เชื่อมท่อด้วยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก
(Induction pipe walding)

ผู้จัดทำ
นายปริวัฒน์ มาลัย
นายสถิตย์ สิงห์ดี

รายงานผลดำเนินงานรายวิชาโครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2568
วิทยาลัยการอาชีพสังขะ

วิทยาลัยการอาชีพสังขะ

สำนักงานคณะกรรมการอาชีวศึกษา

ชื่อโครงการวิชาชีพ เชื่อมท่อด้วยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก

ชื่อนักศึกษา นายปริวัฒน์ มาลัย รหัสนักศึกษา 67301040017

นายสถิตย์ สิงห์ดี รหัสนักศึกษา 67301040034

หลักสูตร หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

สาขาวิชา ไฟฟ้า

สาขางาน ไฟฟ้ากำลัง

ครูที่ปรึกษาโครงงาน นายจักรพันธ์ งามศิริ

ครูที่ปรึกษาโครงงานร่วม นายเรวัชร์ แผ่นงา

ครูผู้สอน นายวรพล ชื่นใจ

ปีการศึกษา 2568

คณะกรรมการตรวจสอบวิชาชีพ	**ลายมือชื่อ**
1. นายจักรพันธ์ งามศิริ ครูที่ปรึกษาโครงงาน	
2. นายเรวัชร์ แผ่นงา ครูที่ปรึกษาโครงงานร่วม	
3. นายวรพล ชื่นใจ ครูผู้สอน	
4. นายอดิศักดิ์ แก้วใส หัวหน้าแผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง	
5. นายเบญจภัทร วงศ์โคกสูง งานพัฒนาหลักสูตรการเรียนการสอน	
6. รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ นายปรีดี สมอ	

สอบโครงงาน วันศุกร์ 14 กุมาพันธ์ พ.ศ. 2569 เวลา 08:00-12:00 น.

สถานที่สอบ แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยการอาชีพสังขะ

(นายไพบูลย์ ฤกษ์ดี)

ผู้อำนวยการวิทยาลัยการอาชีพสังขะ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ชื่อเรื่อง : เชื่อมท่อด้วยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก
คณะผู้จัดจำ : นายปริวัฒน์ มาลัย รหัสนักศึกษา 67301040017
: นายสถิตย์ สิงห์ดี รหัสนักศึกษา 67301040034
แผนกวิชา : ไฟฟ้า
สาขางาน : ไฟฟ้ากำลัง
สังกัด : วิทยาลัยการอาชีพสังขะ
ที่ปรึกษาโครงงาน : นายจักรพันธ์ งามศิริ
ที่ปรึกษาโครงงานร่วม : นายเรวัชร์ แผ่นงา
ปีการศึกษา : 2568

บทคัดย่อ

การเชื่อมท่อด้วยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กเป็นกระบวนการเชื่อมโลหะแบบประสิทธิภาพสูงที่ใช้หลักการของกระแสไฟฟ้าความถี่สูงสร้างสนามแม่เหล็กเพื่อทำให้เกิดกระแสไหลแบบเหนี่ยวนำบนผิวขอชิ้นงานโลหะกระแสที่ถูกเหนี่ยวนำนี้จะสร้างความร้อนเฉพาะจุดบริเวณรอยต่อของท่ออย่างรวดเร็วซึ่งอุณหภูมิที่เกิดขึ้นเพียงพอสำหรับทำให้โลหะเกิดการหลอมละลายและเชื่อมประสานกันโดยไม่ต้องใช้ลวดเชื่อมหรือหัวเชื่อมที่สัมผัสกับชิ้นงานโดยตรง ทำให้ลดความสึกหรอของอุปกรณ์และลดการปนเปื้อนในกระบวนการผลิต

การเชื่อมด้วยวิธีนี้มีความโดดเด่นด้านความเร็วในการผลิตคุณภาพรอยเชื่อมที่สม่ำเสมอและการควบคุม พลังงานความร้อนที่แม่นยำส่งผลให้โครงสร้างโลหะในบริเวณรอยเชื่อมมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าวิธีการเชื่อมแบบดั้งเดิม อีกทั้งยังช่วยลดการเกิดตำหนิ เช่น การแตกร้าว การพรุน และการบิดงอของท่อ นอกจากนี้ยังเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการผลิตท่อเหล็กคาร์บอน ท่อสเตนเลส และโลหะผสมต่าง ๆ ที่ใช้ในอุตสาหกรรมพลังงาน ปิโตรเคมี และระบบขนส่งของเหลวหรือก๊าซความดันสูง

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพรอยเชื่อมได้แก่ความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่ใช้เหนี่ยวนำพลังงานและความหนาแน่นของสนามแม่เหล็ก ความเร็วในการเดินท่อผ่านขดลวด ระยะห่างระหว่างขดลวดกับผิวท่อ รวมถึงสภาพผิวและคุณสมบัติของวัสดุท่อการควบคุมพารามิเตอร์เหล่านี้อย่างเหมาะสมช่วยให้ได้รอยเชื่อมที่มีความแข็งแรงดี ปราศจากตำหนิ และลดต้นทุนการผลิต

นายปริวัฒน์ มาลัยและคณะผู้จัดทำ

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเล่มนี้ผู้จัดทำได้ดำเนินการจัดทำรูปเล่มและขึ้นงานโดยได้ด้วยความกรุณาจากท่านผู้อำนวยการ นายไพบูลย์ ฤกษ์ดี ผู้อำนวยการวิทยาลัยการอาชีพสังขะ รองอำนวยการแสงสุรีย์ มาลากุล รองผู้อำนวยการนายคมชาญ คมพิธญ์บำเพ็ญ รองผู้อำนวยการนายทองเงิน มั่นวงศ์ และรองผู้อำนวยการนายปรีชา สมอ ที่ให้ความอุปการะหน่วยงานโครงงานเพื่อการดำเนินการจัดโครงงานขึ้น ขอบคุณคุณ คุณครูอดิศรศักดิ์ แก้วใส หัวหน้าแผนกวิชาช่างไฟฟ้า ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและแนะแนวต่างๆ ในระหว่างการจัดทำและปรับรูปแบบของโครงงาน ตลอดจนให้กำลังใจแก่ผู้จัดทำในการจัดทำโครงงานในครั้งนี้

ขอขอบคุณร้านค้าตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์ทั้งหลายๆ ที่ช่วยชี้แนะรายละเอียดและเติมเต็มความรู้เล็กๆน้อยๆเพื่อการทำโครงงานที่สมบูรณ์และลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอบคุณทุกท่านที่ไม่สามารถกล่าวนามมาได้ที่เป็นกำลังใจในการจัดทำโครงงานในครั้งนี้ด้วย

นายปริวัฒน์ มาลัยและคณะผู้จัดทำ

เชื่อมท่อด้วยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก

ผู้จัดทำ
นายปริวัฒน์ มาลัย
นายสถิตย์ สิงห์ดี

รายงานผลดำเนินงานรายวิชาโครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
วิทยาลัยการอาชีพสังขะ

คำนำ

การเชื่อมท่อด้วยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก (Induction Pipe Welding) ถือเป็นหนึ่งในเทคนิคการเชื่อมแบบประหยัดพลังงานที่ตอบโจทย์ความต้องการของอุตสาหกรรมยุคใหม่อย่างมีประสิทธิภาพ กระบวนการเชื่อมนี้ใช้หลักการของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในการสร้างกระแสไหลวนภายในผิวของท่อโลหะ ทำให้เกิดความร้อนเฉพาะบริเวณที่ต้องการเชื่อมอย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอ ช่วยลดการสูญเสียพลังงาน ลดการบิดตัวของวัสดุ และเพิ่มคุณภาพของรอยเชื่อมเมื่อเทียบกับวิธีการเชื่อมแบบดั้งเดิม

ด้วยคุณสมบัติที่โดดเด่นดังกล่าว เทคโนโลยีนี้จึงถูกนำไปใช้ในสายการผลิตท่อเหล็ก โดยเฉพาะท่อ ERW (Electric Resistance Welded Pipe) รวมถึงงานที่ต้องการรอยเชื่อมยาวต่อเนื่องในระดับอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมก๊าซธรรมชาติ ปิโตรเลียม ระบบลำเลียงของเหลว และงานโครงสร้างต่าง ๆ นอกจากนี้ ความสามารถในการควบคุมพลังงาน การปรับความถี่ และการออกแบบขดลวดเหนี่ยวนำให้เหมาะสม ยังช่วยให้กระบวนการผลิตมีความยืดหยุ่นและรองรับความต้องการที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น

เนื้อหาในรายงานฉบับนี้มีเป้าหมายเพื่ออธิบายหลักการพื้นฐาน ขั้นตอนการทำงาน อุปกรณ์ที่ใช้ รวมถึงข้อดี–ข้อจำกัดของการเชื่อมด้วยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กอย่างละเอียด เพื่อส่งเสริมความเข้าใจและการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาหรือพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตต่อไป ทั้งนี้ผู้จัดทำหวังว่ารายงานนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านที่สนใจด้านวิศวกรรมการเชื่อมและกระบวนการผลิตเชิงอุตสาหกรรมอย่างแท้จริง

นายสถิตย์ สิงห์ดีและคณะจัดทำ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
คำนำ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโคงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	3
1.4 ประโยน์ชคาดว่าจะได้รับ	4
1.5 นิยามศัพท์	4
บทที่ 2 เอกสารในการดำเนินโครงงาน	
2.1 ทฤษฎีการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า	6
2.2 แผงระบายความร้อน (Heatsink)	12
2.3 อลูมิเนียม (Aluminium)	12
2.4 แกนเทอร์รอย (Toroid Core)	14
2.5 ลวดทองแดง (Copper wire)	15
2.6 อินดักเตอร์ (Inductor)	17
2.7 คาปาซิเตอร์ (Capacitor)	25
2.8 มอตเฟต (Morphate)	27
2.9 ตัวต้านทาน (Resistor)	30
2.10 สว่านไฟฟ้า (electric drill)	32
2.11 แบตสว่านไฟฟ้า (electric drill battery)	33
2.12 บอร์ดวงจรไฟกระพริบ (Flashing light circuit(electric drill)	35
2.13 พัดลมระบายความร้อน (Cooling fans)	36

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน	
3.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินโครงงาน	39
3.2 ขั้นตอนการทดลองและดำเนินโครงงาน	40
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล	41
3.4 สถานที่จัดเก็บข้อมูลและระยะเวลาดำเนินโครงงาน	41
3.5 วิเคราะห์และสรุปผล	41
บทที่4 ผลการดำเนินโครงงาน	
4.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้เรียนที่ได้จากแบบสอบถาม	42
4.2 ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	42
4.3 แสดงจำนวนและร้อยละเกี่ยวกับวุฒิการศึกษา	43
4.4 ข้อมูลความพึงพอใจในการเรียนรายวิชาชุดสื่อการเรียนการสอน	44
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินโครงงาน อภิปราย และข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน	45
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินโครงงาน	45
5.3 ข้อเสนอแนะ-	46
บรรณานุกรม	47
ภาคผนวก	48
ภาคผนวก ก แบบเสนอโคงงาน	49
ภาคผนวก ข แสดงรูปภาพประกอบการจัดทำชิ้นงาน	54
ภาคผนวก ค แสดงตัวอย่างแบบสอบถามคามพึงพอใจ	60
ภาคผนวก ง แสดงประวิติผู้จัดทำ	62
ภาคผนวก ฉ อัพโหลดที่เว็ปไซต์วิลัยการอาชีพสังขะ	65

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปภาพที่ 2.1 การเหนี่ยวนำ	6
รูปภาพที่ 2.2 การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า	7
รูปภาพที่ 2.3 แรงเคลื่อนไฟฟ้า	10
รูปภาพที่ 2.4 กฎมือขวาของเฟรมมิง	10
รูปภาพที่ 2.5 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าอย่างง่าย	11
รูปภาพที่ 2.6 วงแหวนเหล็กของฟาราเดย์	12
รูปภาพที่ 2.7 ชิ้นอะลูมิเนียมยาว 15 cm	13
รูปภาพที่ 2.8 แกนเทอร์รอย	14
รูปภาพที่ 2.9 ขดลวดทองแดง	16
รูปภาพที่ 2.10 ตัวเหนี่ยวนำทั่วไป	17
รูปภาพที่ 2.11 ตัวเหนี่ยวนำแกนเฟอร์ไรต์	19
รูปภาพที่ 2.12 โช๊ควิทยุ MF หรือ HF	22
รูปภาพที่ 2.13 ตัวเหนี่ยวนำและหม้อแปลงแกนเฟอร์ไรต์	23
รูปภาพที่ 2.14 ตัวเหนี่ยวนำแบบ Toroid	25
รูปภาพที่ 2.15 คาปาซิเตอร์	25
รูปภาพที่ 2.16 โครงสร้างของ MOSFET	28
รูปภาพที่ 2.17 สัญลักษณ์ดิจิทัลของ MOSFET	29
รูปภาพที่ 2.18 การทำงาน MOSFET	29
รูปภาพที่ 2.19 ตัวต้านทาน	30
รูปภาพที่ 2.20 สว่านไฟฟ้า	32
รูปภาพที่ 2.21 แบตสว่านไฟฟ้า	35
รูปภาพที่ 2.22 บอร์ดวงจรไฟกระพริบ	36
รูปภาพที่ 2.23 พัดลมระบายความร้อน	38
รูปภาพที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของขั้นตอนการปฏิบัติงาน	40

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 แสดงจำนวนและร้อยละเกี่ยวกับเพศของนักศึกษา 42

ตารางที่ 4.2 แสดงจำนวนและร้อยละที่เกี่ยวกับอายุของนักศึกษา 43

ตารางที่ 4.3 แสดงจำนวนและร้อยละเกี่ยวกับวุฒิการศึกษา 43

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลความพึงพอใจในการเรียนรายวิชาชุดสื่อการเรียนการ 44

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

ในยุคปัจจุบันที่มีการตระหนักถึงความสำคัญของการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและการลดการใช้พลังงานเพื่อช่วยลดผลกระทบจากการผลิตและการดำเนินงานในอุตสาหกรรมต่างๆ การพัฒนาเทคโนโลยีเชื่อมท่อด้วยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก (Induction Pipe Welding) ก็ถือเป็นหนึ่งในโครงการที่มุ่งหวังให้การผลิตท่อเหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ มีความยั่งยืนมากยิ่งขึ้นการเชื่อมท่อกับการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

การเชื่อมท่อด้วยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อลดข้อจำกัดและผลกระทบเชิงลบที่เกิดขึ้นจากการใช้เทคโนโลยีเชื่อมท่อในรูปแบบเดิมเช่น การเชื่อมด้วยอาร์ค (Arc Welding) หรือ การเชื่อมด้วยความต้านทาน (Resistance Welding) ซึ่งมีปัญหาเกี่ยวกับการใช้พลังงานสูงการปล่อยมลพิษกระบวนการเชื่อมและอายุการใช้งานของอุปกรณ์ที่สั้น การใช้เทคโนโลยีการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก สามารถช่วยลดปัญหาเหล่านี้ได้หลายด้าน เช่น การใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

การเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กสร้างความร้อนได้อย่างตรงจุดและมีประสิทธิภาพมากกว่าเทคโนโลยีการเชื่อมแบบอื่นๆที่ต้องใช้พลังงานสูงกว่าระบบการควบคุมพลังงานในกระบวนการนี้สามารถปรับปรุงและลดการใช้พลังงานในทุกขั้นตอนของการผลิตได้การลดมลพิษจากกระบวนการเชื่อม

การเชื่อมด้วยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กไม่ต้องใช้การสัมผัสโดยตรงกับขั้วไฟฟ้าซึ้งลดการปล่อยก๊าซพิษ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) หรือ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) ที่มักเกิดจากการเผาไหม้หรือการใช้วัสดุเชื่อมสามารถลดการเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ที่มักพบในการเชื่อมวิธีอื่น การลดการสร้างของเสียในการเชื่อมแบบ เหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กการควบคุมอุณหภูมิและกระบวนการเชื่อมสามารถทำได้แม่นยำซึ่งหมายความว่าแนวเชื่อมที่ได้จะมีความแข็งแรงและเสถียรโดยไม่ต้องมีการผลิตวัสดุเชื่อมหรือของเสียที่มาเกินไปการใช้วัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมด้วยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กมีแนวโน้มที่จะผลิตในรูปแบบที่มีประสิทธิภาพและใช้วัสดุที่ยั่งยืนกว่า เช่น โลหะรีไซเคิล หรือ โลหะที่ไม่ทำให้เกิดมลพิษ

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืนการพัฒนาเทคโนโลยีการเชื่อมท่อด้วยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตแต่ยังมีผลดีในเชิงสิ่งแวดล้อมด้วยหลายโครงการที่นำการเชื่อมด้วยการเหนี่ยวนำมาใช้ได้เริ่มมองไปถึงการบรรลุเป้าหมายต่างๆขององค์กรหรือภาคอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการลดการปล่อยก๊าซเรือกระจกและการใช้งานพลังงานทดแทนในอนาคตตัวอย่างเช่นการใช้พลังงานจากแหล่งที่ยั่งยืนผู้ผลิตบางรายได้พัฒนาเทคโนโลยีเพื่อใช้พลังงานแสงอาทิตย์หรือพลังงานลมในกระบวนการเชื่อมเพื่อลด การพึ่งพาพลังงานจาฟอสซิลการใช้พลังงานทดแทนในกระบวนการเชื่อมช่วยลดการปล่อยก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์และผลกระทบที่เกิดจากการผลิตพลังงานการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์กระบวนการเชื่อมด้วยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กทำให้ท่อที่ได้มีคุณภาพสูงและสามารถใช้งานได้ยาวนานขึ้นลดการต้องผลิตใหม่หรือซ่อมแซมที่ต้องใช้พลังงานและวัสดุมากขึ้นโครงการเชื่อมท่อเพื่อสิ่งแวดล้อมโครงการใช้ (Induction Welding) ในการเชื่อมท่อแอร์ทดแทนการใช้ก๊าซ

การพัฒนาโครงการนี้ช่วยสนับสนุนการใช้ ท่อสำหรับพลังงานทดแทน เช่น ท่อสำหรับการส่งพลังงานจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานลมหรือพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งจะต้องการวัสดุที่มีความทนทานสูงและปลอดภัยในการใช้งานระยะยาว

การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการผลิตที่สะอาดการพัฒนาเครื่องจักรและกระบวนการเชื่อมที่ใช้พลังงานและวัสดุที่ยั่งยืนขึ้นและการปรับปรุงใน กระบวนการผลิตท่อเหล็กเพื่อให้สามารถ รีไซเคิลได้มากขึ้น เช่น การใช้ท่อเหล็กที่มีการเชื่อมท่อแบบเหนี่ยวนำที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

การนำเทคโนโลยี (Induction Pipe Welding) มาใช้ในการเชื่อมท่อเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมไม่เพียงแต่ช่วยปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่ยังช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ในหลายมิติ เช่น การใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพ การลดมลพิษ และการลดของเสียจากกระบวนการผลิต อีกทั้งยังส่งเสริมการใช้วัสดุที่ยั่งยืนและลดการปล่อยมลพิษที่เกิดจากการเชื่อมแบบดั้งเดิม

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

โครงงานเชื่อมท่อด้วยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก (Induction Pipe Welding) เพื่อสิ่งแวดล้อมเพื่อศึกษาหลักการและกระบวนการเชื่อมท่อด้วยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กทำความเข้าใจกลไกการเกิดความร้อนจากกระแสเหนี่ยวนำ (Eddy Current) และการนำไปใช้ในการเชื่อมท่อโดยไม่ต้องสัมผัสโดยตรง

เพื่อลดการปล่อยมลพิษจากกระบวนการเชื่อมท่อลดการปล่อยก๊าซพิษ เช่น ควันโลหคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และไนโตรเจนออกไซด์ (NOx) ที่เกิดจากการเชื่อมด้วยไฟฟ้าแบบดั้งเดิม

