเชื่อมแบบหม้อแปลงไฟฟ้า

2.1.2.2 การควบคุมกระแสไฟเชื่อมด้วยวงจรไฟฟ้า

2.1.2.3 การควบคุมกระแสไฟเชื่อมด้วยวิธีทางกล

2.1.2.4 แผนภูมิวงจรการเชื่อมไฟฟ้า

2.1.3 วงจรควบคุมการทำงาน

2.1.3.1 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น

2.1.3.2 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบหม้อแปลงมีแทป

2.1.3.3 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์

2.1.3.4 วงจรขยายสัญญาณด้วยทรานซิสเตอร์ แบบคอมม่อนอีมิตเตอร์

2.1.3.5 วงจรหน่วงเวลาด้วย RC Time Constant

2.1.4 อุปกรณ์ควบคุมการทำงาน

2.1.4.1 หม้อแปลงแกนทอรอยด์

2.1.4.2 รีเลย์ควบคุมการทำงาน

2.1.4.3 แมกเนติกคอนแทคเตอร์

2.1.4.4 หลอดสัญญาณ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ Pibulsongkram Rajabhat University

2.1.5 เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

2.1.5.1 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์

2.1.5.2 Power Meter เฟสเดียว แบบอาศัยการเหนี่ยวนำไฟฟ้า

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การออกแบบผลิตภัณฑ์ และการหาประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์

การออกแบบผลิตภัณฑ์จัดว่าเป็นงานศิลปะประยุกต์ที่นักออกแบบจะต้องคำนึง ด้านประโยชน์ใช้สอยมาเป็นอันดับแรกซึ่งอาจจะเป็นการสร้างสรรค์ขึ้นมาใหม่ หรือดัดแปลงวัสดุสำเร็จรูปแบบที่มีอยู่แล้วขึ้นมาใช้ โดยกรรมวิธีการผลิตแบบอุตสาหกรรมหรือกึ่งอุตสาหกรรม ตามความเหมาะสม ดังนั้นนักออกแบบผลิตภัณฑ์ จึงควรที่จะเป็นผู้ที่มีความสามารถทางทักษะ และประสบการณ์หลายๆ ด้านมีความชำนาญในเรื่องต่างๆ มากมาย เช่น ต้องศึกษาเรียนรู้ถึงชนิดและคุณสมบัติของวัสดุ อุปกรณ์ ข้อมูลทางการตลาดและการจำหน่าย อุปนิสัย และจิตวิทยาผู้บริโภค กรรมวิธีการผลิต เครื่องจักรกล การบริหารโรงงาน ตลอดทั้ง เทคโนโลยีและความก้าวหน้าทางเทคนิคต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางแห่งการสร้างสรรค์และการเสนอในลักษณะงานกราฟฟิค หุ่นจำลอง การทำให้เหมือนจริง และผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ผลิตภัณฑ์ทดสอบที่จะมีผลต่อการตัดสินใจนำไปผลิตได้ตามกรรมวิธีที่เหมาะสมในที่สุด

2.1.1.1 ความหมายของการออกแบบและการออกแบบผลิตภัณฑ์

ก่อนอื่นเราควรจะทราบความหมายของการออกแบบก่อนว่าการออกแบบหมายถึงอะไร ซึ่งได้มีผู้ให้คำนิยามคำว่า การออกแบบ ต่างๆ กันดังนี้

การออกแบบ หมายถึง การรู้จักวางแผนจัดตั้งขั้นตอน และรู้จักเลือกใช้วัสดุวิธีการเพื่อทำตามที่ต้องการนั้น โดยให้สอดคล้องกับลักษณะรูปแบบ และคุณสมบัติของวัสดุแต่ละชนิดตามความคิดสร้างสรรค์ และการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ขึ้นมา เช่น เราจะทำเก้าอี้นั่งซักตัว จะต้องวางแผนไว้เป็นขั้นตอน โดยต้องเริ่มเลือกวัสดุที่จะใช้ทำเก้าอี้นั้นจะใช้วัสดุอะไรที่เหมาะสม วิธีการต่อยึดนั้นควรใช้กาว ตะปู น็อต หรือใช้ข้อต่อแบบใด คำนวณสัดส่วนการใช้งานให้เหมาะสม ความแข็งแรงของเก้าอี้นั่งมากน้อยเพียงใด สีสันควรใช้สีอะไรจึงจะสวยงาม และทนทานกับการใช้งาน เป็นต้น

การออกแบบ หมายถึง การปรับปรุงแบบ ผลงาน หรือสิ่งต่างๆ ที่มีอยู่แล้วให้เหมาะสมมีความแปลกใหม่ขึ้น เช่น เก้าอี้เราทำขึ้นมาใช้ซึ่งเมื่อใช้ไปนานๆ ก็เกิดความเบื่อหน่ายในรูปทรง เราก็จัดการปรับปรุงให้เป็น รูปแบบใหม่ให้สวยกว่าเดิม ทั้งความเหมาะสม ความสะดวก สบายในการใช้งานยังคงเหมือนเดิม หรือดีกว่าเดิม เป็นต้น

การออกแบบ หมายถึง การรวบรวมหรือการจัดองค์ประกอบ ทั้งที่เป็น 2 มิติ และ 3 มิติ เข้าด้วยกันอย่างมีหลักเกณฑ์ การนำองค์ประกอบของการออกแบบ มาจัดรวมกันนั้น ผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอย และความสวยงาม อันเป็นคุณลักษณะสำคัญของการออกแบบ เป็นศิลปะของมนุษย์เนื่องจากเป็นการสร้างค่านิยมทางความงาม และสนองคุณประโยชน์ทางกายภาพให้แก่มนุษย์

การออกแบบ หมายถึง กระบวนการที่สนองความต้องการในสิ่งใหม่ๆ ของมนุษย์ ซึ่งส่วนใหญ่เพื่อให้ชีวิตอยู่รอด และมีความสะดวกสบายมากขึ้น ในการออกแบบนี้ ถือว่าเป็นวิชาปฏิบัติเกี่ยวกับการวิเคราะห์ การสร้างสรรค์ และพัฒนาผลิตภัณฑ์ เพื่อการผลิตที่เหมือนๆ กัน เป็นจำนวนมากให้ได้รูปร่างที่ถูกต้องแน่นอนก่อนที่จะลงทุนในการผลิต นอกจากนี้เพื่อจัดวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้ในราคาพอสมควร ที่ผู้ซื้อจะซื้อได้

สรุปได้ว่า การออกแบบคือ การสร้างสรรค์สิ่งใหม่ และการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงของเดิมให้ดียิ่งขึ้น ด้วยการใช้วัสดุและวิธีการที่เหมาะสม ตามแบบแผนและจุดมุ่งหมายที่ต้องการ

ผลิตภัณฑ์ หมายถึง สิ่งที่มนุษย์ค้นคว้าออกแบบประดิษฐ์ขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกสบายในการดำรงชีพ

การออกแบบผลิตภัณฑ์ คือ การออกแบบสิ่งของเครื่องใช้ เพื่อนำมาใช้สอยในชีวิตประจำวัน โดยเน้นการผลิตจำนวนมาก ในรูปสินค้าเพื่อให้ผ่านไปยังผู้ซื้อ หรือ ผู้บริโภค ในวงกว้าง โดยที่รูปแบบและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จะเป็นปัจจัยสำคัญชักจูงผู้บริโภคให้เกิดความกระหายที่จะซื้อผลิตภัณฑ์นั้น

การออกแบบผลิตภัณฑ์ หมายถึง การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นด้วยกรรมวิธีทางด้านอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรม โดยมีการวิเคราะห์หาข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับหน้าที่ใช้สอยของผลิตภัณฑ์ข้อมูลเกี่ยวกับตลาดแล้วนำมาปรับปรุงผลิตภัณฑ์เพื่อผลิตเป็นจำนวนมากๆ ให้อยู่ในความนิยมของตลาดในราคาพอควร

จากความหมายที่ยกมากล่าวอ้างอิงนี้ จะเห็นว่าการออกแบบผลิตภัณฑ์นั้น มีความหมายกว้างและเกี่ยวกันกับองค์ประกอบหลายประการ ในอันที่จะนำมาเป็นข้อมูลประกอบเพื่อก่อให้เกิดรูปลักษณ์ (Features) ที่ปรากฏออกมานั้น เป็นผลงานที่สามารถนำไปใช้สอยได้จริงและเหมาะสมกับความต้องการของผู้อุปโภคบริโภค

ดังนั้น จึงพอที่จะสรุปความหมายของการออกแบบผลิตภัณฑ์ได้ว่า หมายถึง การกำหนดรูปแบบของผลิตภัณฑ์ โดยอาศัยปัจจัยและข้อมูลที่เกี่ยวข้องมาเป็นส่วนประกอบให้เกิดเป็นรูปลักษณะทาง 2 มิติ หรือ 3 มิติ ที่เหมาะสมกับการนำไปผลิตซ้ำ (Reproduction) ได้ตามจำนวนที่ต้องการ และรูปแบบของผลงานที่สำเร็จจะต้องสามารถดึงดูดความสนใจ และสนองประโยชน์ด้านการใช้สอยต่อมวลมนุษย์ได้ด้วย

2.1.1.2 กระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์ ในกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์ประกอบขึ้นด้วย 2 กระบวนการ คือ

1. กระบวนการของการศึกษาวิจัยเบื้องต้น เป็นกระบวนการอันดับแรกของการเตรียมแผนการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการค้นคว้าวิจัย และข้อมูลจากด้านต่างๆ เพื่อนำมากำหนดเป็นมโนทัศน์ (Concept) ของผลิตภัณฑ์ อันได้แก่

1.1 การกำหนดนโยบาย ได้แก่การตั้งวัตถุประสงค์ ของการผลิต, กลยุทธ์ทางการค้า, ขอบเขตของ วัน / เวลาการลงทุน และแนวทางการพัฒนา ผลิตภัณฑ์ตลอดจนการกำหนดสถานะของผลิตภัณฑ์ (Situation) ที่จะผลิตนั้นๆ ด้วย

1.2 ความต้องการด้านโครงสร้าง ได้แก่ การกำหนดโครงสร้าง และหน้าที่ทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ว่าจะทำอะไรได้บ้าง มีรูปร่างอย่างไร รูปแบบสมัยใหม่ที่เรียบง่าย หรือมีการตกแต่งลวดลายตามสไตล์งานหัตถกรรม ส่วนประกอบในโครงสร้าง มีการรับน้ำหนัก หรือเอื้ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้อย่างไร ฯลฯ เช่น การกำหนดความต้องการทางโครงสร้างของผลิตภัณฑ์เก้าอี้ ว่านอกจากจะแข็งแรงใช้นั่งได้แล้ว จึงยังสามารถปรับพนักพิงหลังให้เอนนอนได้ด้วย เป็นต้น

1.3 ความต้องการด้านการสื่อสารความหมาย โดยปกติแล้วผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จออกมา โครงสร้างทางรูปร่าง หน้าตาของผลิตภัณฑ์จะเป็นสื่อแสดงความหมายแทนตัวของมันเอง ให้ผู้ใช้ทราบโดยทันทีอยู่แล้วว่ามันคืออะไร และใช้ในภารกิจแบบไหน เช่นว่าเรามองเห็นผลิตภัณฑ์รูปทรงกระบอกทรงสูงภายในกลวงมีพวยริน (Spout) ยื่นออกมาจากขอบบนมีฝาปิด มีหูสำหรับจับถือ เราก็สามารถรับรู้ได้ว่านั่นคือ กาน้ำ ใช้สำหรับบรรจุของเหลว ทั้งนี้เพราะมนุษย์เราเกิดการเรียนรู้เคยเห็น เคยใช้มาแล้วดังนั้นจึงง่ายแก่การรับรู้หรือ การระลึกขึ้นมาได้ง่าย แต่ในบางกรณีผู้ผลิตและผู้ออกแบบ ต้องการสร้างความแปลกใหม่ในรูปร่างลักษณะของผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นกลยุทธ์ทางการค้า ให้สามารถดึงดูดความสนใจผู้ใช้ให้เกิดความรู้สึกใหม่ด้วยการใช้รูปลักษณะอื่นๆ สีสันและโครงสร้างที่แปลกไปจากมโนทัศน์เดิม และในขณะเดียวกันก็ต้องการใช้ข้อมูลข้อความต่างๆ เพื่อเห็นการบอกกล่าวให้ทราบถึงชนิด ประเภท วิธีการใช้ ตลอดจนเครื่องหมายการค้า ตรายี่ห้อ ชื่อผู้ผลิตเข้ามาช่วยสื่อความหมายในตัวผลิตภัณฑ์ นั้นๆ ด้วย ดังนั้น ความต้องการด้านสื่อความหมาย จึงเป็นไปอย่างควบคู่กันกับโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ซึ่งจะขาดเสียมิได้

1.4 การศึกษาชนิดและประเภทของวัสดุ ที่จะนำมาใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์ นักออกแบบจึงควรศึกษา เกี่ยวกับชนิด รูปร่าง และ ขนาดต่างๆ ของวัสดุที่มีขายในท้องตลาด หรือแหล่งของวัตถุดิบ สามารถจัดหาได้ง่ายหรือไม่มีจำนวน และปริมาณเท่าใดมีคุณสมบัติและโครงสร้างทางกายภาพในแต่ละชนิดเป็นอย่างไร ฯลฯ ทั้งนี้ก็เพื่อว่า ผู้ออกแบบจะได้เลือกใช้วัสดุได้ถูกต้องกับชนิดของงานสามารถกำหนดหรือซื้อวัสดุได้ถูกต้องตามแบบที่ต้องการ เช่น การทดสอบการรับน้ำหนักของวัสดุ ความทนทานต่อการดัด , โค้ง, งอ หรือง่ายต่อการขึ้นรูป เป็นต้น

1.5 การศึกษากระบวนการผลิต การศึกษาขั้นนี้ นับว่าเป็นขั้นตอนสำคัญที่นักออกแบบจำเป็นต้องศึกษาถึงความเป็นไปได้ ในกรรมวิธีของการสร้างผลิตภัณฑ์อันจะต้องศึกษาเกี่ยวกับเทคนิควิธีการต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น เทคนิคการจัดทำ

1.6 การศึกษาเศรษฐศาสตร์ เป็นการศึกษาพื้นฐานการใช้จ่าย ตลอดจนศึกษาวิธีประหยัด และการลงทุนการผลิตในปัจจัยต่างๆ ที่จะต้องนำมาประเมินราคาร่วมกับราคาขายผลิตภัณฑ์ อันได้แก่

1.6.1 วิธีการนำวัสดุมาใช้ให้สิ้นเปลืองน้อยที่สุด

1.6.2 วิธีการประหยัดในวิธีการผลิตและกระบวนการทางโครงสร้าง

1.6.3 วิธีการประหยัดในการเก็บรักษา , การบรรจุ และการขนส่ง

1.7 การศึกษาขนาดสัดส่วน ในการอำนวยความสะดวกสบายด้านต่างๆ อันได้แก่การศึกษาขนาดสัดส่วนของมนุษย์ การวัดขนาดของผู้ใช้และการเคลื่อนไหวของมนุษย์ เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการออกแบบ และการกำหนดรูปร่าง รูปทรงตลอดจนส่วนประกอบต่างๆ ของมนุษย์ เช่น การถือ การจับ นั่ง เดิน ยืน นอน ในขณะที่เกิดพฤติกรรมร่วมกับผลิตภัณฑ์ นั้นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากจะศึกษาถึงขนาด สัดส่วนสรีระร่างกายของมนุษย์แล้ว นักออกแบบยังจะต้องศึกษาขนาดสัดส่วนของสิ่งแวดล้อมต่างๆ รอบกาย เช่น สภาพธรรมชาติ ขนาดบ้านเรือน ที่พักอาศัย สัดส่วนในการขนส่ง การเก็บรักษา การบรรจุตลอดจนน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่จะ ผลิตออกมาอีกด้วย

1.8 การศึกษากฎหมาย และหลักสุขอนามัยสภาพแวดล้อม ด้านกฎหมายจะต้องศึกษาถึงข้อบัญญัติต่างๆ กฎหมายลิขสิทธิ์การคุ้มครองผลงาน มาตรฐานผลิตภัณฑ์การประกันสินค้า ตราเครื่องหมายผลิตภัณฑ์ ฯลฯ นอกจากนั้นยังต้องคำนึงถึงสุขภาพอนามัยอันเนื่องจากการใช้ผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค เช่น อันตรายจากวัตถุที่มีพิษ การบาดเจ็บอันเนื่องมาจากโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ ตลอดจนการเกิดมลภาวะต่อสภาพแวดล้อมอีกด้วย

จากขั้นตอนและวิธีการต่างๆ ที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าขั้นของการกำหนดรูปแบบทางมโนทัศน์ของผลิตภัณฑ์นั้น ต้องอาศัยข้อมูล และประสบการณ์ด้านต่างๆ มาประกอบเป็นแนวความคิดเพื่อการสร้างสรรค์ที่มากมายหลายด้าน มีความสลับซับซ้อน และเกี่ยวพันกับบุคลากรผู้ชำนาญการต่างๆ มากมายในอันที่นำมาใช้กำหนดแบบการสื่อความหมายความเข้าใจซึ่งกันและกันในขั้นตอนของการออกแบบและการผลิตต่อไป

2. กระบวนการออกแบบ หลังจากที่นักออกแบบได้ศึกษาข้อมูล ได้แนวคิดของชนิดและประเภทของผลิตภัณฑ์แล้ว นักออกแบบจึงดำเนินการออกแบบ โดยมีลำดับขั้นตอนของการทำงานคือ

2.1 การพัฒนาแนวความคิดของการออกแบบ ด้วยการสร้างสรรค์ออกมาในรูปของหน้าที่การใช้งานและรูปทรง ซึ่งอาจจะ เริ่มต้นด้วยการร่างภาพอย่างหยาบ หรือทดลองสร้าง

หุ่นจำลองขึ้นมาอย่างง่ายๆ เพราะลักษณะของผลิตภัณฑ์นั้น บางครั้งการเขียนแสดงให้เห็นเป็นเพียง 2 มิติ นักออกแบบอาจจะผิดพลาดในเรื่องของขนาดสัดส่วนรูปร่างและโครงสร้างที่แท้จริงไป หรือผู้ร่วมงานไม่อาจจะมองภาพออกและไม่เข้าใจในที่แสดงไว้ ดังนั้นการสร้างหุ่นจำลองประกอบหรืออธิบายแบบในรูป 3 มิติ จะทำให้ง่ายแก่การมอง และช่วยให้ผู้อื่นเข้าใจในแนวความคิดได้ง่ายขึ้นอีก ทั้งยังเป็นการศึกษาทดลองรูปแบบ ของโครงสร้างและรูปร่างอย่างคร่าวๆ ที่มีส่วนร่วมในการให้คำปรึกษาในกระบวนการออกแบบ ซึ่งในการสร้างหุ่นจำลองง่ายๆ นี้ส่วนใหญ่มักใช้วัสดุที่สามารถดัดแปลงรูปได้ง่ายรวดเร็ว เช่น ใช้ดินเหนียว ดินน้ำมัน หรือกระดาษ เป็นต้น การออกแบบในขั้นนี้จึงกล่าวได้ว่า เป็นขั้นของการศึกษาปัญหาและพัฒนาแนวความคิดเบื้องต้น เพื่อกำหนดปัญหา โดยชี้เฉพาะในสิ่งที่ต้องการ อันได้แก่

2.1.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1.2 การวิเคราะห์และประเมินข้อมูลที่ได้มา

2.1.3 ตั้งรายการของความต้องการเป็นลำดับขั้นตอน

2.1.4 ตั้งเกณฑ์สำหรับการประเมินผล

ทั้ง 4 ขั้นตอนดังกล่าวก็เป็นผลเนื่องมาจากกระบวนการศึกษาวิจัยเบื้องต้น ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยที่นักออกแบบจะนำผลที่ได้มาตั้งเป็นแนวสมมุติฐานในการออกแบบแล้วกำหนดขึ้นเป็นโครงร่างภาพตามแนวความคิด

2.2 ขั้นตอนการพัฒนาแบบ คือ ขั้นตอนของการขัดเกลาแบบร่างที่จะต้องมีการทดลอง ทดสอบ แนวความคิด อย่างพินิจพิจารณาตัดสินว่าจะยอมรับ ไม่ยอมรับหรือต้องแก้ไขปรับปรุงแบบอย่างไร ถ้าไม่ผ่านการยอมรับก็ต้องกลับไปเริ่มต้นใหม่ ถ้าผ่านการยอมรับก็จะต้องเข้าสู่ขั้นการพัฒนาแบบ ด้วยการรายละเอียดของการจัดทำ เช่น

2.2.1 พัฒนาส่วนปลีกย่อยของแบบ

2.2.2 จัดเตรียมข้อมูลเอกสารประกอบการออกแบบ

2.2.3 คิดเทคนิคการจัดทำและคำนวณต้นทุน

ในขั้นตอนนี้ เป็นขั้นตอนของการศึกษาถึงความเป็นไปได้ ในแง่ของการผลิตว่าแบบที่เลือกขึ้นมาพิจารณานั้น มีความเหมาะสมและสัมพันธ์กันใน ขนาด สัดส่วน โครงสร้าง หน้าที่ใช้สอย วัสดุ กรรมวิธีการผลิต การลงทุน และการจัดการด้านอื่นๆ มากน้อยเพียงใด เช่น ผลิตภัณฑ์มีรูปร่างสวยงามดี แต่ใช้วัสดุสิ้นเปลืองมากหรือเกิดเศษวัสดุโดยเปล่าประโยชน์มากเกินไป โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์ที่ใช้วัสดุสำเร็จรูป ในลักษณะคงรูปและจำกัดขนาดดังเช่น แผ่นผนัง แผ่นพลาสติก แผ่นโลหะ ท่อ แท่ง ท่อน แผ่นไม้ เป็นต้น ดังนั้นนักออกแบบจึงต้องออกแบบผลิตภัณฑ์ให้สัมพันธ์กับข้อจำกัดของวัสดุดังกล่าวด้วย ผลิตภัณฑ์มีรูปร่างของส่วนยื่นส่วนเว้า หรือลวดลายมากมายเกินไปอาจไม่เหมาะสมกับการสร้างแม่พิมพ์หรือการขัดเกลา ครั้งสุดท้ายทำให้เสียเวลา เสียค่าใช้จ่ายสูงซึ่งก็หมายถึงต้นทุนการผลิตและการผลิตและราคาจำหน่าย

ต่อหน่วยจะสูงขึ้นตามไปด้วยโดยเฉพาะ ในผลิตภัณฑ์ที่ต้องขึ้นรูปด้วยการหล่อ การฉีดวัสดุเหลวเข้าไปในแม่พิมพ์ เช่น แก้ว หรือ โลหะ เป็นต้น ดังนั้น นักออกแบบก็ต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ของกำลังการผลิต กรรมวิธี ตลอดจนเรื่องจักรกลต่างๆ ในโรงงานผลิตด้วย ผลิตภัณฑ์มีโครงสร้างดี แข็งแรงทนทานใช้วัสดุได้เหมาะสมแต่อาจจะมีน้ำหนักมากหรือมี ขนาดสัดส่วนที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการบรรจุ การเก็บรักษา การขนส่ง การกำจัดซาก ซึ่งอาจจะต้องมีการใช้วัสดุอื่นแทน หรือดัดแปลงโครงสร้างให้มีน้ำหนักเบาลง แต่ยังคงรักษาความแข็งแรงและรับน้ำหนักได้เช่นเดิม หรือไม่ก็ปรับปรุงให้มีโครงสร้างที่ง่ายต่อการเก็บรักษา สามารถเรียงซ้อนหรือเรียงบรรจุได้อย่างประหยัดเนื้อที่ในการขนส่ง เป็นต้น

2.3 การนำเสนอผลงานการออกแบบ ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่นักออกแบบ ผู้ร่วมงาน ที่ปรึกษา และผู้ผลิตมีความเห็นชอบในแบบที่แก้ไขและพัฒนาแบบแล้ว ผ่านขั้นตอนการตัดสินใจที่แน่นอนแล้ว ในลำดับต่อมานักออกแบบจะต้องมีการนำเสนอแบบจริง ที่จะต้องนำมาซึ่งการสื่อความหมายความเข้าใจ อ่านแบบได้ และมีรายละเอียด ประกอบอย่างละเอียดรอบคอบ เพื่ออธิบายแบบ หรือทำเสนอต่อผู้ที่จะต้องเข้ามาเกี่ยวข้อง ในกระบวนการผลิตหรือร่วมออกแบบ ซึ่งอาจจะได้แก่ ผู้ผลิต วิศวกร นักการตลาด นักกฎหมาย ช่างเทคนิค ช่างฝีมือ และทีมงานฝ่ายโรงงานการผลิต ฯลฯ ให้เกิดความเข้าใจในแบบที่ทำเสนอได้ตรงกันจวบจนสิ้นกระบวนการ

2.4 กระบวนการผลิต (Production) ในกระบวนการผลิตนี้ส่วนใหญ่จะเป็นหน้าที่รับผิดชอบของฝ่ายผลิตที่ได้รับงานเขียนแบบ ที่นักออกแบบนำเสนอมาให้แล้ว ซึ่งต้องดำเนินการผลิตตามแบบและข้อกำหนดต่างๆ ในรายละเอียดที่อธิบายประกอบไว้ หน้าที่ของนักออกแบบผลิตภัณฑ์ ในขั้นตอนนี้ จึงมีเพียงเป็นผู้ควบคุมคุณภาพการผลิต คอยติดตามแก้ปัญหาหรือข้อข้องใจที่ไม่แจ่มชัดที่อาจจะสื่อความหมายไม่ตรงกัน ทั้งนี้ก็เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จออกมามีคุณค่าและเป็นไปตามความต้องการที่กำหนดร่วมกันไว้

2.5 การประเมินค่า (Appraisal) ในขั้นนี้ เป็นขั้นตอนสุดท้าย ในกระบวนการผลิตและออกแบบผลิตภัณฑ์ในอันที่จะต้องมีการประเมินค่าของผลงานออกแบบว่า เมื่อสร้างจริงและนำไปใช้แล้วเกิดผลเช่นไร ต้นทุนการผลิตทั้งหมดเสียค่าใช้จ่ายเท่าใด และการกำหนดราคาขายเท่าใดจึงจะเหมาะสม ดังนั้นหลักการตลาด การโฆษณา ประชาสัมพันธ์ การขนส่ง การบรรจุหีบห่อ และปัจจัยพิเศษอื่นๆ จะเข้ามาเกี่ยวข้อง และปฏิสัมพันธ์ในกระบวนการสุดท้ายนี้ ผลที่ได้รับจากการประเมินค่า ประเมินราคา จึงเป็นสิ่งที่สะท้อนให้เห็นประสิทธิภาพของกระบวนการทำงานทั้งหมดที่ดำเนินมา และจะมีค่าต่อการนำกลับไปปรับปรุงหรือข้อควรพิจารณาในการผลิตและออกแบบอีกต่อไป

2.1.1.3 การหาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์

หลักเกณฑ์ในการประเมินค่าของผลิตภัณฑ์พิจารณาได้ตามหลักการดังต่อไปนี้

1. Functional คือ การพิจารณาตามหน้าที่ใช้สอยที่ผลิตภัณฑ์มีคุณลักษณะ และลักษณะตามที่ได้กำหนดไว้ ได้แก่

1.1 หน้าที่การใช้งาน

1.2 ความสะดวกสบาย

1.3 ความปลอดภัย

1.4 ความเหมาะสมกับภาวะการใช้งาน

1.5 ประโยชน์ใช้สอย

2. Structure คือ การพิจารณาตามโครงสร้าง โดยพิจารณาถึง รูปร่างลักษณะ, น้ำหนัก, ความแข็งแรง, ทนทาน, มีความคงทนในการใช้สอยมากน้อยเพียงใด

3. Durability คือ การพิจารณาถึงอายุหรือระยะเวลาของผลิตภัณฑ์และวัสดุที่ใช้ในการออกแบบว่ามีความเหมาะประหยัด คุ้มค่า กับระยะเวลาและการใช้นานเพียงใด

4. Ergonomic คือ การพิจารณาถึงการเอื้ออำนวยความสะดวกสบายของงานการออกแบบที่มีผลต่อการทำไปใช้ และความเหมาะสมกับสรีระร่างกายสัดส่วนหรือความเคลื่อนไหวของมนุษย์

5. Production คือการพิจารณาถึงคุณภาพของการผลิต เช่น

5.1 ความประณีตเรียบร้อยของผลงาน

5.2 มีการประสานงานที่ดี

5.3 แบบและรายละเอียดถูกต้องตามที่กำหนด

5.4 คุณภาพของผลผลิต

6. Economics เป็นการพิจารณาถึงต้นทุนการผลิต เศรษฐกิจของการลงทุนความคุ้มทุน หรือผลกำไร เป็นต้น

7. Association คือ การพิจารณาในส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องว่าผลงานที่ออกแบบมานั้นสามารถสื่อความหมายได้ดีต่อผู้ใช้ผู้พบเห็น มีการเผยแพร่ การโฆษณาประชาสัมพันธ์ที่สอดคล้องกันอย่างได้ผล

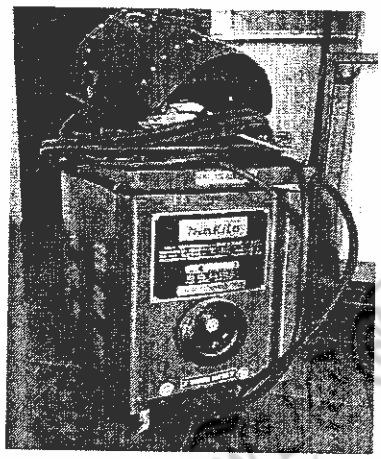
8. Aesthetics คือ การพิจารณาด้านความงามของผลิตภัณฑ์ เช่น โครงสร้างสัดส่วน สีสัน การดึงดูด ความสนใจต่อผู้ใช้ ฯลฯ เป็นต้น

หลักการทั้งแปดอย่างนี้เป็นเพียงแนวทางกว้างๆ ที่จะนำมาเป็นหลักการพิจารณาซึ่งอาจจะแตกแขนง แยกสาขาที่ละเอียดกว่านี้ ก็แล้วแต่ว่าผู้ผลิต ผู้ออกแบบต้องการความรัดกุม การควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์มากน้อยเพียงใด หรืออาจจะขึ้นอยู่กับการเน้นเพียงข้อใดข้อหนึ่งให้เด่นเป็นพิเศษ ก็ขึ้นอยู่กับชนิดและประเภทของผลิตภัณฑ์ ซึ่งอาจจะผกผันขั้นตอนไปได้ตามความต้องการหรือความเหมาะสมที่สามารถจะกระทำได้

2.1.2 เครื่องเชื่อมไฟฟ้า

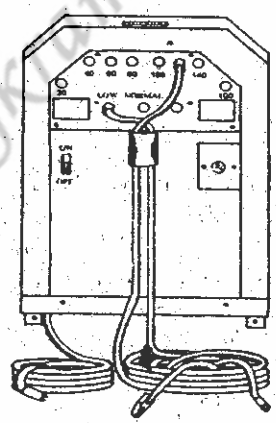
2.1.2.1 เครื่องเชื่อมหม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer Welding Machines)