ลดการใช้วัสดุเชื่อมและฟลักซ์ที่อาจเป็นแหล่งกำเนิดของเสียหรือสารพิษเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดโดยการให้ความร้อนเฉพาะบริเวณที่ต้องการเชื่อม

ลดการสูญเสียพลังงานในรูปของความร้อนส่วนเกินเพื่อศึกษาวิธีการเชื่อมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและยั่งยืนพัฒนาแนวทางการผลิตท่อที่ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งในด้านมลพิษทางอากาศ เสียง และของเสียจากกระบวนการผลิต

เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมระหว่างการเชื่อมแบบเหนี่ยวนำกับการเชื่อมแบบทั่วไปวิเคราะห์ข้อมูลด้านพลังงานที่ใช้ ปริมาณมลพิษ และของเสียที่เกิดขึ้น เพื่อแสดงให้เห็นถึงประโยชน์เชิงสิ่งแวดล้อมของเทคโนโลยีนี้

เพื่อส่งเสริมการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในอุตสาหกรรมการผลิตท่อเหล็กเป็นแนวทางให้สถานศึกษา โรงงาน หรือองค์กรอุตสาหกรรม นำไปต่อยอดเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีเชื่อมที่ปลอดภัยและรักษาสิ่งแวดล้อมมากขึ้น

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

โครงงานนี้มุ่งเน้นการศึกษาและพัฒนา ต้นแบบระบบการเชื่อมท่อโลหะด้วยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก (Induction Welding System) ในระดับทดลอง (Prototype Scale) โดยเน้นให้เห็นหลักการทำงานของการเหนี่ยวนำความร้อนและการเชื่อมต่อโลหะด้วยวิธีนี้อย่างชัดเจน

ขอบเขตของการดำเนินงานจะครอบคลุมดังนี้ศึกษาหลักการของ การเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก (Electromagnetic Induction) และการเกิดกระแสไหลวน (Eddy Current)ออกแบบและสร้างวงจรจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูง (High-Frequency Power Supply) สำหรับใช้ในการเหนี่ยวนำความร้อนออกแบบและสร้าง ขดลวดเหนี่ยวนำ (Induction Coil) ที่เหมาะสมกับขนาดท่อทดลอง

ทดลองเชื่อมท่อโลหะ (เช่น เหล็กกล้าคาร์บอน หรือสแตนเลส ทองแดง) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2 นิ้วศึกษาผลกระทบของ กระแสไฟฟ้า ความถี่ และระยะห่างระหว่างขดลวดกับท่อต่ออุณหภูมิและคุณภาพแนวเชื่อมประเมินคุณภาพของแนวเชื่อม เช่น การยึดติด ความเรียบของแนวเชื่อม และการรั่วซึมของแนวต่อ

โครงงานนี้จะไม่ครอบคลุมถึงการเชื่อมในระดับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่การออกแบบระบบอัตโนมัติเต็มรูปแบบหรือการผลิตเชิงพาณิชย์การทดสอบสมบัติเชิงกลเชิงลึก (เช่น Tensile Test, Impact Test) ซึ่งอยู่นอกเหนือขอบเขตการศึกษานี้ผลลัพธ์ของโครงงานจะเป็นต้นแบบเครื่องเชื่อมท่อด้วยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก ที่สามารถใช้งานได้จริงในระดับห้องปฏิบัติการรายงานผลการทดลองที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ทางไฟฟ้ากับคุณภาพแนวเชื่อม

1.4 ประโยน์ชคาดว่าจะได้รับ

สามารถเข้าใจหลักการทำงานของการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กไฟฟ้าได้อย่างลึกซึ้งผู้จัดทำโครงงานจะได้เรียนรู้หลักการของการเหนี่ยวนำ การเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Eddy Current) และการแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อนเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการเชื่อมโลหะ

ได้พัฒนาองค์ความรู้และทักษะทางด้านไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องกลโครงงานนี้เปิดโอกาสให้นักศึกษาฝึกออกแบบวงจรไฟฟ้า ควบคุมระบบเหนี่ยวนำ และสร้างชุดเชื่อมท่อจริง ซึ่งช่วยเสริมทักษะทางเทคนิคและการบูรณาการองค์ความรู้หลายสาขาเข้าด้วยกัน

สามารถสร้างต้นแบบเครื่องเชื่อมท่อด้วยการเหนี่ยวนำได้จริงคาดว่าจะสามารถพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบที่สามารถเชื่อมท่อขนาดเล็กถึงขนาดกลางได้ โดยใช้พลังงานไฟฟ้าเหนี่ยวนำแทนการสัมผัสโดยตรง เพิ่มความปลอดภัยและลดการสึกหรอของหัวเชื่อม

ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพของการเชื่อมท่อเครื่องเชื่อมที่พัฒนาขึ้นจะให้รอยเชื่อมที่เรียบเนียน สม่ำเสมอ และแข็งแรง ลดปัญหาการเสียรูปของชิ้นงานจากความร้อนสูงเกินความจำเป็นสามารถนำไปต่อยอดสู่ระบบอัตโนมัติในอุตสาหกรรมการผลิต

การศึกษาครั้งนี้จะช่วยสร้างองค์ความรู้ใหม่ที่สามารถต่อยอดไปสู่การพัฒนาเครื่องเชื่อมที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ช่วยลดการพึ่งพาเครื่องจักรนำเข้า และส่งเสริมการพัฒนาเทคโนโลยีภายในประเทศ

1.5 นิยามศัพท์

การเชื่อม (Welding)กระบวนการที่ใช้ความร้อน ความดัน หรือทั้งสองอย่างร่วมกัน เพื่อทำให้ชิ้นงานโลหะหลอมละลายหรือประสานติดกันจนเกิดรอยเชื่อมที่แข็งแรง

การเชื่อมท่อ (Pipe Welding) การเชื่อมชิ้นงานในรูปแบบท่อโลหะเข้าด้วยกัน โดยต้องคงรูปทรงของท่อและรอยเชื่อมมีความแข็งแรงทนทานต่อแรงดันและการกัดกร่อน

การเหนี่ยวนำไฟฟ้า (Electromagnetic Induction) กระบวนการสร้างกระแสไฟฟ้าในตัวนำโลหะโดยอาศัยสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ซึ่งสามารถแปลงเป็นความร้อนเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการเชื่อม

กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นภายในตัวนำโลหะเมื่อโลหะนั้นอยู่ในสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลง กระแสนี้ก่อให้เกิดความร้อนและสามารถใช้หลอมละลายโลหะบริเวณรอยเชื่อมได้

การเชื่อมด้วยการเหนี่ยวนำ (Induction Welding) วิธีการเชื่อมโลหะโดยใช้ความร้อนที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Eddy Current) แทนการใช้เปลวไฟหรือหัวเชื่อมสัมผัสตรงกับชิ้นงาน

รอยเชื่อม (Weld Joint / Weld Seam) พื้นที่ที่ชิ้นงานโลหะสองชิ้นถูกเชื่อมติดกัน รอยเชื่อมควรมีความแข็งแรงและสม่ำเสมอเพื่อรองรับแรงและความดันจากการใช้งาน

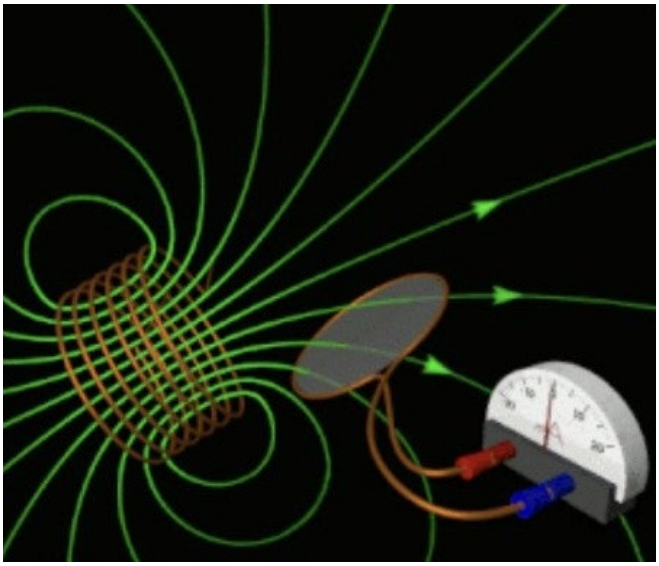
ความร้อนเหนี่ยวนำ (Induction Heat) ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการไหลของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำภายในเนื้อโลหะ ใช้เป็นพลังงานหลอมละลายเพื่อสร้างรอยเชื่อม

เครื่องเชื่อมด้วยการเหนี่ยวนำ (Induction Welder) อุปกรณ์ที่สร้างความร้อนด้วยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กเพื่อนำไปเชื่อมโลหะ มีข้อดีคือไม่สัมผัสชิ้นงานโดยตรงและควบคุมความร้อนได้แม่นยำ

บทที่ 2
เอกสารในการดำเนินโครงงาน

2.1 ทฤษฎีการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า

2.1.1 ความหมายการเหนี่ยวนำ หมายถึง คุณสมบัติที่จะพยายามขัดขวางต่อการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร เช่น ขัดขวางหรือต่อต้านการเพิ่มขึ้นของกระแสไฟฟ้า และขัดขวางหรือต่อต้านการลดลงของกระแสไฟฟ้า



รูปภาพที่ 2.1 การเหนี่ยวนำ

การเหนี่ยวนำภายในตัวเอง หมายถึง การเหนี่ยวนำของแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นภายในขดลวดตัวนำเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวดตัวนำ ซึ่งแรงดันไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำนี้จะมีทิศทางที่ขัดขวางหรือต่อต้านการเพิ่มของกระแสไฟฟ้านั้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กตัดกับขดลวดซึ่งแรงดันไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำนี้จะมีทิศทางที่ชัดขวางหรือต่อต้านการเพิ่มของกระแสไฟฟ้านั้น

การเหนี่ยวนำร่วม หมายถึง สภาวะที่วงจรไฟฟ้า 2 วงจร มีการแบ่งพลังงานไฟฟ้าจากวงจรหนึ่ง หรือการถ่ายโยงพลังงานไฟฟ้าจากวงจรหนึ่งไปอีกวงจรหนึ่ง โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก

ประกอบด้วยวงจรขดลวดชุด A ซึ่งเรียกว่าวงจรปฐมภูมิ มีสวิตช์ควบคุมวงจรต่อเป็นแบบอนุกรมกับแบตเตอรี่ และวงจรขดลวดชุด B เรียกว่าวงจรทุติยภูมิ ซึ่งมีเครื่องวัดค่ากระแสไฟฟ้าต่ำๆ

สนามแม่เหล็กจะขนวนตัวตามการเพิ่มหรือการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าไฟคล้องหรือตัดกับขดลวดชุด B ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้น โดยมีขนาดเพิ่มขึ้นตามปริมาณของเส้นแรงแม่เหล็ก(https://hmong.in.th/wiki/Induced_current)

2.1.2 กฎการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า

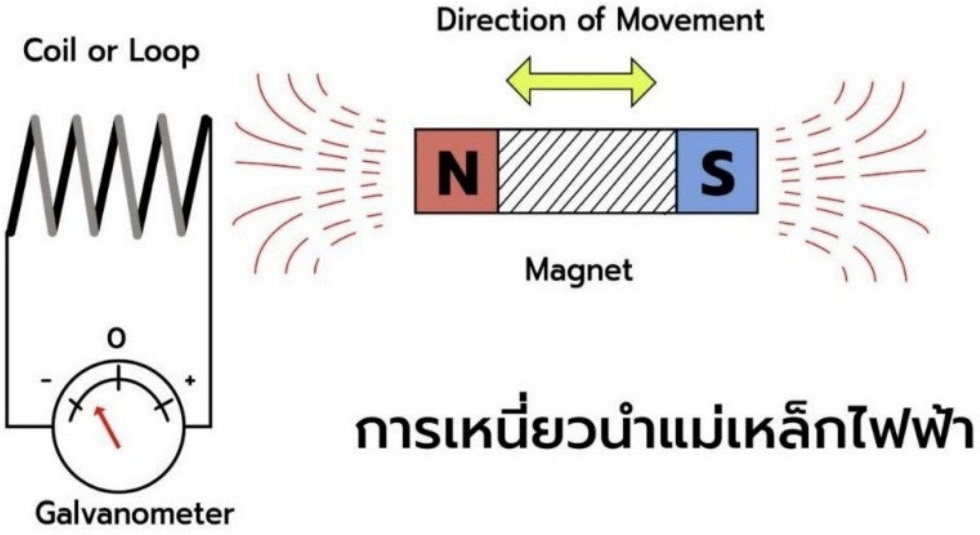
แม่เหล็กไฟฟ้าหรือแม่เหล็กเหนี่ยวนำ คือ การผลิตนั้นแรงเคลื่อนไฟฟ้าข้ามตัวนำไฟฟ้าในการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็ก

หลักการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กไฟฟ้า ดังได้กล่าวมาแล้วนั้น ไมเคิล ฟาราเดย์) ได้ทำการทดลองและค้นพบความจริงเกี่ยวกับการเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นในขดลวด ตัวนำ เมื่อมีสนามแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงตัดกับขดลวดตัวนำนั้น และได้ความรู้จากการทดลองคือ การเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้น โดยวิธีการ ดังนี้

1) โดยการเคลื่อนที่ตัวนำตัดสนามแม่เหล็กซึ่งอยู่กับที่

2) โดยการเคลื่อนที่สนามแม่เหล็กตัดกับตัวนำซึ่งอยู่กับที่

3) โดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นแรงแม่เหล็กตัดผ่านตัวนำซึ่งอยู่กับที่



รูปภาพที่ 2.2 การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า

จากภาพการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าในขดลวดตัวนำเกิดจากการที่มีการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดตัวนำเรียกการทำให้เกิดกระเกิดกระแสไฟฟ้าลักษณะนี้ว่า การเหนี่ยวนำ

แม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic induction) และเรียกกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากวิธีนี้ว่ากระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (induced current)

ปลายทั้งสองของเส้นลวดตัวนำมีความต่างศักย์ ดังนั้นถ้าต่อเส้นลวดตัวนำนี้ให้ครบวงจร ก็จะมีกระแสไฟฟ้าในวงจร แสดงว่าปลายทั้งสองของเส้นลวดตัวนำทำหน้าที่ เสมือนเป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (induced electromotive force) หรือ อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ (induced emf) กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์สรุปได้ว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ที่เกิดขึ้นในขดลวดเป็นสัดส่วนกับอัตราการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดนั้นเมื่อเทียบกับเวลากฎของเลนซ์มีใจความว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ในขดลวดจะทำให้เกิดกระแสเหนี่ยวนำในทิศทางที่จำทำให้เกิดฟลักซ์แม่เหล็กใหม่ขึ้นมาต้านการเปลี่ยนแปลง ของฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดผ่านขดลวดนั้น

การนำไปใช้ประโยชน์ หลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าถูกนำไปใช้ในอุปกรณ์และระบบต่างๆ มากมาย ตัวอย่างเช่น

1) เครื่องกำเนิดไฟฟ้า
2) การขึ้นรูปด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า
3) แท็บเล็ตกราฟิก
4) ฮอลล์ผลเมตร
5) การปรุงอาหารแบบเหนี่ยวนำ
6) มอเตอร์เหนี่ยวนำ
7) ปิดผนึกเหนี่ยวนำ
8) การเชื่อมแบบเหนี่ยวนำ
9) การชาร์จแบบอุปนัย
10) ตัวเหนี่ยวนำ
11) เครื่องวัดการไหลของแม่เหล็ก
12) ไฟฉายพลังกล Mechanical
13) แหวนโรว์แลนด์
14) การกระตุ้นด้วยแม่เหล็ก Transcranial
15) การถ่ายโอนพลังงานแบบไร้สาย

2.1.3 แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

ดังได้กล่าวแล้วว่า แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำนั้นเกิดจากการเคลื่อนที่ตัดกันระหว่างตัวนำกับสนามแม่เหล็ก โดยที่สนามแม่เหล็กอยู่กับที่ไม่ต้องเคลื่อนที่แต่อย่างใด

แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำโดยให้ตัวนำเคลื่อนที่ (Dynamic Induced emf.)หมายถึงการทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ โดยการให้ตัวนำเคลื่อนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็กโดยที่สนามแม่เหล็กอยู่กับที่ไม่ต้องเคลื่อนที่แต่อย่างใด

แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำโดยให้ตัวนำอยู่กับที่ (Static Induced emf.)หมายถึงการทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำโดยให้สนามแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงตัดกับตัวนำจากผลของการเปลี่ยนแปลงหรือลดของกระแสไฟฟ้า ซึ่งสามารถจำแนกออกเป็น 2 ชนิดคือ

1) แรงดันไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำร่วม (Mutual Induced emf.)

2) แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำภายในตัวเอง (Self-Induced emf.)

3) แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำโดยให้สนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ (Dynamic Induced emf.)
การเหนี่ยวนำของแรงดันไฟฟ้า สามารถทำให้เกิดขึ้นได้โดยการเคลื่อนที่สนามแม่เหล็กตัดกับตัวนำหรือขดลวดตัวนำได้เช่นเดียวกัน

2.1.4 แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

มอเตอร์ขณะหมุนจะมีฟลักซ์แม่เหล็กเปลี่ยนแปลงผ่านขดลวด ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีทิศทางตรงข้ามกับแรงเคลื่อนไฟฟ้าเดิม เรียกว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ ในกรณีมอเตอร์ติดขัดหรือหมุนช้ากว่าปกติแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับจะมีค่าน้อยทำให้กระแสไฟฟ้าในขดลวดมีค่ามาก อาจทำให้ขดลวดร้อนจนไหม้ได้ จึงจำเป็นต้องตัดสวิตช์เพื่อหยุดการทำงานของมอเตอร์ทุกครั้งที่แรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับมีค่าน้อย

ค่าของปริมาณที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้ากระแสสลับ

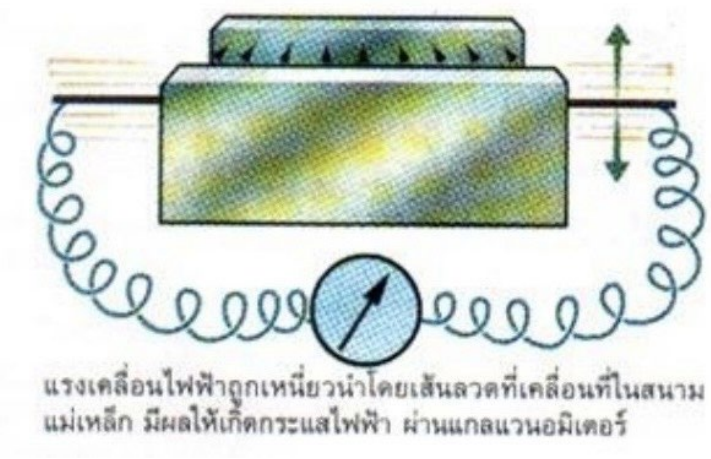
เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเปลี่ยนค่าตามเวลาในรูปฟังก์ชันไซน์ดังสมการ

$$e = E_m \sin \omega t$$

เมื่อ e เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เวลา t ใด ๆ Em เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำสูงสุด W เป็นความถี่เชิงมุมซึ่งมีค่าเท่ากับ 2TIF (โดย fเป็นความถี่ในการเปลี่ยนค่าซ้ำเดิมของแรงเคลื่อนไฟฟ้า)

ไมเคิล ฟาราเดย์ พบว่า เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านสนามแม่เหล็กจะมีผลให้เกิดการเคลื่อนที่

การเคลื่อนที่ของตัวนำในสนาม แม่เหล็กจะก็ให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าในตัวนำนั้น เรียกว่าการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งจะเกิดขึ้นเสมอในตัวนำที่วางอยู่ในสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลง

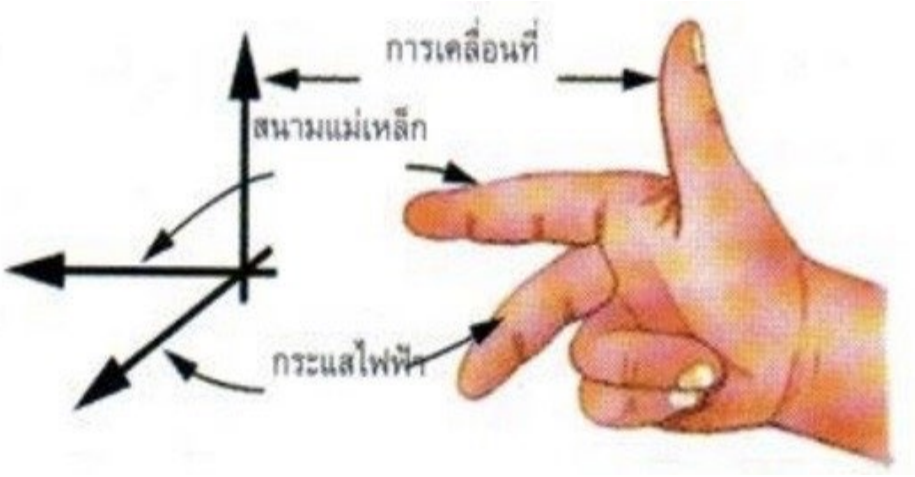


รูปภาพที่ 2.3 แรงเคลื่อนไฟฟ้า

กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ กล่าวว่าขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในตัวนำเป็นสัดส่วนกับอัตราการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็ก

กฎของเลนซ์ กล่าวว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะเกิดขึ้นเพื่อขัดขวางสาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเช่น ในมอเตอร์ไฟฟ้า จะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเกิดขึ้นเสมือนเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สร้างแรงเคลื่อนไฟฟ้าเพื่อขัดขวางแรงเคลื่อนไฟฟ้า (e.m.) ที่ต่อไว้สำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์นั้น

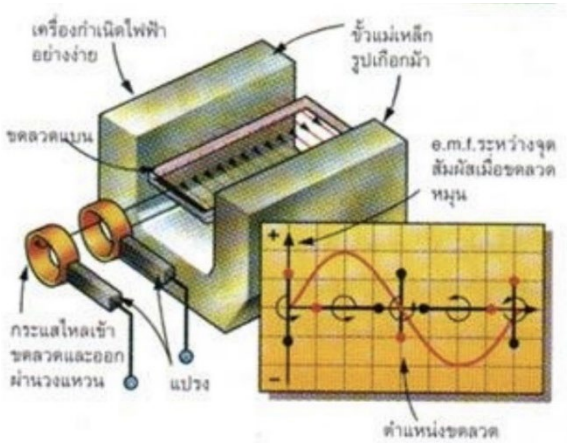
กฎมือขวาของเฟรมมิง หรือกฎไดนาโม กล่าวว่าทิศของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำหาได้จากทิศของสนามแม่เหล็ก และทิศการเคลื่อนที่โดยใช้มือขวา



รูปภาพที่ 2.4 กฎมือขวาของเฟรมมิง

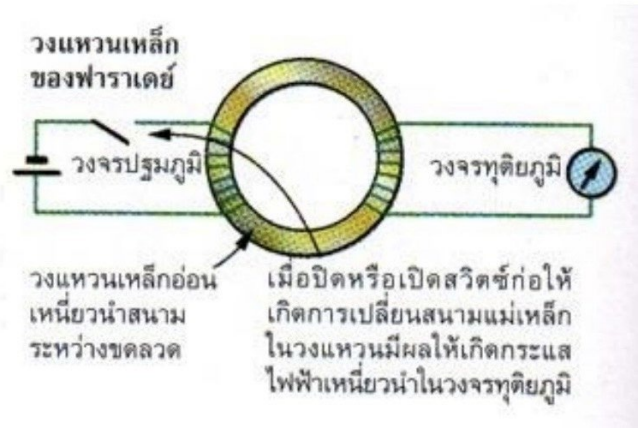
เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือไดนาโม (Generator or dynamo) คือ อุปกรณ์ที่แปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า อุปกรณ์ดังกล่าวจะบังคับกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านวงจรภายนอก แหล่งที่มาของพลังงานกลอาจจะเป็นลูกสูบหรือเครื่องยนต์กังหันไอน้ำ หรือแรงน้ำตกผ่านกังหันน้ำ หรือล้อน้ำ หรือเครื่องยนต์สันดาปภายใน หรือกังหันลม หรือข้อเหวี่ยงมือ หรืออากาศอัด หรือแหล่งพลังงานกลอื่นๆ โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นจะเป็นวิธีหลักที่ใช้ในการกำเนิดไฟฟ้าเพื่อจ่ายเข้าโครงข่ายพลังงานไฟฟ้าของประเทศ

การแปลงย้อนกลับของพลังงานไฟฟ้ากลับไปเป็นพลังงานกลจะกระทำโดยมอเตอร์ไฟฟ้ามอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีความคล้ายคลึงกันมาก มอเตอร์หลายตัวสามารถขับเคลื่อนเครื่องจักรเพื่อผลิตไฟฟ้าและบ่อยครั้งที่ได้รับการยอมรับให้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



รูปภาพที่ 2.5 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าอย่างง่าย

การเหนี่ยวนำร่วม (Mutual induction) เป็นการเหนี่ยวนำแรงเคลื่อนไฟฟ้าในขดลวดเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าในขดลวดอื่น การเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าจะก็ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กซึ่งเหนียวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขดลวดที่อยู่ในสนามแม่เหล็กนั้น ปรากฏการณ์เช่นนี้แสดงให้เห็นได้ด้วยวงแหวนเหล็กของฟาราเดย์ (http://www.rmutphysics.com/charud/scibook/electric1/Electromagnetic_induction.htm)



รภาพที่ 2.6 วงแหวนเหล็กของฟาราเดย์

2.2 แผงระบายความร้อน (Heatsink)

เป็นอลูมิเนียมสีเงินที่มีครีบ ช่วยระบายความร้อนให้กับอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ เช่น ทรานซิสเตอร์ หรือมอสเฟต เพื่อไม่ให้เกิดความร้อนสะสมจนเสียหาย

แผ่นวงจรพิมพ์เปล่า (Blank PCB): แผ่นสีน้ำตาลที่วางซ้อนกันอยู่ด้านล่าง สำหรับนำไปกัดลายวงจร หรือเจาะรูเพื่อประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

เบรดบอร์ด (Breadboard): เห็นอยู่เล็กน้อยที่มุมบนของภาพ ใช้สำหรับต่อวงจรทดลองโดยไม่ต้องบัดกรี

หากคุณกำลังทำ "แผงสาธิตชุดเครื่องปรับอากาศ" ตามแบบสอบถามที่คุณให้ผมช่วยพิมพ์ก่อนหน้านี้ อุปกรณ์เหล่านี้อาจถูกนำไปใช้ในส่วนของชุดควบคุมความเย็น หรือภาคจ่ายไฟของระบบครับ

2.3. อลูมิเนียม (Aluminium)

อลูมิเนียม (Aluminium) คือ โลหะสีเงินน้ำหนักเบา ที่พบมากในธรรมชาติในรูปแร่บอกไซต์ มีคุณสมบัติเด่นคือ เบา แข็งแรง ทนทานต่อการกัดกร่อน (ไม่เป็นสนิมง่าย) นำความร้อนและไฟฟ้าได้ดี และ ขึ้นรูปง่าย จึงถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ มากมาย เช่น การก่อสร้าง (ประตู หน้าต่าง), การขนส่ง (รถยนต์ เครื่องบิน), บรรจุภัณฑ์ (กระป๋อง, ฟอยล์) และเครื่องใช้ในครัวเรือน (หม้อ, กระทะ) โดยสามารถรีไซเคิลได้ 100%.

อะลูมิเนียม (อังกฤษ: aluminum) คือธาตุเคมีในตารางธาตุที่มีสัญลักษณ์ Al และมีเลขอะตอม 13 เป็นโลหะที่มันวาวและอ่อนดัดง่าย ในธรรมชาติอะลูมิเนียมพบในรูปแร่บอกไซต์เป็นหลัก และมีคุณสมบัติเด่น คือ ต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดี (อิงจากปรากฏการณ์ passivation) แข็งแรง และน้ำหนักเบา มีการใช้อะลูมิเนียมในอุตสาหกรรมหลายประเภท เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ มากมาย และอะลูมิเนียมสำคัญต่อเศรษฐกิจโลกอย่างมาก ชิ้นส่วนโครงสร้างที่ผลิตจากอะลูมิเนียม

สำคัญต่ออุตสาหกรรมอากาศยาน และสำคัญในด้านอื่น ๆ ของการขนส่งและการสร้างอาคาร ซึ่งต้องการน้ำหนักเบา ความทนทาน และความแข็งแรง

2.3.1 คุณสมบัติของอลูมิเนียม

รูปภาพที่ 2.7 ชิ้นอะลูมิเนียมยาว 15 cm เทียบขนาดกับเหรียญเซ็นต์สหรัฐฯ

อะลูมิเนียมเป็นโลหะที่อ่อนและเบาที่มีลักษณะไม่เป็นเงา เนื่องจากเกิดการออกซิเดชันชั้นบาง ๆ ที่เกิดขึ้นเร็วเมื่อสัมผัสกับอากาศ โลหะอะลูมิเนียมไม่เป็นสารพิษ ไม่เป็นแม่เหล็ก และไม่เกิดประกายไฟ อะลูมิเนียมบริสุทธิ์มีแรงต้านการดึงประมาณ 49 ล้านปาสกาล (MPa) และ 400 MPa ถ้าทำเป็นโลหะผสม อะลูมิเนียมมีความหนาแน่นเป็น 1/3 ของเหล็กกล้าและทองแดง อ่อน สามารถดัดได้ง่าย สามารถกลึงและตหล่อแบบได้ง่าย และมีความสามารถต่อต้านการกร่อนและความทน เนื่องจากชั้นออกไซด์ที่ป้องกัน พื้นหน้ากระจกเงาที่เป็นอะลูมิเนียมมีการสะท้อนแสงมากกว่าโลหะอื่น ๆ ในช่วงความยาวคลื่น 200-400 nm (UV) และ 3000-10000 nm (IR ไกล) ส่วนในช่วงที่มองเห็นได้ คือ 400-700 nm โลหะเงินสะท้อนแสงได้ดีกว่าเล็กน้อย และในช่วง 700-3000 (IR ใกล้) โลหะเงิน ทองคำ และทองแดง สะท้อนแสงได้ดีกว่า อะลูมิเนียมเป็นโลหะที่ดัดได้ง่ายเป็นอันดับ 2 (รองจากทองคำ) และอ่อนเป็นอันดับที่ 6 อะลูมิเนียมสามารถนำความร้อนได้ดี จึงเหมาะสมที่จะทำหม้อหุงต้มอาหาร

2.3.2 การประยุกต์อลูมิเนียม

เมื่อวัดในทั้งปริมาณและมูลค่า การใช้อะลูมิเนียมมีมากกว่าโลหะอื่น ๆ ยกเว้นเหล็ก และมีความสำคัญในเศรษฐกิจโลกทุกด้าน

อะลูมิเนียมบริสุทธิ์มีแรงต้านการดึงต่ำ แต่สามารถนำไปผสมกับธาตุต่าง ๆ ได้ง่าย เช่น ทองแดง สังกะสี แมกนีเซียม แมงกานีส และซิลิกอน (เช่น duralumin) ในปัจจุบันวัสดุ

เกือบทั้งหมดที่เรียกว่าอะลูมิเนียมเป็นโลหะผสมของอะลูมิเนียม อะลูมิเนียมบริสุทธิ์พบเฉพาะเมื่อต้องการความทนต่อการกัดกร่อนมากกว่าความแข็งแรงและความแข็ง

เมื่อรวมกับกระบวนการทางความร้อนและกลการ โลหะผสมของอะลูมิเนียมมีคุณสมบัติทางกลศาสตร์ที่ดีขึ้น โลหะผสมอะลูมิเนียมเป็นส่วนสำคัญของเครื่องบินและจรวดเนื่องจากมีอัตราความแข็งแรงต่อน้ำหนักสูง

อะลูมิเนียมสามารถสะท้อนแสงที่มองเห็นได้ดีเยี่ยม (~99%) และสามารถสะท้อนแสงอินฟราเรดได้ดี (~95%) อะลูมิเนียมชั้นบาง ๆ สามารถสร้างบนพื้นผิวเรียบด้วยวิธีการควบแน่นของไอสารเคมี (chemical vapor deposition) หรือวิธีการทางเคมี เพื่อสร้างผิวเคลือบออปติคัล (optical coating) และกระจกเงา ผิวเคลือบเหล่านี้จะเกิดชั้นอะลูมิเนียมออกไซด์ที่บางยิ่งกว่า ที่ไม่สึกกร่อนเหมือนผิวเคลือบเงิน กระจกเงาเกือบทั้งหมดสร้างโดยใช้อะลูมิเนียมชั้นบางบนผิวหลังของแผ่นกระจกลอย (float glass). กระจกเงาในกล้องโทรทรรศน์สร้างด้วยอะลูมิเนียมเช่นกัน แต่เคลือบข้างหน้าเพื่อป้องกันการสะท้อนภายใน การหักเห และการสูญเสียจากความใส กระจกเหล่านี้เรียกว่า **first surface mirrors** และเกิดความเสียหายได้ง่ายกว่ากระจกเงาตามบ้านทั่วไปที่เคลือบข้างหลัง

2.4 แกนเทอร์รอย (Toroid Core)

แกนเทอร์รอย (Toroid Core) คือ แกนแม่เหล็กรูปวงแหวน ทำจาก เฟอร์ไรต์ (Ferrite**)** หรือบางครั้งเป็นเหล็กบางๆ มีประโยชน์หลักในการ พันขดลวดสร้างหม้อแปลง (Transformer) หรือ ตัวเหนี่ยวนำ (Inductor) เพื่อใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะการ กรองสัญญาณรบกวน (EMI/RFI Filter) ที่สายไฟ ทำให้สัญญาณสะอาดขึ้น มีประสิทธิภาพสูง และการสูญเสียพลังงานต่ำ โดยเฉพาะที่ความถี่สูง.

รูปภาพที่ 2.8 แกนเทอร์รอย

2.4.1 คุณสมบัติหลักของแกนเทอร์รอย

1. รูปทรง: วงแหวนคล้ายโดนัท หรือวงแหวน.

2. วัสดุ: ส่วนใหญ่เป็นเฟอร์ไรต์ (สารประกอบออกไซด์ของเหล็กผสมแมงกานีส/สังกะสี) หรือแผ่นเหล็กบางๆ.

3. ประสิทธิภาพ: มีการสูญเสียพลังงานต่ำที่ความถี่สูง ทำให้เหมาะกับงานอิเล็กทรอนิกส์กำลัง.

2.4.2 การใช้งานของแกนเทอร์รอย

1. หม้อแปลง: สร้างหม้อแปลงขนาดเล็กและประสิทธิภาพสูง.

2. ตัวเหนี่ยวนำ: ใช้ในวงจรกรองสัญญาณรบกวน โดยพันสายไฟรอบๆ แกน.

3. แหล่งจ่ายไฟ: ใช้ในแหล่งจ่ายไฟแบบสวิตชิ่ง (SMPS).

2.4.3 ประเภทและสี (บ่งบอกคุณสมบัติ)

1. สีดำ/เทาเข้ม: มักเป็นเฟอร์ไรต์สำหรับความถี่สูง.

2. สีเขียว/เขียวฟ้า/ขาวเหลือง: เป็นแกนเฟอร์ไรต์ที่นิยมใช้กัน มีหลากหลายเกรดสำหรับงานต่างๆ เช่น DC-DC Converter หรือ Power Supply.

2.5 ลวดทองแดง (Copper wire)

ลวดทองแดงหมายถึงสายไฟฟ้าที่ทำจากทองแดงบริสุทธิ์ ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายและจำเป็นในอุตสาหกรรมและชีวิตในปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม การพัฒนาลวดทองแดงไม่ได้เกิดขึ้นเพียงชั่วข้ามคืน หลังจากกระบวนการพัฒนาที่ยาวนาน ลวดทองแดงในปัจจุบันได้กลายเป็นกระแสหลักในการใช้งานของเรา ต่อไปบทความนี้จะกล่าวถึงการพัฒนาลวดทองแดง

ลวดทองแดงมีอายุย้อนกลับไปประมาณ 500 ปีก่อนคริสตกาล เมื่อลวดหุ้มฉนวนที่ทำจากเหนียงชุบด้วยเกลือโลหะเริ่มถูกนำมาใช้ในบางพื้นที่ของคานาอัน การผลิตหัวข้อเหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการส่งข้อมูล

ของผู้คน และยังกลายเป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้ในเมืองสำคัญต่างๆ ในเวลานั้น อย่างไรก็ตาม ความทนทานของลวดหุ้มฉนวนในขณะนั้นแย่มาก และผลของการนำกระแสไฟฟ้าไม่เหมาะนัก ประวัติศาสตร์ของลวดทองแดงจึงเริ่มต้นขึ้นที่นี่

ในช่วงปลายศตวรรษที่ 18 ลวดทองแดงได้กลายเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่มีเทคโนโลยีสูง ในเวลานั้นเทคโนโลยีการผลิตลวดทองแดงยังไม่ได้รับการพัฒนาเพียงทอด้วยมือเท่านั้นและกระบวนการนี้ยากมากเนื่องจากลักษณะของลวดทองแดงค่อนข้างแข็งเมื่อเทียบกับโลหะอื่น ๆ ดังนั้นกระบวนการผลิตจึงมีข้อกำหนดทางเทคนิคที่สูงกว่า

ในยุค 1850 ด้วยการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตด้วยเครื่องจักรอย่างค่อยเป็นค่อยไป การผลิตลวดทองแดงก็เริ่มดำเนินการบนเส้นทางแห่งการพัฒนาอย่างรวดเร็ว กระบวนการผลิตลวดทองแดงกำลังค่อยๆ พัฒนาไปสู่ระบบอัตโนมัติ ซึ่งถือเป็นความก้าวหน้าครั้งสำคัญในเทคโนโลยีการผลิตลวดทองแดง ลวดทองแดงค่อยๆ ได้รับความนิยมในครัวเรือนและด้านการผลิต

ตั้งแต่ศตวรรษที่ 20 ด้วยความก้าวหน้าและการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง คุณภาพและการทำงานของสายทองแดงได้รับการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องเช่นกัน ปริมาณและน้ำหนักของสายทองแดงลดลงอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งค่าการนำไฟฟ้าและความน่าเชื่อถือก็ได้รับการปรับปรุงอย่างมากเช่นกัน การแนะนำเทคโนโลยีชั้นสูงได้ขยายขอบเขตการใช้งานของลวดทองแดงอย่างต่อเนื่อง ตัวอย่างเช่น รถไฟความเร็วสูง ปิโตรเคมี การสื่อสาร และอุตสาหกรรมอื่นๆ มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในลวดทองแดง

ปัจจุบัน ด้วยการปรับปรุงเทคโนโลยีการผลิตลวดทองแดงอย่างต่อเนื่อง ลวดทองแดงจึงถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในสาขาเทคโนโลยีขั้นสูง สาขาวิชาชีพ และสาขาในครัวเรือน ลวดทองแดงมีบทบาทอย่างมากในทุกสิ่งตั้งแต่การตกแต่งภายในไปจนถึงอุปกรณ์สื่อสารและอุปกรณ์ไฟฟ้า ในอนาคต ด้วยการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง ลวดทองแดงจะยังคงมีบทบาทสำคัญมากขึ้น นำความสะดวกสบายและประโยชน์มาสู่มนุษย์มากขึ้น