เครื่องเชื่อมแบบนี้มีลักษณะคือ น้ำหนักเบาขนาดเล็ก ผลิตเฉพาะกระแสสลับ(AC) เท่านั้น หลักการทำงาน คือ นำกระแสที่มีแรงดันสูง 220โวลท์ ป้อนเข้าขดลวดปฐมภูมิ (Primary) ซึ่งจะทำให้เกิดไฟแรงดันต่ำ กระแสสูงเพื่อให้เหมาะแก่การเชื่อมโลหะลักษณะของเครื่องเชื่อม ดังรูปภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 เครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลง

การปรับกระแสไฟสำหรับเชื่อม ของเครื่องเชื่อมแบบหม้อแปลงไฟฟ้า สามารถทำได้หลายวิธีดังนี้ ต่อจากขดลวดทุติยภูมิแยกออกมาโดยต่อสายออกมา ซึ่งสายจะมีลักษณะ เป็นเต้าเสียบ สำหรับสายเชื่อมและสายดิน ดังรูปภาพที่ 2.2

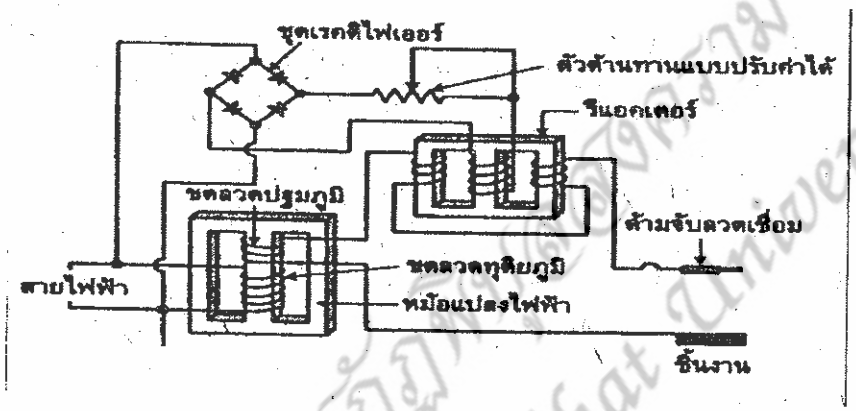


ภาพที่ 2.2 การต่อสายใช้งานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลง

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

2.1.2.2 การควบคุมกระแสไฟเชื่อมด้วยวงจรไฟฟ้า

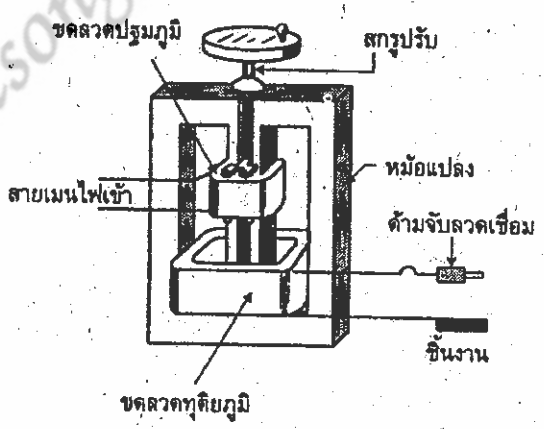
เครื่องเชื่อมแบบนี้จะไม่สามารถปรับกระแสไฟฟ้าเชื่อมแบบต่อเนื่องได้ แต่จะให้กระแสไฟออกมาเป็นช่วงเช่น 40, 60, 80 A เป็นต้น และเครื่องเชื่อมบางเครื่องจะใช้สวิตช์ สำหรับปรับกระแสไฟฟ้าไว้ด้านในเครื่อง แทนการใช้สายต่อควบคุมกระแสไฟฟ้าเชื่อมด้วยวงจรไฟฟ้า (Electrical Control) โดยวิธีการต่อวงจรไฟฟ้าควบคุมเข้ากับหม้อแปลงไฟฟ้า โดยจะควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ทางออกวิธีการปรับกระแส ทำได้โดยการหมุนปุ่มขนาดเล็กที่หน้าปัดของเครื่องเชื่อม ซึ่งสามารถปรับระดับได้ต่ำสุด จนถึงสูงสุด และปรับได้อย่างต่อเนื่องอีกด้วย ดังรูปภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 วงจรปรับกระแสด้วยวงจรไฟฟ้า

2.1.2.3 การควบคุมกระแสไฟเชื่อมด้วยวิธีทางกล

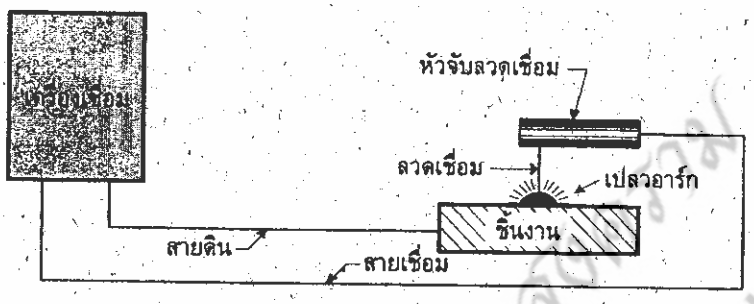
การควบคุมกระแสไฟเชื่อมด้วยวิธีทางกล(Mechanical control) ทำได้โดยการทำให้ลวดภายในหม้อแปลงเคลื่อนที่ หรืออาจจะเคลื่อนแกนของหม้อแปลงก็ได้ ซึ่งวิธีการนี้สามารถทำได้อย่างต่อเนื่อง ดังรูปภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 วงจรปรับกระแสด้วยวิธีทางกล

2.1.2.4 แผนภูมิวงจรการเชื่อมไฟฟ้า

วงจรพื้นฐานของการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลั๊กประกอบด้วย เครื่องเชื่อม, สายไฟเชื่อม, หัวจับลวดเชื่อม, ลวดเชื่อมสารพอกหุ้ม, ชิ้นงาน ซึ่งเครื่องเชื่อมจะจ่ายกระแสไฟไปตามสายเชื่อมจนถึงชิ้นงานและลวดเชื่อมเพื่อให้ เกิดการอาร์คเกิดขึ้นระหว่างปลายลวดเชื่อมกับชิ้นงาน (ดังรูปภาพที่ 2.5)

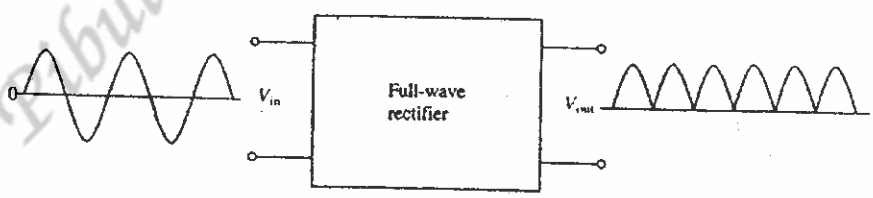


ภาพที่ 2.5 วงจรพื้นฐานของการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลั๊กฉนวน

2.1.3 วงจรควบคุมการทำงาน

2.1.3.1 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น

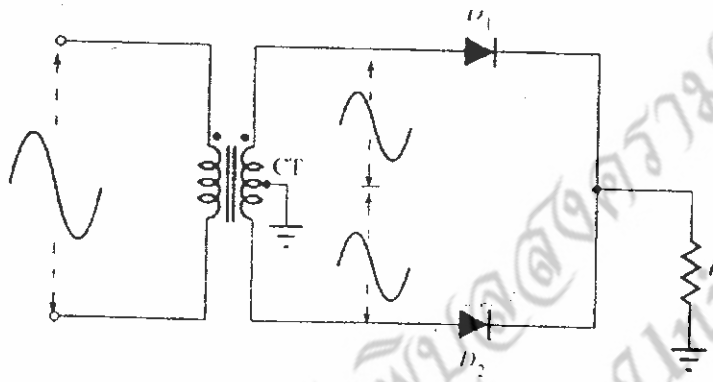
วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น (Full-wave Rectifiers) เป็นวงจรที่นิยมใช้กันมากในการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง มีทั้งวงจรที่ใช้ไดโอดต่อแบบเต็มคลื่นกับหม้อแปลงมีแทป (Center -tapped) และวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นที่ต่อไดโอดแบบบริดจ์ (Bridge) วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น คือการนำแรงดันไฟฟ้าสลับทั้งครึ่งไซเคิลบวก และลบมาเรียงกัน ให้อยู่เฉพาะครึ่งบวกกลายเป็นแรงดันไฟตรงแบบเต็มคลื่นคือใน 1 ไซเคิลประกอบด้วยรูปคลื่นครึ่งบวกจำนวน 2 ลูกคลื่น ดังรูปภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 บล็อกไดอะแกรมของวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น

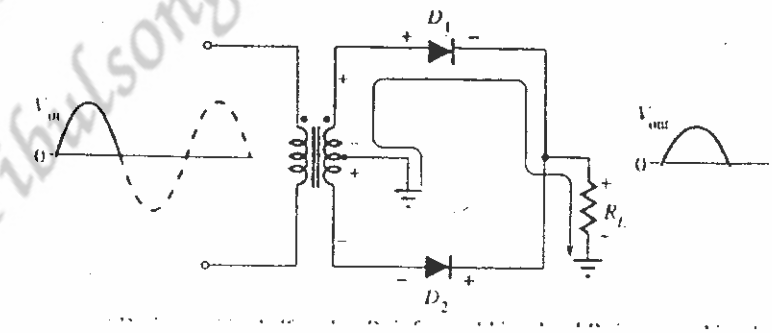
1.3.2 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบหม้อแปลงมีแทป

วงจรเรียงกระแสนี้ จะใช้หม้อแปลงที่มีขดลวดทุติยภูมิ(Secondary Winding) ซึ่งมีจำนวนระหว่างกัน 2 ขด โดยใช้จุดกึ่งกลาง (Center Tap.CP) เป็นจุดดินและใช้ไดโอด D_1 เป็นตัวเรียงกระแสครึ่งบวกของแรงดันจากขดทุติยภูมิขดที่หนึ่ง และใช้ไดโอด D_2 เป็นตัวเรียงกระแสครึ่งบวกของแรงดัน จากขดทุติยภูมิขดที่สองโดยต่อโหลด (R_L) เข้าที่จุดแคโทดของไดโอดทั้งสอง ดังรูปภาพที่ 2.7

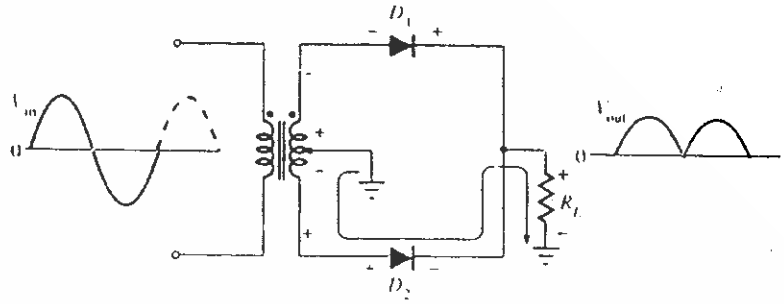


ภาพที่ 2.7 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นแบบหม้อแปลงมีแทป

การทำงานของวงจร พิจารณาจากรูปภาพที่ 2.8 ก. เมื่อแรงดันขาเข้า ที่ขดปฐมภูมิลงหม้อแปลง (V_{IN}) เป็นครึ่งไซเคิลบวก จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำ ที่ขดลวดทุติยภูมิ คือ ที่แอโนดของไดโอด D1 ได้รับศักดาไฟฟ้าบวก (ไบแอสตรง) และที่แอโนดของไดโอด D2 ได้รับศักดาไฟฟ้าลบ (ไบแอสกลับ) ทำให้ไดโอด D1 นำกระแสได้มีกระแสไหลผ่าน D_1 ไปที่โหลด R_L ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมโหลด V_{OUT} เป็นครึ่งไซเคิลบวก ดังรูปภาพที่ 2.8 ก.



(ก)



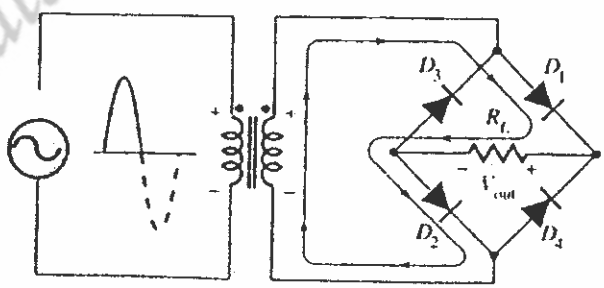
(ข)

ภาพที่ 2.8 During negative half-cycle, D2 is forward-biased and D1 is reversebiased

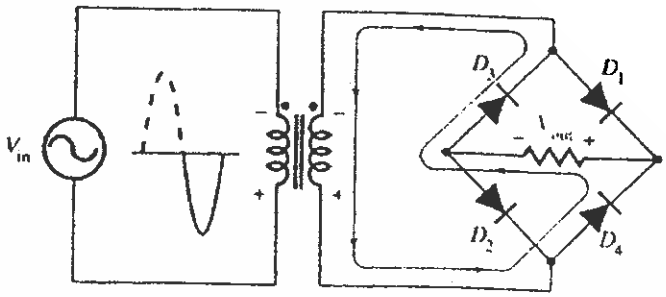
เมื่อพิจารณาครึ่งไซเคิลลบลงแรงดันขาเข้า ในรูปภาพที่ 2.8 ก. จะเห็นว่าแรงดันที่ขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงมีแทป จะกลับขั้วจากเดิมในรูปภาพที่ 2.8 ก. ทำให้ไดโอด D_2 ได้รับไบแอสตรงส่วนไดโอด D_1 ได้รับไบแอสกลับผลคือไดโอด D_1 ไม่นำกระแส แต่ไดโอด D_2 นำกระแสได้ มีกระแสไหลผ่านไดโอด D_2 ไปสู่โหลด ในทิศทางเดิมเป็นคลื่นรูปไซน์เรียงต่อกับครึ่งรูปคลื่น แรงที่เกิดจากรูปภาพที่ 2.8 ข. ทำให้เกิดรูปคลื่นกระแสแบบเต็มคลื่นขึ้นที่โหลด (V_{OUT}) ดังแสดงในรูปภาพที่ 2.8 ข.

2.1.3.3 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ (The full-wave Bride Rectifier)

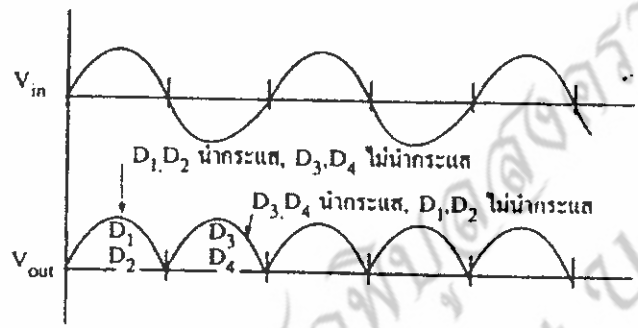
วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ ใช้ไดโอด 4 ตัว แทนการใช้วงจรเรียกกระแสแบบหม้อแปลงมีแทป ดังรูปภาพที่ 2.9 การทำงานของวงจรแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนดังรูปภาพที่ 2.9 เมื่อพิจารณาครึ่งไซเคิลบวกของแรงดันขาเข้า (VIN) ทำเป็นรูปคลื่นไซน์ จะทำให้ไดโอด D1 และ D2 ได้รับไบแอสตรงจะเกิดกระแสไหลผ่าน D1 ผ่านโหลด (RL) และผ่าน D2 และในครึ่งไซเคิลลบของแรงดันขาเข้า (VIN) ดังรูปภาพที่ 2.9 ในช่วงเวลานี้ไดโอด D1 และ D2 จะได้รับไบแอสกลับ แต่ไดโอด D3 และ D4 จะได้รับไบแอสตรง ทำให้มีกระแสไหลผ่านโหลด (RL) ได้โดยผ่าน D4 ผ่านโหลดและผ่าน D3 ทำให้ได้ไฟตรงแบบเต็มคลื่น ดังรูปภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.9 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ (a)



ภาพที่ 2.10 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ (b)



ภาพที่ 2.11 รูปคลื่น Vin เปรียบเทียบกับ Vout ของวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์

2.1.3.4 วงจรขยายสัญญาณด้วยทรานซิสเตอร์ แบบคอมมอนอีมิตเตอร์

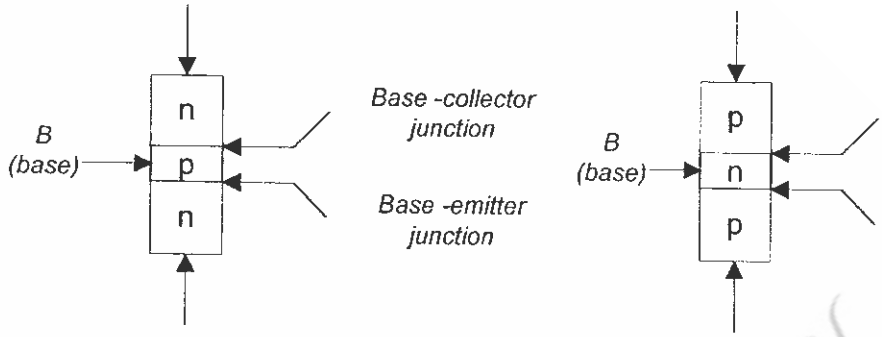
ทรานซิสเตอร์ (Transistor) คือ สิ่งประดิษฐ์ทำจากสารกึ่งตัวนำ มีสามขา กระแสหรือแรงเคลื่อน เพียงเล็กน้อยที่ขาหนึ่งจะควบคุมกระแสที่มีปริมาณมากที่ไหลผ่านขาทั้งสองข้างได้ หมายความว่าทรานซิสเตอร์ เป็นทั้งเครื่องขยาย (AMPLIFIER) และสวิทช์ ทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์ชนิดสองรอยต่อเรียกด้วยอักษรย่อว่า BJT (BIPOLAR JUNCTION TRANSISTOR) ทรานซิสเตอร์ (BJT) ถูกนำไปใช้งานอย่างแพร่หลาย เช่น วงจรขยายในเครื่องรับวิทยุ และเครื่องรับโทรทัศน์หรือนำไปใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิทช์ (Switching) เช่น เปิด-ปิด รีเลย์ (Relay) เพื่อควบคุมอุปกรณ์ ไฟฟ้าอื่นๆ เป็นต้น

โครงสร้างของทรานซิสเตอร์

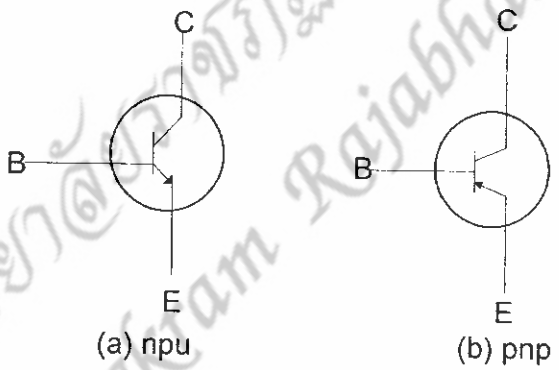
ทรานซิสเตอร์ชนิดสองรอยต่อหรือ BJT นี้ ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำ ชนิดพีและเอ็น ต่อกัน โดยการเติมสารเจือปน (Doping) จำนวน 3 ชั้นทำให้เกิดรอยต่อ (Junction) ขึ้นจำนวน 2 รอยต่อ การสร้างทรานซิสเตอร์จึงสร้างได้ 2 ชนิด คือ ชนิดที่มีสารชนิด N 2 ชั้น เรียกว่า

ชนิด NPN และชนิดที่มีสารชนิด P 2 ชั้น เรียกว่าชนิด PNP โครงสร้างของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN และชนิด PNP แสดงดังรูปภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 โครงสร้างภายในของทรานซิสเตอร์

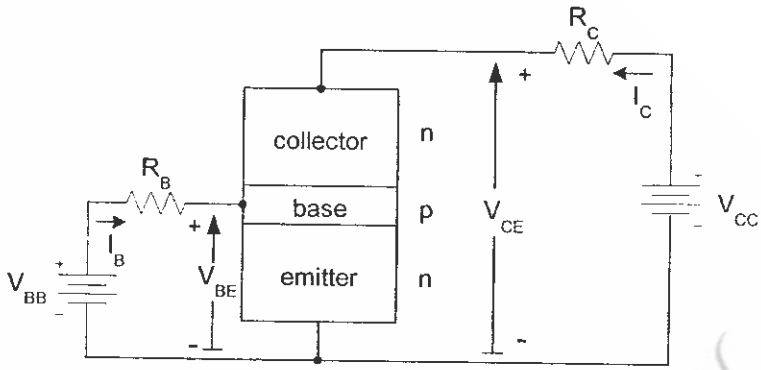
เมื่อพิจารณาจากรูปจะเห็นว่าโครงสร้างของทรานซิสเตอร์จะมีสารกึ่งตัวนำ 3 ชั้น แต่ละชั้นจะต่อลวดตัวนำจากเนื้อสารกึ่งตัวนำไปใช้งาน ชั้นที่เล็กที่สุด (บางที่สุด) เรียกว่า เบส (Base) ตัวอักษรย่อ B สำหรับสารกึ่งตัวนำชั้นที่เหลือคือ คอลเลคเตอร์ (collector หรือ c) และ อิมิตเตอร์ (Emitter หรือ E) นั่นคือทรานซิสเตอร์ทั้งชนิด NPN จะมี 3 ขา คือ ขาเบส ขาคอลเลคเตอร์ ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์นิยมเขียนทรานซิสเตอร์แทนด้วยสัญลักษณ์ ดังรูปภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.13 สัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

การไบแอส (bias) ทรานซิสเตอร์

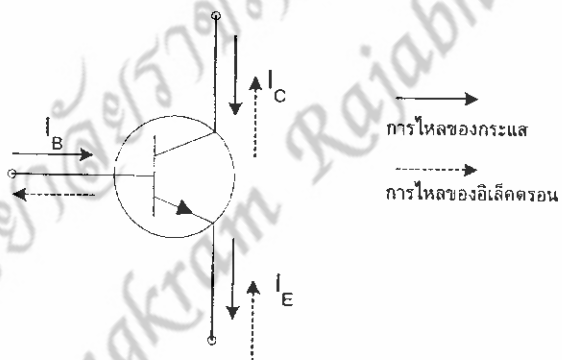


ภาพที่ 2.14 การไบอัสทรานซิสเตอร์แบบไบโพลาร์

I_B = กระแสเบส

I_C = กระแสคอลเลคเตอร์

I_E = กระแสอิมิตเตอร์

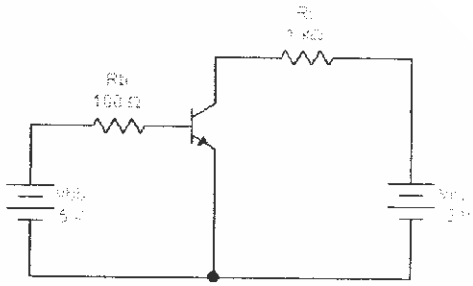


ภาพที่ 2.15 สัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์

$I_E = I_C + I_B$

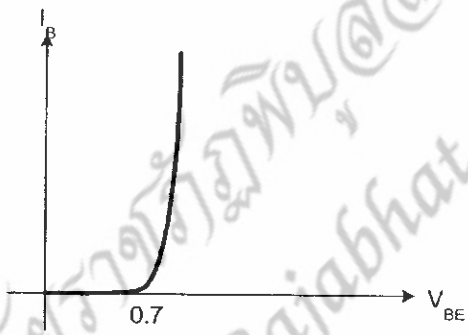
อัตราขยายกระแส (current gain)	$\beta_{dc} = I_C / I_B$
ทรานซิสเตอร์กำลังต่ำ	$\beta_{dc} \approx 100 - 300$
ทรานซิสเตอร์กำลังสูง	$\beta_{dc} \approx 20 - 100$

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University



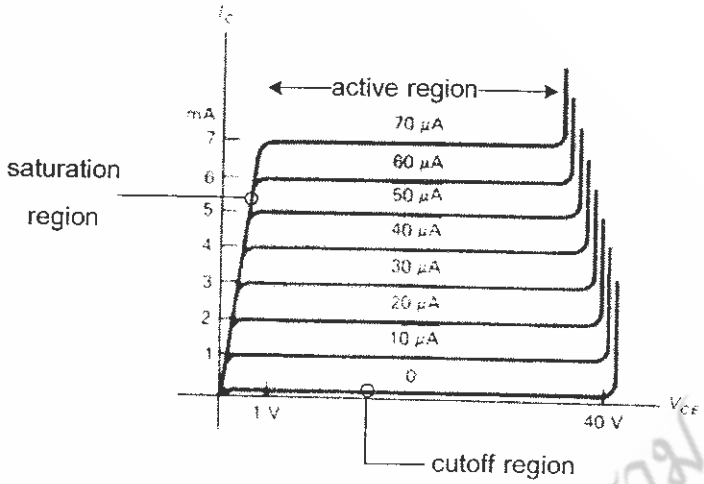
ภาพที่ 2.16 วงจรขยายสัญญาณอีมิเตอร์ร่วม

$$V_{CC} = V_{CB} + V_{BE} = (V_C - V_B) + (V_B - V_E)$$



ภาพที่ 2.17 รูปคลื่นการทำงานของไดโอด

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

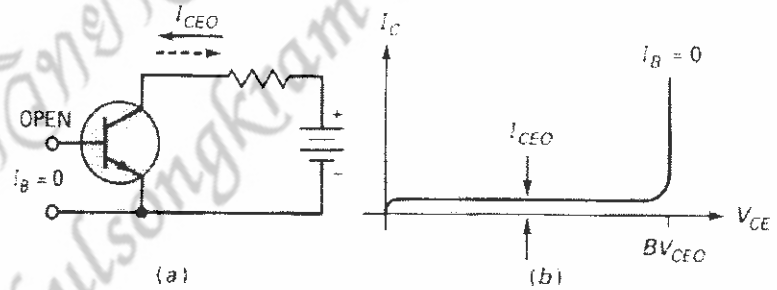


ภาพที่ 2.18 รูปคลื่นการนำกระแสของคอลเลคเตอร์

Cutoff, breakdown, saturation กับการใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิทช์ ในการใช้งานในปกติมีอยู่ด้วยกัน 2 เกณฑ์ ในการออกแบบทรานซิสเตอร์เป็นสวิทช์

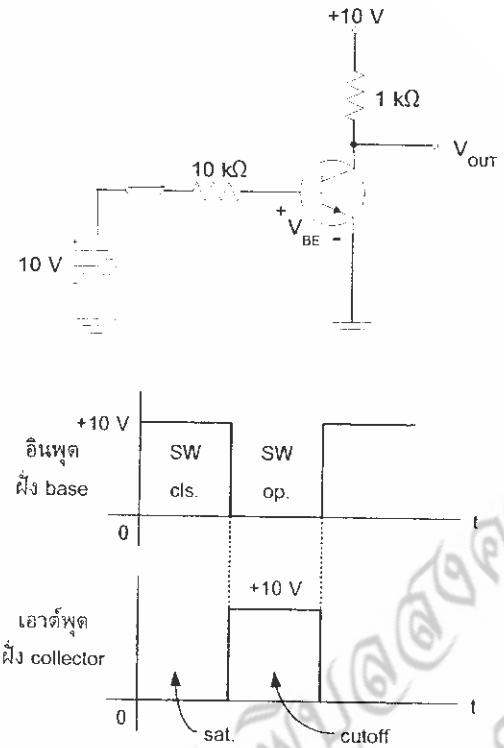
$$V_{CE} < \frac{1}{2} BV_{CEO}$$

$$V_{CE} < 1/10\ BV_{CEO}$$



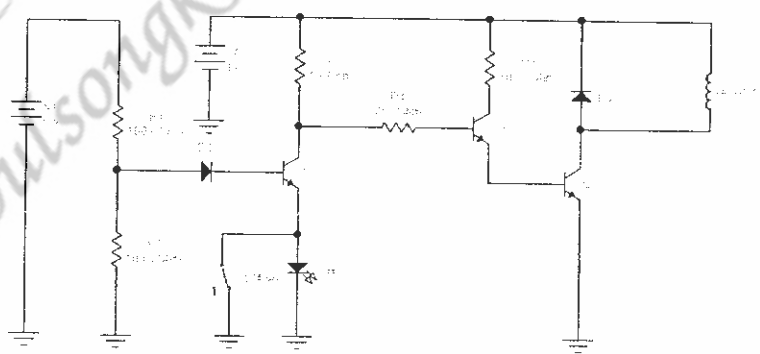
ภาพที่ 2.19 ใช้งานทรานซิสเตอร์มาเป็นสวิทช์

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University



ภาพที่ 2.20 วงจรพื้นฐานของทรานซิสเตอร์

เมื่อจัดให้ $V_{BB} = V_{CC}$ อัตราส่วน $R_B : R_C = 10:1$ จะทำให้ทรานซิสเตอร์ถูกขับไปอยู่ในสภาวะอิ่มตัว (Saturation) วงจรเช่นนี้จะใช้ประโยชน์ในวงจรดิจิตอล มีชื่อเรียกว่า "วงจรสวิตช์ชิ่ง" Switching circuit หรือ Two – State circuit



ภาพที่ 2.21 วงจรขยายสัญญาณ ด้วยทรานซิสเตอร์ (ในขณะที่รีเลย์ทำงาน)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

จากวงจร ดังรูปภาพที่ 2.21 เมื่อไม่มีแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง มาไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ Q1 หรือในช่วงที่ ทรานซิสเตอร์ Q1 ไม่นำกระแส ทรานซิสเตอร์ Q2, Q3 จะมีกระแสไฟฟ้ากระแสตรงไบอัสตรงให้กับตัวทรานซิสเตอร์ทั้งคู่ โดยกระแสไฟตรงที่มาไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ Q2, Q3 จะผ่านมาจากความต้านทาน R3 ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q2 นำกระแสจากขาคอลเลคเตอร์ โดยผ่านมาจากความต้านทาน R5 ไปยังขาอิมิตเตอร์ ไปไบอัสให้กับขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q3 ให้นำกระแสจากขาคอลเลคเตอร์ผ่านรีเลย์ไปยังขาอิมิเตอร์ลงกราวด์ ทำให้รีเลย์ทำงาน

2.1.3.5 วงจรหน่วงเวลาด้วย RC Time Constance

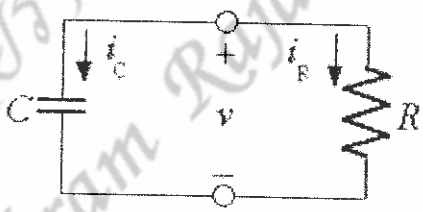
วงจร RC ที่ไม่มีแหล่งจ่าย

วงจร RC ดังภาพที่ 2.22 สมมติว่า ณ.เวลาที่ t=0 วินาที เป็นเวลาที่เราเริ่มพิจารณาวงจร กำหนดให้มีประจุสะสมอยู่ที่ตัวเก็บประจุอยู่ค่าค่าหนึ่ง ซึ่งส่งผลให้มีแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุอยู่เท่ากับ

$$v(0) = V_o \tag{2.1}$$

นั่นหมายถึงมีพลังงานที่สะสมที่ตัวเก็บประจุที่เวลา t=0 วินาทีเท่ากับ

$$w_C(0) = \frac{1}{2}CV_o^2 \tag{2.2}$$



ภาพที่ 2. 22 วงจร RC ที่ไม่มีแหล่งจ่าย

KCL :

$$i_C + i_R = 0 \tag{2.3}$$

แทนค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุและตัวต้านทาน

$$C\frac{dv}{dt} + \frac{v}{R} = 0 \tag{2.4}$$

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

จัดรูปใหม่ได้

$$\frac{dv}{dt} + \frac{v}{RC} = 0 \tag{2.5}$$

จะพบว่าสมการที่ได้เป็นสมการอนุพันธ์อันดับหนึ่ง ดังนั้นวงจร RC ข้างต้นจึงเป็นวงจรอนุพันธ์อันดับหนึ่ง

การแก้สมการอนุพันธ์อันดับหนึ่งเบื้องต้น

เมื่อแก้สมการอนุพันธ์ข้างต้นจะได้

$$v(t) = Ae^{-\frac{t}{RC}} \tag{2.6}$$

ค่า A สามารถหาได้จากค่าเงื่อนไขเริ่มต้นคือ $v(0) = V_0$

$$v(0) = V_0 = Ae^{-\frac{0}{RC}} \tag{2.7}$$

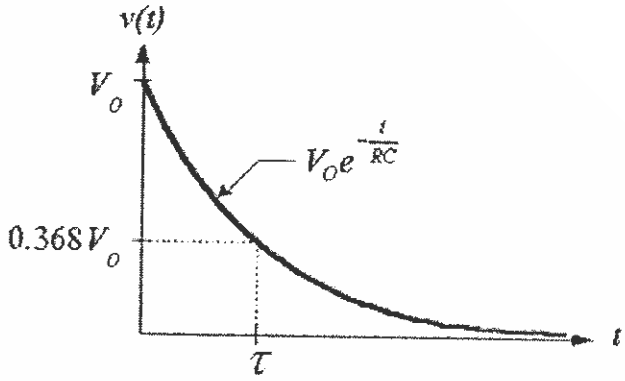
$$A = V_0 \tag{2.8}$$

นั่นคือ

$$v(t) = V_0 e^{-\frac{t}{RC}} \tag{2.9}$$

ตอบสนองแรงดันของวงจร RC แบบไม่มีแหล่งจ่าย จะมีลักษณะเป็นสมการเอ็กโปเนเชียล แบบถดถอย ซึ่งผลตอบสนองของวงจรจะขึ้นอยู่กับ พลังงานที่เกิดจากค่าเริ่มต้นที่เก็บไว้และมีค่าลดลงจนกระทั่งหายไป จะพบว่าผลตอบสนองของวงจรไม่ได้เกี่ยวข้องกับค่าของแหล่งจ่ายใดๆ เลย ดังนั้นเราจะเรียกผลตอบสนองแบบนี้ว่า ผลตอบสนองธรรมชาติ (Natural response) ผลตอบสนองแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุสามารถวาดกราฟผลตอบสนองได้ดังรูป

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University



ภาพที่ 2.23 ผลตอบสนองของวงจร RC ที่ไม่มีแหล่งจ่าย

ที่เวลา t=0 แรงดันจะมีค่าเท่ากับค่าเริ่มต้นที่ได้จากสมการ $v(0) = V_o$ เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นค่าของแรงดันจะมีค่าลดลงจนกระทั่งมีค่าเป็น 0 การลดลงอย่างรวดเร็วของค่าแรงดัน สามารถแสดงในแบบค่าเวลาคงตัวของวงจร (Time constant) โดยใช้สัญลักษณ์เป็น τ โดยกำหนดให้ค่าเวลาคงตัวของวงจรก็คือเวลาที่ผลตอบสนองมีค่าลดลงเท่ากับ 1/e หรือ 0.368 เท่าของค่าเริ่มต้น (e = 2.71828182845904523536028747135266 . . .)

สำหรับวงจร RC ที่ไม่มีแหล่งจ่ายข้างต้น

$$\tau = RC \tag{2.10}$$

ค่าพลังงานที่ได้ตัวต้านทานได้รับที่เวลา t ใดๆ หาได้จาก

$$w_R(t) = \int_0^t p dt = \int_0^t \frac{V_O^2}{R} e^{-\frac{2t}{RC}} dt \tag{2.11}$$

$$w_R(t) = -\frac{CV_O^2}{2} e^{-\frac{2t}{RC}} \Big|_0^t = \frac{1}{2} CV_O^2 (1 - e^{-\frac{2t}{RC}}) \tag{2.12}$$

เมื่อเวลาเข้าใกล้อนันต์จะได้ว่า

$$w_R(\infty) = \frac{1}{2} CV_0^2 \tag{2.13}$$

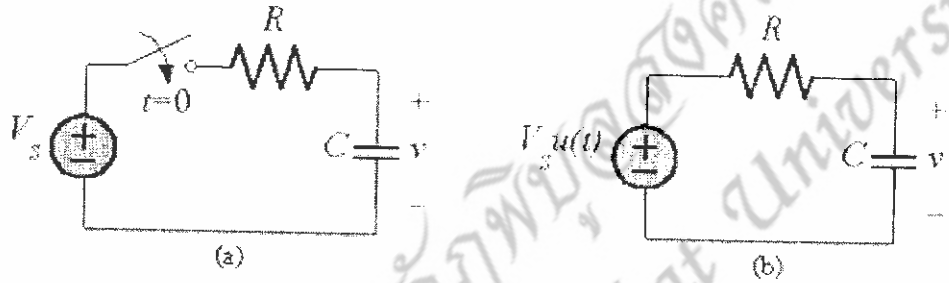
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

นั่นคือพลังงานที่สะสมที่ตัวเก็บประจุที่เวลา t=0 จะถูกใช้ไปที่ตัวต้านทานหมดเมื่อเวลาผ่านไปเป็นเวลานาน

$$w_C(0) = w_R(\infty) \tag{2.14}$$

ผลตอบสนองของวงจร RC ต่อสัญญาณขั้นบันได

ถ้าแหล่งจ่ายไฟแบบไฟตรงจ่ายให้กับวงจร RC อย่างทันทีทันใดเราสามารถจำลองแหล่งจ่ายนั้นๆ (กระแสหรือแรงดัน) เป็นลักษณะฟังก์ชันขั้นบันไดได้ ดังนั้นผลตอบสนองที่เกิดขึ้นจึงถูกเรียกว่า ผลตอบสนองต่อสัญญาณขั้นบันได



ภาพที่ 2.24 วงจร RC ที่มีแหล่งจ่าย

วงจรในรูปที่ 2.24(a) สามารถแทนได้ด้วย 2.24(b) สมมติว่าค่าแรงดันเริ่มต้นของตัวเก็บประจุเท่ากับ V_0 เนื่องจากค่าแรงดันที่ตัวเก็บประจุไม่สามารถเปลี่ยนได้ในทันทีทันใดดังนั้น

$$v(0^-) = v(0^+) = V_0 \tag{2.15}$$

โดย

$v(0^-)$ เป็นค่าแรงดันที่ตัวเก็บประจุที่เวลาก่อนที่สวิตช์จะปิดวงจร

$v(0^+)$ เป็นค่าแรงดันที่ตัวเก็บประจุหลังจากสวิตช์ปิดวงจร

ใช้วิธีโนดวิเคราะห์วงจรรูปที่ 2.24(b) จะได้

ที่เวลา $t > 0$ จะได้

$$C\frac{dv}{dt} + \frac{v - V_s u(t)}{R} = 0 \tag{2.16}$$

$$\frac{dv}{dt} + \frac{v}{RC} = \frac{V_s}{RC} \tag{2.17}$$

เมื่อแก้สมการอนุพันธ์ข้างต้นจะได้ผลตอบสนองธรรมชาติ

$$v_n(t) = Ae^{-\frac{t}{RC}} \tag{2.18}$$

และผลตอบสนองบังคับ

$$v_f(t) = V_s \tag{2.19}$$

นั่นคือผลตอบสนองรวมเป็น

$$v(t) = v_f(t) + v_n(t) \tag{2.20}$$

$$v(t) = V_s + Ae^{-\frac{t}{RC}} \tag{2.21}$$

แทนค่าเงื่อนไขเริ่มต้นได้

$$v(0^+) = V_0 = V_s + Ae^{-\frac{0^+}{RC}} \tag{2.22}$$

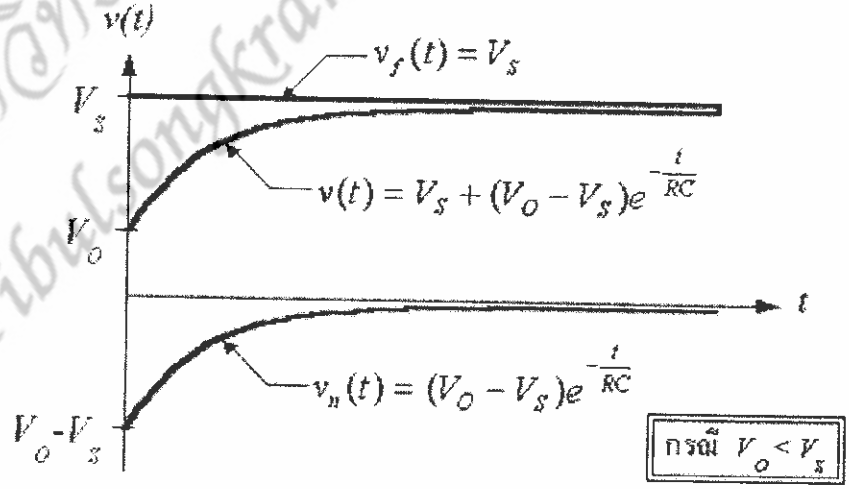
$$A = V_0 - V_s \tag{2.23}$$

จะได้แรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุเป็น

$$v(t) = V_s + (V_0 - V_s)e^{-\frac{t}{RC}} \tag{2.24}$$

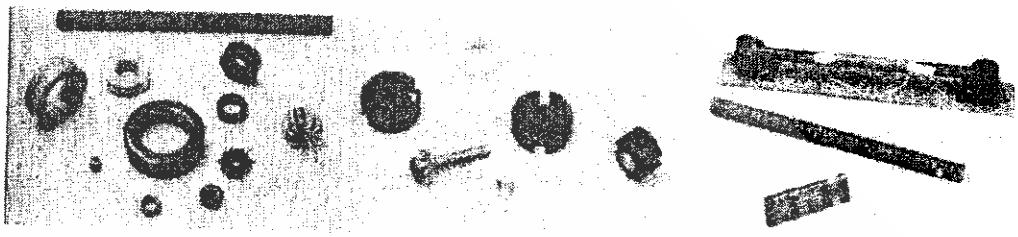
ผลตอบสนองทางธรรมชาติ (Natural response) เป็นผลตอบสนองของวงจรที่เกิดจากพลังงานที่สะสมในวงจร ที่ตัวเก็บประจุหรือตัวเหนี่ยวนำ

ผลตอบสนองบังคับ (Force response) ซึ่งเป็นผลตอบสนองของวงจรที่เกิดจากแหล่งจ่ายพลังงานที่ป้อนเข้าสู่วงจร



ภาพที่ 2.25 ผลตอบสนองของวงจร RC ที่มีแหล่งจ่าย

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University



ภาพที่ 2.26 ลักษณะของแกนทอรอยด์

และเมื่อจำนวนรอบน้อยลงความต้านทานของขดลวดก็ลดลงด้วยจึงทำให้ค่า Q สูงขึ้น เนื่องจากเป็นแกนแบบครอบขดลวดเอาไว้ จึงทำให้มีประสิทธิภาพการป้องกัน ฟลักซ์รั่วไหลได้ดีมาก นอก จากนี้แล้วยังมีแกนอีกหลายรูปแบบ เช่น เป็นแท่งทรงกระบอกแท่งสี่เหลี่ยม, แท่งรูปวงรี เป็นต้น ซึ่งพวกนี้จะไม่มีคุณสมบัติในการป้องกัน ฟลักซ์รั่วไหล ประสิทธิภาพจึงต่ำกว่าแบบทอรอยด์หรือพอตคอร์อยู่บ้าง แกนเหล่านี้แสดงในรูปที่ 2.26

ขนาดของแกน

การเลือกขนาดของแกนจะมีผลต่อการอิ่มตัวของสนามแม่เหล็ก โดยที่ขนาดแกนใหญ่จะอิ่มตัวช้ากว่าแกนขนาดเล็ก ในกรณีของกระแสไฟสลับ ความหนาแน่น ฟลักซ์สูงสุดของแกนกำหนดโดยสมการ

$$B_{op(ac)} = \frac{E_{rms} \times 10^8}{4.44 f N_p A_e} \quad \text{(เก๊าส์)}$$

สูตรข้างบนใช้ในกรณีมีแต่ไฟฟ้ากระแสสลับผ่านเท่านั้น ถ้ามีไฟกระแสตรงด้วยสูตรจะมีลักษณะดังนี้

$$B_{op(total)} = \frac{E_{rms} \times 10^8}{4.44 f N_p A_e} + \frac{N_p I_{dc} A_e}{10 A_e}$$

โดย

A_e = พื้นที่หน้าตัดที่มีเส้นแรงแม่เหล็กไหลผ่าน (ตารางเซนติเมตร)

E_{rms} = แรงดันที่ป้อนให้ (โวลต์)

N_p = จำนวนรอบที่พันบนแกน (รอบ)

f = ความถี่ใช้งาน (เฮิรตซ์)

B_{max} = ความหนาแน่น ฟลักซ์สูงสุด (เก๊าส์)

I_{dc} = กระแสไฟตรงที่ไหลผ่านขดลวด

A_L = ค่าคงที่ของแกนแต่ละแบบ (กำหนดมาจากโรงงาน)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

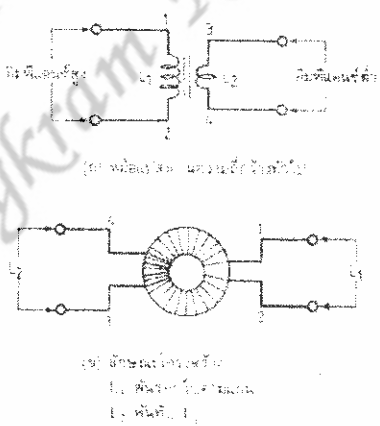
สำหรับค่า A_L นั้นได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 และ 2 ซึ่งเป็นชนิดผงเหล็กอัดและเฟอร์ไรต์ตามลำดับ (เป็นของบริษัท MICOMETALS)

ชนิดของหม้อแปลงแมตชิ่ง

ในงานทางความถี่สูงหม้อแปลงแมตชิ่งที่ใช้มีอยู่หลายลักษณะตามการใช้งาน เช่น แบนด์กว้าง, แบนด์แคบ ฯลฯ ซึ่งหม้อแปลงแมตชิ่งนี้ มีข้อกำหนดกว้างๆ อยู่คือ จะต้องให้ค่ารีแอกแตนซ์ของขดลวดมีค่าน้อยกว่า 4 เท่า ของอิมพีแดนซ์ขดลวด เช่น หม้อแปลงที่มีอิมพีแดนซ์ทางไพรมารี่ 300 โอห์ม ทางเซคั่นดารี่ 50 โอห์ม เพราะฉะนั้นค่ารีแอกแตนซ์ (X_L) ควรมีค่าไม่เกิน 1200 โอห์ม และ 200 โอห์ม ตามลำดับ

สิ่งที่สำคัญเป็นอย่างมากในการพันหม้อแปลงแมตชิ่งคือ ค่าความซึมซาบของแกน จะเป็นตัวบอกถึงความกว้างของช่วงความถี่ใช้งานของหม้อแปลงแมตชิ่ง และเมื่อความถี่ใช้งานสูงขึ้นผลต่างๆ ของแกนจะลดลง และจะมีผลต่ำสุดที่ขอบเขตการทำงานสูงสุด จากเหตุผลดังกล่าวนี้จึงนำมาพิจารณาในการเลือกแกน เพื่อนำมาสร้างหม้อแปลงแมตชิ่ง แบบแบนด์กว้าง หม้อแปลงแมตชิ่งแบบแบนด์กว้างโดยทั่วไปแล้วจะมีลักษณะดังต่อไปนี้

หม้อแปลงสำหรับงานทั่วไป (Conventional transformers) เป็นการพันหม้อแปลงแมตชิ่งที่เหมือนกับการพันหม้อแปลงใช้งานธรรมดาคือ ใช้ลวดอาบน้ำยาพันบนแกน ซึ่งจะมีขดไพรมารี่และเซคั่นดารี่ โดยแกนที่ใช้พันก็จะขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานเป็นหลัก ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.27



ภาพที่ 2.27 การพันขดลวดบนแกนทอรอยด์

หม้อแปลงใช้กับสายส่ง (transmission-line transformers) เป็นหม้อแปลงแมตชิ่งที่มีการพันขดลวดเอาไว้หลายชุด แล้วนำปลายขดแต่ละชุดมาเชื่อมต่อกัน โดยลักษณะการเชื่อมต่อขดลวดจะมีผลทางเฟสของสัญญาณ ทำให้เกิดการแมตชิ่งขึ้นได้โดยทั่วไปหม้อแปลงชนิดใช้กับสายส่งจะมีประสิทธิภาพดีกว่าแบบทั่วไปแต่จะสร้างขึ้นมาใช้งานได้ยากกว่า

เฟอร์ไรต์บีด

เฟอร์ไรต์บีดก็เป็นอีกลักษณะหนึ่งของขดลวดแกนทอรอยด์แต่จะมีขนาดเล็กตั้งแต่เส้นผ่านศูนย์กลาง 1/4 นิ้วลงไปโดยปกติแล้วจะพบเห็นเฟอร์ไรต์บีดในการใช้งานย่านความถี่ VHF และ UHF มาก มันจะทำหน้าที่ลดสัญญาณแปลกปลอม ที่ปนเข้ามาหรือออกไปจากภาคขยายสัญญาณ และยังทำหน้าที่ป้องกันพลังงานของสัญญาณ RF ของภาคอื่นๆ เข้ามารบกวนการทำงานของวงจรที่มันป้องกันอยู่ลักษณะของเฟอร์ไรต์บีดโดยทั่วไปก็คือ มีขดลวดจำนวนรอบน้อยๆ พันอยู่บนแกนทอรอยด์ขนาดเล็ก บางวงจรอาจใช้เพียงเส้นลวดรอดผ่านช่องกลางของแกนเท่านั้น ซึ่งลักษณะนี้จะเป็นลักษณะของใช้คความถี่สูงนั่นเอง เฟอร์ไรต์บีดจะมีค่า Q ที่ต่ำ เพื่อป้องกันการเกิดออสซิลเลตขึ้นเอง

จำนวนรอบ

ถ้ารู้ค่าของความเหนี่ยวนำที่ต้องการและรู้ค่าคงที่ A_Lของแกน ก็สามารถคำนวณหาจำนวนรอบของขดลวดได้ จากสมการ

$$\text{จำนวนรอบ} = 1000\sqrt{\frac{L(mH)}{A_L}}$$

ค่าคงที่ A_L นั้นจะต้องดูจากภาพที่ 2.28 ในกรณีที่แกนที่ใช้ทำมาจากผงเหล็กอัด แต่ถ้าแกนทำมาจากเฟอร์ไรต์ให้ดูจากภาพที่ 2.29 แต่ต้องเข้าใจก่อนว่าค่าต่างๆ เหล่านี้เป็นสเปกของต่างประเทศ ซึ่งในเมืองไทยยังไม่มีการชี้แจงสเปกของแกนละเอียดมากขนาดนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 2.1 Powdered –Iron Toroidal Cores- Al Values (μH per 100 turns)

Core Size	41 mix Green p m 75	3- mix Gray Pm 35 0.05 MHz	15- mix Rd&Wh Pm 25 0.1-2 MHz	1- mix Blue Pm 20 0.5-5 MHz	2- mix R&d Pm 10 2-30 MHz	6- mix Yellow Pm 8 10-50 MHz	10- mix Black Pm 6 30-100 MHz	12- mix Gn &Wh Pm 3 50-200 MHz	0- mix tan Pm 1 100-300 MHz
T -200	755	425	NA	250	120	100	NA	NA	NA
T -184	1640	720	NA	500	240	195	NA	NA	NA
T -157	970	420	360	320	140	115	NA	NA	NA
T -130	785	350	250	200	110	96	NA	NA	15.0
T -106	900	450	345	325	135	116	NA	NA	19.0
T -94	590	248	200	160	84	70	58	32	10.6
T -80	450	190	170	115	55	45	32	22	8.5
T -68	420	195	180	115	57	47	32	21	7.5
T -50	320	175	135	100	49	46	31	18	6.4
T -44	229	180	160	105	52	42	33	18.5	6.5
T -37	308	120	90	80	40	30	25	15	4.9
T -30	375	140	93	85	43	36	25	16	6.0
T -25	225	100	85	70	34	27	19	12	4.5
T -20	175	76	65	52	25	22	16	10	3.5
T -16	130	61	55	44	22	19	13	8	3.0
T -12	112	60	50	48	20	17	12	7.5	3.0

มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก Pibulsongkram Rajabhat University

NA-Not available in that size

Turns = 100 $\sqrt{L_A H + A_l value(above}$

All frequency figures optimum

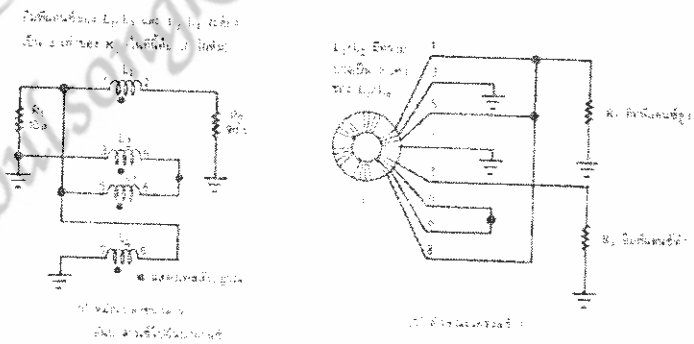
Approximate maximum of Turns – single layer wound enameled wire										
Wire Size	T-200	T-130	T-106	T-94	T-80	T-68	T-50	T-37	T-25	T-12
10	31	17	10	10	8	7	5	1	1	0
12	41	23	14	14	12	9	6	3	1	0
14	53	30	20	20	17	12	8	5	1	0
16	68	40	27	27	23	15	11	7	3	1
18	86	51	35	35	30	21	16	9	4	1
20	109	68	45	45	39	28	21	12	5	1
22	139	83	58	58	51	36	28	17	7	2
24	176	107	75	75	66	47	37	23	11	4
26	223	137	96	96	84	61	49	31	15	5
28	282	173	123	123	108	79	63	41	21	8
30	357	220	156	156	137	101	81	53	28	11
32	445	275	195	195	172	127	103	67	37	15
34	562	348	248	248	219	162	131	87	48	21
36	707	439	313	313	276	205	166	110	62	29
38	886	550	393	393	347	257	210	140	79	37
40	1115	693	496	496	438	325	265	177	101	47

Pibulsongkram Rajabhat University

Physical Dimensions

Core Size	Outer Dia (in)	Inner Dia (in)	Meight (in)	Cross Sect. Araa (cm^2)	Mean Length (cm)	Core Size	Outer Dia (in)	Inner Dia (in)	Height (in)	Cross Sect. Area (cm^2)	Mean Length (cm)
T -200	2000	1.250	0.550	1.330	12.97	T-50	0.500	0.303	0.190	0.121	3.20
T -184	1640	0.950	0.710	2.040	11.12	T-44	0.440	0.229	0.159	0.107	2.67
T -157	1570	0.950	0.570	1.14	10.05	T-37	0.375	0.205	0.128	0.070	2.31
T -130	1300	0.780	0.437	0.733	8.29	T-30	0.307	0.151	0.128	0.065	1.83
T -106	1060	0.570	0.437	0.690	6.50	T-25	0.255	0.120	0.065	0.042	1.50
T -94	0.42	0.560	0.132	0.385	6.00	T-20	0.200	0.088	0.070	0.025	1.15
T -80	0.795	0.495	0.250	0.242	5.15	T-16	0.160	0.078	0.060	0.016	0.95
T -68	0.690	0.370	0.190	0.196	4.24	T-12	0.125	0.062	0.050	0.010	0.75

การเลือกค่า A_L ตามภาพที่ 2.28 นั้น สมมติว่าใช้แกนขนาด 1/2 นิ้ว ซึ่งจะตรงกับขนาดแกนเบอร์ T-50 และเลือกชนิดส่วนผสมของแกน NO 2-Mix ดังนั้นจะได้ค่าคงที่ $A_L = 49$ ซึ่งใช้งานในช่วงความถี่ 1-3 MHz มีค่า μ_i ของแกนเป็น 10 ดังนั้นก็จะหาจำนวนรอบได้โดยใช้สูตรข้างต้น แกนแต่ละขนาดถ้าใช้ลวดพันก็จะได้จำนวนรอบอยู่จำนวนหนึ่งที่พันแล้วเต็มแกนพอดี แต่ถ้าใช้ลวดเล็กลงจำนวนรอบที่พันแล้วเต็มแกนก็จะมากขึ้น



ภาพที่ 2.28 วงจรและรูปร่างของหม้อแปลงชนิดสายส่ง

จากรูปภาพที่ 2.28 จะเห็นว่าแกนขนาด T-68 ถ้าใช้ลวดเบอร์ 24 พัน จะพันได้ 49 รอบ ก็เต็มแกน แต่ถ้าใช้ลวดเบอร์ 30 จะพันได้ 101 รอบจึงจะเต็มแกน ซึ่งเราทราบกันอยู่แล้วว่าในการพันขดลวดถ้าพันจำนวนรอบน้อยจะได้ค่า Q สูงขึ้น ดังนั้นจุดนี้ จะถูกนำมาพิจารณาในเรื่องค่า Q ของขดลวดอีกเช่นกัน ถ้าให้จำนวนรอบคงที่ ค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดจะเปลี่ยนแปลงไปตามความห่างของขดลวดบนแกน โดยถ้าขดลวดอยู่ห่างกันค่าความเหนี่ยวนำจะน้อย แต่ถ้าขดลวดอยู่ชิดกันค่าความเหนี่ยวนำจะเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2.2 Ferrite Torolds-A_L Chart (mlt per 1000 turns) Enameled Wire

Core Size	63/37 – Mix pm 40	61-Mix pm 125	43-Mix pm 850	77(72) Mix pm 2000	J(75) Mix pm 5000
FT-23	7.9	24.8	188.0	396	980
FT-37	19.7	55.3	420.0	864	2196
FT-50	22.0	68.0	523.0	1100	2715
FT-82	22.4	73.3	557.0	1170	NA
FT-114	25.4	79.3	603.0	1270	3170

Number turns = $\sqrt{desiredL9mH) + A_l value(above)}$

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

Ferrite Magnetic Properties

Property	Unit	63/87-Mix	61-Mix	43-Mix	77(72) Mix	3(75)- Mix
Intial		40	125	850	2000	5000
peirnMaximum		125	450	3000	6000	8000
prem.	Gauss	1850	2350	2750	4600	3900
Saturation flux	Gauss	750	1200	1200	1150	1250
densiy @10	C	450	350	130	200	140
cer	Ohm/cm	1×10^{8}	1×10^{5}	1×10^{5}	1×10^{2}	5×10^{2}
Plesidual flux	Mttz	15-25	0.01.1	0.01.1	0.001.1	0.001.1
density Curie	$\frac{1}{hQ}$	4.7	4.5	4.5	4.8	4.8
temp. Vol.		110×10^{-6}	120×10^{-6}	120×10^{-6}	4.5×10^{-6}	15×10^{-6}
resistivity		@25 MHz	@2.5 MHz	@1 MHz	@0.1 MHz	@0.1 MHz
Resonant	Oer	2.40	1.60	0.30	0.22	0.16
circuil	% / °C					
frequency	(20-70	0.10	0.15	1.0	0.60	0.90
Specific graity	°C)					
Loss						
Factor						
Coercive force						
Temp. Coef.						
Ofinitial perm						

Ferrlte Toroids – Physical Properties

Core Size	OD	ID	Height	A_w	l_e	V_e	A_s	A_w
FT-23	0.230	0.120	0.505	0.00330	0.529	0.00174	0.1264	0.01121
FT-37	0.375	0.187	0.125	0.01175	0.846	0.00994	0.3860	0.02750
FT-50	0.500	0.281	0.188	0.02060	1.190	0.02450	0.7300	0.06200
FT-82	0.825	0.520	0.250	0.03810	2.070	0.07890	1.7000	0.21200
FT-114	1.142	0.750	0.295	0.55810	7.920	0.16950	2.9200	0.43900

พุทธิวิทยา@ยราชภัฏพิบูลสงคราม Phibulsongkram Rajabhat University

ในกรณีที่ใช้ภาพที่ 2.27 คือ แกนเป็นเฟอร์ไรต์ สูตรการคำนวณจำนวนรอบที่ใช้พันจะเปลี่ยนไปเล็กน้อย คือ

$$\text{จำนวนรอบ} = 1000\sqrt{\frac{L(mH)}{A_L}}$$

สมมติว่าต้องการตัวเหนี่ยวนำขนาด 1 mH และเลือกขนาดแกนเบอร์ FT-82 ชนิดส่วนผสมของแกน 43-Mix จำนวนรอบที่ต้องพันคือ

$$\text{จำนวนรอบ} = 1000\sqrt{\frac{1}{557}}$$

$$= 42.4 \text{ รอบ}$$

แกนขนาด FT-82 จะมีขนาดใกล้เคียงกับแกน T-80 ในภาพที่ 2.37 จึงใช้ภาพที่ 2.37 ส่วนในการหาเบอร์ลวดที่จะพัน ซึ่งภาพที่ 2.37 แกนขนาด T-80 จะใช้ลวดเบอร์ 22 พันได้ 53 รอบจึงเต็มดังนั้นจะเลือกลวดเบอร์ 22 ในการนำไปพันบนแกน FT-82 จำนวน 42.4 รอบ สังเกตว่าถ้าเราใช้ลวดที่ขนาดเล็กกว่าเบอร์ 22 ก็จะสามารถพันบนแกน FT-82 ได้ 42.4 รอบเช่นกัน แต่ที่เลือกเบอร์ 22 เพราะเป็นขนาดลวดที่ใหญ่ที่สุดที่จะพันบนแกน FT-82 ได้ โดยที่ค่า Q ยังมีค่าสูงสุด ถ้าใช้ลวดเล็กลงค่า Q ก็จะต่ำลงด้วย ดังนั้นเพื่อให้ค่า Q สูง จึงต้องเลือกลวดที่มีขนาดใหญ่ที่สุดไว้ก่อน

ในการพันขดลวดลงบนแกนนั้น บางครั้งแกนที่ใช้อาจมีความคมของขอบแกนอยู่ อาจทำให้ขดลวดทองแดงอาบน้ำยาที่ใช้พันได้ วิธีป้องกันคือ ใช้แผ่นฉนวนบางๆ พันบนแกนก่อนเพื่อป้องกันการสัมผัสโดยตรงของแกนกับขดลวดทำให้ขดลวดไม่เสียหาย

การตรวจสอบความถูกต้องของค่าความเหนี่ยวนำ

หัวข้อที่ผ่านมาได้กล่าวถึงการพันขดลวดเหนี่ยวนำซึ่งจริงๆ แล้วค่าความเหนี่ยวนำที่ได้นั้นอาจมีผลผิดพลาดอยู่บ้าง ค่าความผิดพลาดนี้อาจยอมรับได้ในบางวงจร แต่ในบางวงจรก็ไม่อาจยอมรับได้ ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบค่าความเหนี่ยวนำที่พันขึ้นมามีค่าแน่นอนเป็นเท่าไร