โดยรวมแล้ว ลวดทองแดงเป็นวัสดุที่สำคัญอย่างยิ่งพร้อมการใช้งานที่หลากหลายในชีวิตสมัยใหม่ หลังจากประวัติศาสตร์การพัฒนาลวดทองแดงมาเป็นเวลาหลายพันปี กระบวนการผลิตก็ได้รับการปรับปรุงอย่างมากเช่นกัน ฉันเชื่อว่าในอนาคต เราจะนำเทคโนโลยีขั้นสูงมาประยุกต์ใช้กับการผลิตและการใช้ลวดทองแดงมากขึ้น ปรับปรุงคุณภาพและประสิทธิภาพให้ดียิ่งขึ้น และให้บริการชีวิตของเราดีขึ้น

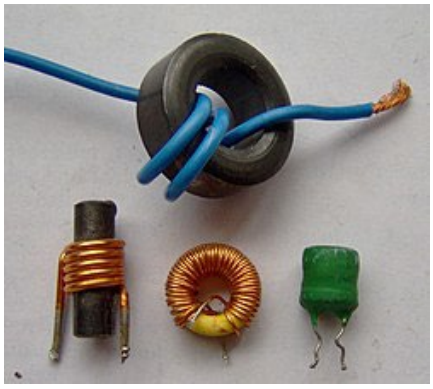
รูปภาพที่ 2.9 ขดลวดทองแดง

2.6 อินดักเตอร์ (Inductor)

อินดักเตอร์ (Inductor) หรือที่เรียกรวมๆ ว่า ตัวเหนี่ยวนำ, คอยล์ (Coil), หรือ รีแอคเตอร์ (Reactor) คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานที่ทำจากขดลวดพันรอบแกน (อาจเป็นอากาศ, เหล็ก, หรือเฟอร์ไรต์) เพื่อเก็บพลังงานในรูปสนามแม่เหล็ก และต้านทานการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าในวงจร มีหน้าที่สำคัญในการกรองสัญญาณ, สร้างวงจรปรับความถี่ (เช่นในวิทยุ, TV) และใช้ในแหล่งจ่ายไฟแบบสวิตชิ่ง โดยมีหน่วยวัดเป็น เฮนรี่ (Henry - H) และสัญลักษณ์คือ L

2.6.1 ตัวเหนี่ยวนำ บางครั้งถูกเรียกว่าคอยล์หรือรีแอคเตอร์ (อังกฤษ: coil หรือ reactor) เป็นชิ้นส่วนในวงจรไฟฟ้าแบบพาสซีฟสองขั้วไฟฟ้า (ขา) มีคุณสมบัติในการป้องกันการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวมัน มันประกอบด้วยตัวนำ เช่น ลวดทองแดงม้วนกันเป็นวงกลม เมื่อกระแสไหลผ่านตัวมัน พลังงานจะถูกเก็บไว้ชั่วคราวในรูปสนามแม่เหล็กในคอยล์นั้น เมื่อกระแสนั้นเปลี่ยนแปลง, สนามแม่เหล็กที่แปรตามเวลาจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าในตัวนำนั้น ตามกฎการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าของฟาราเดย์ ซึ่งจะต้านกับการเปลี่ยนแปลงของกระแสที่สร้างมัน

ตัวเหนี่ยวนำถูกกำหนดโดยการเหนี่ยวนำของมัน หรืออัตราส่วนของแรงดันไฟฟ้ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้า ซึ่งมีหน่วยเป็น Henries (H) ตัวเหนี่ยวนำมีค่าปกติตั้งแต่ 1 μH (10^{-6}H) จนถึง 1 H ตัวเหนี่ยวนำจำนวนมากมีแกนเป็นแม่เหล็กที่ทำจากเหล็ก หรือเฟอร์ไรต์ภายในคอยล์ เหมือนกับตัวเก็บประจุและตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำเป็นหนึ่งในสามชิ้นส่วนวงจรเชิงเส้นแบบพาสซีฟที่ประกอบขึ้นเป็นวงจรไฟฟ้า ตัวเหนี่ยวนำถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กระแสสลับ (AC) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุปกรณ์วิทยุ มันถูกใช้ป้องกันการไหลของกระแส AC ขณะที่ยอมให้กระแส DC ผ่านไปได้ ตัวเหนี่ยวนำที่ถูกออกแบบมาเพื่อการนี้จะเรียกว่าโช๊ค (อังกฤษ: *choke*) มันยังถูกใช้ในตัวกรองอิเล็กทรอนิกส์เพื่อแยกสัญญาณที่มีความถี่ที่แตกต่างกันและใช้ร่วมกับตัวเก็บประจุเพื่อทำเป็นวงจรปรับหาความถี่ (อังกฤษ: *tuner*) ที่ใช้ในการปรับหาคลื่นสถานีของเครื่องรับวิทยุและโทรทัศน์



รูปภาพที่ 2.10 ตัวเหนี่ยวนำทั่วไป

2.6.2.ตัวเหนี่ยวนำในอุดมคติและของจริง

ทางทฤษฎีวงจร หรือ ตัวเหนี่ยวนำในอุดมคติ คือการที่ตัวเหนี่ยวนำ ไม่มีความต้านทานหรือการเก็บประจุ และไม่กระจายหรือแผ่พลังงานความร้อน อย่างไรก็ตาม ตัวเหนี่ยวนำของจริงมี โดยการมีของตัวต้านทาหรือการเก็บประจุจะทำให้พฤติกรรมของมันต่างไปจากรูปแบบทางอุดมคติของ โดยหากมันมีความต้านทาน และ มีการเก็บประจุ (เนื่องจากหากมีความต้านทานของลวดพลังงานจะสูญเสียในทุก ๆ วัสดุที่เป็นแกน) และที่มีการเก็บประจุ (เนื่องจากหากมีสนามไฟฟ้าระหว่างรอบของลวดจะส่งผลให้มีศักยภาพที่แตกต่างกันเล็กน้อยในแต่ละจุด) ที่ความถี่สูง การเก็บประจุเริ่มต้นจะส่งผลต่อพฤติกรรมของการเหนี่ยวนำ ที่ความถี่สูง การเก็บประจุเริ่มต้นที่จะส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมของการเหนี่ยวนำ, ที่บางความถี่ ตัวเหนี่ยวนำจริงจะทำตัวเป็นวงจรเรโซแนนท์กลายเป็นเรโซแนนท์ตัวเอง ที่สูงกว่าความถี่เรโซแนนท์ปฏิกิริยาของการเก็บประจุ (อังกฤษ: *capacitive reactance*) จะกลายเป็นส่วนหนึ่งของอิมพีแดนซ์ที่ครอบงำ ที่ความถี่ที่สูงกว่าการสูญเสียในตัวต้านทานในขดลวดจะเพิ่มขึ้นเนื่องจาก skin effect และ proximity effect

ตัวเหนี่ยวนำที่ใช้แกนเป็น ferromagnetic จะมีการสูญเสียพลังงานเพิ่มเติมจากการกระแส hysteresis และ กระแสไหลวน ในแกน ซึ่งจะเพิ่มตามความถี่ ที่ กระแสสูง ตัวเหนี่ยวนำแกนเหล็กยังแสดงให้เห็นการทยอยออกจากพฤติกรรมในอุดมคติเนื่องจากการไม่เป็นเชิงเส้นที่เกิดจากการอิ่มตัวแม่เหล็กของแกน ตัวเหนี่ยวนำอาจแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าในพื้นที่โดยรอบและในวงจร และอาจดูดซับการปล่อยแม่เหล็กไฟฟ้าจากวงจรอื่น ๆ ก่อให้เกิดการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (อังกฤษ: electromagnetic interference) หรือ EMI การใช้งานตัวเหนี่ยวนำในโลกแห่งความเป็นจริงอาจจะพิจารณาพารามิเตอร์ปรสิตเหล่านี้ว่าเป็นสิ่งที่สำคัญเท่ากับค่าความเหนี่ยวนำ

2.6.3 การประยุกต์ใช้

ตัวเหนี่ยวนำแกนเหล็กสามเฟสขนาด 50 MVAR ที่กำลังโหลดที่สถานียูทิลิตี้เยอรมัน choke "ลูกปัด" ทำจากเฟอร์ไรต์ประกอบด้วยขดลวดพันรอบเฟอร์ไรต์ทรงกระบอกใช้ถอดเสียง

รบกวนอิเล็กทรอนิกส์ออกจากสายไฟคอมพิวเตอร์ตัวอย่างของการกรองสัญญาณ การต่อวงจรแบบนี้ ตัวเหนี่ยวนำจะกั้นกระแส AC ออกขณะที่ปล่อยให้กระแส DC ผ่านไปได้ตัวอย่างของการกรองสัญญาณ การต่อวงจรแบบนี้ ตัวเหนี่ยวนำจะถอดกระแส DC ออกขณะที่ปล่อยให้กระแส AC ผ่านไปได้

ตัวเหนี่ยวนำถูกใช้อย่างกว้างขวางในวงจรแอนะล็อกและการประมวลผลสัญญาณ ตัวเหนี่ยวนำร่วมกับตัวเก็บประจุรวมตัวเป็นวงจรจูนที่สามารถดักจับหรือกรองสัญญาณที่มีความถี่ที่เฉพาะเจาะจง ช่วงจากการใช้งานมีตั้งแต่ตัวเหนี่ยวนำขนาดใหญ่ในแหล่งจ่ายไฟ เมื่อทำงานร่วมกับตัวเก็บประจุกรอง จะสามารถถอดเสียงฮัมที่เรียกว่าเสียงฮัมจากสายไฟหรือจากความผันผวนของกระแสตรงเอาต์พุตที่ยังเหลือค้างอยู่ออก จนถึงตัวเหนี่ยวนำเล็ก ๆ ของลูกปัดหรือห่วงเฟอร์ไรต์ที่ติดตั้งรอบสายไฟเพื่อป้องกันการรบกวนจากความถี่วิทยุที่ถูกส่งมาจากสายไฟเมนส์ อีกตัวอย่างหนึ่งได้แก่วงจรผสมตัวเหนี่ยวนำ/ตัวเก็บประจุจะเป็นวงจรการจูนใช้ในการรับและส่งสัญญาณวิทยุ ตัวเหนี่ยวนำถูกใช้เป็นอุปกรณ์จัดเก็บพลังงานในแหล่งจ่ายไฟแบบ switched-mode หลายระบบเพื่อผลิตกระแส DC ตัวเหนี่ยวนำจะยังคงจ่ายพลังงานให้กับวงจรเพื่อให้กระแสไฟฟ้ายังไหลในระหว่างระยะเวลาที่สวิตช์ "ปิด"

ตัวเหนี่ยวนำถูกนำมาใช้ในระบบการส่งไฟฟ้า ที่มันจะถูกใช้เพื่อจำกัดกระแสที่สลับและกระแสผิดพลาด ในสาขานี้ มันมักจะถูกเรียกว่า reactor

เพราะว่า ตัวเหนี่ยวนำมีผลข้างเคียงที่มีความซับซ้อน (รายละเอียดด้านล่าง) ซึ่งทำให้มันมีพฤฒิกรรมที่ออกจากพฤติกรรมอุดมคติ เพราะมันสามารถแผ่การรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้า (EMI) และที่มากที่สุด เพราะว่าความเป็นกลุ่มของพวกมันที่ป้องกันพวกมันไม่ให้ถูกบรรจุลงบนชิปเซมิคอนดักเตอร์ การใช้ตัวเหนี่ยวนำกำลังลดลงในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทันสมัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุปกรณ์พกพาขนาดเล็ก ตัวเหนี่ยวนำจริงกำลังถูกแทนที่เพิ่มมากขึ้นด้วยวงจรแอคทีฟ เช่น gyrator ที่สามารถสังเคราะห์การเหนี่ยวนำโดยใช้ตัวเก็บประจุ

2.6.4 โครงสร้างตัวเหนี่ยวนำ

ตัวเหนี่ยวนำแกนเฟอร์ไรต์กับสองขดลวดขนาด 20mH

รูปภาพที่ 2.11 ตัวเหนี่ยวนำแกนเฟอร์ไรต์

ตัวเหนี่ยวนำมักจะประกอบด้วยคอยล์ของวัสดุตัวนำ ทั่วไปจะเป็นลวดทองแดงหุ้มฉนวน พันรอบแกนที่ทำจากพลาสติกหรือวัสดุ ferromagnetic (หรือ ferrimagnetic); วัสดุที่ทำจากวัสดุ ferromagnetic เรียกว่าตัวเหนี่ยวนำ "แกนเหล็ก" การซึมผ่านสูงของแกน ferromagnetic จะเพิ่ม สนามแม่เหล็กที่วนเวียนใกล้ชิดกับตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งจะเพิ่มค่าการเหนี่ยวนำ ตัวเหนี่ยวนำความถี่ต่ำจะถูกสร้างเหมือนหม้อแปลงไฟฟ้า ที่มีแกนเป็นเหล็กชั้นบาง ๆ เพื่อป้องกันกระแสไหลวน เฟอร์ไรท์แบบ 'นุ่ม' จะถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในแกนความถี่เหนือเสียงออดิโอ เนื่องจากพวกมันไม่ก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานขนาดใหญ่ความถี่สูงที่จะเกิดในเหล็กผสมธรรมดา

ตัวเหนี่ยวนำมาในรูปทรงหลายรูปแบบ ส่วนใหญ่จะถูกสร้างเป็นลวดเคลือบผิวหน้า (ลวดแม่เหล็ก) พันรอบกระสวยเฟอร์ไรต์ที่มีลวดโผล่ออกมาด้านนอก ขณะที่บางตัวคลุมลวดอย่างมิดชิดในเฟอร์ไรต์และถูกเรียกว่าเป็น "เกราะ" ตัวเหนี่ยวนำบางตัวมีแกนปรับได้ ซึ่งช่วยให้สามารถเปลี่ยนแปลง ค่าการเหนี่ยวนำได้ ตัวเหนี่ยวนำที่ใช้เพื่อกั้นความถี่สูงมากบางครั้งถูกทำโดยร้อยลูกปัดเฟอร์ไรต์ บนเส้นลวด

ตัวเหนี่ยวนำค่าขนาดเล็กยังสามารถถูกสร้างบนแผงวงจรรวมโดยใช้กระบวนการเดียวกับที่ใช้ในการทำทรานซิสเตอร์ ทั่วไปจะใช้การเชื่อมต่อระหว่างกันด้วยอะลูมิเนียมโดยจะวางในรูปแบบ ม้วนเป็นเกลียว อย่างไรก็ตาม ขนาดที่เล็กจะจำกัดค่าการเหนี่ยวนำและเป็นที่พบบ่อยมาก ๆ ในการใช้วงจรที่เรียกว่า "gyrator" ที่ใช้ตัวเก็บประจุและชิ้นส่วนที่แอคทีฟเพื่อทำตัวคล้ายกับตัวเหนี่ยวนำ

2.6.5 ประเภทของตัวเหนี่ยวนำ

1. ตัวเหนี่ยวนำแกนอากาศ หม้อแปลงสั่นเกลียวดับเบิลสำหรับเครื่องส่งสัญญาณช่องว่างจุดประกาย (อังกฤษ: *spark gap transmitter*) หม้อแปลงประกอบด้วยตัวเหนี่ยวนำสองขดลวดเกลียว ตัวเหนี่ยวนำภายในจะถูกเคลื่อนย้ายเพื่อปรับการเหนี่ยวนำร่วมกันระหว่างสองขดลวด

คำว่าคอยล์แกนอากาศอธิบายตัวเหนี่ยวนำที่ไม่ได้ใช้แกนแม่เหล็กที่ทำจากวัสดุ ferromagnetic คำนี้หมายถึงคอยล์ที่พันบนพลาสติก, เซรามิกหรือรูปแบบอื่น ๆ ของวัสดุ nonmagnetic เช่นเดียวกับพวกที่มีเพียงอากาศภายในขดลวด แกนอากาศมีค่าการเหนี่ยวนำต่ำกว่าคอยล์แกน ferromagnetic แต่มักจะถูกนำมาใช้กับความถี่สูงเพราะพวกมันมีอิสระจากการสูญเสียพลังงาน ที่เรียกว่า core losse ที่เกิดขึ้นในแกน ferromagnetic ซึ่งเพิ่มขึ้นตามความถี่ ผลข้างเคียงที่อาจเกิดขึ้นในคอยล์แกนอากาศในที่ซึ่งขดลวดไม่ได้รับการยึดติดอย่างเหนียวแน่นในแบบที่เป็น 'microphony' หมายถึง การสั่นสะเทือนทางกลของขดลวดสามารถทำให้เกิดการ เปลี่ยนแปลงในการเหนี่ยวนำ

2. ตัวเหนี่ยวนำความถี่วิทยุ คอลเลกชันของตัวเหนี่ยวนำ RF, แสดง เทคนิคในการลดการสูญเสีย สามตัวด้านบนขวาและ loopstick เฟอร์ไรท์หรือแท่งเสาอากาศ เฟอร์ไรต์ ด้านล่างมีขดลวดแบบตะกร้า

ที่ความถี่สูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งความถี่วิทยุ (RF) ตัวเหนี่ยวนำมีความต้านทานและการสูญเสียอื่น ๆ สูงกว่า นอกเหนือจากทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานแล้ว ในวงจรเรโซแนนท์ สิ่งนี้สามารถลด Q facter ของวงจร เป็นการขยายแบนด์วิดธ์ ในตัวเหนี่ยวนำ RF ซึ่งส่วนใหญ่เป็นประเภทแกนอากาศ ต้องใช้เทคนิคการก่อสร้างอย่างเชี่ยวชาญเพื่อลดการสูญเสียเหล่านี้ ความสูญเสียจะเกิดจากผลกระทบต่อไปนี้

Skin effect: ความต้านทานของลวดที่มีต่อกระแสความถี่สูงจะสูงกว่าความต้านทานที่มีต่อกระแสไฟฟ้าตรง เพราะ skin effect กระแสสลับที่ความถี่วิทยุไม่ได้เจาะลึกเข้าสู่ภายในร่างกายของตัวนำแต่เดินทางไปตามพื้นผิวของมัน ดังนั้น ในลวดแข็ง พื้นที่ตัดขวางส่วนใหญ่ของเส้นลวดจะไม่ได้ถูกใช้ในการนำกระแส นอกจากจะวิ่งอยู่ในห่วงแคบบนพื้นผิว ผลกระทบนี้จะเพิ่มความต้านทานของเส้นลวดในคอยล์ ซึ่งอาจมีความต้านทานค่อนข้างสูงอยู่แล้วอันเนื่องมาจากความยาวและเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดเล็กของมัน

Proximity effect: อีกผลที่คล้ายกันที่ยังเพิ่มความต้านทานของลวดที่มีความถี่สูงคือ proximity effect ซึ่งเกิดขึ้นในสายลวดคู่ขนานที่อยู่ใกล้กัน สนามแม่เหล็กของแต่ละขดลวดที่อยู่ติดกันจะ

เหนี่ยวนำให้เกิด eddy current ในขดลวดของคอยล์ ซึ่งทำให้กระแสในตัวนำที่จะกระจุกตัวอยู่ในแถบบาง ๆ บนด้านที่อยู่ใกล้สายไฟที่อยู่ใกล้เคียง เหมือนกับ skin effect สิ่งนี้จะลดพื้นที่หน้าตัดที่มีประสิทธิภาพของสายไฟในการนำกระแส หรือเป็นการเพิ่มความต้านทานของมัน คอยล์ที่มีขดลวดสานกันแบบเพชรสำหรับวิทยุ คริสตัลคอยล์ RF ลูกปืนเฟอร์ไรต์ปรับได้โดยใช้ขดลวดด้านข้าง หรือการพันแบบคลื่นและลวด litz