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าความเหนี่ยวนำนั้น จะใช้เครื่องมือที่เรียกว่า RCL บริดจ์มิเตอร์หรือ R_x มิเตอร์ แต่เครื่องมือชนิดนี้ราคาแพง ในทางปฏิบัติโดยทั่วไปจึงต้องหาเครื่องมือชนิดอื่นมาทำการวัดแทน ซึ่งได้แก่ ดิพมิเตอร์นั่นเอง อุปกรณ์ในการวัดค่าความเหนี่ยวนำ โดยใช้ ดิพมิเตอร์ คือ ดิพมิเตอร์, ตัวเก็บประจุมาตรฐาน และขดลวดที่ต้องการทราบค่าความเหนี่ยวนำการต่อวงจรในการวัดแสดงในรูปที่ 2.31 โดยจะทำการปรับ ดิพมิเตอร์เพื่อหาความถี่เรโซแนนซ์ ของชุด LC เรโซแนนซ์ จากนั้นนำไปแทนสูตร

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}(Hz)$$

หรือ

$$L = \frac{1}{C\omega^2}(H)$$

โดย C = ตัวเก็บประจุมาตรฐาน (F)

$\omega = 2\pi f(rad/s)$

f = ความถี่เรโซแนนซ์ (Hz)

เช่น ถ้าค่าความจุ C มาตรฐานมีค่า 100 pF ความถี่เรโซแนนซ์เป็น 3.5 MHz

$$L = \frac{1}{100\times10^{-12}\times(2\times\pi\times3.5\times10^{6})^2}$$

$= 20.7\,\mu H$

ดังนั้นจึงสามารถหาค่าความเหนี่ยวนำที่แน่นอนได้ จากรูปที่ 2.31 จะเห็นว่าการคัปปลิ้งสัญญาณจาก ดิพมิเตอร์ไปที่ขดลวดแกนทอรอยด์ จะใช้วิธีลิงค์คัปปลิ้ง เพราะแกนทอรอยด์เป็นแกนที่มีคุณสมบัติป้องกันพลักซ์รั่วไหล (Self-shielding) จึงใช้วิธีแอร์คัปปลิ้งไม่ได้

ภาพที่ 2.29 วิธีการวัดค่าความเหนี่ยวนำที่พันขึ้นมา โดยใช้ดิพมิเตอร์

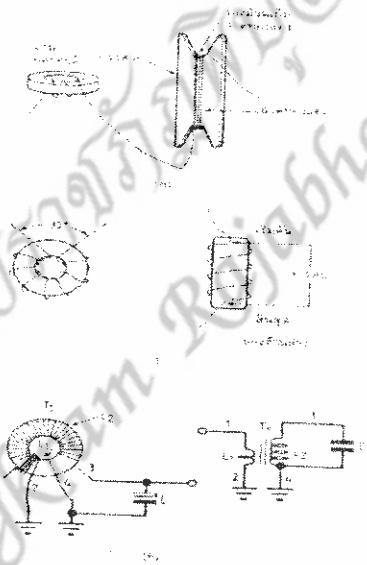
การพันขดลวด

ในการพันขดลวดบนแกนทอรอยด์ถ้าจำนวนรอบน้อยๆ ก็ยังไม่มีปัญหาอะไร แต่เมื่อจำนวนรอบสูง จะเกิดค่าความจุแฝงขึ้น โดยเกิดจากการที่ลวดมาอยู่ชิดกันมาก ค่าความจุนี้จะทำให้วงจรทำงานผิดไป จึงต้องทำการกำจัดค่าความจุนี้ให้เหลือน้อยที่สุด วิธีหนึ่งก็คือเว้นระยะระหว่างจุดเริ่มและจุดสิ้นสุดในการพันลวด ให้ห่างกันประมาณ 30 ตามภาพที่ 2.32 (ข) จะทำให้ค่าความจุแฝงนี้ลดลงได้ แต่การทำเช่นนี้จะทำให้ขดลวดที่พันจะไม่กระจายอยู่รอบทุกพื้นที่ผิวของแกน ทำให้ต้องเบียดขดลวดเข้าชิดกัน เมื่อขดลวดอยู่ชิดกันมากขึ้น ค่าความเหนี่ยวนำก็จะมากขึ้น

ตามมาด้วย แต่การเพิ่มขึ้นของค่าความเหนี่ยวนำนี้สามารถแก้ไขได้ไม่ยาก ขึ้นอยู่กับการปรับแต่งวงจรในช่วงสุดท้าย

ในภาพที่ 2.32 (ค) และ แสดงให้เห็นถึงการคัปปลิ้งสัญญาณออกมาใช้งานในกรณีที่วงจรในภาคต่อไปมีอิมพีแดนซ์ต่ำ จำนวนรอบของขดลวดคัปปลิ้งก็ไม่จำเป็นต้องมีมาก จากภาพที่ 2.32 (ค) ได้แสดงการพันไว้เพียง 4 รอบ แต่สิ่งที่สำคัญคือทิศทางของการพันจะต้องพันตามทิศทางการพันของขดลวดเดิม ซึ่งคือ ภาพที่ 2.32 (ข) การต่อและวงจรได้แสดงในภาพที่ 2.32 (ค) โดย L_1 คือขดลวดคัปปลิ้ง การคัปปลิ้งวิธีนี้มีข้อดีคือ มีความจุแฝงน้อย และยังลดฮาร์มอนิกได้ด้วย

สำหรับการพันขดลวดเข้าไปในแกนทอรอยด์แตกต่างจากการพันขดลวดแบบแกนชนิดอื่นตรงที่เราต้องรู้จำนวนรอบที่จะต้องพันก่อน แล้วจึงนำมาคำนวณหาความยาวของลวดที่ต้องใช้พัน จากนั้นตัดลวดตามความยาวที่ต้องการแล้วพันไว้บนกระสวยตามภาพที่ 2.32 (ก) เวลาพันก็ใช้วิธีสอดกระสวยเข้าไปในแกนทอรอยด์ทีละรอบจนกว่าจะครบตามจำนวนรอบที่ต้องการ ซึ่งกระสวยเก็บลวดนี้จะต้องมีขนาดเล็กพอที่จะรอดผ่านรูของแกนทอรอยด์ได้ด้วย



ภาพที่ 2.30 แสดงการพันขดลวดแกนทอรอยด์แบบต่างๆ

สรุป ที่กล่าวมาทั้งหมดนี้เป็นเพียงแนวทางในการพันขดลวดบนแกนสารแม่เหล็กเท่านั้นและส่วนใหญ่ก็จะกล่าวถึงแต่แกนทอรอยด์ ทั้งนี้ก็เพราะมีความนิยมสูงกว่าแกนชนิดอื่น บทความทั้งหมดนี้ไม่เน้นหนักในทางทฤษฎี แต่เน้นในทางด้านปฏิบัติ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

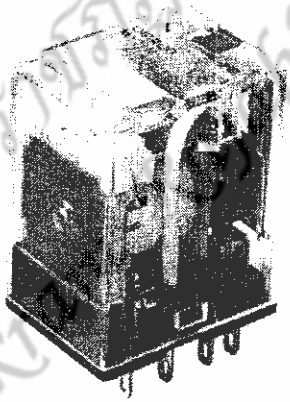
2.1.4.2 รีเลย์ควบคุมการทำงาน

รีเลย์ ได้นำมาใช้ในงานไฟฟ้าได้อย่างหลากหลาย รีเลย์ซึ่งมีความหมายว่า การส่งผ่านกระแสหรือแรงดันไฟฟ้าจากส่วนหนึ่งของวงจรไปสู่อีกส่วนหนึ่ง รีเลย์มีหลายขนาด และนำไปประยุกต์ใช้ได้ต่างๆ กัน ถ้าไม่คำนึงถึงขนาดแล้วส่วนประกอบพื้นฐานจะเหมือนกัน โมดูลนี้ จะอธิบายถึงส่วนประกอบและการทำงาน ของรีเลย์และคอนแทคเตอร์

รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์มีหลักการทำงานคล้ายกับขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโซลินอยด์ (Solenoid) รีเลย์ใช้ในการควบคุมวงจรไฟฟ้าได้อย่างหลากหลาย รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. รีเลย์กำลัง (Power relay) หรือมักเรียกกันว่าคอนแทคเตอร์ (Contactor or Magnetic contactor) ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา

2. รีเลย์ควบคุม (Control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ใน วงจรควบคุมทั่วไป ที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทคเตอร์ขนาดใหญ่ รีเลย์ควบคุมบางทีเรียกกันง่ายๆ ว่า "รีเลย์"



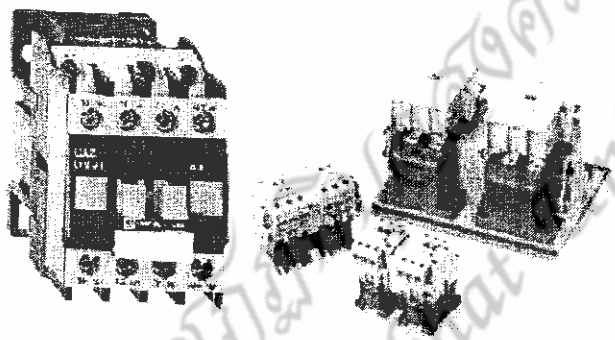
ภาพที่ 2.31 รีเลย์ควบคุมการทำงานชนิด OMRON

ส่วนประกอบของรีเลย์ ประกอบด้วยชุดแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic) ที่ต่ออยู่กับสายไฟ X และ Y ชุดแขนเหล็กเคลื่อนที่หรือที่รู้จักว่า อาร์มาเจอร์ (Armature) และชุดหน้าสัมผัส (Contacts) สำหรับการทำงานนั้น เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจากสายไฟ X และ Y จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่ชุดแม่เหล็กไฟฟ้า หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า ชุดแม่เหล็กไฟฟ้าถูกกระตุ้นให้เกิดพลังงานสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น ผลทำให้เกิดแรงดึง อาร์มาเจอร์เข้าหาชุดแม่เหล็กไฟฟ้า จากการทำงานในลักษณะเช่นนี้ทำให้มีผลต่อการทำงานของรีเลย์ทั้งสองแบบ ดังนี้

รีเลย์ชนิดปกติเปิด จะเป็นการดึงหน้าสัมผัสเข้าหาอีกข้างหนึ่ง รีเลย์ชนิดปกติปิด จะเป็นการเปิดหน้าสัมผัสให้หนีออกจากกัน ถ้าหยุดการกระตุ้นชุดแม่เหล็กไฟฟ้าโดยการตัดกระแสไฟฟ้าไม่ให้ไหลผ่านขดลวด จะทำให้ไม่มีแรงดึงดูดที่เกิดจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ส่งผลให้สปริงที่คอยรั้งอาร์มาเจอร์อยู่ดึงอาร์มาเจอร์กลับ

ในกรณีของรีเลย์ชนิดปกติเปิด ก็จะเป็นการเปิดหน้าสัมผัส ตัดการเชื่อมต่อกันระหว่างเส้นทาง A และ B ส่วนรีเลย์ชนิดปกติปิดก็จะเป็นการดึงหน้าสัมผัสให้กลับมาชิดกันเช่นเดิมซึ่งจะเป็นการเชื่อมต่อเส้นทาง A และ B เข้าด้วยกันนั่นเอง

2.1.4.3 แมกเนติกคอนแทคเตอร์

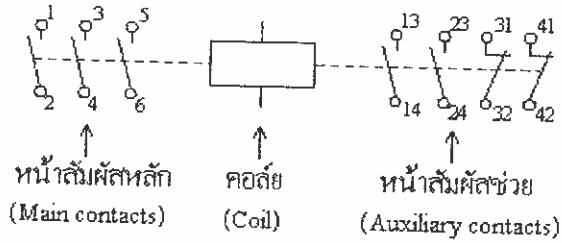


ภาพที่ 2.32 แมคเนติกคอนแทคเตอร์

แมคเนติกคอนแทคเตอร์ หมายถึง สวิตช์ที่ทำงานโดยอาศัยอำนาจแม่เหล็ก ช่วยให้เกิดการตัดต่อ วงจรกำลังที่ใช้กระแสค่อนข้างสูง(ประมาณ 30 - 300 A) คอนแทคเตอร์มีส่วนประกอบและโครงสร้างเหมือนกับรีเลย์ แต่มีขนาดที่ใหญ่กว่าและอาจมีอุปกรณ์ช่วยดับการอาร์คที่คอนแทคเพิ่มขึ้น แมกเนติกคอนแทคเตอร์ เป็นสวิตช์แม่เหล็กที่ใช้ในการตัด – ต่อวงจรกำลัง มีหลายขนาดตั้งแต่ขนาด Size 00 ถึง Size 6 (การควบคุมมอเตอร์ : ผศ. อำนาจ ทองผาสุข) และในตัวของมันเอง นอกจากจะมีคอนแทคสำหรับวงจรกำลังแล้ว จะมีคอนแทคช่วยทั้งปกติปิดและปกติเปิดอีกด้วย ซึ่งอาจจะมีอยู่อย่างละ 1 หรือ 2 คอนแทคเตอร์ (Contactors) นอกจากจะมีหน้าสัมผัสทั้งส่วนเคลื่อนที่ และหน้าสัมผัสส่วนที่อยู่กับที่ แล้วหน้าสัมผัสภายในของคอนแทคเตอร์ยังแบ่งออกเป็น 2 ส่วนตามลักษณะของการทำงาน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้ คือ

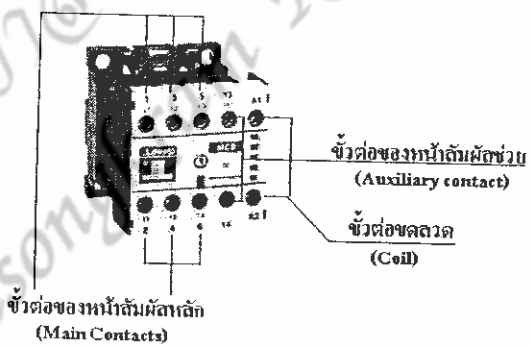
หน้าสัมผัสหลัก (Main Contacts) โดยปกติแล้วหน้าสัมผัสหลักมี 3 อัน สำหรับส่งผ่านกำลังไฟฟ้า 3 เฟสเข้าไป สู่มอเตอร์ หรือโหลดที่ใช้แรงดันไฟฟ้า 3 เฟส หน้าสัมผัสหลักของคอนแทคเตอร์มีขนาดใหญ่ทนแรงดันและกระแสได้สูง

หน้าสัมผัสหลักเป็นชนิดปกติเปิด (Normally open;N.O. contact) อักษรกำกับหน้าสัมผัสด้านแหล่งจ่ายคือ 1, 3, 5 หรือ L1, L2, L3 และด้านโหลดคือ 2, 4, 6 หรือ T1, T2, T3 ดังรูปภาพที่ 2.35



ภาพที่ 2.33 หน้าสัมผัสของคอนแทคเตอร์ในลักษณะต่างๆ

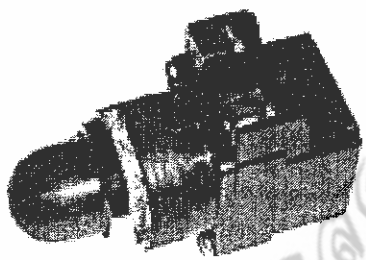
หน้าสัมผัสช่วย (Auxiliary Contacts) หน้าสัมผัสชนิดนี้ ติดตั้งอยู่ด้านข้างทั้งสองด้านของตัวคอนแทคเตอร์ มีขนาดเล็ก ทนกระแสได้ต่ำ ทำหน้าที่ช่วยการทำงานของวงจร เช่น เป็นหน้าสัมผัสที่ทำให้คอนแทคเตอร์ทำงานได้ตลอดเวลา หรือเรียกว่า "holding" หรือ "maintaining contact" หน้าสัมผัสช่วยนี้จะเป็นหน้าสัมผัสแบบโยกได้สองทาง โดยจะถูกดึงขึ้น ลงไปตามจังหวะการดูด ปล่อยของคอนแทคเตอร์ อักษรกำกับหน้าสัมผัสช่วย จะเป็น 13, 14 สำหรับคอนแทคเตอร์ ที่มีหน้าสัมผัสช่วยแบบปกติเปิด 1 ชุด ถ้ามี N.O. ชุดที่ 2 จะเป็น 23, 24 และ หน้าสัมผัสช่วยแบบปกติปิดจะมีอักษรกำกับเป็น 31, 32 และ 41, 42



ภาพที่ 2.34 ตำแหน่งจุดต่อสายสำหรับคอนแทคเตอร์

2.1.4.4 หลอดสัญญาณ

หลอดสัญญาณเป็นหลอดไฟที่ใช้แสดงสถานะในการทำงาน มีหลายสี หลายแบบ บางชนิดเป็นรูปแบบรวมอยู่กับสวิตช์ปุ่มกดหรือมีหม้อแปลง ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ แบบมีหม้อแปลงแรงดันจะลดแรงดันให้ต่ำลงเพื่อให้เหมาะสมกับแรงดันหลอด เช่น 220/6.3V เป็นต้นรายละเอียดและเทคนิคเวลาเลือกใช้ก็คือ แรงดันใช้งาน รูปแบบและสีของเลน



ภาพที่ 2.35 หลอดสัญญาณแสดงสถานะการทำงาน

2.1.5 เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

2.1.5.1 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์

ความแม่นยำ ในการวัดค่าของมิเตอร์จะแสดงในรูปของเปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาด (Error) ของค่าที่อ่านได้บวกหรือลบไปอีก 1 หรือ 2 หลัก (Digits) เช่นการวัดค่าแรงดันไฟฟ้ากระแส ตรงผู้ผลิตจะกำหนดสเปกมาเลยว่ามีความแม่นยำในการวัด 0.3 เปอร์เซ็นต์, +1 หลัก (±3%, +1 digits) สมมุติว่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้ 2 โวลต์ ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจะมีค่าเท่ากับ 2x(0.3/100) = 0.006 + 0.001 หรือผิดพลาดเท่ากับ 0.007 โวลต์

ทำไมจึงต้องเป็นดิจิตอล ผู้ผลิตได้ให้ความหมายของดิจิตอลชนิด 3-1/2 หลักว่าคือ มิเตอร์ที่มีการแสดงตัวเลข 0 ถึง 9 จำนวน 3 หลักคือ 000 ถึง 999 โดยที่ บอกให้รู้ว่ามีตัวเลขหน้าหลักทั้งสาม 2 ตัวคือ 0 กับ 1 (0 จะไม่แสดงค่า) สรุปแล้วจะวัดค่าสูงสุดถึง 1999 ส่วนถ้าเป็น หลักเลขตัวหน้าก็จะเป็น 0, 1, 2, 3,โดยวัดค่าสูงสุดเต็มสเกลได้ 3999 แต่จะเป็นเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับผู้ใช้เองเป็นผู้เลือกย่านวัดอาจเลือกเป็น 0.000 ถึง 2.999 โวลท์ หรือ 0.00 ถึง 29.99 มิลลิแอมป์ หรือ 000.0 ถึง 299.9 โอห์ม ตามต้องการ

ในระดับความแม่นยำ ของค่าที่วัดได้ ดิจิตอลมิเตอร์นับเป็นเครื่องวัดที่ให้ค่าที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากยากที่อะนาล็อกมิเตอร์จะทำได้ ดังเปอร์เซนต์ความผิดพลาดข้างต้น (±0.3 เปอร์เซ็นต์) แต่ต้องระวังไว้ หากเมื่อไรที่คุณเผลอไปใช้ย่านวัดที่สูงเกินไป เช่น 000.0 ถึง

2999.9 มิลลิแอมป์ มาวัดกระแส 3 มิลลิแอมป์ แล้วละก็ ความแม่นยำที่ว่าที่หาไม่เจอ สมมุติว่าความผิดพลาด $\pm$ 0.3 เปอร์เซ็นต์ ของกระแส 3 มิลลิแอมป์ เท่ากับ 0.009 มิลลิแอมป์ บวกด้วยหนึ่งหลัก คือ 0.1 มิลลิแอมป์ ดังนั้นในการอ่านค่ากระแสจะผิดไปถึง 0.109 มิลลิแอมป์ คิดเป็น 3.6 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นว่าไม่น้อยเลย ดังนั้นจึงต้องระวังกันหน่อยในเรื่องการเลือกย่านการวัด ควรเลือกย่านวัดที่ค่าใกล้เคียงกับค่าที่วัดหรือย่านวัดที่มีความไวสูงที่สุดโดยค่าที่วัดได้ยังอยู่ในเรนจ์

ความสามารถในการแยกแยะ (Resolution)

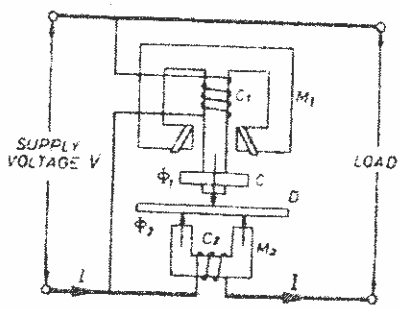
หากเราต้องการวัดสัญญาณที่มีระดับการกระเพื่อมขึ้นลงเล็กน้อย บนสัญญาณค่าคงที่หนึ่งด้วยความสามารถในการแยกแยะที่สูงกว่า จึงทำให้คุณมองเห็นถึงค่าการเปลี่ยนแปลงค่าบนจอของเข็มเลยแสดงผลของดิจิตอลมิเตอร์ โดยที่ย่านวัดต่ำๆ ของอะนาล็อกมิเตอร์ไม่เคยปรากฏให้เห็นการกระดิก

2.1.5.2 Power Meter เฟสเดียว แบบอาศัยการเหนี่ยวนำไฟฟ้า

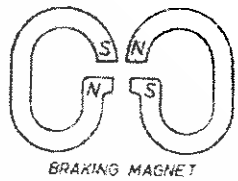
เครื่องวัดที่ทำงานด้วยการเหนี่ยวนำไฟฟ้าเป็นแบบที่ใช้กันทั่วๆ ไปในเครื่องวัดไฟฟ้ากระแสสลับ และมักจะได้พบเห็นเสมอทั้งในบ้านและในโรงงานอุตสาหกรรม มิเตอร์แบบนี้จะวัดพลังงานไฟฟ้าในหน่วยกิโลวัตต์ฮาวร์ หรือกิโลวัตต์ ชั่วโมง หลักการทำงานเหมือนกับเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าที่ทำงานด้วยการเหนี่ยวนำไฟฟ้า และส่วนประกอบที่เหมือนกันก็คือ เดอเร้นท์คอยล์ และโวลท์เตจคอยล์ ส่วนที่แตกต่างกันก็คือในเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าหรือวัตต์มิเตอร์จะใช้สปริง และเข็มชี้ ส่วนวัตต์ฮาวร์มิเตอร์จะใช้แม่เหล็กหน่วงและชุดของเฟือง

แม่เหล็กหน่วงจะทำให้เกิดกระแสไหลวนขึ้นในจาน อลูมิเนียมที่หมุนตลอดเวลาแทนที่จะให้จานเคลื่อนไปเป็นมุมหนึ่งมุมใดเหมือนวัตต์มิเตอร์ที่กล่าวแล้ว

ส่วนประกอบ เครื่องวัดแบบนี้ประกอบด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า 2 ชุด คือแม่เหล็กไฟฟ้า M1 และ M2 แม่เหล็ก M1 เรียกว่าแม่เหล็กขนาน (shunt magnet) ขดลวดที่ทำให้เกิดแม่เหล็กไฟฟ้าชุดนี้จะต่อขนานกับแรงดันของโหลด กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดชุดนี้จะแปรผันโดยตรงกับแรงดันของโหลด V แม่เหล็กชุดนี้ต่ออันดับกับโหลด กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดชุดนี้จะแปรผันโดย ตรงกับกระแสของโหลด แม่เหล็ก M2 นี้จะสร้างเส้นแรงแม่เหล็ก ϕ_2 ขึ้นมา แม่เหล็ก M1 จะสร้างเส้นแรงแม่เหล็ก ϕ_1 ขึ้นมา ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ϕ_2 จะแปรผันโดยตรงกับกระแสของโหลด V และมีมุมต่างเฟส 90 องศา ล้าหลังกับแรงดันของโหลด มุมต่างเฟสอันนี้สามารถที่จะปรับแต่งได้โดยการปรับตำแหน่งของแหวนทองแดง C ที่สวมอยู่ที่แกนกลางของแม่เหล็กขนาน M1 ดังภาพที่ 2.38 ก.



ก. แสดงการต่อวัตต์อาวร์มิเตอร์



ข. แม่เหล็กหน่วง

ภาพที่ 2.36 แสดงการต่อวัตต์อาวร์มิเตอร์

เส้นแรงแม่เหล็ก ϕ_1 ส่วนใหญ่ จะเคลื่อนผ่านช่องว่างไปยังแกนด้านของแม่เหล็ก M1 แต่มีเส้นแม่เหล็กจำนวนหนึ่งที่มีจำนวนน้อยที่เคลื่อนที่ผ่านจาน D และเป็นเส้นแรงแม่เหล็กส่วนที่ทำให้เกิดแรงบิดบ่ายเบนขึ้น เส้นแรงแม่เหล็ก ϕ_1 และ ϕ_2 จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในจาน D และจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนขึ้นในจาน D ด้วย ปฏิกิริยาระหว่างเส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองจำนวนกับกระแสไหลวนทั้งสอง จะทำให้เกิดแรงบิดหรือแรงขับขึ้นมาที่จาน D เหมือนกับที่ได้กล่าวมาแล้ว ส่วนแรงหน่วงหรือแรงบิดควบคุม เกิดขึ้นได้จากแม่เหล็กถาวรหนึ่งคู่ ดังภาพที่ 2.38 ข. และภาพที่ 2.38 ซึ่งติดตั้งเป็นแนวเส้นตรง ตามแนวเส้นผ่าศูนย์กลางของจาน และให้มีทิศทางของอำนาจแม่เหล็กต้านกันกับอำนาจแม่เหล็กของ M1 และ M2 ทั้งนี้ก็เพื่อที่จะลดปฏิกิริยาระหว่างอำนาจแม่เหล็กของ M1 และ M2

เมื่อขอบของจาน D เคลื่อนที่ผ่านช่องว่างระหว่างขั้ว N และ S ของแม่เหล็กหน่วงก็จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนเหนี่ยวนำขึ้นในจาน กระแสไฟจำนวนนี้จะทำให้เกิดแรงหน่วงขึ้น ซึ่งแรงหน่วง T_B จะมีค่าดังนี้

$$\therefore T_B \propto \phi N / r$$

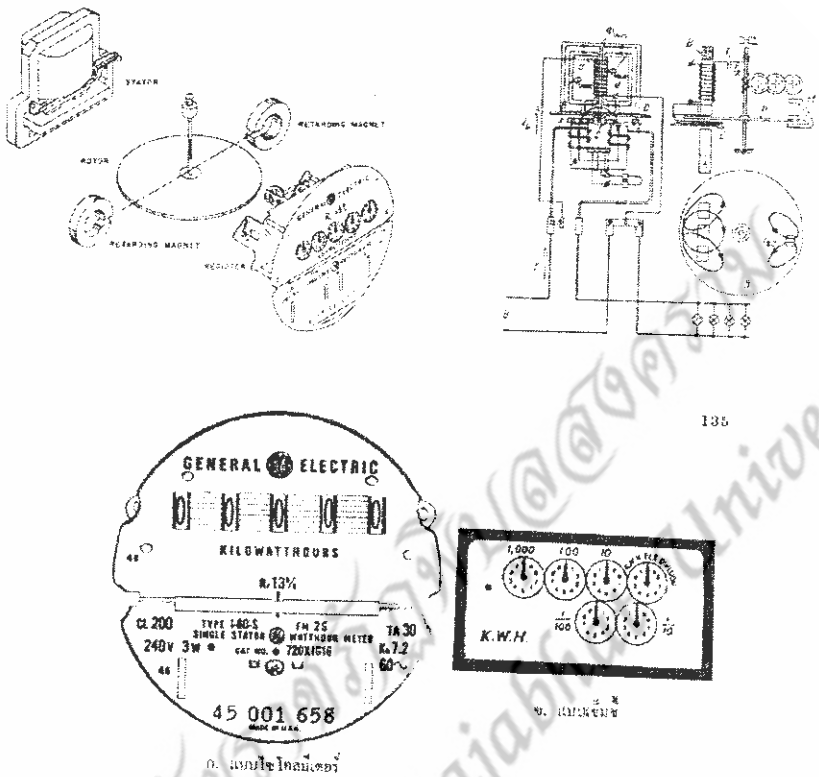
ϕ = เส้นแรงแม่เหล็กของเหล็กหน่วง

N = ความเร็วของจานหมุน

r = ความต้านทานของวงจรกระแสไหลวนในจาน

$$\therefore T_B \propto N$$

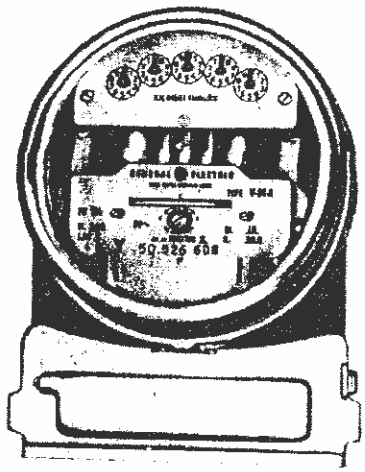
เพราะว่า ϕ และ r จะมีค่าคงที่เสมอ จากภาพที่ 2.39 เป็นส่วนประกอบของPower Meterแบบหนึ่งเฟสหน้าปัทม์เป็นแบบเข็มชี้ ส่วนรูป 2.39 เป็นวงจรการต่อวัตต์ฮาวร์หรือPower Meterเพื่อใช้งาน



ภาพที่ 2.37 แสดงโครงสร้างของ Power Meter

ชุดบอกปริมาณของพลังงานไฟฟ้า อาจจะเป็นแบบเข็มชี้ หรือแบบไซโคลมิเตอร์ (Cyclometer) ดูจากภาพที่ 2.39

ชุดบอกปริมาณของพลังงานไฟฟ้าแบบเก่าจะประกอบด้วยชุดของเฟืองทด (เฟืองตัวเล็กขับเฟืองตัวใหญ่) 4 ถึง 6 ตัวที่มีเข็มชี้ยึดติดอยู่ทุกตัว ให้เข็มชี้เคลื่อนที่ไปบนหน้าปัทม์ ของเฟืองหรือของเข็มชี้แต่ละตัวจะแบ่งออกไว้เป็น 10 ช่องเท่ากัน สเกลบนหน้าปัทม์ของเฟืองตัวใหญ่จะมีค่ามากกว่าสเกลบนหน้าปัทม์ ของเฟืองตัวเล็ก 10 เท่า คือเมื่อเฟืองตัวเล็กหมุนไปได้ 10 รอบ เฟืองตัวใหญ่อยู่ถัดไปจะหมุนได้ 1 รอบ โดยเพลาของเฟืองตัวเล็กจะเป็นเพลาเดียวกันกับเพลาของระบบเคลื่อนที่ของเครื่องวัดพลังงาน ลักษณะของPower Meter ดังภาพที่ 2.39



ภาพที่ 2.38 แสดงหน้าปัทม์การแสดงผลของ Power Meter

ได้อธิบายมาแล้วว่า แรงบิดบ่ายเบนหรือแรงขับ ของเครื่องวัดแบบนี้ จะเป็นสัดส่วนกับกำลัง ของไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้านั้น ๆ

$$\therefore \text{Td} \propto \text{VI}\cos\phi$$

เมื่อความเร็วของเครื่องวัดคงที่ (Steady Speed)

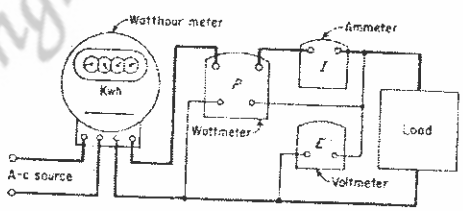
$$T_B = \text{Td}$$

$$\because T_B \propto N$$

$$\therefore N \propto \text{VI}\cos\phi$$

$$\propto \text{กำลังไฟฟ้า (w)}$$

$$\text{หรือ } N \propto \frac{\text{V.I.cos}\phi\text{.t}}{3600 \times 1000}$$



ภาพที่ 2.39 แสดงการต่อ Power Meter ร่วมกับแอมป์มิเตอร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ดังนั้นจำนวนรอบทั้งหมดของเครื่องวัด จะเป็นสัดส่วนกับพลังงานไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้านั่นเอง วงจรสำหรับการปรับแต่งสเกลของวัตต์ฮาวร์มิเตอร์จะต่อดังรูป 2.41

ความคลาดเคลื่อน

สำหรับความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น อาจจะมาจากหลายแห่งด้วยกันเช่นจากความต่างเฟส ได้กล่าวมาแล้วว่าเส้นแรงแม่เหล็กของแม่เหล็กขนานจะมีมุมต่างเฟสกับแรงดัน 90 องศา แต่ที่จริงแล้วไม่เป็นเช่นนั้น เพราะว่าในขดลวดแม่เหล็กขนานนั้น ยังมีค่าความต้านทานรวมอยู่ด้วย เพราะฉะนั้นที่ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ศูนย์ แรงบิดจะมีค่าไม่เป็นศูนย์ ความคลาดเคลื่อนอันนี้แก้ได้โดยปรับตำแหน่งของแหวนทองแดง (shading ring) ที่สวมอยู่บนแกนของแม่เหล็กขนานดังนั้นจึงเรียกแหวนทองแดงนี้ว่า เครื่องแก้เพาเวอร์แฟคเตอร์ (power factor compensator) จากความเร็ว ถ้าใช้เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า ไปวัดพลังงานไฟฟ้า ในวงจรที่มีโหลดเป็นความต้านทานอย่างเดียว เครื่องวัดจะมีความเร็วสูงเกินไปจากความเป็นจริง แต่เราก็สามารถที่จะปรับความเร็วได้ โดยปรับตำแหน่งของแม่เหล็กหน่วง (braking magnet) ที่เป็นแม่เหล็กถาวรให้เลื่อนเข้าหรือเลื่อนออกจากจานได้ ถ้าปรับตำแหน่งของแม่เหล็กหน่วง ให้เข้าใกล้กับจุดศูนย์กลางของจานจะทำให้แรงหน่วง (braking torque) ลดลง และถ้าดึงแม่เหล็กออกจะทำให้แรงหน่วงเพิ่มขึ้น(full load adjustment)พิกัดของวัตต์ฮาวร์มิเตอร์ หรือPower Meterเช่น ขนาดของแรงดัน กระแสและจำนวนรอบต่อกิโลวัตต์ชั่วโมงจะมีบอกไว้ที่แผ่นป้าย (name plate) จากความเสียดทาน ความเสียดทานเกิดขึ้นได้เนื่องจากแบริ่งที่รองรับระบบเคลื่อนที่ และเกิดจากชุดบอกปริมาณพลังงานไฟฟ้า แรงเสียดทานหรือความเสียดทานที่เกิดขึ้นนี้อาจจะทำให้ลดลงได้ โดยทำให้อัตราส่วนของเส้นแรงแม่เหล็ก ϕ_1 และ ϕ_2 มีค่ามากขึ้นโดยใช้แหวนทองแดงสองชุดเข้าช่วย แหวนทองแดงนั้นจะสวมอยู่ที่ปลายของแกนสองแกน ที่อยู่ด้านข้างทั้งสองของแม่เหล็กขนาน ดังนั้นจะเห็นว่าจะมีกระแสไหลวนเกิดขึ้นในแหวนทองแดงทั้งสองนี้ด้วย ผลอันนี้จะทำให้เกิดแรงบิดบ่ายเบนขึ้นที่จานด้วย แรงบิดบ่ายเบนที่ทำให้เกิดขึ้นเพื่อแก้แรงเสียดทานนี้ จะมีค่ามากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับการปรับตำแหน่งของแกนสองแกนที่อยู่ด้านข้างทั้งสองของแม่เหล็กขนาน วิธีแก้ความเสียดทานนี้จะต้องทดลองทำในขณะที่ป้อนแรงดันให้มีกับมิเตอร์อย่างเดียวเท่านั้น โดยจะต้องไม่ให้ระบบเคลื่อนที่หรือจานอลูมิเนียมหมุน (no-load adjustment) เมื่อระบบเคลื่อนที่หมุนช้าๆ (creeping or slow)แต่หมุนติดต่อกันเรื่อยไปในขณะที่ยังไม่มีกระแสของโหลด (ป้อนแต่แรงดันให้อย่างเดียว) อาการแบบนี้อาจจะเนื่องจากการแก้แรงเสียดทานไม่ถูกต้อง หรือการสั่น (vibration) จากที่อื่น หรือจากสนามแม่เหล็กรั่วไหลจากที่อื่น หรือแรงดันที่ป้อนให้สูงกว่าปกติ วิธีแก้ก็คือ เจาะรูสองรูบนจานให้อยู่ในแนวเดียวกันแต่คนละด้านของเพลา การเจาะรูก็เพื่อทำให้สนามแม่เหล็กของแม่เหล็กขนานเกิดการบิดเบนตัว (distortion) เมื่อรูหนึ่งบนจานเคลื่อนที่ผ่านขั้วแม่เหล็กขนาน ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่ป้องกันไม่ให้จานหมุนเมื่อยังไม่มีโหลด จากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงแทบจะพูดได้ว่า ไม่มีผลต่อการทำงานของเครื่องวัดแบบนี้เลย เพราะทุกอย่างจะมีการเปลี่ยนแปลงไปพร้อมๆ กันหมด

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(ภาวนา ใบคำเลิศ, วราวุธ จิตตพันธ์ 2541.) เรื่องเครื่องเชื่อมอัลตราโซนิค ปริญญานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยได้กล่าวถึง การศึกษาหลักการทำงาน และส่วนประกอบต่างๆ รวมถึงการออกแบบและสร้างชุดเพาเวอร์ซัพพลาย (Power Supply) ของเครื่องเชื่อมอัลตราโซนิค ซึ่งเครื่องเชื่อมอัลตราโซนิคนี้ใช้วงจร อินเวอร์เตอร์ครึ่งบริดจ์ การควบคุมเป็นการควบคุม แบบวงปิดสองวงรอบ โดยวงรอบในมีตัวแปรควบคุมเป็นมุมเฟสของกระแสโหลด มุมเฟส ถูกรักษาให้มีค่าล้าหลังค่าหนึ่งที่กำหนดไว้เพื่อปรับความถี่ขาออกให้มีค่าสูงกว่าความถี่เรโซแนนซ์เล็กน้อยตลอดย่านการทำงาน ความถี่เรโซแนนซ์ของวงจร จะเปลี่ยนแปลงตามฮอร์นที่นำมาใช้กับงานชนิดหนึ่งๆ การควบคุมวงรอบนอก มีตัวแปรควบคุมเป็นขนาดของกระแสโหลด เพื่อเป็นการกำหนดขนาดของ กำลังขาเข้าและพิกัดของวงจรภาคกำลังระบบที่ได้ทดลองสร้างขึ้นมีกำลังประมาณ 800-1200 วัตต์ โดยมีช่วง ความถี่การทำงานระหว่าง 16-30 กิโลเฮิรตซ์ วงจรภาคกำลังใช้อุปกรณ์ สวิตช์เป็น ไอจีบีที (IGBT) ทำงานแบบสวิตช์ที่แรงดันศูนย์เพื่อช่วยลดกำลัง สูญเสียขณะเริ่มนำกระแสผลการทดสอบพบว่า เครื่องเชื่อมอัลตราโซนิค สามารถใช้เชื่อมพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติกได้จริงและชุดควบคุม สามารถควบคุมให้เครื่องเชื่อมอัลตราโซนิคทำงานที่ความถี่ใกล้เคียงกับ ความถี่เรโซแนนซ์ได้

ณัชพงศ์ หัตถิ (2541) เรื่องเครื่องเชื่อมโลหะอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้วงจรแปลงผันไฟตรงแบบเต็มบริดจ์ชนิดพีดับบลิวเอ็มเลื่อนเฟสและสวิตช์ที่แรงดันศูนย์ ผู้วิจัยได้แนวทางการพัฒนาและสร้างเครื่องเชื่อมโลหะอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้วงจรแปลงผันไฟตรงแบบเต็มบริดจ์ชนิดพีดับบลิวเอ็มเลื่อนเฟสและสวิตช์ที่แรงดันศูนย์ ข้อดีโดยพื้นฐานของวงจรแปลงผันไฟตรงชนิดนี้คือ กำลังสูญเสียจากการสวิตช์และสัญญาณรบกวนต่ำ วงจรไม่ซับซ้อน ขนาดเล็กน้ำหนักเบาและง่ายต่อการควบคุม แม้ว่าวงจรแปลงผันไฟตรงชนิดนี้จะมีข้อดีอยู่หลายประการ แต่เมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับการเชื่อมโลหะ ซึ่งมีพิสัยของภาระที่กว้างมาก คือ ตั้งแต่การลัดวงจรไปถึงการเปิดวงจร ทำให้ความเชื่อถือและประสิทธิภาพไม่สูงเท่าที่ควร จึงต้องมีการแก้ไขปรับปรุงทั้งในส่วนของวงจรควบคุมและในส่วนของวงจรกำลังให้เกิดความเหมาะสมกับภาระในลักษณะนี้ ข้อดีเพิ่มเติมที่ได้จากการปรับปรุงวงจรแปลงผันไฟตรงแบบเต็มบริดจ์ ชนิดพีดับบลิวเอ็มเลื่อนเฟส และสวิตช์ที่แรงดันศูนย์ให้เหมาะสม กับการใช้เชื่อมโลหะคือประสิทธิภาพสูงขึ้นสามารถลัดวงจรทางด้านขาออกได้ การเชื่อมราบเรียบขึ้นและความเชื่อถือได้ของระบบสูงขึ้นชุดต้นแบบเครื่องเชื่อมโลหะอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นรับแรงดันขาเข้าเป็นไฟฟ้ากระแสสลับระบบ 1 เฟส 220 V 50 Hz ความถี่การสวิตช์ 60 kHz ใช้มอสเฟต เป็นอุปกรณ์สวิตช์กำลังกระแสเชื่อมทางด้านขาออกเป็นแบบไฟฟ้ากระแสตรงสามารถปรับได้ในช่วง 30-120 A กำลังงานทางด้านขาออกสูงสุด 3 kW (120A 25V) แรงดันขณะเปิดวงจรประมาณ 90 V ประสิทธิภาพสูงสุดของระบบ 90.4 % (60 A 25 V)

เชาวลิต สินรัตนภักดี, ปิยธิดา สุวรรณเนตร 2543.) เรื่องเครื่องเชื่อมไฟฟ้ากระแสตรงแบบวิธีสวิตซ์ เป็นการสร้างเครื่องเชื่อมไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้ วิธีสวิตซ์แบบลูปปิดมีกระแสเชื่อมสูงสุด 100 แอมแปร์ โดยประกอบด้วยวงจรพัลส์วิดมอดูเลชั่น (PWM) ซึ่งจะส่งสัญญาณควบคุมไปที่ชุดขับนำเกตของไอจีบีที และใช้ฮาล์ฟ - บริดจ์คอนเวอร์เตอร์ เป็นวงจรกำลัง โดยใช้ไอจีบีทีเป็นอุปกรณ์สวิตซ์ และหม้อแปลงความถี่สูงใช้แกนเฟอร์ไรต์ ซึ่งสามารถตอบสนองความถี่สูงได้ดี และมีวงจรป้องกันประกอบด้วยวงจรตรวจจับกระแสเกิน (Current Sensor) ซึ่งใช้ Hall Current Sensor เบอร์ CSM163 เป็นตัวตรวจจับกระแส และวงจรตรวจจับอุณหภูมิ (Temperature Sensor) ที่ใช้เทอร์มิสเตอร์ (Thermistor) เป็นตัวตรวจจับอุณหภูมิที่ตัวไอจีบีที วงจรป้องกันทั้งสองมีไว้เพื่อป้องกันไม่ให้ไอจีบีทีเสียหาย และยังมีวงจรควบคุมชนิด PI Control ในการควบคุมกระแสของเครื่อง

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการศึกษา

การศึกษาการสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300 A ครั้งนี้ คณะผู้ศึกษามีจุดมุ่งหมาย เพื่อสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300 A และทดสอบสมรรถนะของ ชุดควบคุมการใช้พลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300 A โดยขณะผู้ศึกษามีวิธีดำเนินการเป็นขั้นตอน ดังต่อไปนี้

3.1 การศึกษาการสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า แบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300 A

3.1.1 เก็บรวบรวมข้อมูล

คณะผู้ศึกษาการสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ได้ทำการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการนำมาใช้ในการสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ที่มีอยู่ตามแหล่งข้อมูลต่างๆ เช่น ห้องสมุดทางอินเทอร์เน็ต และตามวารสารต่างๆ ฯลฯ จากข้อมูลที่หามาได้นั้น คณะผู้ศึกษาการสร้างนำมาวิเคราะห์ และทำการศึกษาหาความรู้จากข้อมูลที่ได้มานั้น เพื่อนำมาใช้ประกอบในการสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

3.2 การสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300 A

3.2.1 คณะผู้ศึกษาการสร้างได้ศึกษาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้หาแนวทางวิธีการรวมทั้งความเป็นไปได้ในการสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

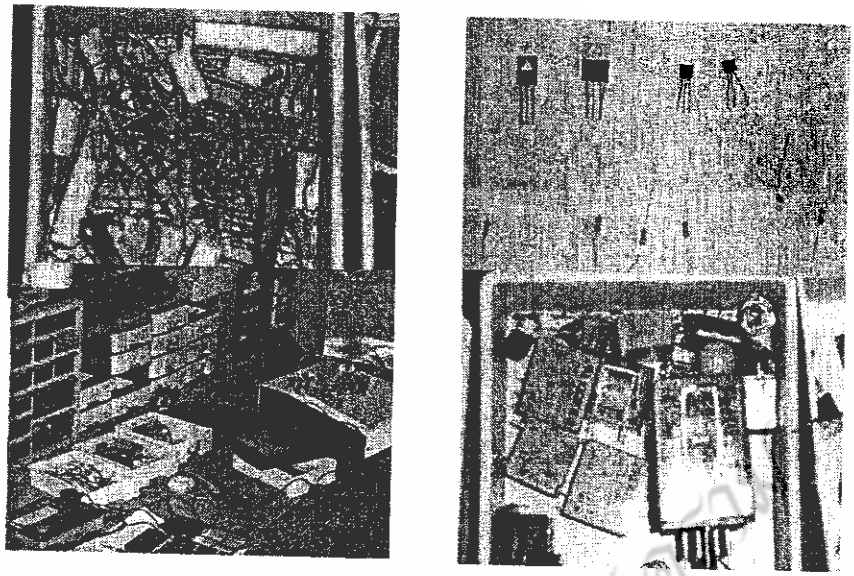
3.2.2 ทำการร่างแบบและออกแบบวงจรควบคุมการทำงาน

3.2.3 ทำการออกแบบการวางอุปกรณ์ชุดควบคุม (รายละเอียดภาคผนวก ก)

3.2.4 ทำการเขียนแบบวงจรการทำงาน (รายละเอียดภาคผนวก ข)

3.2.5 จัดหาวัสดุ-อุปกรณ์ในการสร้าง (รายละเอียดภาคผนวก ค)

คณะผู้ศึกษาการสร้างได้จัดเตรียม จัดหา และรวบรวมวัสดุ - อุปกรณ์ ในการสร้างวงจรอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า โดยการออกสำรวจตามร้านขายอุปกรณ์ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ ทั้งในพื้นที่และต่างจังหวัด และได้วัสดุ อุปกรณ์ที่ต้องการ



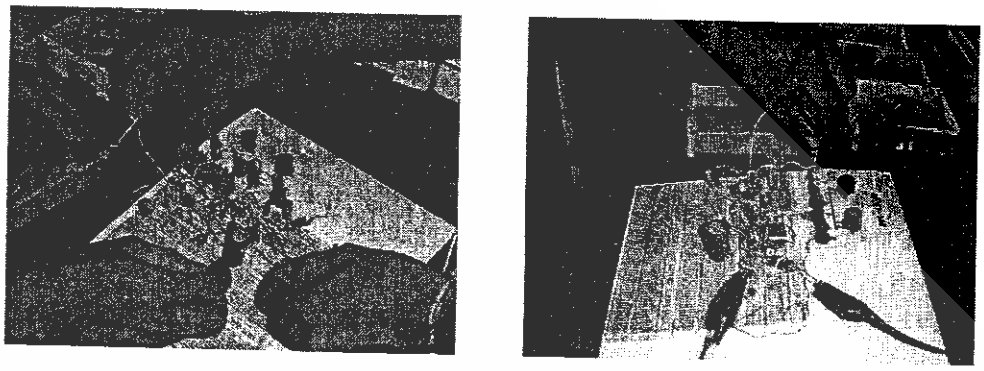
ภาพที่ 3.1 วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้าง

3.2.6 การสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบ Transformer Type ขนาด 24 KVA 300 A

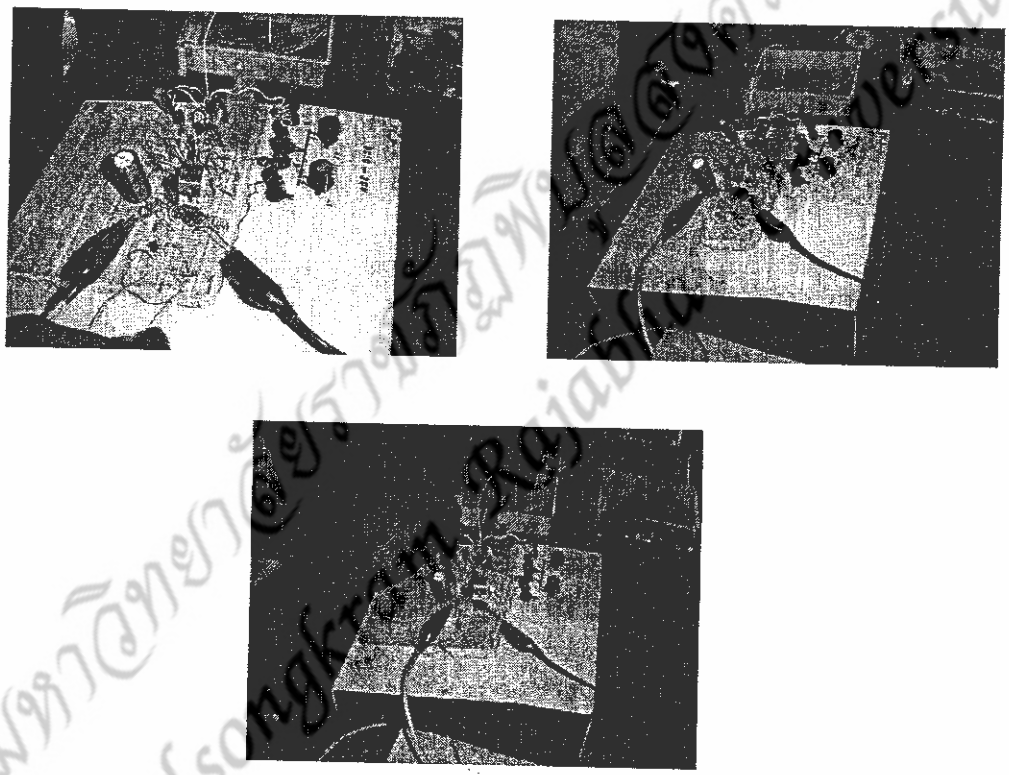
คณะผู้ศึกษาการสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ได้ทำการออกแบบ และเขียนแบบวงจรเสร็จเรียบร้อย ก็ได้ทำการสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า โดยแบ่งเป็นขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.2.6.1 การต่อวงจรบนบอร์ดทดลอง เพื่อทำการทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ตามที่ได้ออกแบบไว้

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University



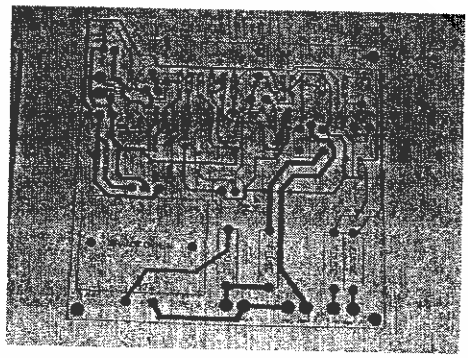
ภาพที่ 3.2 แสดงการวัดค่าและตรวจสอบอุปกรณ์ต่างๆ ของวงจร



ภาพที่ 3.3 แสดงการทดสอบการทำงานของวงจร

3.2.6.2 ทำการออกแบบลายแผ่นปริ้นของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ อุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ตามแบบที่วาดไว้

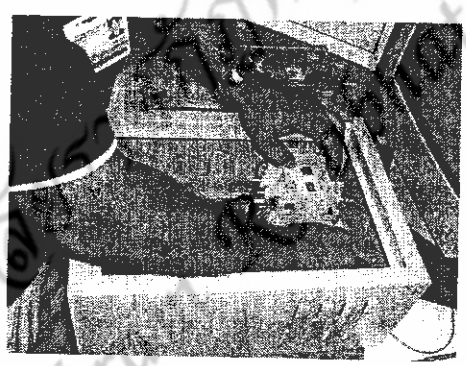
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University



ภาพที่ 3.4 แสดงลายแผ่นปริ้นของวงจรที่ได้จากการออกแบบ

3.2.6.3 ทำการประกอบชุดอุปกรณ์ต่างๆ ภายในตู้ควบคุม

คณะผู้ศึกษาการสร้างชุดควบคุมการใช้พลังงานของเครื่องเชื่อม ได้ทำการประกอบอุปกรณ์ต่างๆ ลงในตู้ควบคุมตามที่ได้ออกแบบไว้



ภาพที่ 3.5 แสดงการประกอบอุปกรณ์ลงในตู้ชุดควบคุม

3.2.6.4 การเดินสายวงจรควบคุมและวงจรกำลัง

คณะผู้ศึกษาการสร้างชุดควบคุมการใช้พลังงานของเครื่องเชื่อม ได้ทำการเดินสายวงจรควบคุมและวงจรกำลัง เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ตามที่ได้ออกแบบไว้

ภาพที่ 3.6 แสดงการต่อสายวงจรควบคุมและวงจรกำลัง

3.3 การทดสอบสมรรถนะอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า แบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300 A

3.3.1 ด้านขั้นตอนการทดลองใช้งาน

คณะผู้ศึกษาการสร้างได้ทำการทดลองใช้งาน อุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าด้วยตนเอง โดยการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเข้ากับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแล้วให้กลุ่มของผู้ศึกษาการสร้างทำการทดลองเชื่อมชิ้นงาน เพื่อดูการทำงานของชุดควบคุมว่าทำงานตรงตามข้อกำหนดหรือไม่ และทำการบันทึกผลการทดลอง

3.3.2 ด้านขั้นตอนการปรับปรุง

คณะผู้ศึกษาการสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ได้นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์ เพื่อหาจุดบกพร่อง ของชุดควบการใช้พลังงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า และนำมาปรับปรุง แก้ไข และนำไปทดสอบหาสมรรถนะต่อไป

3.3.3 ด้านขั้นตอนการทดสอบ

คณะผู้ศึกษาการสร้างได้ทำการทดสอบสมรรถนะ อุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าด้วยตนเอง โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 แบบ คือ

1. ทดสอบโดยการ **ไม่ติดตั้ง** ชุดควบคุมการใช้พลังงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเข้ากับเครื่องเชื่อมไฟฟ้า จากนั้นสร้างสถานการณ์เชื่อม โดยทำการเชื่อมครั้งละ 15 วินาที แล้วพัก 15 วินาที ทดสอบลักษณะนี้นานติดต่อกัน 1 ชั่วโมง และทดสอบซ้ำอีกจนครบ 4 ชั่วโมง ทำการวัดค่าต่างๆ ทางไฟฟ้า และบันทึกผลในตารางการทดสอบที่ออกแบบไว้

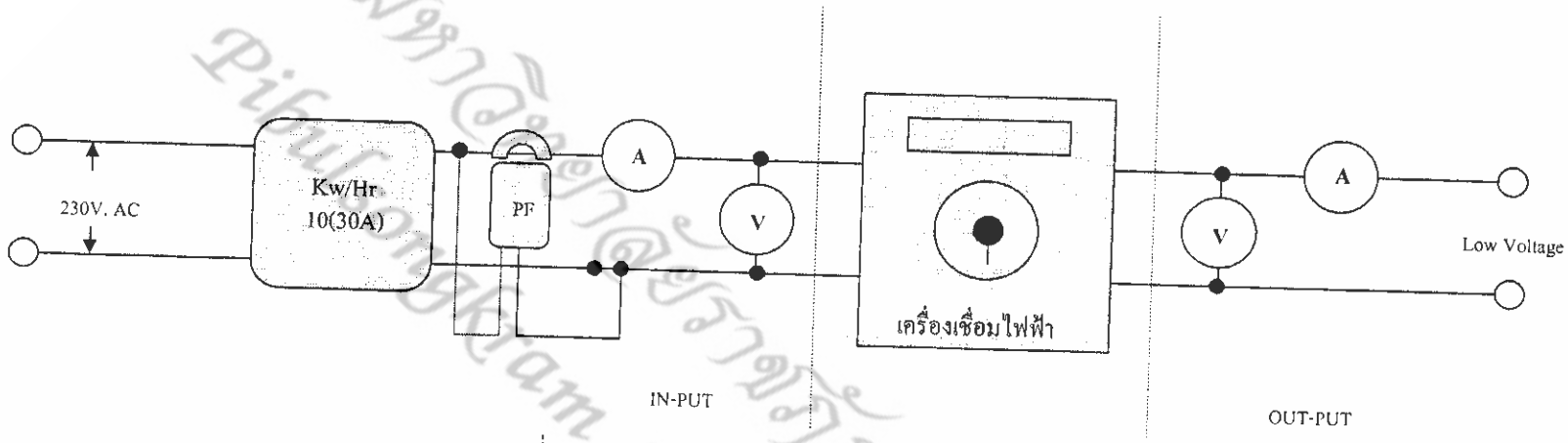
2. ทดสอบโดยการ **ติดตั้ง** อุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเข้ากับเครื่องเชื่อมไฟฟ้า โดยทำการเชื่อมครั้งละ 15 วินาที แล้วพัก 15 วินาที สำหรับในช่วงพัก 15 วินาที จะมีการกำหนดเวลาหน่วงให้กับอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ตัดการทำงานอัตโนมัติที่ 5

วินาทีหลังจากหยุดเชื่อม ทดสอบลักษณะนี้นานติดต่อกัน 1 ชั่วโมง และทดสอบซ้ำอีกจนครบ 4 ชั่วโมง ทำการวัดค่าต่างๆ ทางไฟฟ้า และบันทึกผลในตารางการทดสอบที่ออกแบบไว้

3.3.4 ด้านการสรุปผลการทดสอบ

คณะผู้ศึกษาการสร้างได้นำผลการทดสอบที่ได้บันทึกไว้ทั้งหมดมาสรุปผล พร้อมทั้งหาแนวทางการแก้ไข และแนวทางการพัฒนาชุดควบการใช้พลังงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ดียิ่งขึ้นต่อไปในอนาคต

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

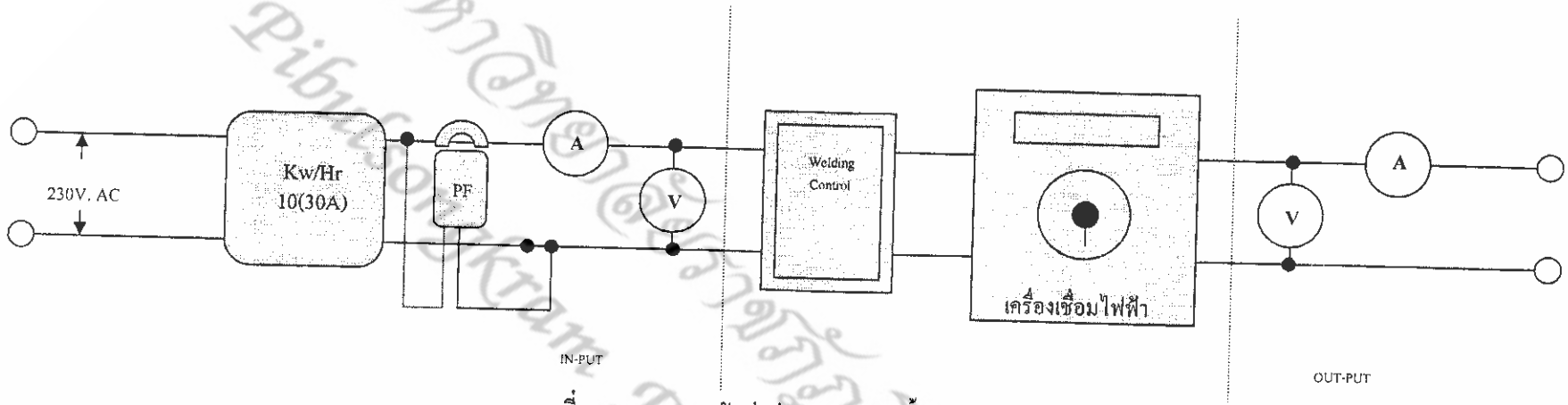


ภาพที่ 3.7 แสดงการวัดค่าต่างๆ ขณะไม่ติดตั้งชุดควบคุม

ข้อควรระวัง

1. ระวังอันตรายจากกระแสไฟฟ้าที่อาจเกิดขึ้นเมื่อมีส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายไปสัมผัสกับจุดต่อวงจรไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University



ภาพที่ 3.8 แสดงการวัดค่าต่างๆ ขณะติดตั้งชุดควบคุม

ข้อควรระวัง

1. ระวังอันตรายจากกระแสไฟฟ้าที่อาจเกิดขึ้นเมื่อมีส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายไปสัมผัสกับจุดต่อวงจรไฟฟ้าในขณะที่ชุดควบคุมการทำงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้ายังไม่ตัดวงจรไฟฟ้าของเครื่องเชื่อม

ข้อเสนอแนะ

ก่อนเปิดเครื่องควรตรวจเช็คการต่อวงจร ระหว่างเครื่องเชื่อมกับชุดควบคุมการงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าให้ถูกต้อง

มหาวิทยาลัยพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 4
ผลดำเนินการศึกษา

การศึกษาการสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300 A ครั้งนี้ คณะผู้ศึกษาได้ทำการทดสอบหาสมรรถนะของอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300 A โดยได้รวบรวมผลการทดสอบที่ได้มีดังต่อไปนี้

4.1 ด้านการศึกษาการสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300 A

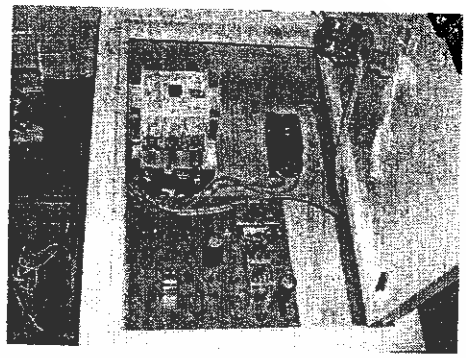
คณะผู้ศึกษาการสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ได้ทำการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการนำมาใช้ในการศึกษาการสร้าง อุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า มาทำการศึกษา วิเคราะห์เพื่อนำมาใช้ประกอบเป็นความรู้ที่จะใช้ในการสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า และจากความรู้ที่ได้จากการศึกษา ทางกลุ่มได้นำมาสรุปและศึกษาค้นคว้า เพื่อที่จะทำการสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ให้มีคุณภาพในการใช้งานให้มากที่สุด

4.2 ด้านการสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300 A

คณะผู้ศึกษาการสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ได้ทำการออกแบบ และทำการสร้างขึ้นมาเป็นผลสำเร็จ ดังภาพที่ 4.1

ภาพที่ 4.1 แสดงอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University



ภาพที่ 4.2 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ภายในชุดควบคุม

4.3 ด้านการทดสอบสมรรถนะอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า แบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300 A

4.3.1 การทดลองใช้งาน

คณะผู้ศึกษาการสร้างได้ทำการทดลองใช้งานอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่ได้ทำการสร้างขึ้น โดยกลุ่มผู้ศึกษาการสร้างเป็นผู้ทดสอบเอง ผลการทดลองชุดควบคุมสามารถทำงานได้ตามข้อกำหนด คือ ตัดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับออกจากเครื่องเชื่อมไฟฟ้าโดยอัตโนมัติเมื่อไม่มีการเชื่อมชิ้นงาน และทำการต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าโดยอัตโนมัติเมื่อต้องการเชื่อมชิ้นงาน โดยการจี้ลวดเชื่อมให้ถูกกับชิ้นงาน

ในขณะทำการทดลองครั้งนี้ ได้พบข้อบกพร่องของอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า คือ การปรับตั้งค่าการหน่วงเวลาตัดหลังจากหยุดเชื่อมชิ้นงาน ทำได้ยากเพราะได้ออกแบบการตั้งเวลาเป็น แบบโวลุ่มเกือกม้าซึ่งไม่สะดวกในการปรับค่า และที่ตัวอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ไม่มีสัญญาณบอกว่าตอนนี้ทำงานอยู่ในสถานะใด (ตัด หรือ ต่อ) ทางคณะผู้ศึกษาการสร้างได้จดบันทึกไว้เพื่อนำไปปรับปรุง แก้ไขต่อไป

4.3.2 การปรับปรุงอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

คณะผู้ศึกษาการสร้างได้นำผลการทดลองที่ได้บันทึกไว้ นำมาวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า การดำเนินการปรับปรุงแก้ไข คือ ทำการเปลี่ยนโวลุ่มเกือกม้าที่ใช้ในการตั้งหน่วงเวลาของวงจร มาเป็น Selecter switch และออกแบบให้มีย่านในการปรับค่าที่ 5, 10, 15, 20, 60 วินาที ตามลำดับ และทำการติดชุดหลอดไฟสัญญาณ 2 ชุด เพื่อให้ทราบว่าอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าทำงานอยู่ในสถานะใด โดยกำหนดให้ชุดสัญญาณไฟสีส้มเป็นสถานะที่อุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าอยู่ในช่วงตัดการทำงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า (Standby) และชุดสัญญาณไฟสีเขียวเป็นสถานะที่อุปกรณ์ประหยัด

พลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าอยู่ในช่วงต่อการทำงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า (On) เสร็จแล้วจึงนำไปทดสอบเพื่อหาสมรรถนะต่อไป

4.3.3 การทดสอบสมรรถนะ

คณะผู้ศึกษาการสร้าง อุปกรณ์ประหยัดพลังงานไฟฟ้าเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ได้ทำการทดสอบในการหาสมรรถนะ ของอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่ได้ทำการสร้างขึ้น และทำการจัดเก็บข้อมูลโดยให้กลุ่มของคณะที่ศึกษาการสร้างทำการบันทึกผลการทดสอบลงในตารางการทดสอบตามที่ออกแบบไว้

4.3.3.1 ทำการทดสอบโดยไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่ใช้งานจริงจำนวน 20 เครื่อง ในเวลาเครื่องละ 8 ชั่วโมง

4.3.3.2 ทำการทดสอบโดยติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่ใช้งานจริงจำนวน 20 เครื่อง ในเวลาเครื่องละ 8 ชั่วโมง

4.3.3.3 นำผลการทดสอบทั้งการติดตั้ง และไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่ได้ มาเปรียบเทียบกัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางทดสอบที่ 4.1 ทำการทดสอบโดยการไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A1

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\ \theta\ (w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	42.78	218.78	9.35	0.28	2620.63	2.62
	2	41.94	215.84	9.05	0.46	4163.3	4.16
	3	39.07	211.4	8.41	0.48	3964.51	3.96
	4	40.2	211.4	8.50	0.46	3909.20	3.90
	5	47.1	223.0	10.51	0.17	1785.56	1.79
	6	42.4	217.8	9.25	0.46	4247.97	4.25
	7	41.2	215.8	9.05	0.46	4089.84	4.09
	8	42.7	218.7	4.57	0.09	840.46	0.84

ตารางทดสอบที่ 4.2 ทำการทดสอบโดยการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A1

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\ \theta\ (w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	38.64	219.33	4.28	0.22	2096	1.80
	2	39.96	217.43	4.26	0.36	3330.62	3.31
	3	37.98	213.39	4.08	0.38	3171.64	3.16
	4	37.44	217.84	3.78	0.36	3127.30	3.12
	5	35.70	218.60	2.95	0.13	1428.47	1.43
	6	36.24	219.71	3.00	0.36	3398.31	3.40
	7	37.92	217.14	4.13	0.36	3271.28	3.27
	8	36.84	220.17	2.99	0.07	672.35	0.67

พิษณุโลก ราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkhram Rajabhat University

ตารางทดสอบที่ 4.3 ทำการทดสอบโดยการไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A2

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\ \theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	12.48	221.54	1.37	0.17	470.02	0.47
	2	17.40	218.53	1.90	0.29	1102.70	1.10
	3	30.06	220.68	3.33	0.55	3648.50	3.65
	4	25.44	224.29	2.86	0.40	228.38	2.28
	5	22.14	224.45	2.49	0.30	1639.88	1.64
	6	28.62	221.75	3.18	0.57	3617.50	3.62
	7	18.00	224.07	2.02	0.30	1209.98	1.21
	8	19.68	228.28	2.25	0.30	1347.77	1.35

ตารางทดสอบที่ 4.4 ทำการทดสอบโดยการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A2

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\ \theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	11.16	226.65	1.26	0.12	304	0.30
	2	10.32	223.94	1.15	0.13	300	0.30
	3	27.48	221.18	3.04	0.58	3525	3.53
	4	18.90	222.30	2.10	0.28	1176	1.18
	5	20.34	226.02	2.30	0.29	1333	1.33
	6	16.56	223.82	1.85	0.25	927	0.93
	7	12.18	230.43	1.40	0.12	337	0.34
	8	14.10	224.92	1.59	0.20	634	0.63

ตารางทดสอบที่ 4.5 ทำการทดสอบโดยการไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A3

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\ \theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆ ทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	28.92	221.67	3.21	0.53	3397	3.39
	2	24.96	217.66	2.72	0.37	2010	2.01
	3	10.32	223.61	1.15	0.12	276	0.27
	4	10.08	222.25	1.12	0.13	291	0.29
	5	18.78	218.80	2.05	0.31	1273	1.27
	6	17.40	218.53	1.90	0.29	1104	1.10
	7	30.66	220.68	3.33	0.55	3648	3.64
	8	27.48	221.68	3.04	0.58	3533	3.53

ตารางทดสอบที่ 4.6 ทำการทดสอบโดยการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A3

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\ \theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆ ทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	27.06	223.43	3.02	0.48	2902	2.90
	2	18.48	220.30	2.03	0.21	855	0.85
	3	9.96	221.74	1.10	0.13	287	0.29
	4	9.78	221.38	1.08	0.13	281	0.28
	5	13.32	225.10	1.50	0.20	600	0.60
	6	11.04	226.46	1.25	0.13	325	0.33
	7	12.42	221.54	1.37	0.17	468	0.47
	8	11.34	227.19	1.29	0.13	335	0.33

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย Chulalongkorn University

ตารางทดสอบที่ 4.7 ทำการทดสอบโดยการไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A4

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\ \theta(w)$	**พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit**
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	29.94	222.46	3.33	0.44	2930	2.93
	2	28.62	219.29	3.14	0.36	2259	2.25
	3	28.26	215.23	3.04	0.41	2493	2.49
	4	28.32	220.58	3.12	0.42	2623	2.62
	5	33.00	215.82	3.56	0.49	3489	3.48
	6	35.16	214.63	3.78	0.44	3310	3.32
	7	32.10	220.22	3.53	0.38	2686	2.68
	8	26.22	226.17	2.97	0.28	1660	1.66

ตารางทดสอบที่ 4.8 ทำการทดสอบโดยการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A4

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\ \theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	28.80	220.32	3.18	0.45	2284	2.86
	2	24.48	220.64	2.70	0.27	1458	1..46
	3	23.46	215.23	2.52	0.35	1767	1.77
	4	27.66	220.14	3.04	0.46	2791	2.80
	5	32.88	219.17	3.60	0.49	2648	2.64
	6	30.72	225.68	3.31	0.38	2148	2.14
	7	25.68	216.20	2.82	0.30	2045	2.14
	8	20.97	220.93	2.37	0.22	1328	1.32

ตารางทดสอบที่ 4.9 ทำการทดสอบโดยการไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A5

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\ \theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	21.04	222.59	2.43	0.25	1171	1.17
	2	29.52	214.81	3.17	0.42	2663	2.66
	3	29.16	219.46	3.20	0.38	2432	2.43
	4	13.50	227.05	1.53	0.07	215	0.21
	5	24.60	227.20	2.80	0.29	1621	1.62
	6	29.94	222.46	3.33	0.44	2931	2.93
	7	28.62	220.44	3.16	0.40	2524	2.52
	8	29.76	221.74	3.30	0.43	2838	2.84

ตารางทดสอบที่ 4.10 ทำการทดสอบโดยการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A5

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	20.10	223.82	2.25	0.24	1080	1.08
	2	28.26	215.23	3.04	0.41	2494	2.12
	3	28.62	219.29	3.14	0.36	2259	2.26
	4	24.48	220.64	2.70	0.27	172	0.16
	5	19.20	228.31	2.20	0.18	789	0.79
	6	28.80	220.32	3.18	0.45	2344	2.34
	7	27.18	219.43	2.99	0.42	2019	2.01
	8	28.14	224.41	3.16	0.37	2337	2.27

ตารางทดสอบที่ 4.11 ทำการทดสอบโดยการไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A6

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	13.44	226.90	1.52	0.07	213	0.21
	2	13.44	227.27	1.52	0.07	214	0.21
	3	21.18	223.03	2.36	0.23	1086	1.09
	4	29.58	219.52	3.25	0.41	2662	2.66
	5	29.94	219.56	3.27	0.42	2761	2.76
	6	29.82	219.12	3.16	0.42	2744	2.74
	7	28.44	222.19	3.16	0.36	2275	2.27
	8	28.08	220.44	3.10	0.35	2166	2.17

ตารางทดสอบที่ 4.12 ทำการทดสอบโดยการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A6

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	11.76	220.27	1.29	0.07	181	0.18
	2	12.18	222.21	1.35	0.07	189	0.19
	3	18.42	223.93	2.06	0.19	784	0.78
	4	27.72	220.76	3.06	0.28	1713	1.71
	5	26.52	220.63	2.93	0.39	2282	2.28
	6	21.60	221.40	2.39	0.25	1196	1.20
	7	23.58	222.84	2.63	0.28	1787	1.79
	8	26.88	218.21	2.93	0.28	1732	1.73

ตารางทดสอบที่ 4.13 ทำการทดสอบโดยการไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A7

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	23.82	221.56	2.64	0.28	1478	1.48
	2	23.40	220.00	2.58	0.30	1544	1.54
	3	29.82	218.91	3.27	0.42	2742	2.74
	4	29.10	219.12	3.19	0.43	2742	2.74
	5	28.38	218.65	3.11	0.44	2730	2.73
	6	28.08	220.47	3.10	0.45	2786	2.79
	7	28.68	218.30	3.13	0.43	2692	2.69
	8	29.64	217.64	3.23	0.41	2645	2.64

ตารางทดสอบที่ 4.14 ทำการทดสอบโดยการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A7

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	19.32	223.34	2.16	0.21	906	0.91
	2	21.12	221.92	2.35	0.25	1172	1.17
	3	23.85	218.82	2.95	0.37	2181	2.18
	4	25.86	218.56	2.83	0.34	2193	2.19
	5	24.36	217.28	2.65	0.35	1853	1.85
	6	26.70	220.29	2.94	0.38	2235	2.24
	7	27.84	219.16	3.05	0.34	2153	2.15
	8	28.98	217.78	3.16	0.32	2116	2.11

ตารางทดสอบที่ 4.15 ทำการทดสอบโดยการไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A8

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	24.18	221.67	2.68	0.28	1501	1.50
	2	22.86	220.20	2.52	0.29	1460	1.46
	3	13.44	225.34	1.51	0.07	212	0.21
	4	12.90	223.55	1.44	0.07	202	0.20
	5	31.98	220.95	3.54	0.41	2897	2.90
	6	23.76	218.80	2.60	0.31	1612	1.61
	7	13.32	225.02	1.50	0.07	210	0.21
	8	30.24	220.44	3.34	0.43	2866	2.87

ตารางทดสอบที่ 4.16 ทำการทดสอบโดยการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A8

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	23.88	221.67	2.65	0.28	1482	1.48
	2	22.86	220.20	2.52	0.29	1460	1.46
	3	12.54	221.79	1.39	0.07	195	0.19
	4	10.86	215.07	1.17	0.07	163	0.16
	5	16.20	223.36	1.81	0.15	543	0.54
	6	14.16	227.26	1.61	0.07	225	0.23
	7	17.88	225.29	2.02	0.15	604	0.60
	8	18.36	224.57	2.06	0.17	701	0.70

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย Chulalongkorn University

ตารางทดสอบที่ 4.17 ทำการทดสอบโดยการไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A9

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	15.36	219.59	1.68	0.15	506	0.51
	2	32.10	216.54	3.48	0.45	3128	3.13
	3	26.82	220.96	2.96	0.29	1719	1.72
	4	30.96	212.93	3.30	0.46	3032	3.03
	5	31.80	212.99	3.39	0.42	2845	2.84
	6	30.66	213.20	3.27	0.42	2745	2.75
	7	13.44	225.49	1.51	0.07	212	0.21
	8	14.70	229.27	1.68	0.07	236	0.24

ตารางทดสอบที่ 4.18 ทำการทดสอบโดยการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A9

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	14.70	229.27	1.68	0.07	236	0.24
	2	26.34	214.67	2.83	0.44	2488	2.49
	3	22.44	216.39	2.43	0.31	1505	1.51
	4	17.52	223.36	1.95	0.20	783	0.78
	5	26.82	220.96	2.96	0.29	1719	1.72
	6	23.10	220.17	2.54	0.28	1424	1.42
	7	18.66	214.70	1.35	0.07	280	0.28
	8	12.24	221.27	1.35	0.07	190	0.19

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย Chulalongkorn University

ตารางทดสอบที่ 4.19 ทำการทดสอบโดยการไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อมA10

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	17.16	220.98	1.89	0.19	720	0.72
	2	26.82	220.96	2.96	0.29	1719	1.72
	3	30.96	212.93	3.30	0.46	3032	3.03
	4	31.80	212.99	3.39	0.42	2845	2.84
	5	30.66	213.20	3.27	0.42	2745	2.75
	6	32.52	217.16	3.53	0.44	3107	3.11
	7	21.12	221.71	2.67	0.25	1171	1.17
	8	23.76	220.50	2.62	0.31	1624	1.62

ตารางทดสอบที่ 4.20 ทำการทดสอบโดยการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A10

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	14.70	224.27	1.68	0.07	231	0.23
	2	22.44	216.39	2.43	0.31	1505	1.51
	3	23.76	220.50	2.62	0.31	1624	1.62
	4	24.12	221.71	2.67	0.25	1337	1.34
	5	28.68	215.61	3.09	0.39	2412	2.41
	6	21.24	216.67	2.30	0.26	1197	1.20
	7	20.22	220.76	2.23	0.22	982	0.98
	8	19.74	216.69	2.14	0.21	898	0.90

ตารางทดสอบที่ 4.21 ทำการทดสอบโดยการไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อมA11

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	14.04	227.75	1.60	0.07	224	0.22
	2	14.28	228.36	1.63	0.07	228	0.23
	3	14.34	228.70	1.64	0.07	230	0.23
	4	13.86	227.05	1.57	0.07	220	0.22
	5	13.98	227.74	1.59	0.07	223	0.22
	6	12.96	223.40	1.44	0.07	203	0.20
	7	31.92	215.91	3.44	0.45	3101	3.10
	8	13.44	224.83	1.37	0.06	181	0.18

ตารางทดสอบที่ 4.22 ทำการทดสอบโดยการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A11

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	11.23	220.30	1.28	0.05	179	0.17
	2	11.42	219.41	1.30	0.05	182	0.18
	3	11.47	222.04	1.31	0.05	184	0.18
	4	11.08	223.51	1.25	0.05	176	0.17
	5	11.18	220.36	1.27	0.05	178	0.17
	6	10.36	220.83	1.15	0.05	162	0.16
	7	25.53	215.49	2.75	0.36	2480	2.48
	8	10.75	223.06	1.09	0.04	144	0.14

ตารางทดสอบที่ 4.23 ทำการทดสอบโดยการไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อมA12

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	12.30	222.85	1.37	0.07	192	0.19
	2	11.64	220.11	1.28	0.08	205	0.20
	3	18.48	217.87	2.01	0.23	926	0.93
	4	23.58	215.15	2.53	0.29	1471	1.47
	5	18.60	220.57	2.05	0.28	1149	1.15
	6	23.04	212.64	2.45	0.28	1372	1.37
	7	26.34	211.45	2.78	0.37	2061	2.06
	8	22.20	212.26	2.35	0.33	1555	1.56

ตารางทดสอบที่ 4.24 ทำการทดสอบโดยการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A12

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	11.20	218.46	1.09	0.05	153	0.15
	2	11.01	215.61	1.05	0.06	164	0.16
	3	14.78	213.30	1.60	0.18	740	0.74
	4	18.86	212.40	2.02	0.23	1176	1.17
	5	14.88	218.04	1.64	0.22	919	0.92
	6	18.43	212.64	1.93	0.22	1097	1.09
	7	21.07	211.05	2.22	0.29	1648	1.64
	8	17.76	212.11	1.88	0.26	1244	1.24

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkhram Rajabhat University

ตารางทดสอบที่ 4.25 ทำการทดสอบโดยการไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อมA13

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	13.38	225.55	1.50	0.07	211.25	0.21
	2	13.08	224.57	1.46	0.07	205.62	0.20
	3	20.22	220.76	2.23	0.22	982.0288	0.98
	4	35.52	217.61	3.53	0.41	3169.098	3.16
	5	33.12	217.30	3.60	0.37	2662.881	2.66
	6	14.28	227.43	1.62	0.07	227.339	0.22
	7	14.40	227.46	1.63	0.07	229.2797	0.22
	8	14.46	227.65	1.65	0.07	230.4273	0.23

ตารางทดสอบที่ 4.26 ทำการทดสอบโดยการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A13

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	10.70	222.41	1.20	0.05	169	0.16
	2	10.46	219.96	1.16	0.05	164.49	0.16
	3	16.17	220.40	1.78	0.17	785.61	0.78
	4	28.41	215.51	2.82	0.61	2535.27	2.52
	5	26.49	216.04	2.88	0.29	2130.30	2.12
	6	11.42	221.47	1.29	0.05	181.86	0.17
	7	11.52	218.05	1.30	0.05	183.41	0.17
	8	11.56	223.56	1.40	0.05	184.33	0.18

ตารางทดสอบที่ 4.27 ทำการทดสอบโดยการไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อมA14

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	21.96	216.53	2.37	0.19	903	0.09
	2	31.26	209.53	3.27	0.46	3013	3.01
	3	31.80	213.64	3.39	0.47	3193	3.19
	4	30.84	213.50	3.29	0.47	3095	3.09
	5	31.86	215.63	3.43	0.46	3160	3.16
	6	30.30	215.05	3.25	0.42	2737	2.74
	7	27.06	217.21	2.94	0.32	1881	1.88
	8	26.67	212.58	2.84	0.38	2154	2.15

ตารางทดสอบที่ 4.28 ทำการทดสอบโดยการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A14

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	17.56	215.49	1.89	0.15	722	0.07
	2	25	207.50	2.61	0.36	2410	2.40
	3	14.44	212.46	2.71	0.37	2554	2.55
	4	24.67	213.07	2.71	0.37	2473	2.47
	5	25.48	215.63	2.74	0.36	2528	2.52
	6	24.24	213.41	2.60	0.33	2189	2.19
	7	21.80	215.67	2.35	0.14	1504	1.50
	8	21.33	212.26	2.27	0.30	1723	1.72

Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางทดสอบที่ 4.29 ทำการทดสอบโดยการไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อมA15

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	28.56	217.87	3.11	0.36	2240.052	2.24
	2	29.52	213.29	3.15	0.38	2392.602	2.39
	3	26.58	217.83	2.89	0.34	1968.573	1.96
	4	29.46	210.99	3.11	0.49	3045.725	3.04
	5	28.62	209.51	3.00	0.51	3058.05	3.05
	6	30.78	211.09	3.00	0.46	2988.781	2.98
	7	28.92	210.02	3.04	0.49	2976.151	2.97
	8	27.30	212.73	2.90	0.38	2206.861	2.20

ตารางทดสอบที่ 4.30 ทำการทดสอบโดยการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A15

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	22.84	215.03	2.48	0.28	1792.04	1.79
	2	23.61	212.25	2.52	0.30	1914.08	1.91
	3	21.26	215.64	2.31	0.27	1574.40	1.56
	4	23.56	210.89	2.48	0.39	2436.57	2.43
	5	22.89	209.75	2.40	0.40	2446.40	2.44
	6	24.62	211.04	2.40	0.36	2391.02	2.38
	7	23.13	211.05	2.43	0.39	2380.80	2.37
	8	21.84	210.82	2.32	0.30	1765.48	1.76

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย Chulalongkorn University

ตารางทดสอบที่ 4.31 ทำการทดสอบโดยการไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อมA16

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้าหน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้าหน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้าหน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	25.26	218.04	2.75	0.31	1707	1.71
	2	26.16	217.95	2.85	0.33	1882	1.88
	3	29.88	215.22	3.21	0.40	2572	2.57
	4	31.02	216.76	3.36	0.43	2891	2.89
	5	32.34	213.34	3.45	0.44	3036	3.04
	6	32.82	217.62	3.57	0.45	3214	3.21
	7	28.26	215.82	3.05	0.36	2196	2.20
	8	34.86	215.95	3.77	0.40	3011	3.01

ตารางทดสอบที่ 4.32 ทำการทดสอบโดยการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A16

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้าหน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้าหน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้าหน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	20.20	217.32	2.20	0.24	1365	1.36
	2	20.92	216.44	2.28	0.26	1505	1.50
	3	23.90	213.94	2.56	0.32	2057	2.05
	4	24.81	211.56	2.68	0.34	2312	2.31
	5	25.87	213.36	2.76	0.35	2428	2.43
	6	26.25	116.59	2.85	0.36	2571	2.56
	7	22.60	212.25	2.44	0.28	1756	1.76
	8	27.08	213.64	3.01	0.32	2408	2.40

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย Chulalongkorn University

ตารางทดสอบที่ 4.33 ทำการทดสอบโดยการไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อมA17

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	32.88	216.95	3.57	0.44	3139	3.14
	2	25.50	216.89	2.77	0.34	1880	1.88
	3	27.78	212.06	2.94	0.20	1178	1.18
	4	29.04	215.04	3.12	0.36	2248	2.25
	5	30.78	220.06	3.39	0.40	2709	2.71
	6	31.50	213.85	3.37	0.42	2829	2.83
	7	30.54	214.31	3.27	0.45	2945	2.95
	8	34.14	217.98	3.72	0.19	1414	1.41

ตารางทดสอบที่ 4.34 ทำการทดสอบโดยการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A17

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	26.30	215.76	2.85	0.35	2511	2.51
	2	20.40	214.34	2.21	0.27	1504	1.50
	3	22.22	212.06	2.35	0.16	942	0.94
	4	23.23	216.50	2.49	0.28	1798	1.80
	5	24.62	219.80	2.71	0.32	2167	2.16
	6	25.20	214.55	2.69	0.33	2263	2.64
	7	24.43	213.41	2.61	0.36	2356	2.36
	8	27.31	216.69	2.97	0.15	1131	1.12

ตารางทดสอบที่ 4.35 ทำการทดสอบโดยการไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อมA18

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	26.64	214.20	2.85	0.35	1997	2.00
	2	27.78	212.06	2.94	0.20	1178	1.18
	3	29.04	215.04	3.12	0.36	2248	2.25
	4	30.78	220.06	3.39	0.40	2709	2.71
	5	32.16	216.13	3.48	0.46	3197	3.20
	6	31.50	213.85	3.37	0.42	2829	2.83
	7	30.54	214.31	3.27	0.45	2945	2.95
	8	34.14	217.98	3.72	0.19	1414	1.41

ตารางทดสอบที่ 4.36 ทำการทดสอบโดยการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A18

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	21.31	213.40	2.28	2.08	1597	1.60
	2	22.22	213.02	2.35	0.16	942	0.94
	3	23.23	214.50	2.49	0.28	1798	1.80
	4	24.62	218.47	2.71	0.32	2167	2.16
	5	25.72	215.58	2.78	0.36	2557	2.56
	6	25.20	213.85	2.69	0.33	2263	2.26
	7	24.43	214.04	2.61	0.36	2356	2.36
	8	27.31	216.21	2.97	0.15	1131	1.12

ตารางทดสอบที่ 4.37 ทำการทดสอบโดยการไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อมA19

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	30.90	215.73	3.33	0.46	3066	3.07
	2	31.32	212.81	3.33	0.43	2866	2.87
	3	32.94	217.69	3.59	0.42	3012	3.01
	4	32.58	217.65	3.54	0.42	2978	2.98
	5	39.12	210.29	4.11	0.52	4278	4.28
	6	24.66	217.55	2.68	0.28	1502	1.50
	7	31.86	215.41	3.43	0.49	3363	3.36
	8	31.20	215.03	3.35	0.49	3287	3.29

ตารางทดสอบที่ 4.38 ทำการทดสอบโดยการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A19

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	24.72	214.63	2.66	0.36	2452	2.45
	2	25.00	212.81	2.66	0.34	2292	2.29
	3	26.35	216.82	2.87	0.33	2409	2.40
	4	26.06	216.79	2.83	0.33	2382	2.38
	5	31.29	210.90	3.28	0.41	3422	3.42
	6	19.72	217.55	2.14	0.22	1201	1.20
	7	25.48	214.14	2.74	0.39	2690	2.67
	8	24.96	214.07	2.68	0.39	2629	2.63

ตารางทดสอบที่ 4.39 ทำการทดสอบโดยการไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อมA20

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	21.48	219.43	2.36	0.28	1320	1.32
	2	27.42	211.34	2.90	0.38	2202	2.20
	3	26.28	214.20	2.82	0.34	1914	1.91
	4	24.36	211.34	2.57	0.36	1853	1.85
	5	32.50	214.74	3.38	0.44	3071	3.07
	6	28.32	213.67	3.03	0.37	2239	2.24
	7	30.78	212.67	3.27	0.45	2946	2.95
	8	29.70	215.33	3.20	0.44	2814	2.81

ตารางทดสอบที่ 4.40 ทำการทดสอบโดยการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อม A20

ลำดับขั้นการทดสอบ	จำนวนชั่วโมงการทำงาน	ผลการทดสอบ					
		กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น Amp(A)	แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Voltage(V)	กำลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น (KVA)	ค่าตัวประกอบกำลัง	ค่าที่ได้จากการคำนวณ $P = VICos\theta(w)$	พลังงานไฟฟ้า (คิดเป็น Unit) 1000 W/Hr=1 Unit
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและทำการวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง	1	17.18	218.83	1.88	0.22	1056	1.05
	2	21.93	211.30	2.32	0.30	1761	1.76
	3	21.02	213.32	2.25	0.27	1531	1.52
	4	19.48	210.54	2.05	0.28	1482	1.48
	5	26.00	213.39	2.70	0.35	2456	2.45
	6	22.65	212.34	2.42	0.29	1791	1.79
	7	24.62	211.83	2.61	0.36	2356	2.36
	8	23.76	214.76	2.56	0.35	2251	2.24

บทที่ 5
บทสรุป อภิปรายและข้อเสนอแนะ

5.1 ความเป็นมาของการศึกษาค้นคว้า

เนื่องจากในยุคปัจจุบันมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีการใช้พลังงานกันอย่างสิ้นเปลือง โดยมิได้คำนึงถึงความสูญเสียอันที่จะเกิดขึ้น ทางคณะผู้จัดทำจึงได้เล็งเห็นถึงการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าภายในเครื่องเชื่อมไฟฟ้า แบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300A และควรที่จะหาวิธีการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในเครื่องเชื่อมไฟฟ้า แบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300A ช่วงขณะ Standby โดยได้มีการออกแบบอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า แบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300A และวิธีการทำงานของชุดควบคุมดังกล่าวขึ้น

5.2 จุดมุ่งหมายของการศึกษา

5.2.1 เพื่อศึกษาการสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า แบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300A

5.2.2 เพื่อสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า แบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300A

5.2.3 เพื่อทดสอบสมรรถนะอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า แบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300A โดยคณะผู้ศึกษาการสร้างทดสอบด้วยตนเอง

5.3 ขอบเขตของการศึกษา

ขอบเขตของการศึกษา เพื่อสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า แบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300 A มีรายละเอียดซึ่งสามารถจำแนกออกเป็นด้านต่างๆ ได้แก่

5.3.1 การศึกษาการสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า แบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300 A

5.3.1.1 ด้านขั้นตอนการออกแบบอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