Parasitic capacitance: การเก็บประจุระหว่างลวดแต่ละรอบของขดลวดของคอยล์เรียกว่า parasitic capacitance มันไม่ก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงาน แต่สามารถเปลี่ยนพฤติกรรมของคอยล์ แต่ละรอบของขดลวดมีศักย์ไฟฟ้าที่แตกต่างกันเล็กน้อย ดังนั้น สนามไฟฟ้าระหว่างรอบที่อยู่ใกล้กันจะเก็บประจุในสายลวด ดังนั้น คอยล์จะทำหน้าที่เหมือนกับว่ามันมีตัวเก็บประจุตัวหนึ่งขนานอยู่กับมัน ที่ความถี่สูงพอ ค่าตัวเก็บประจุนี้จะรีโซแนนท์กับค่าเหนี่ยวนำของขดลวด เกิดเป็นวงจรจูน ทำให้คอยล์กลายเป็น self-resonant

เพื่อลด parasitic capacitance และ proximity effect, คอยล์ RF ถูกสร้างเพื่อหลีกเลี่ยงการมีขดลวดหลาย ๆ รอบที่จะวางใกล้กันหรือขนานกัน การพันขดลวดของคอยล์ RF มักจะถูกจำกัดให้อยู่ในชั้นเดียวและรอบของขดลวดจะมีระยะที่ห่างออกจากกัน เพื่อลดความต้านทานเนื่องจาก skin effect, ในตัวเหนี่ยวนำกำลังงานสูงเช่นที่ใช้ในการส่งพลังงาน การพันลวดบางครั้งถูกทำจากแถบหรือท่อโลหะซึ่งมีพื้นที่ผิวขนาดใหญ่ขึ้นและพื้นผิวถูกชุบด้วยเงิน

ขดลวดสานแบบตะกร้า: เพื่อ proximity effect และ parasitic capacitance คอยล์ RF หลายชั้นถูกพันในรูปแบบรอบที่ต่อเนื่องจะไม่ขนานกัน แต่สลับกันไปมา การทำแบบนี้มักจะถูกเรียกว่า คอยล์รังผึ้งหรือคอยล์สานแบบตะกร้า พวกมันมักจะถูกพันบนฐานแนวตั้งฉนวนด้วยเดือยหรือ ช่องที่มีลวดสานเข้าออกผ่านช่องนั้น ปกติจะเป็นข้างบนหนึ่งข้างล่างหนึ่งหรือข้างบนหนึ่งข้างล่างสอง การทำแบบนี้จะถูกเรียกว่าคอยล์สานแบบตะกร้า รูปแบบจะมีจำนวนช่องเป็นเลขคี่ ดังนั้นรอบของขดลวดที่ต่อเนื่องกันจะถูกวางอยู่บนด้านตรงข้ามของรูปแบบ เป็นการเพิ่มการแยกออกจากกัน

คอยล์ใยแมงมุม: เทคนิคการก่อสร้างอีกอย่างหนึ่งที่มีข้อได้เปรียบที่คล้ายกันคือคอยล์รูปเกลียวแบน พวกมันมักถูกพันบนฐานฉนวนที่แบนและมีซี่ลวดหรือช่องรัศมีกับการทอเส้นลวดเข้าและออกผ่านช่องเหล่านี้ สิ่งนี้จะถูกเรียกว่าคอยล์ใยแมงมุม รูปแบบมีจำนวนช่องเป็นเลขคี่ ดังนั้นรอบที่ต่อเนื่องกันจะถูกวางอยู่ด้านตรงข้ามของรูปแบบและเป็นการเพิ่มการแยกออกจากกัน

ลวด Litz : เพื่อลดความสูญเสียจาก skin effect, บางคอยล์ถูกพันด้วยสายไฟ RF ชนิดพิเศษที่เรียกว่า ลวด litz แทนที่จะเป็นตัวนำเดี่ยวแข็ง ลวด litz ประกอบด้วยหลายเส้นลวดถัก

ขนาดเล็กที่นำกระแส ไม่เหมือนลวดถักทั่วไป ลวดถักแบบนี้เป็นฉนวนซึ่งกันและกัน เพื่อป้องกัน skin effect จากการบังคับกระแสไม่ให้ไปที่ผิวและถูกบิดเข้าด้วยกัน รูปแบบการบิดก็เพื่อให้แน่ใจว่า แต่ละเส้นลวดที่ถักจะใช้ความ

ยาวเท่ากันที่ด้านนอกของมัดขดลวดเพื่อให้ skin effect กระจายกระแสอย่างเท่าเทียมกันระหว่างเส้นถัก ซึ่งมีผลให้พื้นที่หน้าตัดในการนำกระแสใหญ่กว่าลวดสายเดี่ยวที่มีขนาดเท่ากัน

รูปภาพที่ 2.12 โช๊ควิทยุ MF หรือ HF

3. ตัวเหนี่ยวนำแกน ferromagnetic ความหลากหลายของประเภทของตัวเหนี่ยวนำและหม้อแปลงแกนเฟอร์ไรต์ตัวเหนี่ยวนำแกน ferromagnetic หรือแกนเหล็กใช้แกนแม่เหล็กที่ทำจากวัสดุ ferromagnetic หรือ ferrimagnetic เช่นเหล็กหรือเฟอร์ไรต์เพื่อเพิ่มการเหนี่ยวนำ แกนแม่เหล็กสามารถเพิ่มการเหนี่ยวนำของคอยล์หลายพันเท่าโดยการเพิ่มสนามแม่เหล็กเนื่องจากการซึมผ่านแม่เหล็กมีค่าสูง อย่างไรก็ตาม คุณสมบัติของแม่เหล็กของวัสดุแกนทำให้เกิดผลข้างเคียงหลายประการที่ เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของตัวเหนี่ยวนำและต้องการสร้างขึ้นเป็นพิเศษ ได้แก่

รูปภาพที่ 2.13 ตัวเหนี่ยวนำและหม้อแปลงแกนเฟอร์ไรต์

Core losses: กระแสที่แปรตามเวลาในตัวเหนี่ยวนำ ferromagnetic ที่ทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก ที่แปรตามเวลาในแกนของมัน ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานในวัสดุแกนที่มีการกระจายความร้อนเนื่องจากสองกระบวนการนี้:

Eddy currents: จากกฎของการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ การเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดการไหลเวียนของกระแสไฟฟ้าในแกนโลหะนำไฟฟ้า พลังงานในกระแส เหล่านี้จะกระจายไปเป็นความร้อนในความต้านทานของวัสดุแกน ปริมาณของพลังงานที่หายไปจะเพิ่มขึ้นตามพื้นที่ในวงของกระแส

hysteresis : การเปลี่ยนหรือการย้อนกลับของสนามแม่เหล็กในแกนกลางยังทำให้เกิดการสูญเสียอันเนื่องมาจากการเคลื่อนไหวของโดเมนแม่เหล็กเล็กๆที่มันถูกประกอบขึ้น การสูญเสียพลังงานจะเป็นสัดส่วนกับพื้นที่ของห่วง hysteresis ในกราฟ BH ของวัสดุแกน วัสดุที่มี coercivity ต่ำ มีลูป hysteresis แคบและเลยทำให้การสูญเสีย hysteresis ต่ำ

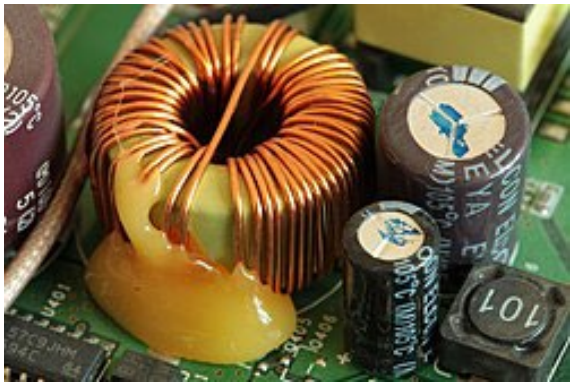
สำหรับทั้งสองกระบวนการนี้ พลังงานสูญเสียต่อรอบของกระแสสลับเป็นค่าคงที่ ดังนั้นการสูญเสียที่แกนจะเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงกับความถี่ การคำนวณ core loss แบบออนไลน์ ใช้ในการคำนวณการสูญเสียพลังงาน การใช้อินพุท เช่น แรงดันอินพุท, แรงดันเอาต์พุต, กระแสเอาต์พุต, ความถี่, อุณหภูมิแวดล้อมและการเหนี่ยวนำ เครื่องคิดเลขเหล่านี้สามารถทำนายการสูญเสียของแกนของตัวเหนี่ยวนำและ AC/DC ขึ้นอยู่กับสภาพการใช้งานของวงจรที่กำลังถูกใช้

การไม่เป็นเชิงเส้น: ถ้ากระแสผ่านคอยล์แกน ferromagnetic มีขนาดสูงพอที่แกนแม่เหล็กอิ่มตัว การเหนี่ยวนำจะไม่รักษาความคงที่ แต่จะเปลี่ยนไปตามกระแสที่ผ่านอุปกรณ์ สิ่งนี้เรียกว่าความไม่เป็นเชิงเส้น และเป็นผลในการบิดเบือนของสัญญาณ ตัวอย่างเช่น สัญญาณเสียงออดิโอ สามารถประสบความลำบากเนื่องจากการบิดเบือนแบบ intermodulation ในตัวเหนี่ยวนำที่อิ่มตัว เพื่อป้องกันการนี้ ในวงจรเชิงเส้น กระแสผ่านตัวเหนี่ยวนแกนเหล็กจะต้องถูกจำกัดให้ต่ำกว่าระดับความอิ่มตัว บางแกนแผ่นบางซ้อนกันมีช่องว่างอากาศแคบเพื่อจุดประสงค์นี้ และแกนเหล็กผงจะมีช่องว่างอากาศกระจาย สิ่งนี้จะช่วยให้ระดับของฟลักซ์แม่เหล็กสูงขึ้นและกระแสผ่านการเหนี่ยวนำจึงสูงขึ้นด้วยก่อนที่มันจะ saturates

4. ตัวเหนี่ยวนำแกนแผ่นบางซ้อนกัน ตัวเหนี่ยวนำบัลลาสต์แกนเหล็กแผ่นบางซ้อนกัน สำหรับโคมไฟโลหะฮาไลด์ตัวเหนี่ยวนำความถี่ต่ำมักจะถูกทำขึ้นด้วยแกนแผ่นบางซ้อนกันเพื่อป้องกัน eddy cuurent โดยใช้การสร้างคล้ายกับหม้อแปลง แกนถูกทำจากชั้นเหล็กแผ่นบางหรือ laminations วางให้ขนานไปกับสนามแม่เหล็ก กับการเคลือบฉนวนบนผิวหน้า ฉนวนจะป้องกัน

eddy current ระหว่างแผ่นบางด้วยกัน ดังนั้นกระแสที่เหลืออยู่จะต้องอยู่ในพื้นที่ตัดขวางของแต่ละแผ่นบาง ๆ นั้น เป็นการลดพื้นที่ของวงและทำให้ลดการสูญเสียพลังงานอย่างมาก laminations ถูกทำจากเหล็ก ซิลิกอนที่มี coercivity ต่ำเพื่อลดการสูญเสีย hysteresis

สำหรับความถี่สูง แกนของตัวเหนี่ยวนำจะทำด้วยเฟอร์ไรต์ เฟอร์ไรท์เป็นวัสดุ ferrimagnetic เซรามิกที่ไม่นำไฟฟ้า ดังนั้น eddy current จึงไม่สามารถไหลอยู่ภายใน สูตรของเฟอร์ไรต์เป็น $xxFe_2O_4$ เมื่อ xx แทนโลหะชนิดต่าง ๆ สำหรับแกนของตัวเหนี่ยวนำจะใช้แม่เหล็กอ่อน ซึ่งมี coercivity ต่ำและการสูญเสีย hysteresis ต่ำ วัสดุอื่นที่คล้ายกันคือผงเหล็กที่ถูกยึดด้วยสารยึดเกาะ5. ตัวเหนี่ยวนำแกน Toroid ในตัวเหนี่ยวนำที่พันสายตัวนำบนแกนรูปแท่งตรง เส้นสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากปลายด้านหนึ่ง ของแกนจะต้องผ่านอากาศก่อนที่จะเข้าสู่แกนที่ปลายอีกด้านหนึ่ง ซึ่งจะช่วยลดสนาม เพราะเส้นทางสนามแม่เหล็กอยู่ในอากาศมากกว่าวัสดุแกนที่มีการซึมผ่านสูงกว่า สนามแม่เหล็กและค่าความเหนี่ยวนำที่สูงกว่าสามารถทำสำเร็จได้โดยการสร้างรูปแกนในวงจรแม่เหล็กปิด เส้นสนามแม่เหล็กสร้างรูปแบบ closed loops ภายในแกนโดยไม่ต้องออกจากวัสดุแกน รูปร่างที่มักจะถูกใช้คือแกนเฟอร์ไรท์แบบ toroid หรือแบบโดนัท เพราะความสมมาตรของมันแกนแบบ toroid ยอมให้ขนาดต่ำสุดของฟลักซ์แม่เหล็กสามารถหลบหนีออกไปข้างนอกแกน (เรียกว่าฟลักซ์รั่ว) ดังนั้นมันจึงแผ่การรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าน้อยกว่ารูปทรงอื่น ๆ คอยล์ที่มีแกน Toroid ถูกผลิตจากวัสดุต่าง ๆ โดยมีเฟอร์ไรต์, เหล็กผงและแกนแผ่นบางซ้อนเป็นหลัก



รูปภาพที่ 2.14 ตัวเหนี่ยวนำแบบ Toroid

2.7 คาปาซิเตอร์ (Capacitor)

ตัวเก็บประจุ หรือ คาปาซิเตอร์ เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อย่างหนึ่ง ทำหน้าที่เก็บพลังงานในรูปสนามไฟฟ้า ที่สร้างขึ้นระหว่างคู่ฉนวน โดยมีค่าประจุไฟฟ้าเท่ากัน แต่มีชนิดของประจุตรงข้ามกัน บ้างเรียกตัวเก็บประจุนี้ว่า คอนเดนเซอร์ (condenser) แต่ส่วนใหญ่เรียกสั้น ๆ ว่า แคป (Cap)

เป็นอุปกรณ์พื้นฐานสำคัญในงานอิเล็กทรอนิกส์ และพบได้แทบทุกวงจร มีคุณสมบัติตรงข้ามกับตัวเหนี่ยวนำ จึงมักใช้หักล้างกันหรือทำงานร่วมกันในวงจรต่าง ๆ เป็นหนึ่งในสามชิ้นส่วนวงจรเชิงเส้นแบบพาสซีฟที่ประกอบขึ้นเป็นวงจรไฟฟ้า ในระบบจ่ายไฟฟ้าใช้ตัวเก็บประจุเป็นชุดหลายตัวเพิ่มค่าตัวประกอบกำลัง (Power factor) ให้กับระบบไฟฟ้าที่เรียกว่า แคปแบงค์ (Cap Bank) ตัวเก็บประจุบางชนิดในอนาคตมีความเป็นไปได้สูงที่จะถูกนำมาใช้แทนแบตเตอรี่ เช่น ตัวเก็บประจุยิ่งยวด (Supercapacitor)

2.7.1 ลักษณะทางกายภาพ

ตัวเก็บประจุนั้นประกอบด้วยขั้วไฟฟ้า (หรือเพลต) 2 ขั้ว แต่ละขั้วจะเก็บประจุชนิดตรงกันข้ามกัน ทั้งสองขั้วมีสภาพความจุ และมีฉนวนหรือไดอิเล็กตริกเป็นตัวแยกคั่นกลาง ประจุนั้นถูกเก็บไว้ที่ผิวหน้าของเพลต โดยมีไดอิเล็กตริกกั้นเอาไว้ เนื่องจากแต่ละเพลตจะเก็บประจุชนิดตรงกันข้าม แต่มีปริมาณเท่ากัน ดังนั้นประจุสุทธิในตัวเก็บประจุ จึงมีค่าเท่ากับ ศูนย์ เสมอ

รูปภาพที่ 2.15 คาปาซิเตอร์

2.7.2 การทำงานของตัวเก็บประจุ

การเก็บประจุ คือ การเก็บอิเล็กตรอนไว้ที่เพลตของตัวเก็บประจุ เมื่อนำแบตเตอรี่ต่อกับตัวเก็บประจุ อิเล็กตรอนจากขั้วลบของแบตเตอรี่ จะเข้าไปรวมกันที่แผ่นเพลต ทำให้เกิดประจุลบขึ้นและยังส่งสนามไฟฟ้าไป ผลักอิเล็กตรอนของแผ่นเพลตตรงข้าม ซึ่งโดยปกติในแผ่นเพลตจะมีประจุเป็น + และ - ปะปนกันอยู่ เมื่ออิเล็กตรอนจากแผ่นเพลตนี้ถูก ผลักให้หลุดออกไปแล้วจึงเหลือประจุบวกมากกว่าประจุลบ ยิ่งอิเล็กตรอนถูกผลักออกไปมากเท่าไร แผ่นเพลตนั้นก็จะเป็นบวกมากขึ้นเท่านั้น

การคายประจุ ตัวเก็บประจุที่ถูกประจุแล้ว ถ้าเรายังไม่นำขั้วตัวเก็บประจุมาต่อกัน อิเล็กตรอนก็ยังคงอยู่ที่แผ่นเพลต แต่ถ้ามีการครบวงจร ระหว่างแผ่นเพลตทั้งสองเมื่อไร อิเล็กตรอนก็จะวิ่งจากแผ่นเพลตทางด้านลบ ไปครบวงจรที่แผ่นเพลตบวกทันที เราเรียกว่า "การคายประจุ"

2.7.3 ชนิดของตัวเก็บประจุ

ชนิดของตัวเก็บประจุแบ่งตามวัสดุการใช้งานแบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ

2.7.3.1 ตัวเก็บประจุชนิดคงที่ Fixed capacitorCapacitor ชนิดนี้จะมีขั้วบวกและขั้วลบบอกไว้ ส่วนใหญ่จะเป็นแบบกลมดังนั้น การนำไปใช้งานจะต้องคำนึงถึงการต่อขั้วให้กับ Capacitor ด้วย จะสังเกตขั้วง่าย ๆ ขั้วไหนที่เป็นขั้วลบจะมีลูกศรชี้ไปที่ขั้วนั้น และในลูกศรจะมีเครื่องหมายลบบอกเอาไว้

1. ตัวเก็บประจุแบบกระดาษ (Paper capacitor) ตัวเก็บประจุแบบกระดาษ นำไปใช้งานซึ่งต้องการค่าความต้านทานของฉนวนที่มี ค่าสูง และ มีเสถียรภาพต่ออุณหภูมิสูงได้ดี มีค่าความจุที่ดีในย่านอุณหภูมิที่กว้าง

2. ตัวเก็บประจุแบบไมก้า (Mica capacitor) ตัวเก็บประจุแบบไมก้านี้ จะมีเสถียรภาพต่ออุณหภูมิ และ ความถี่ดี มีค่าตัวประกอบการสูญเสียต่ำ และ สามารถทำงาน ได้ดีที่ความถี่สูง จะถูกนำมาใช้ในงานหลายอย่าง เช่น ในวงจะจูนวงจรออสซิสเตอร์ วงจรกรองสัญญาณและวงจรขยายความถี่วิทยุกำลังสูง จะไม่มีการผลิตตัวเก็บประจุแบบไมก้าค่าความจุสูง ๆ ออกมาเนื่องจากไมก้ามีราคาแพง จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการผลิตสูงเกินไป

3. ตัวเก็บประจุแบบเซรามิก (Ceramic capacitor) ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก โดยทั่วไปตัวเก็บประจุชนิดนี้มีลักษณะกลม ๆ แบน ๆ บางครั้งอาจพบแบบสี่เหลี่ยมแบน ๆ ส่วนใหญ่ตัวเก็บประจุชนิดนี้ มีค่าน้อยกว่า 1 ไมโครฟารัด และเป็นตัวเก็บประจุชนิดที่ไม่มีขั้ว และสามารถทนแรงดันได้ประมาณ 50-100 โวลต์ค่าความจุของตัวเก็บประจุชนิดเซรามิกที่มีใช้กันในปัจจุบันอยู่ในช่วง 1 พิโกฟารัด ถึง 0.1 ไมโครฟารัด

4. ตัวเก็บประจุแบบอิเล็กโทรไลติก (Electrolytic capacitor) ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรไลติกตัวเก็บประจุชนิดนี้ต้องระวังในการนำไปใช้งานด้วย เพราะมีขั้วที่แน่นอนพิมพ์ติดไว้ด้านข้างตัวถังอยู่แล้ว ถ้าป้อนแรงดันให้กับตัวเก็บประจุผิดขั้วอาจเกิดความเสียหายกับตัวมันและอุปกรณ์ที่ประกอบร่วมกันได้ขั้วของตัวเก็บประจุชนิดนี้สังเกตได้ง่ายๆ เมื่อตอนซื้อมา คือ ขาที่ยาวจะเป็นขั้วบวกและขาที่สั้นจะเป็นขั้วลบ

5. ตัวเก็บประจุแบบแทนทาลั่ม จะให้ค่าความจุสูงในขณะที่ตัวถังที่บรรจุมีขนาดเล็กและมีอายุในการเก็บรักษาดีมาก ตัวเก็บประจุแบบแทนทาลั่มนี้มีหลายชนิดให้เลือกใช้ เช่น ชนิดโซลิต (solid type) ชนิดซินเทอร์สลัก (sintered slug) ชนิดฟอลย์ธรรมดา (plain foil) ชนิดเอ็ชฟอยล์ (etched foil) ชนิดเว็ทสลัก (wet slug) และ ชนิดชิป (chip) การนำไปใช้งานต่าง ๆ ประกอบด้วย วงจรกรองความถี่ต่ำ วงจรส่งผ่านสัญญาณชนิดโซลิตนั้นไม่ไวต่ออุณหภูมิ และ มีค่าคุณ สมบัติระหว่างค่าความจุอุณหภูมิต่ำกว่า ตัวเก็บประจุ แบบอิเล็กทรอไลติกชนิดใด ๆ สำหรับงานที่ตัวเก็บประจุแบบแทนทาลั่มไม่เหมาะกับ วงจรตั้งเวลาที่ใช้ RC ระบบกระตุ้น (triggering system) หรือ วงจรเลื่อนเฟส (phase - shift net work) เนื่องจากตัวเก็บประจุแบบนี้ มีค่าคุณสมบัติของการดูดกลืนของไดอิเล็กตริก สูง ซึ่งหมายถึงเมื่อตัวเก็บประจุถูกคายประจุ สารไดอิเล็กตริกยังคงมีประจุหลงเหลืออยู่ ดังนั้นแม้

ว่าตัวเก็บประจุที่มีคุณสมบัติของ การดูดกลืนของสารไดอิเล็กตริกสูงจะถูกคายประจุประจุจนเป็นศูนย์แล้วก็ตาม จะยังคงมีประจุเหลืออยู่เป็นจำนวนมากพอ ที่ จะทำ ให้เกิดปัญหาในวงจรตั้งเวลา และวงจรอื่นที่คล้ายกัน

2.7.3.2 ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้ Variable capacitor เป็น Capacitor ชนิดที่ไม่มีค่าคงที่ ซึ่งจะมีการนำวัสดุต่าง ๆ มาสร้างขึ้นเป็น Capacitor โดยทั่วไปจะมีค่าความจุไม่มากนัก โดยประมาณไม่เกิน 1 ไมโครฟารัด (m F) Capacitor ชนิดนี้เปลี่ยนค่าความจุได้ จึงพบเห็นอยู่ ในเครื่องรับวิทยุต่าง ๆ ซึ่งเป็นตัวเลือกหาสถานีวิทยุโดยมีแกนหมุน Trimmer หรือ Padder เป็น Capacitor ชนิดปรับค่าได้ ซึ่งคล้าย ๆ กับ Variable Capacitor แต่จะมีขนาดเล็กกว่า การใช้ Capacitor แบบนี้ถ้าต่อในวงจรแบบอนุกรมกับวงจรเรียกว่า Padder Capacitor ถ้านำมาต่อขนานกับวงจร เรียกว่า Trimmer

2.8 มอตเฟต (Morphate)

มอสเฟต (MOSFET - Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) คือ ทรานซิสเตอร์ชนิดหนึ่งที่ใช้ สนามไฟฟ้าควบคุมการไหลของกระแส ระหว่างขั้วเดรน (Drain) และซอร์ส (Source) โดยป้อนแรงดันที่ขาเกต (Gate) ทำให้มีคุณสมบัติเด่นคือใช้พลังงานต่ำ, สวิตช์ได้เร็ว, และมีขนาดเล็ก นิยมใช้สร้างวงจรดิจิทัล (เช่น CPU, หน่วยความจำ) และวงจรขยายกำลังในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ยุคใหม่ เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงและเป็นส่วนประกอบสำคัญใน ICs.

2.7.3 หลักการทำงานของมอตเฟต

1. ใช้สนามไฟฟ้าควบคุม: แรงดันที่ป้อนเข้าขาเกต (G) สร้างสนามไฟฟ้าไปควบคุมความนำไฟฟ้าของช่อง (Channel) ระหว่างเดรน (D) และซอร์ส (S).

2. ทำงานเป็นสวิตช์หรือแอมพลิฟายเออร์: สามารถเปิด-ปิด (สวิตช์) กระแสไฟฟ้าหรือขยายสัญญาณได้

2.7.4 ประเภทหลักของมอตเฟต

1. N-Channel MOSFET: ใช้แรงดันบวกที่เกตเพื่อสร้างช่องและให้กระแสไหล (อิเล็กตรอน).

2. P-Channel MOSFET: ใช้แรงดันลบที่เกตเพื่อสร้างช่องและให้กระแสไหล (โฮล).

3. E-MOSFET (Enhancement Mode): ช่องจะถูกสร้างขึ้นเมื่อมีแรงดันที่เกต.

4. D-MOSFET (Depletion Mode): ช่องมีอยู่แล้ว และแรงดันที่เกตจะลดการนำไฟฟ้าลง.

2.7.5 การใช้งานของมอตเฟต

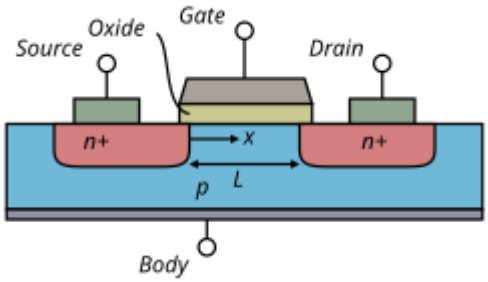
1. วงจรดิจิทัลสร้างเกตตรรกะ (Logic Gates) ในไมโครโปรเซสเซอร์, หน่วยความจำ.
2. วงจรกำลังแหล่งจ่ายไฟแบบสวิตชิ่ง (SMPS), อินเวอร์เตอร์,ไดรฟ์มอเตอร์.
3. วงจรอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องขยายเสียง,ออสซิลเลเตอร์,มิกเซอร์ในวิทยุ.

2.7.6 โครงสร้างของ MOSFET

MOSFET ประกอบด้วยสามส่วน คือ GATE เป็นส่วนที่ทำมาจากออกไซด์ของโลหะ โดยสร้างให้เกิดความต่างศักย์ตกคร่อมระหว่างแผ่นสองแผ่นเพื่อ สร้างสนามไฟฟ้าเพื่อควบคุมการเข้าออกของสัญญาณไฟฟ้า

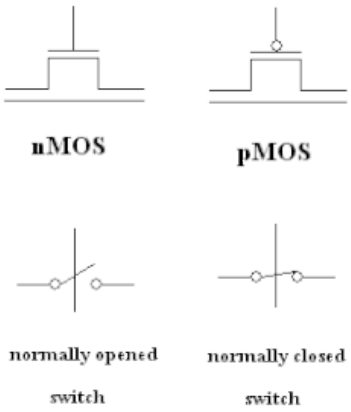
SOURCE เป็นส่วนขาเข้าของสัญญาณ

DRAIN เป็นส่วนขาออกของสัญญาณ



รูปภาพที่ 2.16 โครงสร้างของ MOSFE

2.7.7 สัญลักษณ์ดิจิทัลของ MOSFET

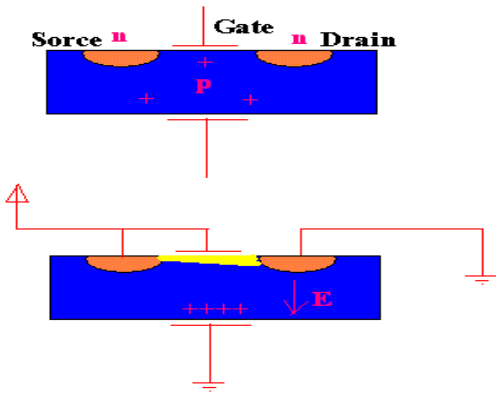


รูปภาพที่ 2.17 สัญลักษณ์ดิจิทัลของ MOSFET

MOSFET ในทางดิจิทัลถูกมองว่าเป็นสวิตซ์ โดย nMOS จะเป็นสวิตซ์ที่เมื่อสัญญาณเข้าเป็น "1" สวิตซ์ก็จะปิด ถ้าไม่สวิตซ์ก็ยังเปิดอยู่ (normal opened switch) ส่วน pMOS จะเป็นสวิตซ์ที่เมื่อสัญญาณเข้า

เป็น "1" สวิตซ์ก็จะเปิด ถ้าไม่สวิตซ์ก็จะปิดอยู่ (normal closed switch) และสัญลักษณ์ทั่วไปจะมีสามขา ขากลางเป็น gate ส่วนอีกสองขาคือ sorce และ drain โดยใช้ใน nMOS เป็นหลักเพื่อสื่อสัญลักษณ์เดียวกับทรานซิสเตอร์ทั่วไปคือ ไฟขา base ไหล ขา Collector จะต่อกับ Emittor ส่วน pMOS ก็จะใส่ bubble ที่ขา gate

2.7.6 การทำงาน MOSFET



รูปภาพที่ 2.18 การทำงาน MOSFET

nomos เมื่อปล่อยความต่างศักย์สูง จะเกิดสนามไฟฟ้าในทิศลงอย่างแรง โฮลใน p-type จะถูกผลักลงมาอยู่ด้านล่าง (ตามรูปที่ประกอบข้างบน) ประกอบกับมีอิเล็กตรอนอิสระบางส่วนถูกดูดขึ้นไปด้านบน ส่งผลให้บริเวณด้านบนมีอิเล็กตรอนอิสระมากจนเป็น n-type ได้เรียกว่า channel สัญญาณไฟฟ้าก็จะไหลผ่านช่วง channel นี้ซึ่งเป็น n-type เหมือนกับ drain และ sorce ได้โดยใช้อิเล็กตรอนอิสระเป็นพาหะ

pmas จะทำงานกลับกัน nMOS โดยเมื่อปล่อยความต่างศักย์ต่ำ (โดยมากมักจะติดลบ) จะเกิดสนามไฟฟ้าในทิศขึ้นอย่างแรง อิเล็กตรอนอิสระใน n-type จะถูกผลักลงมาอยู่ด้านล่าง ประกอบกับมีโฮลบางส่วนถูกดูดขึ้นไปด้านบน ส่งผลให้บริเวณด้านบนมีโฮลมากจนเป็น p-type ได้เรียกว่า channel สัญญาณไฟฟ้าก็จะไหลผ่านช่วง channel นี้ซึ่งเป็น p-type เหมือนกับ drain และ sorce ได้โดยใช้โฮลเป็นพาหะ

2.9 ตัวต้านทาน (Resistor)

ตัวต้านทาน หรือ รีซิสเตอร์ เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติในการต้านการไหลผ่านของกระแสไฟฟ้า ทำด้วยลวดต้านทานหรือถ่านคาร์บอน เป็นต้น[1] นั่นคือ ถ้าอุปกรณ์นั้นมีความต้านทานมาก กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจะน้อยลง เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดพาสซีฟสองขั้ว ที่สร้างความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมขั้วทั้งสอง (V) โดยมีสัดส่วนมากน้อยตามปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน (I) อัตราส่วนระหว่างความต่างศักย์ และปริมาณกระแสไฟฟ้า ก็คือ ค่าความต้านทานทางไฟฟ้า หรือค่าความต้านทานของตัวนำมีหน่วยเป็นโอห์ม (สัญลักษณ์: Ω)

รูปภาพที่ 2.19 ตัวต้านทาน

ค่าความต้านทานนี้ถูกกำหนดว่าเป็นค่าคงที่สำหรับตัวต้านทานธรรมดาทั่วไปที่ทำงานภายในค่ากำลังงานที่กำหนดของตัวมันเอง

ตัวต้านทานทำหน้าที่ลดการไหลของกระแสและในเวลาเดียวกันก็ทำหน้าที่ลดระดับแรงดันไฟฟ้าภายในวงจรทั่วไป อาจเป็นแบบค่าความต้านทานคงที่ หรือค่าความต้านทานแปรได้ เช่นที่พบในตัวต้านทานแปรตามอุณหภูมิ (อังกฤษ: thermistor), ตัวต้านทานแปรตามแรงดัน (อังกฤษ: varistor), ตัวต้านทานแปรตามแสงและตัวต้านทานปรับด้วยมือ (อังกฤษ: potentiometer)

ตัวต้านทานเป็นชิ้นส่วนธรรมดาของเครือข่ายไฟฟ้าและวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และเป็นที่แพร่หลาย ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ตัวต้านทานในทางปฏิบัติจะประกอบด้วยสารประกอบและฟิล์มต่าง ๆ เช่นเดียวกับ สายไฟต้านทาน (สายไฟที่ทำจากโลหะผสมความต้านทานสูง เช่น นิกเกิล-โครเมียม) ยังถูกนำไปใช้ในวงจรรวม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุปกรณ์แอนะล็อก และยังสามารถรวมเข้ากับวงจรไฮบริดและวงจรพิมพ์ ฟังก์ชันทางไฟฟ้าของตัวต้านทานจะถูกกำหนดโดยค่าความต้านทาน

ของมัน ตัวต้านทานเชิงพาณิชย์ทั่วไปถูกผลิตในลำดับขนาดที่มากกว่าเก้าขั้น ค่าความต้านทานที่กำหนดจะอยู่ภายในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของการผลิตตามที่ระบุไว้ ตัวต้านทานที่ถูกใช้ในการออกแบบทางอิเล็กทรอนิกส์ อาจต้องการความแม่นยำตามการใช้งานเฉพาะของมัน นอกจากนี้ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานยังอาจต้องพิจารณาในการใช้งานบางอย่าง ตัวต้านทานในทางปฏิบัติยังต้องมีการระบุระดับพลังงานสูงสุดที่ทนได้ซึ่งจะต้องเกินกว่าการกระจายความร้อนของตัวต้านทานที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในวงจรเฉพาะ สิ่งนี้เป็นข้อพิจารณาหลักในการใช้งานกับอิเล็กทรอนิกส์กำลัง ตัวต้านทานที่มีอัตรากำลังที่สูงกว่าก็จะมีขนาดที่ใหญ่กว่าและอาจต้องใช้แผ่นระบายความร้อน (heat sink) ในวงจรไฟฟ้าแรงดันสูงอาจต้องให้ความสนใจกับอัตราแรงดันการทำงานสูงสุดของตัวต้านทาน ถ้าไม่ได้พิจารณาถึงแรงดันไฟฟ้าในการทำงานขั้นต่ำสุดสำหรับตัวต้านทาน ความล้มเหลวอาจก่อให้เกิดการใหม้ของตัวต้านทาน เมื่อกระแสไหลผ่านตัวมัน

หน่วยโอห์ม (สัญลักษณ์: Ω) เป็นหน่วย SI ของความต้านทานไฟฟ้า ถูกตั้งชื่อตาม จอร์จ ไซมอนโอห์ม หนึ่งโอห์มเทียบเท่ากับหนึ่งโวลต์ต่อหนึ่งแอมแปร์ เนื่องจากตัวต้านทานถูกระบุค่าและถูกผลิตในจำนวน

ที่เยอะมาก หน่วยที่หาได้เป็นมิลลิโอห์ม(1 mΩ = 10^{-3} Ω), กิโลโอห์ม (1 kΩ = 10^{3} Ω) และ เมกะโอห์ม (1 MΩ = 10^{6} Ω) ยังมีในการใช้งานทั่วไปค่าตรงข้ามความต้านทานเรียกว่าค่า conductance ต้วย่อ

G = 1/R และมีหน่วยวัดเsiemens (หน่วย SI) บางครั้งเรียกว่า mho ดังนั้นซีเมนส์เป็นส่วนกลับโอห์ม แม้ว่าแนวคิดของ conductance มักจะถูกใช้ในการวิเคราะห์วงจร ตัวต้านทานในทางปฏิบัติจะถูกระบุไว้เสมอในแง่ของความต้านทาน (โอห์ม) มากกว่าค่า conductance

2.9.1 สัญลักษณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์

สัญลักษณ์ที่ใช้สำหรับตัวต้านทานในวงจรแตกต่างไปตามมาตรฐานของแต่ละประเทศ สัญลักษณ์ทั่วไปมีสองอย่าง ดังนี้

สัญลักษณ์ที่จะระบุค่าของตัวต้านทานในวงจรจะแตกต่างกันไปเช่นกัน สัญลักษณ์ของยุโรปเลี่ยงการใช้ตัวคั่นทศนิยมและคำนำหน้าสัญลักษณ์แบบ SI แทนสำหรับค่าเฉพาะอย่าง ตัวอย่างเช่น 8k2 ในวงจรไดอะแกรมจะบ่งชี้ค่าความต้านทานของ 8.2 kΩ เลขศูนย์ที่เพิ่มเข้าไปจะบ่งบอกถึงความ

อดทนที่เข้มงวดมาก ตัวอย่างเช่น 15M0 เมื่อค่าสามารถแสดงโดยไม่ต้องใช้คำนำหน้า SI, 'R' ถูกนำมาใช้แทนตัวคั่นทศนิยม ตัวอย่างเช่น 1R2 บ่งชี้ 1.2 Ω และ 18R แสดง 18 Ω การใช้สัญลักษณ์คำนำหน้า SI หรือตัวอักษร 'R' หลีกเลี่ยงปัญหาที่ตัวคั่นทศนิยมมีแนวโน้มที่จะ 'หายไป' เมื่อมีการถ่ายเอกสารแผนภาพวงจรพิมพ์

2.10 สว่านไฟฟ้า (electric drill)

สว่านไฟฟ้าไร้สายคือเครื่องมือเจาะและขันสกรูที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ ทำให้ พกพาสะดวก ทำงานได้ ทุกที่โดยไม่ต้องง้อปลั๊กไฟ เหมาะกับงาน DIY, งานติดตั้งเฟอร์นิเจอร์, เจาะไม้, โลหะบาง, และปูน โดยมีหลากหลายยี่ห้อ (เช่น Makita, DeWalt, Bosch) และคุณสมบัติแตกต่างกันไป ทั้งแบบมอเตอร์ไร้แปรงถ่าน (Brushless) แรงบิดสูง, ปรับความเร็ว, และมีระบบ กระแทก (Impact) สำหรับงานหนัก.

รูปภาพที่ 2.20 สว่านไฟฟ้า

2.9.1 คุณสมบัติเด่น

1. ความคล่องตัว: ใช้งานได้ทุกที่ ไม่ต้องหาปลั๊กไฟให้ยุ่งยาก.
2. พกพาสะดวก: ขนาดกะทัดรัด ไม่ต้องพกปลั๊กพ่วง.
3. ปลอดภัย: ลดความเสี่ยงจากสายไฟสะดุด.
4. อเนกประสงค์: เจาะไม้ โลหะ พลาสติก และขันสกรูได้.

2.10.2 ประเภทและรุ่นที่นิยม

1. สว่านไร้สายพื้นฐาน (12-20V):** เหมาะสำหรับงานเบาๆ เช่น เจาะไม้ พลาสติก (เช่น MAKITA 12V).

2. สว่านกระแทกไร้สาย (Impact Drill):** มีระบบกระแทกเพิ่ม เหมาะกับการเจาะปูนได้ (เช่น DEWALT DCD806S1T-B1, OSUKA 3 ระบบ).

3. สว่านไร้สาย มอเตอร์ไร้แปรงถ่าน (Brushless): ประสิทธิภาพสูง ทนทานกว่า (เช่น MASARU SCDI-105, INGCO).

2.10.3 ข้อควรพิจารณาในการเลือกซื้อ

1. แรงดันไฟฟ้า (V): ยิ่งสูงยิ่งแรง (12V, 18V, 20V).
2. ระบบ: 2 ระบบ (เจาะ+ขัน) หรือ 3 ระบบ (เจาะปูนได้).
3. มอเตอร์: Brushless (ไร้แปรงถ่าน) ทนทานและแรงกว่ามอเตอร์ธรรมดา.
4. แรงบิด (Nm): บอกถึงกำลังในการขัน (เช่น 24 Nm, 50 Nm, 100 Nm).

2.10.4 ยี่ห้อที่ได้รับความนิยม

1. Makita (มากีต้า)
2. Dewalt (ดีวอลท์)
3. Bosch (บอสช์)
4. Masaru (มาซารุ)
5. Osuka (ออสุก้า)
6. Ingco (อิงโก)

2.11 แบตสว่านไฟฟ้า (electric drill battery)

แบตเตอรี่ 20V เป็นหัวใจสำคัญของระบบเครื่องมือไร้สาย Multipower+ ที่ช่วยให้แบตเตอรี่ก้อนเดียวสามารถใช้กับเครื่องมือไร้สาย 20V ได้หลากหลายรุ่น ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายและสะดวกสบายในการใช้งาน มีแบตเตอรี่ 20V หลายขนาดความจุ โดยหลักๆ แล้วจะแบ่งเป็นซีรีส์ Ultracell+ และSupreme Power ซึ่งมีความแตกต่างกันในด้านประสิทธิภาพและคุณสมบัติ

2.11.1 ภาพรวมแบตเตอรี่ 20V

นำเสนอแบตเตอรี่ลิเรียมไอออน (Li-ion) 20V ที่มาพร้อมเทคโนโลยีที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและอายุการใช้งาน

1) Osuka Ultracell+ Battery: เป็นแบตเตอรี่มาตรฐานที่ทนทาน ใช้งานได้นาน ไม่เสื่อมง่าย มีคุณภาพสูง

2) **Supreme Power Battery:** เป็นแบตเตอรี่รุ่นท็อปที่ให้พลังงาน แรงกว่า อึดกว่า และใช้งานได้นานกว่าUltracell+ เหมาะสำหรับเครื่องมือที่ใช้พลังงานสูงและงานหนักต่อเนื่อง

2.11.2 คุณสมบัติร่วมกันที่พบในแบตเตอรี่ ส่วนใหญ่

1) Multipower+ System: แบตก้อนเดียวใช้ได้กับเครื่องมือไร้สาย 20V กว่า 35+ รายการในปัจจุบัน และจะขยายเป็น 70+ รายการในอนาคต

2) Cooling System: มีการออกแบบให้ระบายความร้อนได้ดีกว่าเดิมถึง 30% ซึ่งช่วยยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่

3) Battery Indicator: มีไฟ LED แสดงสถานะแบตเตอรี่ ทำให้ตรวจสอบระดับพลังงานที่เหลือได้ง่าย

4) Drop Protect: มียางกันกระแทกหุ้มอย่างดีในตัวเคส ช่วยป้องกันความเสียหายจากการตกหล่น

5) All New Design: มีดีไซน์ที่ทันสมัย แข็งแกร่ง และดูเป็นมืออาชีพ

2.11.3 ขนาดความจุแบตเตอรี่ 20V ที่มีให้เลือก

OSUKA มีแบตเตอรี่ 20V หลากหลายขนาดความจุตั้งแต่ 2.0 Ah ไปจนถึง 15.0 Ah เพื่อตอบสนองความต้องการใช้งานที่แตกต่างกัน

1.) OCB-202 / 2.0 Ah เหมาะสำหรับ: งานเบาๆ, เครื่องมือขนาดเล็กที่ใช้พลังงานไม่มาก เช่น สว่านขันสกรู, เครื่องเป่าลมเล็กๆ หรือเมื่อต้องการน้ำหนักเบาที่สุด

ข้อดี: น้ำหนักเบา, ชาร์จเร็ว

ข้อจำกัด: ระยะเวลาใช้งานสั้นที่สุด

2.) OCB-204 / 4.0 Ah เหมาะสำหรับ: งานทั่วไป, เครื่องมือที่ใช้งานปานกลาง เช่น สว่านกระแทก, เลื่อยจิ๊กซอว์, หรือเมื่อ ต้องการความสมดุลระหว่างน้ำหนักและระยะเวลาใช้งาน

ข้อดี: ให้ระยะเวลาใช้งานที่ยาวนานขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับ 2.0Ah

3.) OCB-205 / 5.0 Ah เหมาะสำหรับ: งานที่ต้องการระยะเวลาการทำงานที่นานขึ้นเล็กน้อย หรือเครื่องมือที่ใช้พลังงานเพิ่มขึ้น

ข้อดี: เพิ่มระยะเวลาใช้งานจาก 4.0Ah, ยังคงมีน้ำหนักที่ไม่มากเกินไป

4.) OCB-2075 / 7.5 Ah เหมาะสำหรับ: งานหนักปานกลางถึงหนัก, เครื่องมือที่ใช้พลังงานสูงขึ้น เช่น เลื่อยวงเดือน, เครื่องเจียรไร้สาย,หรือเมื่อต้องการการทำงานต่อเนื่องที่ยาวนาน

ข้อดี: ให้พลังงานและระยะเวลาใช้งานที่ยาวนานขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

5) OCB-208 / 8.0 Ah - Supreme Power เหมาะสำหรับ: งานหนัก, เครื่องมือที่ใช้พลังงานสูงมาก เช่น เลื่อยไฟฟ้าบาร์ใหญ่, เครื่องตัดหญ้าไร้สาย,หรือเมื่อต้องการสมรรถนะสูงสุดและระยะเวลาใช้งานที่ยาวนานที่สุดสำหรับงานที่ต้องใช้กำลังมาก

ข้อดี: เป็นแบตเตอรี่ซีรีส์ Supreme Power ที่ให้กำลังและระยะเวลาใช้งานที่ 'แรงกว่า อึดกว่า นานกว่า'

Ultracell+ อย่างชัดเจน เหมาะสำหรับเครื่องมือมอเตอร์ไร้แปรงถ่านที่ต้องการกำลังสูง

6) OC-2010 / 10.0 Ah - Supreme Power เหมาะสำหรับ: งานหนักมาก, การใช้งานต่อเนื่องยาวนานเป็นพิเศษ, เครื่องมือที่ใช้พลังงานสูงมาก

ข้อดี: ให้ระยะเวลาการใช้งานที่ยาวนานที่สุดในกลุ่มแบตเตอรี่ทั่วไปของ OSUKA

7I) OCBS-2012 / 12.0 Ah - Supreme Power เหมาะสำหรับ: งานอุตสาหกรรม, งานหนักต่อเนื่องยาวนานมากๆ ที่ไม่สะดวกในการชาร์จบ่อยๆ, เครื่อง มือที่ใช้พลังงานมหาศาล

ข้อดี: เป็นแบตเตอรี่ความจรูงสุดที่มอบประสิทธิภาพและระยะเวลาการทำงานที่ยาวนานที่สุดในตระกูลSupreme Power ของ OSUKA

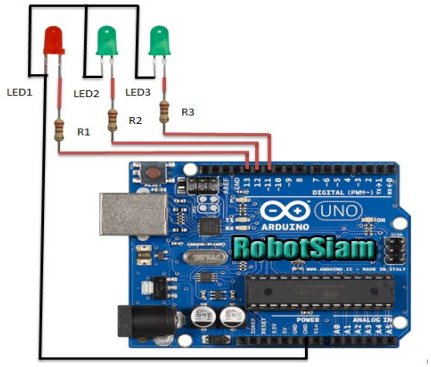
8) OCBS-2015 / 15.0 Ah - Supreme Power เหมาะสำหรับ: งานอุตสาหกรรม, งานหนักต่อเนื่องยาวนานมากๆ ที่ไม่สะดวกในการชาร์จบ่อยๆ, เครื่อง มือที่ใช้พลังงานมหาศาล

ข้อดี: เป็นแบตเตอรี่ความจุสูงสุดที่มอบประสิทธิภาพและระยะเวลาการทำงานที่ยาวนานที่สุดในตระกูล Supreme Power

รูปภาพที่ 2.21 แบตสว่านไฟฟ้า

2.12 บอร์ดวงจรไฟกระพริบ (Flashing light circuit(electric drill))

แผงวงจรไฟกระพริบคือแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้สร้างสัญญาณไฟให้ติด-ดับเป็นจังหวะ มักใช้ในงาน DIY, ป้ายไฟ LED, ไฟเตือน หรือของเล่น มีทั้งแบบสำเร็จรูป (บอร์ด, ชุดคิท) และแบบวงจรพื้นฐาน (เช่น Astable Multivibrator) ที่สามารถปรับความเร็วในการกระพริบได้ มักทำงานกับไฟ DC แรงดันต่ำ (เช่น 12V) หรือแปลงจากไฟบ้าน (220V) โดยใช้ส่วนประกอบเช่น ทรานซิสเตอร์, ตัวต้านทาน, ตัวเก็บประจุ



รูปภาพที่ 2.22 บอร์ดวงจรไฟกระพริบ

2.12.1 ประเภทของวงจรและแหล่งซื้อ:

1. วงจรสำเร็จรูป/ชุดคิท: สำหรับผู้เริ่มต้นหรือต้องการใช้งานง่าย มีขายตามร้านค้าออนไลน์ (Shopee, Lazada) หรือร้านขายอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์.

2. วงจรพื้นฐาน (DIY): เช่น วงจรแบบ Astable Multivibrator ใช้สำหรับผู้ที่ต้องการเรียนรู้และประกอบเอง ปรับความถี่ได้โดยการเปลี่ยนค่าอุปกรณ์บางตัว.

3. วงจรพิเศษ: เช่น วงจรควบคุมไฟกระพริบพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar) หรือวงจรที่ตอบสนองต่อแรงสั่นสะเทือน.

2.12.2 หลักการทำงานเบื้องต้น (วงจร Astable Multivibrator):

1. ใช้ทรานซิสเตอร์ 2-4 ตัว, ตัวต้านทาน (R), และตัวเก็บประจุ (C) เพื่อสร้างการสลับกันของสัญญาณไฟฟ้า.

2. ค่าของ R และ C จะกำหนดความถี่ (ความเร็ว) ในการกระพริบ โดยสามารถใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ (VR) เพื่อปรับความเร็วได้ตามต้องการ.

2.12.3 การนำไปใช้งาน

1. ป้ายไฟโฆษณา, ไฟตกแต่ง, ไฟเตือนภัย (เช่น ป้ายทางข้าม, ไฟจราจรบางรูปแบบ).

2. ของเล่นเด็ก, งานประดิษฐ์ DIY, โครงงานอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการศึกษา.

3. ถ้าคุณต้องการ "แผงวงจรไฟกระพริบ" เพื่อใช้งานจริง ลองระบุวัตถุประสงค์ (เช่น เพื่อตกแต่ง, เพื่อใช้กับป้ายไฟ, เพื่อเรียนรู้) และแรงดันไฟฟ้าที่ต้องการ (เช่น 12V, 220V) เพื่อค้นหาผลิตภัณฑ์ที่ตรงกับความต้องการได้ง่ายขึ้น.

2.13 พัดลมระบายความร้อน (Cooling fans)

พัดลมระบายความร้อน สร้างขึ้นมาเพื่อความสะดวกสบายในชีวิตและสังคมในทุกวันนี้ได้ถูกรองรับด้วยระบบควบคุมที่ทันสมัยซึ่งอาจเป็นแหล่งที่จะกำเนิดความร้อน ในการใช้งานอุปกรณ์เหล่านี้

ตลอด 24 ชั่วโมง อุปกรณ์เหล่านี้จำเป็นต้องมีการออกแบบการจัดการความร้อนนี้อย่างเหมาะสม โอเรียน ทัล มอเตอร์ มีผลิตภัณฑ์ที่สามารถจัดการกับความร้อนนี้โดยมุ่งเน้นไปยังพัดลมระบายความร้อนเพื่อตอบสนองกับความต้องการนี้ พัดลมระบายความร้อนชนิดเป่าตามแนวแกนนี้ใช้ใบพัดในการสร้างการไหลของอากาศในทิศทางตามแนวแกหมุน สามารถสร้างการไหลของอากาศได้มาก พัดลมชนิดนี้เหมาะสำหรับการระบายอากาศและระบายความร้อนภายในอุปกรณ์ต่างๆ

2.13.1 ประเภทของพัดลมระบายความร้อน

หลักการทำงานของพัดลมระบายความร้อนจะเกิดขึ้นจากการแปลงพลังงานนั่นคือพลังงานไฟฟ้าพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าพลังงานกลและพลังงานจลน์ หลักการวงจรแบ่งโดยทั่วไปเป็นรูปแบบต่างๆวงจรใช้แตกต่างกันประสิทธิภาพของพัดลมจะแตกต่างกัน สามารถจำแนกพัดลมระบายความร้อน ดังนี้

1) พัดลมแกน ใบพัดของพัดลมตามแนวแกนดันอากาศไหลไปในทิศทางเดียวกับเพลา ใบพัด

ของพัดลมแกนมีลักษณะคล้ายกับใบพัด ที่ทำงานส่วนใหญ่ของการไหลของอากาศจะขนานไปกับแกนหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งตามแนวแกน เมื่อการไหลของอากาศขาเข้าเป็น 0 แรงดันคงที่อากาศพัดลมแกนมีการใช้พลังงานต่ำสุดและการใช้พลังงานจะเพิ่มขึ้นเมื่อแรงดันย้อนกลับของอากาศเพิ่มขึ้นในระหว่างการใช้งาน พัดลมแกนมักจะติดตั้งในตู้อุปกรณ์ไฟฟ้าบางครั้งยังรวมอยู่ในมอเตอร์เนื่องจากโครงสร้างพัดลมแกน มีขนาดเล็กสามารถประหยัดพื้นที่มากและในเวลาเดียวกันการติดตั้งสะดวกจึงมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย ลักษณะของมันคืออัตราการไหลสูงและความดันลมปานกลาง

2) พัดลมแบบแรงเหวี่ยง เมื่อพัดลมแบบแรงเหวี่ยงทำงานใบพัดจะผลักดันให้อากาศไหลไปในทิศทางที่ตั้งฉากกับแกน (ทิศทางแนวรัศมี) ช่องอากาศเข้าออกตามแนวแกนในขณะที่เต้าเสียบทางอากาศตั้งฉากกับทิศทางแกน ในกรณีส่วนใหญ่การระบายความร้อนทำได้โดยการใช้พัดลมตามแนวแกน อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องใช้พัดลมแบบแรงเหวี่ยงถ้าจำเป็นต้องหมุนเวียนอากาศ 90 องศาหรือ ต้องใช้แรงลมมากขึ้น แฟนอย่างเคร่งครัดเป็นของพัดลมแบบแรงเหวี่ยง ลักษณะของมันคืออัตราการไหล ที่ จำกัด และความดันลมสูง

3) พัดลมแบบผสมสามตัว พัดลมฟรานซิสยังเรียกพัดลมไหลขวางในตอนแรกพัดลมผสมและพัดลมแกนไม่ได้เป็นสิ่งที่ในความเป็นจริงทางเข้าเป็นพัดลมผสมพัดลมไปตามแกนพร้อมแกนและแกนแนวตั้ง อย่างไรก็ตามทิศทางทแยงมุมคือ พัดลมมีความดันลมสูงขึ้นเนื่องจากกรวยใบมีดและฝาครอบและเสียงของพัดลมแบบแรงเหวี่ยงต่ำกว่าพัดลมตามแนวแกนที่มีขนาดเท่ากันและประสิทธิภาพที่เทียบเท่ากัน อื่น ๆ ลักษณะของมันคืออัตราการไหลที่สูงและความดันลมที่ค่อนข้างสูง

4) พัดลมสี่ตัว การไหลของอากาศแบบท่อสามารถผลิตกระแสอากาศในพื้นที่ขนาดใหญ่ซึ่งมักใช้บนพื้นผิวที่มีขนาดใหญ่ของอุปกรณ์ระบายความร้อน ทางเข้าและทางออกของพัดลมตั้ง

ฉากกับแกน (ดังแสดงทางด้านขวา) พัดลมไหลข้ามคือการใช้ใบพัดพัดลมทรงกระบอกยาวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใบมีดทรงกระบอกมีขนาดค่อนข้างใหญ่เนื่องจากความสามารถขนาดใหญ่เพื่อให้มั่นใจว่าการใช้ความเร็ว ค่อนข้างต่ำซึ่งขึ้นอยู่กับการไหลเวียนของอากาศโดยรวมลดเสียงรบกวนที่เกิดด้วยการทำงานที่ความเร็ว สูง ลักษณะของมันมีอัตราการไหลต่ำและความดันลมต่ำ

รูปภาพที่ 2.23 พัดลมระบายความร้อน

2.13.2 หลักการทำงานเบื้องต้นของพัดลมระบายความร้อน

หลังจากทำการติดตั้งพัดลมไว้กับตัวอุปกรณ์เป็นที่เรียบร้อย เมื่อเปิดเครื่องจักรตู้คอนโทรลใด เพื่อใช้งานก็ตาม พัดลมระบายความร้อนจะหมุนแบบอัตโนมัติ ทำงานตลอด 24 ชั่วโมง (ตลอดระยะการเปิดทำงานของเครื่องจักรหรือตู้คอนโทรลนั้น)ซึ่งพัดลมระบายความร้อนในอุตสาหกรรมเหล่านี้จะทำงานเพื่เริ่มต้นนำเอาความร้อนจากภายในออกมาทันที ซึ่งบริเวณใบพัดนับเป็นชิ้นส่วนสำคัญสำหรับหมุนเวียนลมเข้า-ออก ทั้งนี้ต้องเน้นย้ำว่าลักษณะของใบพัดจะมี 2 ด้าน แต่ละด้านแตกต่างกันชัดเจน คือ

ลักษณะใบพัดแบบ Open Side จะเป็นลมแบบหมุนกลับ Reverse Air สำหรับพัดลมภายใต้แบรนด์ฟูลเทค (Fulltech) จะมีบางรุ่นที่แสดงรหัสสินค้าด้วยตัว R อยู่ในรุ่นนั้นด้วย เช่น UF12AR Series, UF12BR Series, UF15KCR Series, UF15KMR Series, UF15KMRE Series เป็นต้น โดยลมจะออกทางด้านหลังของตัวพัดลม สามารถสังเกตได้จากลูกศรที่แสดงบนตัวของพัดลมได้ ซึ่งผู้ประกอบงานพัดลมระบายความร้อนพิจารณาการติดพัดลมจากสัญลักษณ์นี้ หากติดตั้งผิดฝั่งการทำงานก็จะตรงข้ามกันแบบสิ้นเชิง หมายถึง แทนที่จะดูดอากาศเย็น กลับนำเอาลมร้อนเข้ามาแทนที่ โอกาสเกิดความเสียหายจึงมีได้มากขึ้น ทั้งนี้เมื่อพัดลมเริ่มทำงานลมที่กระจายเข้าไปจะไหลเวียนทั่วอุปกรณ์อย่างมีประสิทธิภาพ โดยหากต้องการใช้พัดลมที่มีลักษณะดังกล่าวแล้วแต่อาจจะหาอะไหล่เปลี่ยนไม่ได้ก็สามารถใช้พัดลมระบายความร้อนที่มีลมออกในด้านปกติทั่วไปใช้ทดแทนแล้วให้ติดตั้งสลับด้านเท่านั้นเอง