5.3.1.2 ด้านวงจรควบคุมอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

5.3.1.3 ด้านอุปกรณ์การสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

5.3.1.4 ด้านวิธีการควบคุมอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

5.3.2 การสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า แบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300 A

5.3.2.1 ชุดวงจรเรียงกระแส แบบ บริดจ์

5.3.2.2 ชุดวงจรเรียงกระแส แบบ เต็มคลื่น

5.3.2.3 วงจรขยายสัญญาณด้วยทรานซิสเตอร์ แบบ คอมมอนอีมิตเตอร์

5.3.2.4 วงจรหน่วงเวลาด้วย RC Time Constant

5.3.3 การทดสอบสมรรถนะอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า แบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300A

5.3.3.1 ทำการทดสอบโดยการ ไม่ติดตั้ง อุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า แล้วสร้างสถานการณ์เชื่อม

5.3.3.2 ทำการทดสอบโดยการ ติดตั้ง อุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า แล้วสร้างสถานการณ์เชื่อม

5.4 วิธีดำเนินการศึกษา

คณะผู้ศึกษาได้ทำการประชุม เพื่อวางแผน และขั้นตอนการทำงานของสมาชิกในกลุ่มการทำงาน เพื่อที่ศึกษาและหาข้อมูลเพื่อใช้ในการสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบ Transformer type ขึ้นมา และหาข้อสรุปเพื่อนำเสนอโครงการดังกล่าว โดยทำการศึกษาวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ที่ใช้ในการควบคุมการทำงาน รวมถึง อุปกรณ์ควบคุมการทำงาน ของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า แบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300 A โดยคณะผู้ศึกษาได้ทำการออกแบบวงจรควบคุมการทำงาน และสำรวจ วัสดุ-อุปกรณ์ ที่ต้องใช้ในการดำเนินงาน และนำแบบที่ได้มาทำการทดสอบบนชุดทดลองที่เตรียมไว้ แล้วนำมาออกแบบลายปริ้น และใส่ตัวอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ หลังจากนั้น ได้นำมาประกอบเข้าไปในชุดตู้ควบคุม พร้อมทั้งเดินสายวงจรควบคุม และวงจรกำลังภายในตู้ควบคุมแล้วตรวจสอบความเรียบร้อย หลังจากนั้นได้นำมาทดลองใช้งานเพื่อดูการทำงานของชุดควบคุมว่าทำงานตรงตามข้อกำหนดหรือไม่ และทำการบันทึกผลการทดลอง และนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์เพื่อหาจุดบกพร่องของชุดอุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า และนำมาปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้อุปกรณ์ประหยัดพลังงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้ามีสมรรถนะที่ดียิ่งขึ้น จากนั้นได้นำมาทดสอบเพื่อหาสมรรถนะ โดยแยกการทดสอบออกเป็น 2 แบบ คือ

คณะผู้ศึกษาได้สร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบ Transformer type ขนาด 24KVA 300A ขึ้นมาจากต้นแบบของคณะผู้ศึกษาชุดแรก เพื่อศึกษาหาข้อมูลให้ละเอียดและเห็นผลได้ชัดเจนยิ่งขึ้น เนื่องจากคณะผู้ศึกษาค้นคว้าชุดแรกได้ทำการทดสอบจากเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเพียงเครื่องเดียว จึงทำให้ไม่สามารถทราบถึงประสิทธิภาพของอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าได้อย่างชัดเจน ดังนั้นคณะผู้ศึกษาชุดนี้จึงได้คิดวางแผนปรึกษากันว่า จะนำอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้านี้ไปทดสอบกับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าหลายๆ เครื่อง และมีการใช้งานจริง โดยคณะผู้ศึกษาได้เล็งเห็นว่าสถานประกอบการร้านค้าที่มีการใช้งานเครื่องเชื่อม

ไฟฟ้า น่าจะสามารถทดสอบสมรรถนะของอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าได้ดีที่สุด คณะผู้ศึกษาจึงวางแผนติดต่อขอความร่วมมือจากสถานประกอบการต่างๆ เพื่อขอทดสอบประสิทธิภาพของชุดควบคุม และในการเก็บข้อมูลของการทดสอบคณะผู้ศึกษาได้นำเครื่องบันทึกค่าที่สามารถบันทึกค่าได้อย่างละเอียด และต่อเนื่องตลอดวัน โดยไม่ต้องมาบันทึกค่าลงตารางขณะทดสอบเอง และในการทดสอบครั้งนี้คณะผู้ศึกษาได้เก็บผลการทดลองทั้งหมด 20 เครื่อง และแต่ละเครื่องจะทดสอบทั้งหมด 2 แบบ คือ

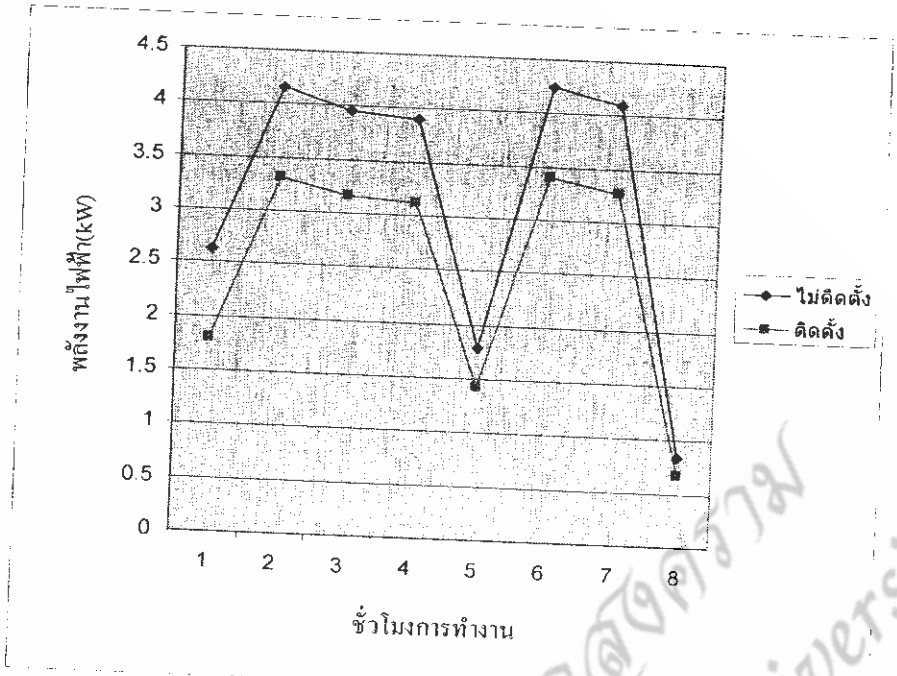
1. ทดสอบโดยการ ไม่ติดตั้ง อุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเข้ากับเครื่องเชื่อมไฟฟ้า หลังจากนั้นจะต้องเครื่องบันทึกค่าเข้ากับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเพื่อเก็บบันทึกผล และตั้งเครื่องบันทึกค่าให้เก็บข้อมูลทุก 1 นาทีจนครบ 8 ชั่วโมง ต่อเครื่องเชื่อมไฟฟ้า 1 ตัว แล้วนำค่าที่ได้บันทึกลงตาราง
2. ทดสอบโดยการ ติดตั้ง อุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า และปรับตั้งการหน่วงเวลาที่ 5 วินาที แล้วติดตั้งเครื่องบันทึกค่าเหมือนแบบแรก จนครบ 8 ชั่วโมง แล้วนำค่าที่ได้บันทึกลงตาราง

5.5 ผลการศึกษา

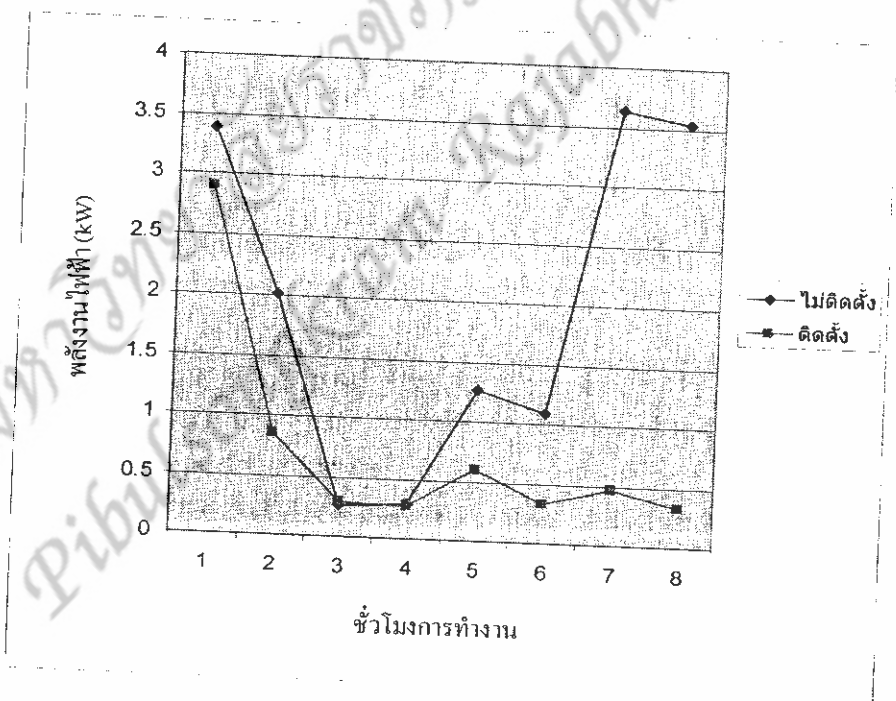
เมื่อทางคณะผู้ศึกษาได้สร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมแบบ Transformer type ขนาด 24KVA 300A เสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงนำมาทดลองโดยการทดลองนี้คณะผู้ศึกษาได้ติดต่อขอความร่วมมือจากสถานประกอบการ ที่มีการใช้งานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าตลอดทั้งวัน และได้ทำการทดลองจากหลายๆ สถานประกอบการ ทั้งหมด 22 เครื่อง และได้บันทึกผลการทดลองลงใน ตารางที่ 4.1 และ 4.2

เพื่อให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างการติดตั้งกับไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าได้อย่างชัดเจน คณะผู้ศึกษาจึงได้จัดทำกราฟเชิงเส้น เพื่อเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้ โดยจะยกตัวอย่างเครื่องที่ A20 มาเปรียบเทียบ เพื่อให้เห็นถึงความแตกต่างได้อย่างชัดเจน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

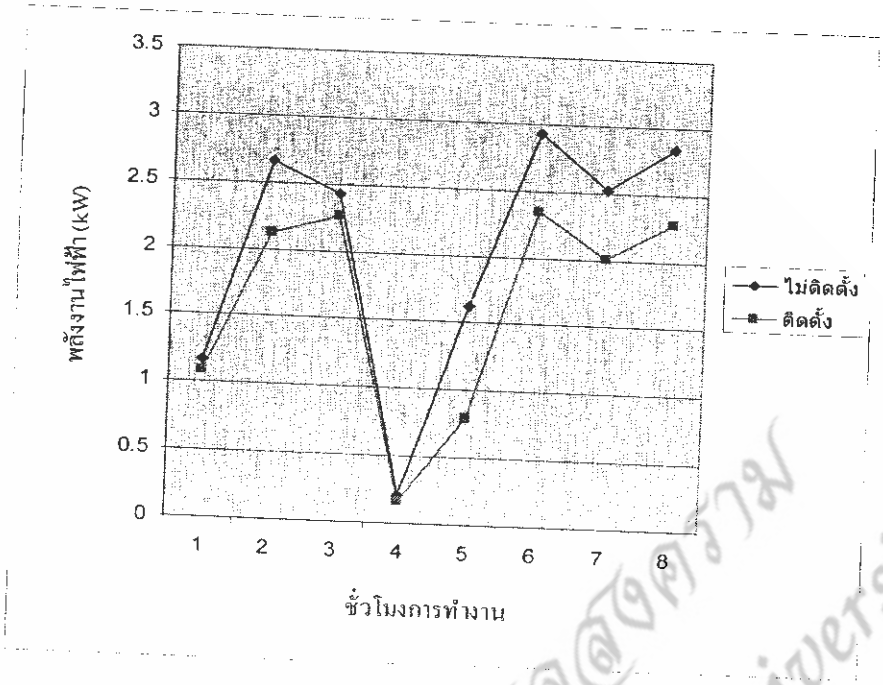


ภาพที่ 5.1 กราฟเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า A1 ขณะติดตั้ง และไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

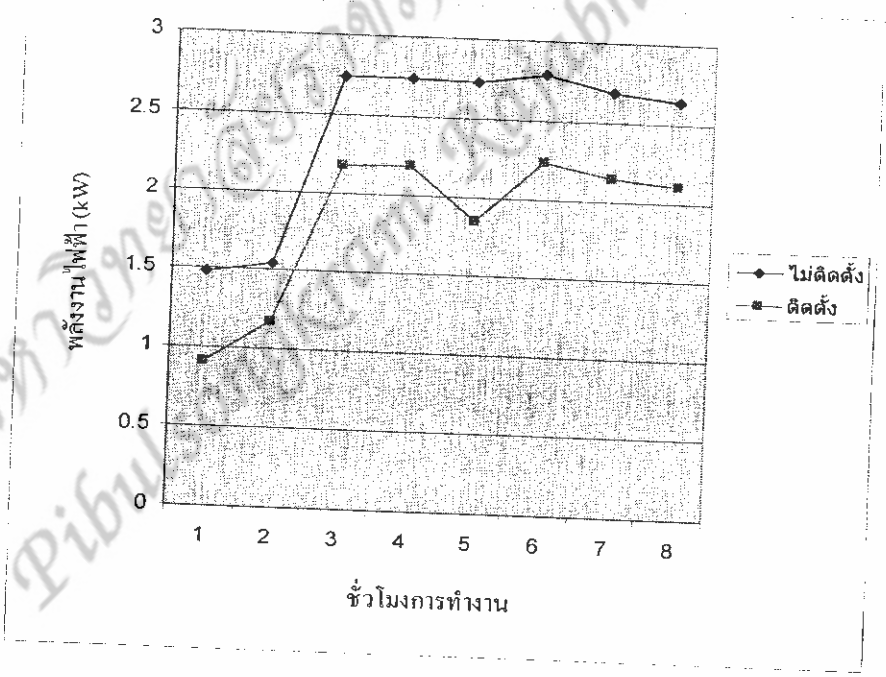


ภาพที่ 5.2 กราฟเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า A3 ขณะติดตั้ง และไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

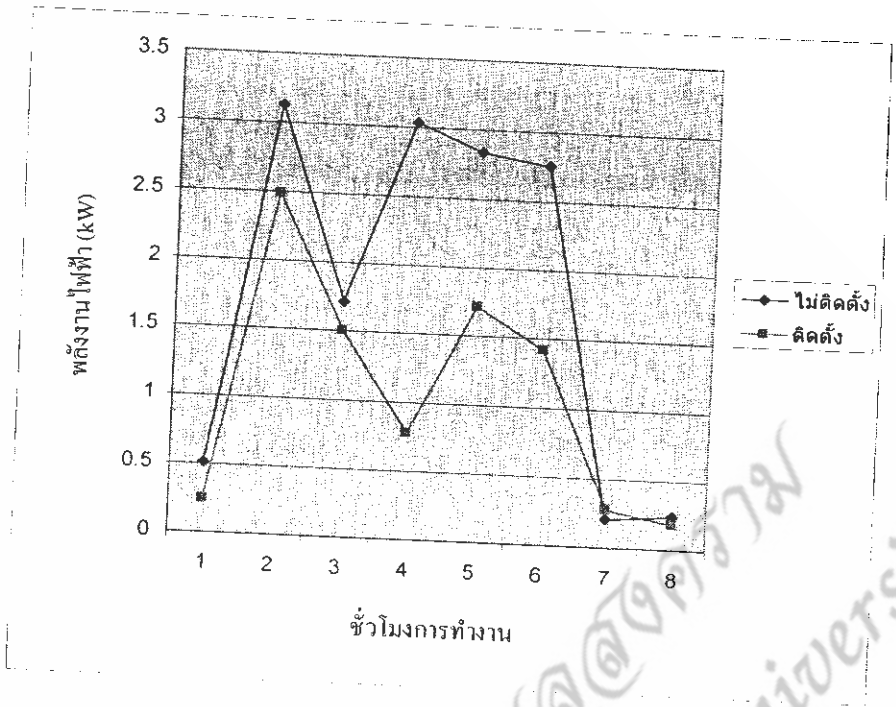


รูปที่ 5.3 กราฟเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า A5 ขณะติดตั้ง และไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

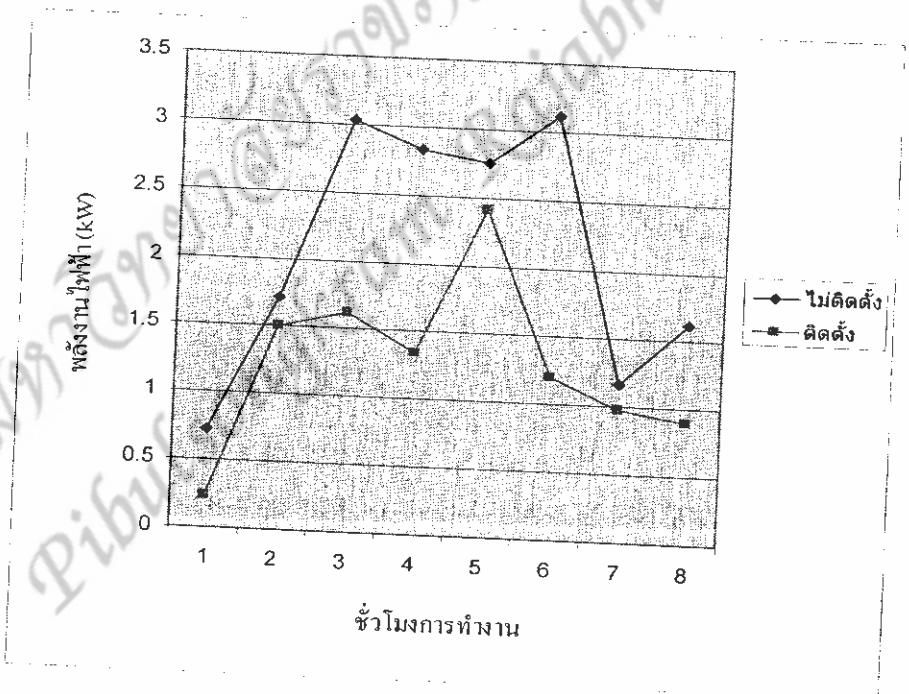


รูปที่ 5.4 กราฟเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า A7 ขณะติดตั้ง และไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

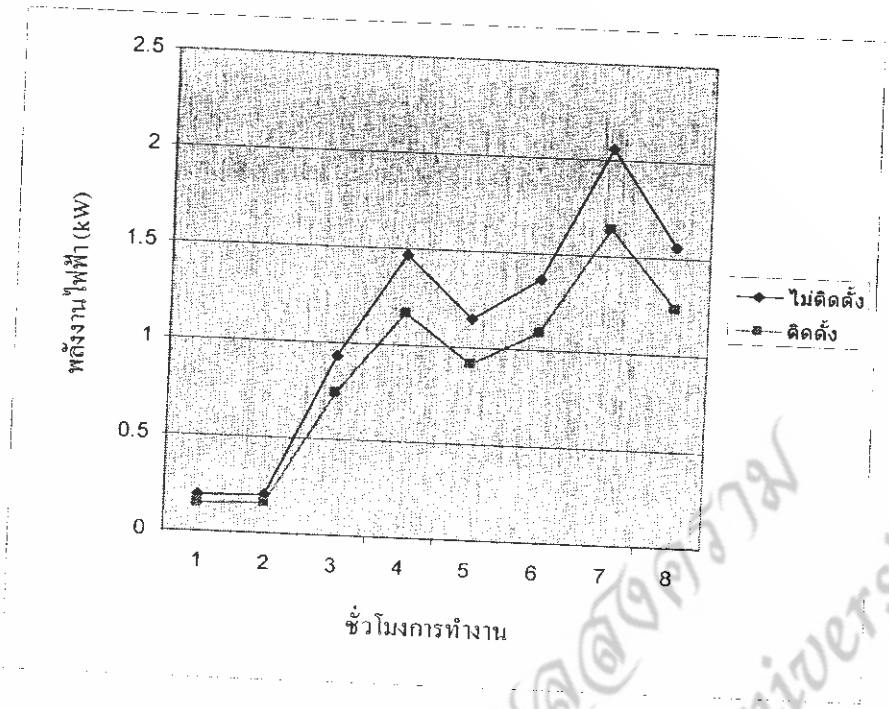
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University



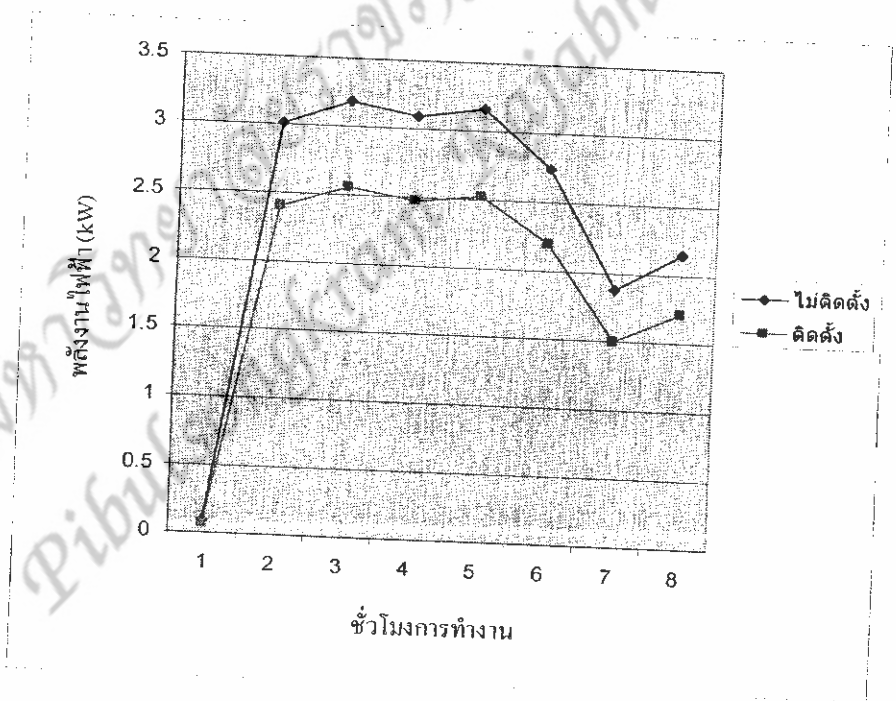
รูปที่ 5.5 กราฟเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า A9 ขณะติดตั้ง และไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า



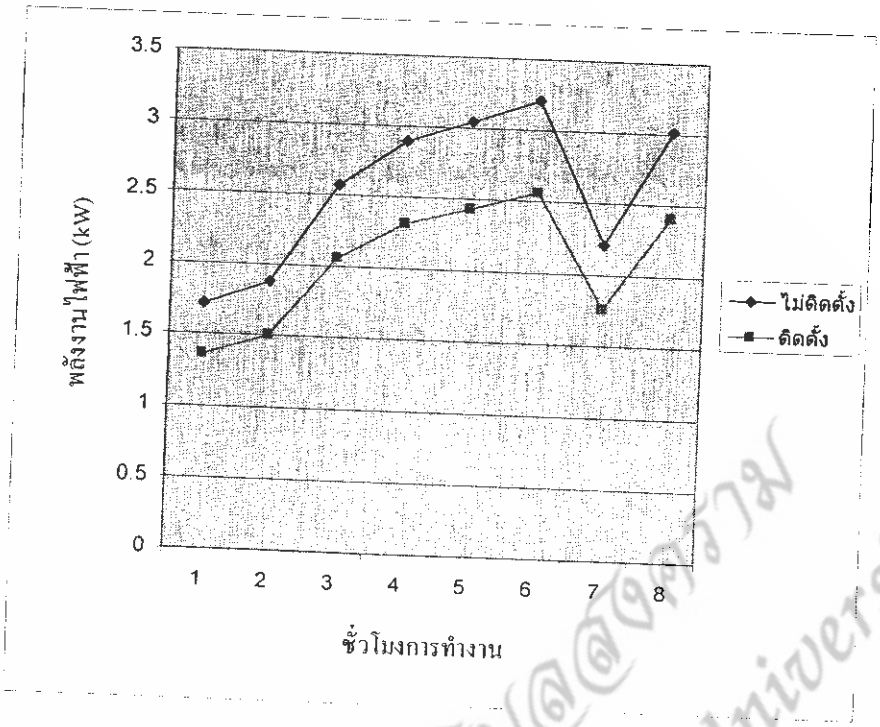
รูปที่ 5.6 กราฟเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า A10 ขณะติดตั้ง และไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า



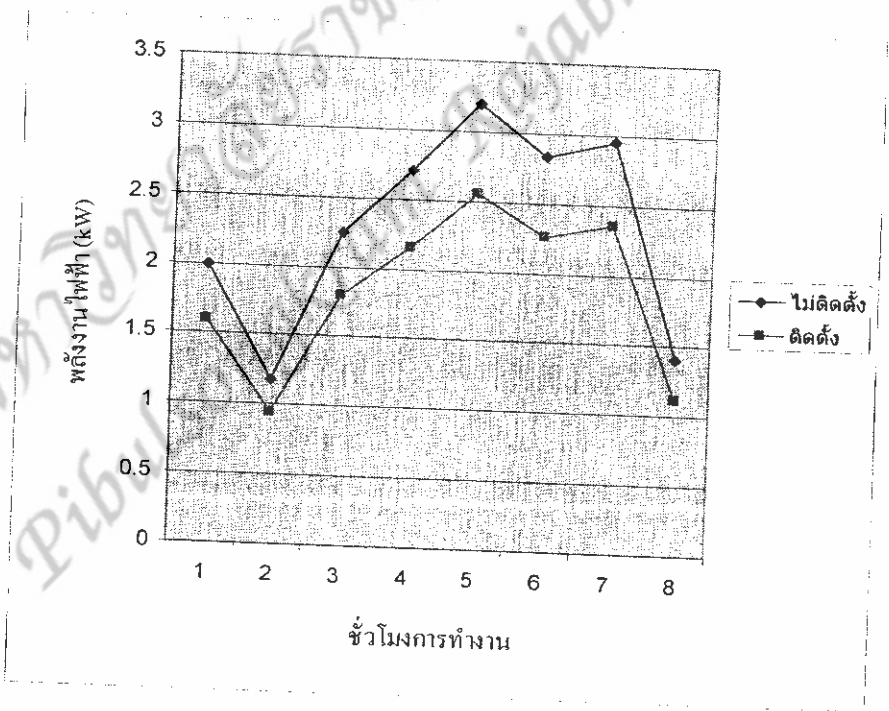
รูปที่ 5.7 กราฟเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า A12 ขณะติดตั้ง และไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า



รูปที่ 5.8 กราฟเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า A14 ขณะติดตั้ง และไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

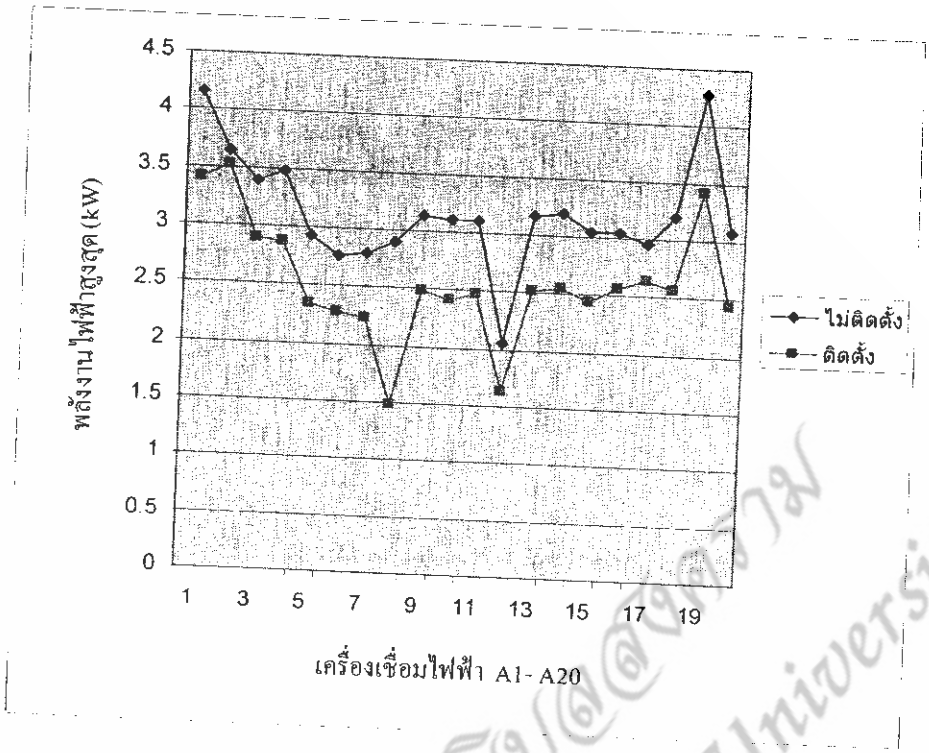


รูปที่ 5.9 กราฟเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า A16 ขณะติดตั้ง และไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า



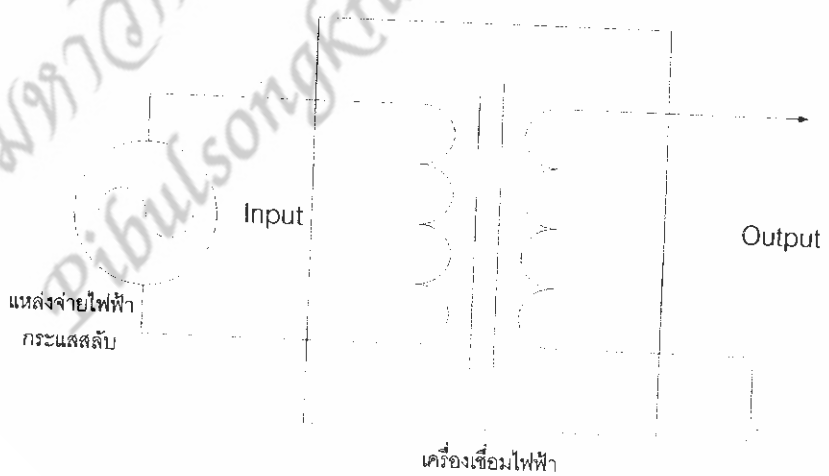
รูปที่ 5.10 กราฟเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า A18 ขณะติดตั้ง และไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University



รูปที่ 5.11 กราฟเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า A1-A20 ขณะติดตั้งและไม่ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

จากกราฟจะเห็นได้ว่าการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า จะใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าการไม่ติดตั้ง และจากผลการทดลองที่ได้นำมาเปรียบเทียบ และคำนวณแล้วจะช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ถึง 18 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงพอสรุปได้ว่า การติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า สามารถช่วยลดการใช้พลังงานได้โดยสามารถอธิบายได้จากรูปที่ 5.12



รูปที่ 5.12 วงจรสมมูลย์ของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าขณะต่อใช้งาน

จากรูปที่ 5.12 จะเห็นว่าในขณะที่ต่อใช้งานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าทางด้าน Input ของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าจะครบวงจรอยู่ตลอดเวลาไม่ว่าจะเชื่อมชิ้นงานหรือไม่ก็ตาม ทำให้ทางด้าน Input ของเครื่องเชื่อมไฟฟ้ามีกระแสไหลตลอดเวลา ดังนั้นเมื่อใส่อุปกรณ์ควบคุมก็จะทำการตัดวงจรทางด้าน Input ของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าทำให้สามารถประหยัดพลังงานในขณะที่ไม่ได้เชื่อมชิ้นงานได้

5.6 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

5.6.1 เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าทางไฟฟ้า มีหลักการทำงานของการแสดงผลทางไฟฟ้าต่างชนิดกัน คือเป็นการทำงานแบบ อิเล็กทรอแมกคานิก และการทำงานแบบ ดิจิตอล ซึ่งมีผลให้ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดทั้งสองมีค่าไม่ตรงกัน โดยเฉพาะค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดที่ทำงานแบบ ดิจิตอล จะให้ผลที่แสดงออกมาละเอียดกว่าเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าที่อาศัยหลักการทำงานแบบอิเล็กทรอแมกคานิก ดังนั้น แนวทางในการแก้ไขคือ เครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าต่างๆ นั้น จะต้องเป็นแบบที่มีหลักในการทำงานเป็นแบบเดียวกันจึงจะได้ผลการทดสอบที่แม่นยำมากที่สุด

5.6.2 ปัญหาในเรื่องของแรงเคลื่อนไฟฟ้า จากแหล่งจ่ายที่ใช้ในการทดสอบแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการทดสอบในแต่ละครั้งจะมีค่าที่ไม่เท่ากัน ดังนั้นแนวทางในการแก้ไขคือ ควรทดสอบในสถานที่ที่มีการควบคุมการจ่ายแรงดันไฟฟ้าแบบคงที่ ขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงของโหลด ดังสมการ $P = VI \cos \theta$

5.7 แนวทางการพัฒนาต่อ

จากการสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า แบบ Transformer type ขนาด 24 KVA 300A นั้นจะเห็นได้ว่ามีหลักการทำงาน โดยสั่งให้มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าในขณะที่มีการใช้งาน (เชื่อมชิ้นงาน) และในทำนองเดียวกันเมื่อไม่มีการใช้งานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าในการเชื่อมชิ้นงาน ชุดควบคุมก็จะหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าในทันที ดังนั้นจากวิธีการทำงานของชุดควบคุมดังกล่าว เราสามารถนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาการใช้งานคือ นำคาปาซิเตอร์มาต่อร่วมเข้ากับวงจร (ต่อเข้ากับเครื่องเชื่อมได้โดยตรง) เพื่อเป็นการแก้เพาเวอร์เฟคเตอร์ของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าในขณะใช้งาน ให้มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น จากสมการ

$$\text{Power factor} = P/(VI)$$

หรือนำไปประยุกต์ใช้งานกับหม้อแปลงไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคหรือหม้อแปลงของเอกชน โดยนำหลักการทำงานดังกล่าว ไปใช้ในการควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับหม้อแปลง เพื่อลดการสูญเสียพลังงานที่จ่ายให้กับหม้อแปลงไฟฟ้าขณะที่ไม่มีการใช้งาน

บรรณานุกรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

บรรณานุกรม

ชิดเชื้อ กนกเพ็ชรรัตน์. (2544), **ทฤษฎีเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัส 2105-1005,** กรุงเทพฯ:, สกายบุ๊กส์.

ถวัลย์วงศ์ ไกรโรจนานันท์. (2542). **อิเล็กทรอนิกส์ระบบดิจิตอล (ฉบับปรับปรุง). เชียงใหม่** : ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์.

ประยูร เชี่ยววัฒนา. (2537). **เครื่องมือและการวัดทางไฟฟ้า.** กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์, (2545). **ทฤษฎีวงจรอิเล็กทรอนิกส์.** กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

มงคล ธุระ. (2543). **เครื่องวัดไฟฟ้า.** กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

วิทยา ทองขาว. (2535). **งานเชื่อมไฟฟ้า.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ศุภชัย สุรินทร์วงศ์. (2543). **วงจรแม่เหล็กและหม้อแปลงไฟฟ้าทั่วไป.** กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

สาคร คันธโชติ. (2528). **การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

สมคิด วิริยประสิทธิ์ชัย, (2544), **อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร I,** กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

สุรศักดิ์ เพ็ชรสงค์. **รู้จักกับแกนทอรอยด์** เซมิคอนดักเตอร์. ฉบับที่ 113: 54-59; มกราคม 2535

เอก ไชยสวัสดิ์. (2528). **การวัดและเครื่องวัดไฟฟ้า. กรุงเทพฯ** : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ภาคผนวก

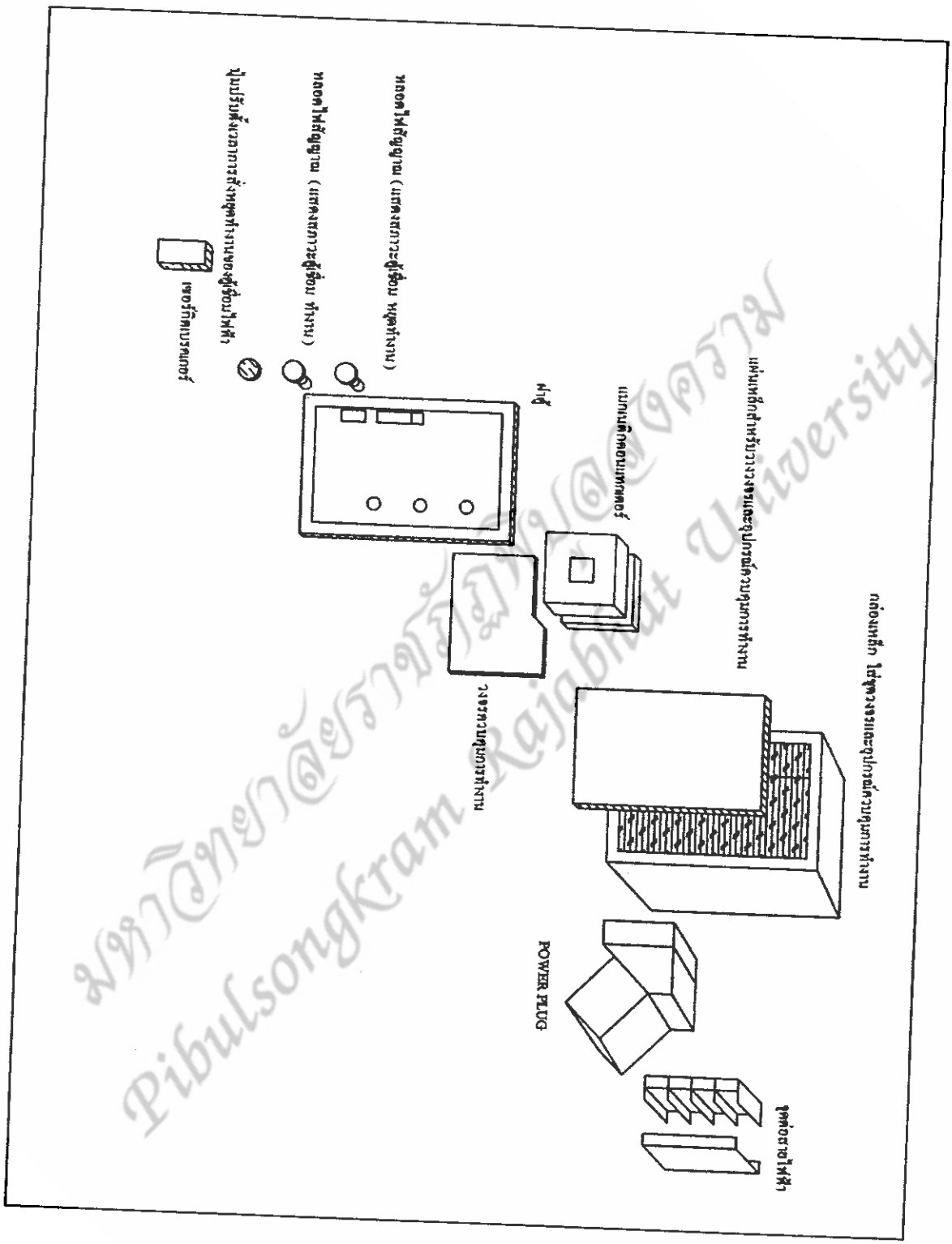
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

ภาคผนวก ก.

การออกแบบอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ขนาด 24 KVA 300 A

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

การออกแบบอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า



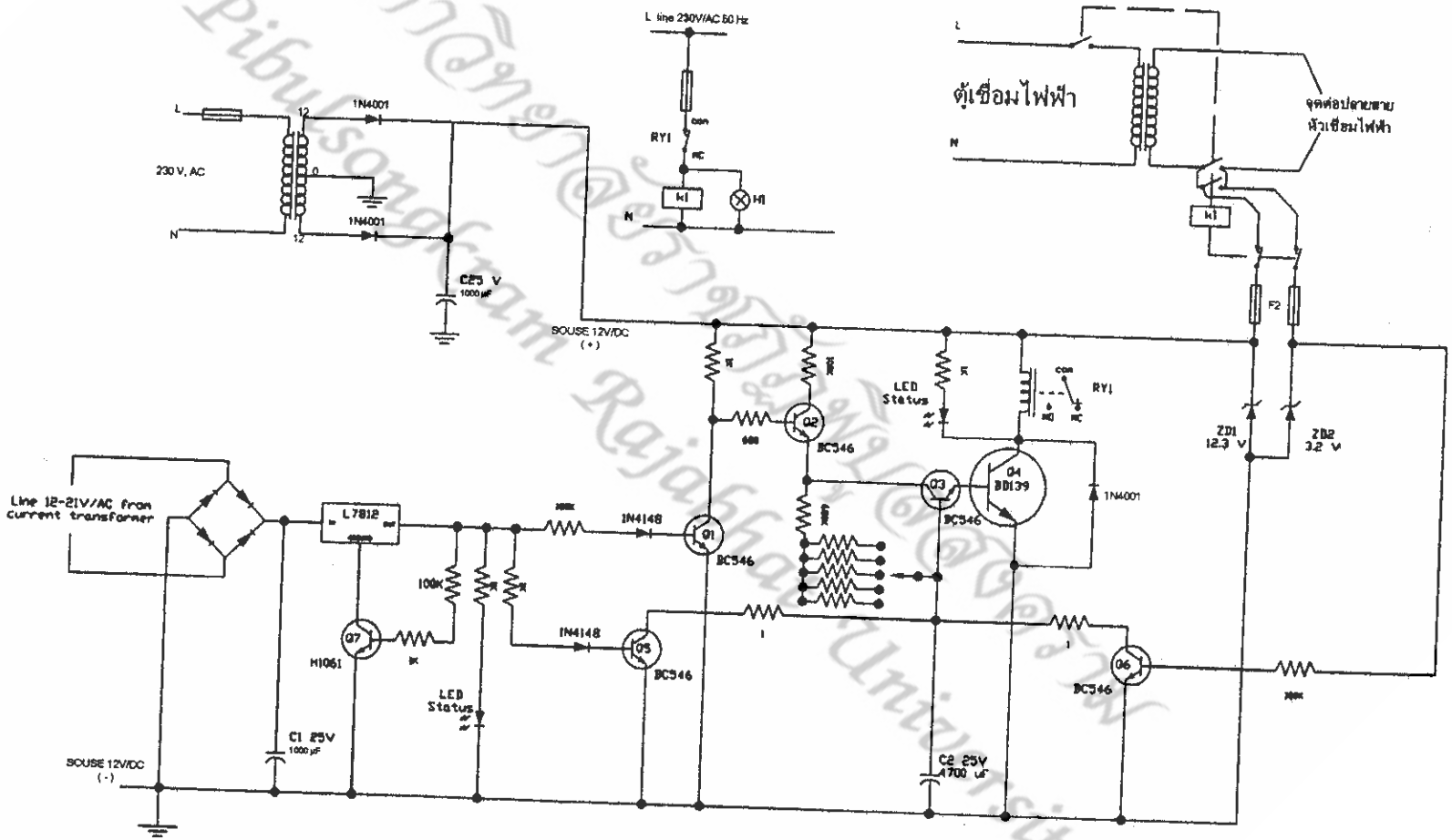
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

ภาคผนวก ข.

วงจรควบคุมการทำงานอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ขนาด 24 KVA 300 A

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

วงจรควบคุมการทำงานอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า



อธิบายการทำงานของวงจร

การทำงานของวงจรเป็นการรวมเอาวงจรขยายสัญญาณด้วยทรานซิสเตอร์ วงจรเรคติฟายเออร์ และไอซีเรคกูเลเตอร์ เข้ามาทำงานร่วมกัน โดยมีลักษณะการทำงานในแต่ละส่วนดังนี้คือ

ไดโอด IN4001ทั้ง 4 ตัว ต่ออยู่ร่วมกันในลักษณะของวงจรบริจด์ ฯ ซึ่งทำหน้าที่ในการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ ที่เกิดจากเหนี่ยวนำที่ชุดขดลวดซึ่งพันอยู่บนแกนทอรอยด์ ให้เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสตรงก่อนจ่ายให้กับ IC L7812 และไอซีดังกล่าวทำหน้าที่จำกัดระดับแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสตรงให้อยู่ในช่วง 12 โวลท์ เพื่อเป็นสัญญาณในการสั่งให้วงจรทำงาน สัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จาก IC 7812 จะถูกจ่ายไปยังขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ซึ่งทรานซิสเตอร์จะทำหน้าที่ขยายสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง ให้แรงขึ้น ประมาณ 60 เท่า ของกระแสไฟฟ้าที่ได้รับจาก IC7812 และในขณะที่ทรานซิสเตอร์ Q_1 ทำงาน จะทำการ By-pass ไฟฟ้ากระแสตรงทางด้านขาคอลเลคเตอร์ ของทรานซิสเตอร์ Q_1 ให้ลงกราวด์ ดังนั้นจึงไม่มีกระแสไฟฟ้าไปไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ Q_2, Q_3 และ Q_4 ให้จ่ายกระแสไฟตรงให้กับรีเลย์ หน้าคอนแทคของรีเลย์จะอยู่ในลักษณะต่อวงจรไฟฟ้ากระแสสลับให้กับแมคเนติกคอนแทคเตอร์ และแมกเนติกคอนแทคเตอร์ จะต่อวงจรไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าทำงานด้วยเช่นกัน

ในช่วงที่ไม่มีสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงจ่ายออกมาจาก IC7812 ที่จะไบอัสให้กับขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_1 กระแสไฟตรงที่ขาคอลเลคเตอร์ของ Q_1 จะถูกไบอัสให้กับขาเบส ของทรานซิสเตอร์ Q_2 ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_2 นำกระแสไฟตรงผ่านขาคอลเลคเตอร์ไปไบอัสให้กับขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_4 โดยมีทรานซิสเตอร์ Q_3 ความต้านทาน 680 กิโลโอห์ม และความต้านทาน VR1 เป็นตัวกำหนดเวลาการไบอัสทรานซิสเตอร์ Q_4 โดยที่ตัวเก็บประจุ C_2 เป็นตัวหน่วงเวลาในการไบอัสให้กับขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_3 เพื่อนำกระแสไฟตรงจากขาคอนเลคเตอร์ไปไบอัสให้กับขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_4 และช่วงเวลาที่ตัวเก็บประจุดังกล่าวจะทำการหน่วงเวลาการไบอัสขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_4 จะช้าหรือเร็วนั้นขึ้นอยู่กับการปรับค่าความต้านทาน VR1 และค่าของคาปาซิเตอร์ C_2 (ในที่นี้สามารถปรับตั้งเวลาได้ตั้งแต่ 1 – 10 นาที) ในขณะที่ทรานซิสเตอร์ Q_4 ได้รับการไบอัสจากทรานซิสเตอร์ Q_3 ก็จะทำการนำกระแสไฟตรงผ่านรีเลย์มายังขาคอนเลคเตอร์ไปลงกราวด์เป็นการครอบวงจรโดยผ่านขาอิมิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q_4 ทำให้รีเลย์ทำงานและตัดวงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่จ่ายไปยังขอลวดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ ซึ่งมีผลทำให้แมกเนติกคอนแทคเตอร์ไม่สามารถจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าได้ เครื่องเชื่อมไฟฟ้าจึงไม่ทำงาน

ในขณะที่ทรานซิสเตอร์ Q_4 ทำงานอยู่นั้น รีเลย์ก็จะทำงานด้วยเช่นกัน โดยที่หน้าคอนแทคของรีเลย์จะไม่มีการจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ ให้กับขดลวดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ ในทำนองเดียวกันเมื่อแมกเนติกคอนแทคเตอร์ไม่ทำงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าก็จะไม่ทำงานด้วยเช่นกัน แต่ถ้ามีการทำงานของชุดวงจรรีเซตโดยการไบอัสขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_6 ด้วย

ไฟฟ้ากระแสตรงผ่านมาทางหน้าคอนแทคช่วย NC ชุดที่ 1 ของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ผ่านชุดขดลวดทางด้านทุติยภูมิ ของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ผ่านจุดต่อระหว่างหัวเชื่อมไฟฟ้า ผ่านหน้าคอนแทคช่วย NC ชุดที่ 2 ของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ และไบอัสที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_6 ซึ่งมีผลทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_6 ทำการลัดวงจรของคาปาซิเตอร์ C_2 คายประจุลงกราวด์ผ่านขาคอลเลคเตอร์ Q_6 ลงกราวด์ที่ขาอิมิเตอร์ และมีผลทำให้ไม่มีไฟฟ้ากระแสตรงไปไบอัสให้ทรานซิสเตอร์ Q_4 ทำงาน ดังนั้นรีเลย์ จึงหยุดทำงานด้วยเช่นกัน และหน้าคอนแทคของรีเลย์ซึ่งต่ออยู่กับวงจรในลักษณะ NC จึงทำการต่อวงจรไฟฟ้ากระแสสลับให้กับขดลวดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ ทำเครื่องเชื่อมไฟฟ้าทำงานได้อีกครั้งหนึ่ง

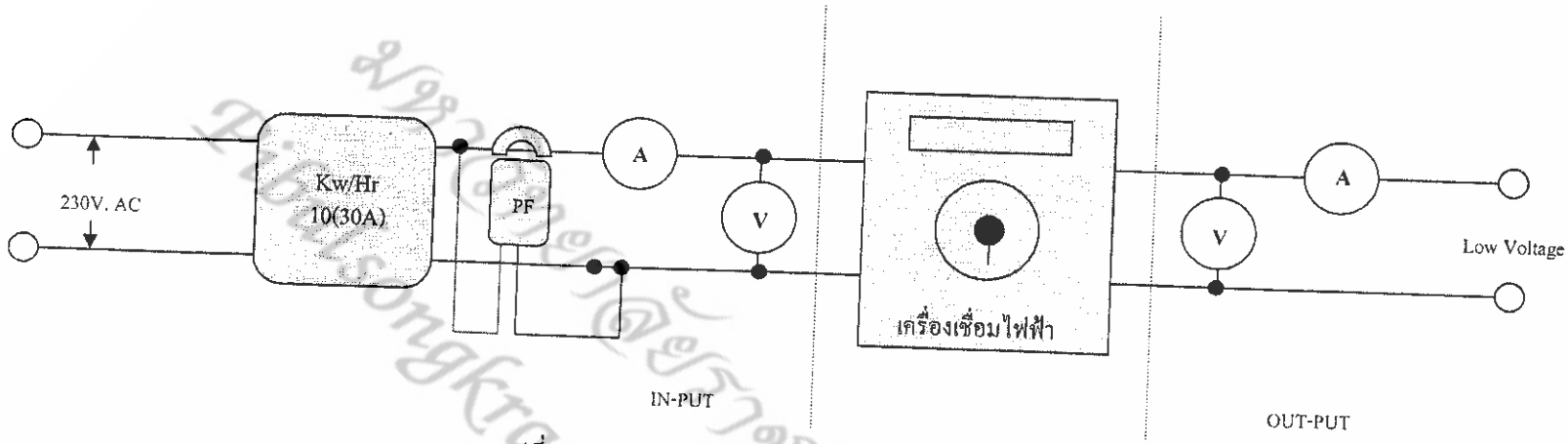
แต่ถ้าในระหว่างที่ทรานซิสเตอร์ Q_4 รอเวลาการไบอัสจากทรานซิสเตอร์ Q_3 อยู่นั้น ถ้ามีสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงจาก IC 7812 มาไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_5 ทรานซิสเตอร์ Q_5 จะทำการลัดวงจรของคาปาซิเตอร์ C_2 ลงกราวด์โดยผ่านที่ ขาคอลเลคเตอร์ไปยังขาอิมิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q_5 ทำให้คาปาซิเตอร์ C_2 เริ่มต้นทำการหน่วงเวลาอีกใหม่ทันที

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ภาคผนวก ค.

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าพลังงานไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University



รูปที่ 3 แสดงการวัดค่าต่างๆ ขณะไม่ติดตั้งชุดควบคุม

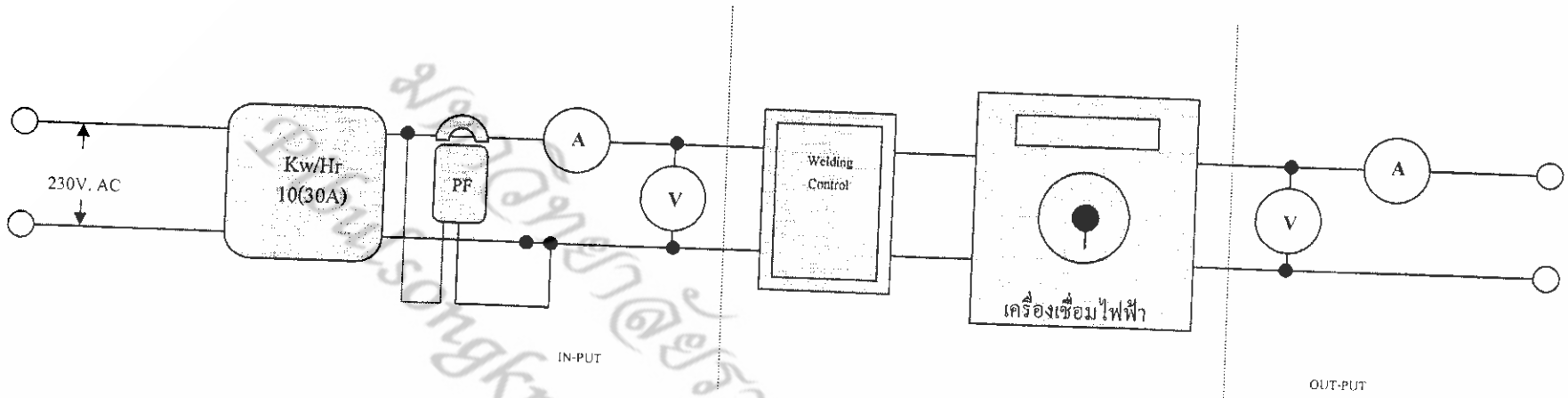
ข้อควรระวัง

1. ระวังอันตรายจากกระแสไฟฟ้าที่อาจเกิดขึ้นเมื่อมีส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายไปสัมผัสกับจุดต่อวงจรไฟฟ้า

ข้อเสนอแนะ

ควรใช้นาฬิกาจับเวลาที่มีสัญญาณเตือน ในการวัดค่าต่างๆของแต่ละชั่วโมง

ห้องสมุดวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Phibulsongkram Rajabhat University



ภาพภาคผนวก 4 แสดงการวัดค่าต่างๆ ขณะติดตั้งชุดควบคุม

ข้อควรระวัง

1. ระวังอันตรายจากกระแสไฟฟ้าที่อาจเกิดขึ้นเมื่อมีส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายไปสัมผัสกับจุดต่อวงจรไฟฟ้า ในขณะที่ชุดควบคุมการทำงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้ายังไม่ตัดวงจรไฟฟ้าของเครื่องเชื่อม

ข้อเสนอแนะ

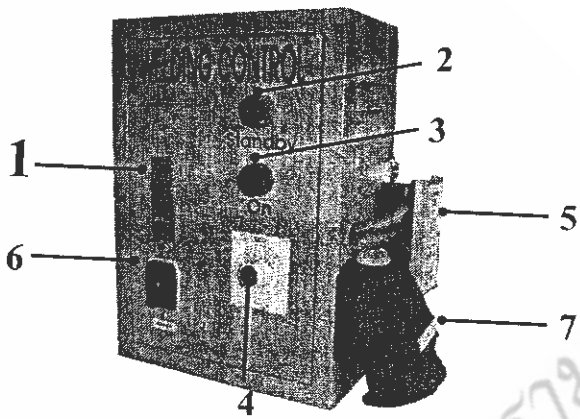
ก่อนเปิดเครื่องควรตรวจเช็คการต่อวงจร ระหว่างเครื่องเชื่อมกับชุดควบคุมการงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าให้ถูกต้อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย Chulalongkorn Raanohat University

ภาคผนวก ง.

คู่มือการใช้งานอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ขนาด 24 KVA 300 A

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

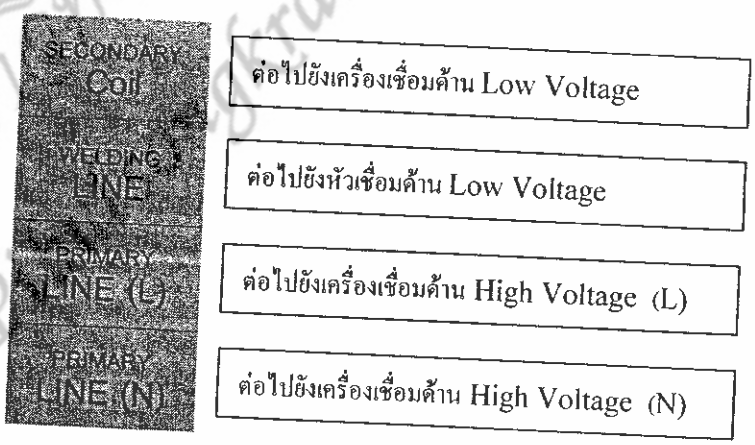


ภาพภาคผนวก 5 แสดงตำแหน่งของตัวชุดควบคุมการทำงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

รายละเอียดของตัวเครื่อง

1. กลอนล็อคฝาเครื่องชุดควบคุม
2. ไฟสัญญาณแสดงสถานะเครื่องเชื่อมหยุดทำงาน
3. ไฟสัญญาณแสดงสถานะเครื่องเชื่อมทำงาน
4. ปุ่มปรับเวลาเพื่อหยุดการทำงาน
5. จุดต่อระหว่างแหล่งจ่ายกับเครื่องเชื่อมไฟฟ้า (ดูรูปประกอบ)
6. สวิทช์ เปิด-ปิด ชุดควบคุม
7. จุดต่อสายไฟฟ้ากระแสสลับ 230 V/AC 50 Hz

แสดงตำแหน่งจุดต่อต่างๆ



ภาพภาคผนวก 6 แสดงจุดต่อสายชุดควบคุมการทำงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา Suan Sunandha Rajabhat University

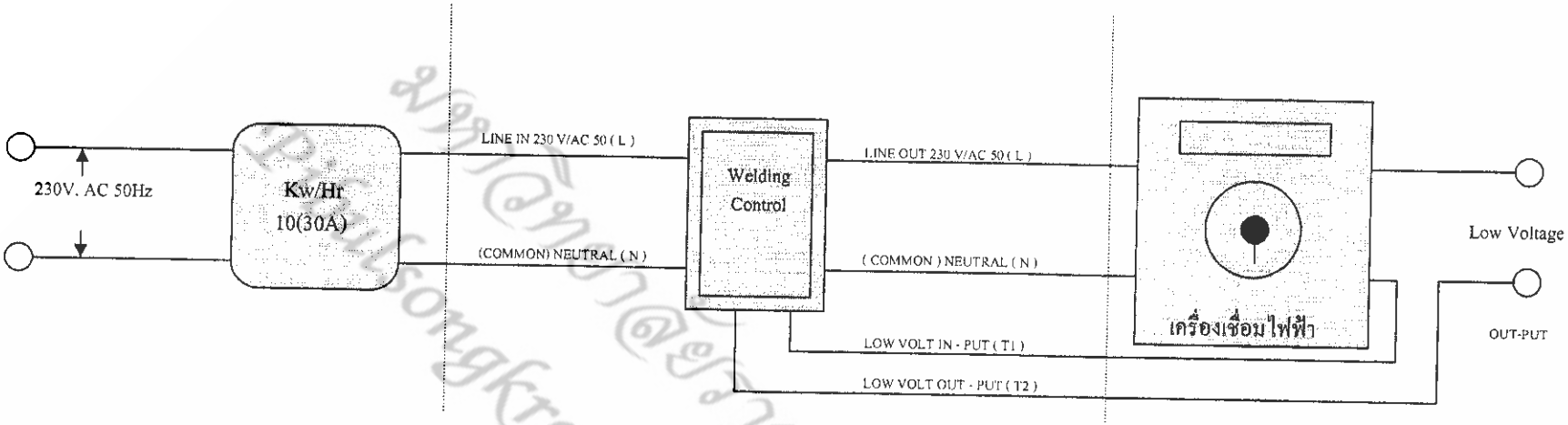
คุณสมบัติทางเทคนิค

แรงดันไฟฟ้า	230 V/AC 50 Hz
กำลังงานไฟฟ้า	37 VA
ขนาด	25 x 35 x 15 มิลลิเมตร
น้ำหนักโดยรวม	3 Kg
ปรับเวลาหยุดทำงาน	5 – 60 วินาที
ใช้กับเครื่องเชื่อมขนาด	24 KVA 300A
ตัดต่อวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าอัตโนมัติ	

คำแนะนำในการใช้งาน

1. ควรต่อสาย LINE กับ NEUTRAL ให้ถูกต้องกับ TERMINAL
2. ไม่ควรติดตั้งไว้ในที่ชื้นแฉะหรือมีละอองน้ำเข้าถึง
3. ควรติดตั้งชุดควบคุมให้อยู่ใกล้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าให้มากที่สุด
4. ใช้สายไฟฟ้าให้มีขนาดที่เหมาะสมกับขนาดของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า
5. ขณะที่เครื่องเชื่อมไฟฟ้ายังทำงานอยู่ควรระวังอันตรายจากประแสไฟฟ้าที่หัวเชื่อมไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University



แสดงวิธีการต่อใช้งานของชุดควบคุมการทำงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

การต่อใช้งาน

1. ต่อสาย LINE และ NEUTRAL เข้ากับชุดควบคุมการทำงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าให้ถูกต้อง
2. ต่อสาย LINE และ NEUTRAL ระหว่างชุดควบคุมการทำงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและเครื่องเชื่อมไฟฟ้าให้ถูกต้อง
3. ต่อสายของหัวเชื่อมไฟฟ้า เข้ากับชุดควบคุมการทำงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าและเครื่องเชื่อมไฟฟ้าให้ถูกต้อง
4. ขันจุดต่อสายไฟฟ้าทุกจุดให้แน่น
5. ทำการปรับเวลาในการควบคุมการทำงานของเครื่องเชื่อมตามเวลาที่ต้องการ
6. เปิดสวิตช์ควบคุมการทำงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า เพื่อเริ่มการใช้งาน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Rajabhat Phibulsongkram University