บทที่ 3

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินโครงงาน

จากการศึกษาโครงงานเรื่องเชื่อมท่อด้วยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก กลุ่มผู้จัดทำโครงงานได้ทำการศึกษาและสอบถามข้อมูลจากอาจารย์ รวมถึงศึกษาเก็บรวมรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลและโครงงานที่เกี่ยวข้องเพื่อนำข้อมูลมาใช้เป็นแนวทางในการดำเนินโครงงาน โดยมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

3.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินโครงงาน

3.1.1 แผงระบายความร้อน	จำนวน	2	ชิ้น
3.1.2 แกนเทอร์รอย	จำนวน	2	ชิ้น
3.1.3 ลวดทองแดง	จำนวน	1	ม้วน
3.1.4 หม้อแปลงไฟฟ้า	จำนวน	1	ชิ้น
3.1.5 อินดักเตอร์	จำนวน	1	ชิ้น
3.1.6 คาปาซิเตอร์	จำนวน	7	ชิ้น
3.1.7 มอตเฟต	จำนวน	6	ชิ้น
3.1.8 ตัวต้านทาน	จำนวน	12	ชิ้น
3.1.9 สว่านไฟฟ้า	จำนวน	1	ชิ้น
3.1.10 แบตสว่านไฟฟ้า	จำนวน	1	ชิ้น
3.1.11 บอร์ดวงจร	จำนวน	1	ชิ้น
3.1.12 พัดลมระบายความร้อน	จำนวน	1	ชิ้น

3.2 ขั้นตอนการทดลองและดำเนินโครงงาน

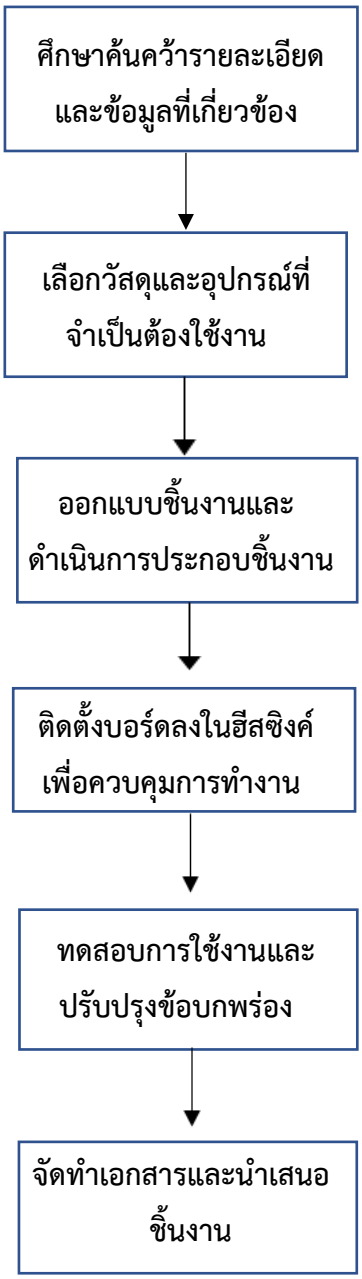
3.2.1 ศึกษาค้นคว้าข้อมูลหัวข้อทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับอินดกเตอร์

3.2.2 ศึกษารายละเอียดขอขวงจรสนามแม่เหล็กเพื่อมาสร้างความถี่ในการทำความร้อนกับท่อ

3.2.3 ทำการประกอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ ทดลองการทำงาน

3.2.4 จัดทำรายละเอียดข้อมูลและเอกสาร

3.2.5 นำเสนอชิ้นงาน



รูปภาพที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของขั้นตอนการปฏิบัติงาน

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่ทดลองใช้จากแบบสอบถามและแบบบันทึกผลการทดลองที่จัดทำ ขึ้นเพื่อทดสอบคุณภาพของเชื่อมท่อด้วยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก

3.3.1 ขนาดของชิ้นงานที่จัดทำ/จัดแสดงเหมาะสมกับตัวชิ้นงาน

3.3.2 การเลือกใช้วัสดุ/อุปกรณ์ในการจัดทำชิ้นงาน

3.3.3 ความชัดเจนของชิ้นงานในการมองเห็น

3.3.4 การวางอุปกรณ์และบอกรายละเอียดของอุปกรณ์

3.3.5 เป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนและผู้ที่นำไปใช้งาน

3.4 สถานที่จัดเก็บข้อมูลและระยะเวลาดำเนินโครงงาน

3.4.1 สถานที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลคือ แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยการอาชีพสังขะ ตำบลบ้านชบ อำเภอสังขะ จังหวัดสุรินทร์

3.4.2 ระยะเวลาการดำเนินโครงงาน ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2567 - 30 มกราคม 2568

3.5 วิเคราะห์และสรุปผล

การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการดำเนินโครงงานในครั้งนี้มีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

3.5.1 วิเคราะห์ตามขั้นตอนการดำเนินการทดลอง จากการให้คะแนนของผู้ทดลองใช้แต่ละขั้นตอนการทดลอง

3.5.2 หาค่าเฉลี่ยจากการให้คะแนนของผู้ทดลองใช้เพื่อประเมินคุณภาพทั้ง 5 ด้านดังนี้

3.5.2.1 ขนาดของชิ้นงานที่จัดทำ/จัดแสดงเหมาะสมกับตัวชิ้นงาน

3.5.5.2 การเลือกใช้วัสดุ/อุปกรณ์ในการจัดทำชิ้นงาน

3.5.5.3 ความชัดเจนของชิ้นงานในการมองเห็น

3.5.5.4 การวางอุปกรณ์และบอกรายละเอียดของอุปกรณ์

3.5.5.5 เป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนและผู้ที่นำไปใช้งาน

ซึ้งในแต่ละด้านผู้ประเมินส่ามารถให้คะแนน 5 ระดับดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง คุณภาพมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง คุณภาพมาก

ระดับ 3 หมายถึง คุณภาพปากลาง

ระดับ 2 หมายถึง คุณภาพน้อย

ระดับ 1 หมายถึง คุณภาพน้อยที่สุด

บทที่ 4

ผลการดำเนินโครงงาน

การดำเนินโครงงานเรื่องเชื่อมท่อด้วยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก สำหรับนักศึกษาในระดับชั้นปวชชั้นปีที่ 1 และระดับชั้น ปวส.ชั้น ปีที่ 2 แผนกวิชาไฟฟ้ากำลัง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผู้ดำเนินโครงงานได้วางกรอบในการ วิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

4.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้เรียนที่ได้จากแบบสอบถาม

แสดงตารางวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์โดยการแจกแจงความถี่และหาค่าร้อยละ

4.2 ข้อมูลพึงพอใจ

ในโครงงานเชื่อมท่อด้วยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก สำหรับนักศึกษาในระดับชั้นปวช.ชั้นปีที่ 1 และระดับชั้น ปวส.

ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาไฟฟ้ากำลัง ของนักศึกษาแผนกวิชาช่างไฟฟ้าระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1จำนวน จำนวน 20 คน โดยใช้วิธีสอนแบบนิรนัยประกอบสื่อการเรียนการสอนที่ได้มาจากคะแนนสอบถามความพึงพอใจ วิเคราะห์โดยการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.1 แสดงจำนวนและร้อยละเกี่ยวกับเพศของนักศึกษา

เพศ	จำนวน	ร้อยละ
ชาย	20	100
หญิง	10	100

จากตารางที่ 4.1 พบว่านักศึกษาที่ตอบแบบสอบถาม เป็นชายจำนวน 20 คนคิดเป็นร้อยละ 100

ตารางที่ 4.2 แสดงจำนวนและร้อยละที่เกี่ยวกับอายุของนักศึกษา

อายุ	จำนวน	ร้อยละ
อายุ 10 – 17 ปี	30	0
อายุ 18 – 25 ปี	0	0
ไม่ตอบแบบสอบถาม	0	0
รวม	**30**	**100**

จากตารางที่ 4.2 พบว่าอายุนักศึกษาที่ตอบแบบสอบถามเรียงอันดับจากมากไปหาน้อยสามอันดับแรกได้ดังนี้ คือ ส่วน

ตารางที่ 4.3 แสดงจำนวนและร้อยละเกี่ยวกับวุฒิการศึกษาก่อนเข้าศึกษาในชั้นปีที่ 1 ของนักศึกษา

วุฒิการศึกษาก่อนเข้าศึกษาในชั้นปีที่ 1	จำนวน	ร้อยละ
จบ ม.3 จากโรงเรียนประจำอำเภอ	30	100
จบ ม.3 จากโรงเรียนต่างอำเภอ /ต่างจังหวัด	0	0
จบ ม.3 จากโรงเรียน ตชด.	0	0
จบ ม.3 จากศูนย์การศึกษานอกโรงเรียน	0	0
รวม	**30**	**100**

ส่วนใหญ่กระจายอยู่ในช่วงอายุ 18 - 25 ปี คิดเป็นร้อยละ 100 ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.3 พบว่า วุฒิการศึกษาก่อนเข้าศึกษาต่อในชั้นปีที่ 1 ของนักศึกษาที่ตอบแบบสอบถามเรียงอันดับจากมากไปหาน้อยสามอันดับแรกได้ดังนี้ คือ ส่วนใหญ่จบจากโรงเรียนประจำอำเภอ จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 10

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลความพึงพอใจในโครงงานเชื่อมท่อด้วยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก สำหรับนักศึกษาในระดับชั้นปวช.ชั้นปีที่ 1และระดับชั้น ปวส.ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาไฟฟ้ากำลัง ของนักศึกษาแผนกวิชาช่างไฟฟ้าระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช) ชั้นปีที่ 1 จำนวน 20 คน โดยได้มาจากคะแนนความพึงพอใจวิเคราะห์โดยการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลำดับที่	รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	ขนาดของชิ้นงานที่จัดทำ/จัดแสดงเหมาะสมกับตัวชิ้นงาน	4.75	95.00
2	การเลือกใช้วัสดุ/อุปกรณ์ในการจัดทำชิ้นงาน	4.65	93.00
3	ความชัดเจนของชิ้นงานในการมองเห็น	4.75	95.00
4	การวางอุปกรณ์และบอกรายละเอียดของอุปกรณ์	4.42	88.42
5	เป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนและผู้ที่นำไปใช้งาน	4.75	95.00
	รวม	**4.66**	**93.28**

จากตารางที่ 4.4 พบว่าผลการประเมินของนักเรียนนักศึกษาพบว่ามีความคิดเห็นต่อโครงงานเชื่อมท่อด้วยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก นักศึกษาในระดับชั้นปวชาชั้นปีที่ 1 และระดับชั้น ปวส.ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาไฟฟ้ากำลัง ในด้านการเลือกใช้วัสดุ/อุปกรณ์ในการจัดทำชิ้นงานและในด้านเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนและผู้ที่นำไปใช้งาน โดยมีค่าเฉลี่ย 4.66 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 93.28 เมื่อพิจารณาหลายด้าน พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความพึงพอใจมากในด้านความสวยงาม

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินโครงงาน อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การศึกษาเรื่องเชื่อมท่อด้วยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก ในบทนี้ผู้จัดทำจะกล่าวถึงการสรุปผลการดำเนินโครงงาน การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ มีรายละเอียดดังนี้

5.1 สรุปและอภิปรายผลการดำเนินโครงงาน

จากการดำเนินโครงงานเรื่องเชื่อมท่อด้วยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก สำหรับนักศึกษาในระดับชั้นปวช.ชั้นปีที่ 1 และระดับชั้นปวสชั้นปีที่ 2 แผนกวิชาไฟฟ้ากำลัง ของนักศึกษาแผนกวิชาช่างไฟฟ้าระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 จำนวน 20 คน สามารถอธิบายและสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.2 ข้อมูลทั่วไปของผู้เรียนที่ได้จากแบบสอบถาม

5.2.1 เกี่ยวกับสถานภาพของนักศึกษาพบว่านักศึกษาที่ตอบแบบสอบถามเป็นชายจำนวน20 คน คิดเป็นร้อยละ 100

5.2.1.1 พบว่านักศึกษาที่ตอบแบบสอบถาม เป็นชายจำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ100

5.2.2 เกี่ยวกับอายุ พบว่าอายุนักศึกษาที่ตอบแบบสอบถามเรียงอันดับจากมากไปหาน้อยสามอันดับแรกได้ดังนี้ คือ ส่วนใหญ่กระจายอยู่ในช่วงอายุ 18 - 25 ปี คิดเป็นร้อยละ 100 ตามลำดับ

5.2.2.1 พบว่าอายุนักศึกษาที่ตอบแบบสอบถามเรียงอันดับจากมากไปหาน้อยสามอันดับแรกได้ดังนี้ คือ ส่วนใหญ่กระจายอยู่ในช่วงอายุ 18 - 25 ปี คิดเป็นร้อยละ 100 ตามลำดับ

5.2.3 เกี่ยวกับวุฒิการศึกษาก่อนเข้าศึกษาต่อในชั้นปีที่ 1 ของนักศึกษาที่ตอบแบบสอบถามวุฒิการศึกษาก่อนเข้าศึกษาต่อในชั้นปีที่ 1 ของนักศึกษาที่ตอบแบบสอบถามเรียงอันดับจากมากไปหาน้อยสามอันดับแรกได้ดังนี้ คือ ส่วนใหญ่จบจากโรงเรียนประจำอำเภอ จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 100

5.2.3.1 พบว่าวุฒิการศึกษาก่อนเข้าศึกษาต่อในชั้นปีที่ 1 ของนักศึกษาที่ตอบแบบสอบถามเรียงอันดับจากมากไปหาน้อยสามอันดับแรกได้ดังนี้ คือ ส่วนใหญ่จบจากโรงเรียนประจำอำเภอ คิดเป็นร้อยละ100

5.2.4 ข้อมูลความพึงพอใจในโครงงานเรื่องเชื่อมท่อด้วยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก สำหรับนักศึกษาในระดับชั้นปวช. ชั้นปีที่ 1และระดับชั้น ปวส.ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาไฟฟ้ากำลัง ของนักศึกษาแผนกวิชาช่างไฟฟ้าระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 จำนวน 20 คน โดยได้มาจากคะแนนความพึงพอใจวิเคราะห์โดยการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พบว่าผลการประเมินของนักเรียนนักศึกษาพบว่ามีความ คิดเห็นต่อโครงงานการเชื่อมท่อด้วยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กสำหรับนักศึกษาในระดับชั้นปวช.ชั้นปีที่1 และระดับชั้น ปวส.ชั้นปีที่ 2 แผนกวิชาไฟฟ้ากำลัง ในด้านการเลือกใช้วัสดุ/อุปกรณ์ในการจัดทำชิ้นงานและในด้านเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนและผู้ที่นำไปใช้งานมีค่าเฉลี่ยสูงสุด X=4.5 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับคุณภาพมาก รองลงมาคือด้านขนาดของชิ้นงานที่จัดทำ/จัดแสดงเหมาะสมกับตัวชิ้นงาน มีค่าเฉลี่ย X = 4.4 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมีคุณภาพมาก ในด้านความชัดเจนของชิ้นงานในการมองเห็น มีค่าเฉลี่ย X = 4.3 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมีคุณภาพมาก การวางอุปกรณ์และบอกรายละเอียดของอุปกรณ์ มีค่าเฉลี่ย X = 4.3 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมีคุณภาพมาก โดยมีค่าเฉลี่ยรวม 4.38 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมีคุณภาพมาก

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1. ควรมีความปลอดภัยและการป้องกันที่ดี

5.3.2. ควรควรหาคาปาซิเตอร์ชนิด MKP (High Current) มาต่อขนานกันหลายๆ ตัว เพื่อกระจายความร้อนและเพิ่มความทนทานต่อกระแสสูง

5.3.3.ควรเพิ่มลวดลายให้ดูดีขึ้น

บรรณานุกรม

บาบินี เอ ฟอร์ซาน (มกราคม 2545) การกระจายกระแสเอ็ดดี้ในชั้นอะลูมิเนียมบาง (PDF) นิตยสาร Flux (38)

วันที่สืบค้นข้อมูล 20 ต.ค. 2568

การเชื่อมแบบเหนี่ยวนำ Thermatool Corp

วันที่สืบค้นข้อมูล 27 ต.ค. 2568

Lionetto Francesca Pappadà, Silvio Buccoliero Giuseppe Maffezzoli, Alfonso (15 เมษายน 2560) การสร้างแบบจำลององค์ประกอบ

วันที่สืบค้นข้อมูล 10 พ.ย 2568

จำกัดของการเชื่อมเหนี่ยวนำต่อต่อเนื่องวัสดุคอมโพสิตเมทริกซ์เทอร์โมพลาสติก MaterialsDesign 120 212– 221. doi 10.1016/j.matdes.2017.02.024 Scientific.net www.scientific.net

วันที่สืบค้นข้อมูล 13 พ.ย. 2568

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

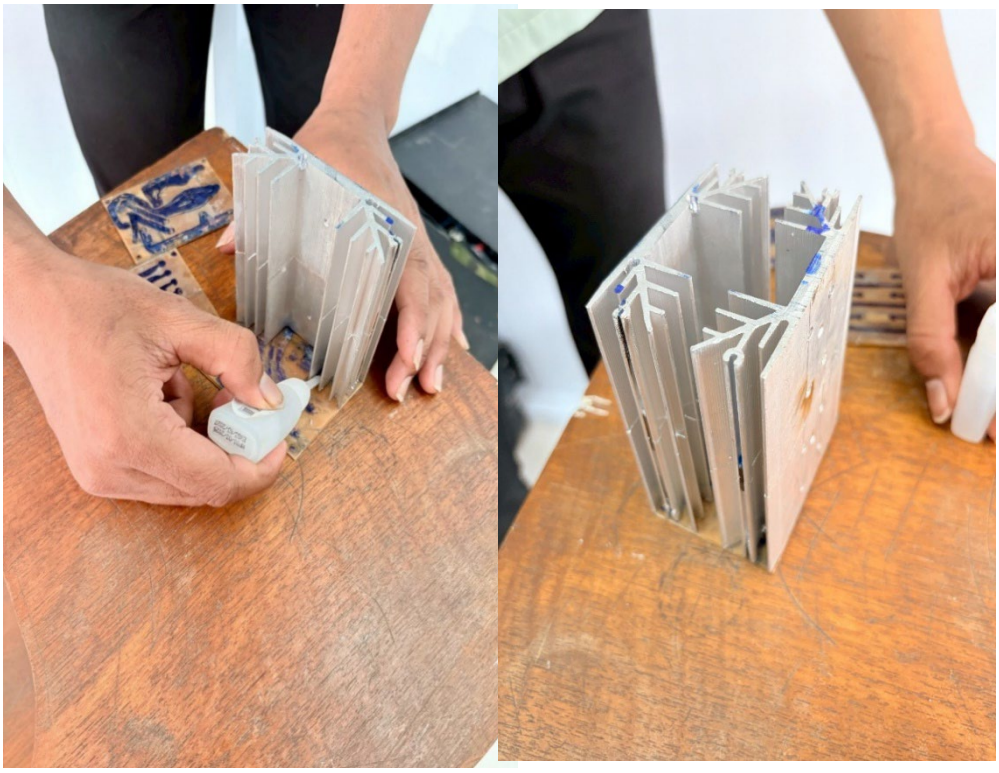
แบบเสนอโครงงาน

ภาคผนวก ข

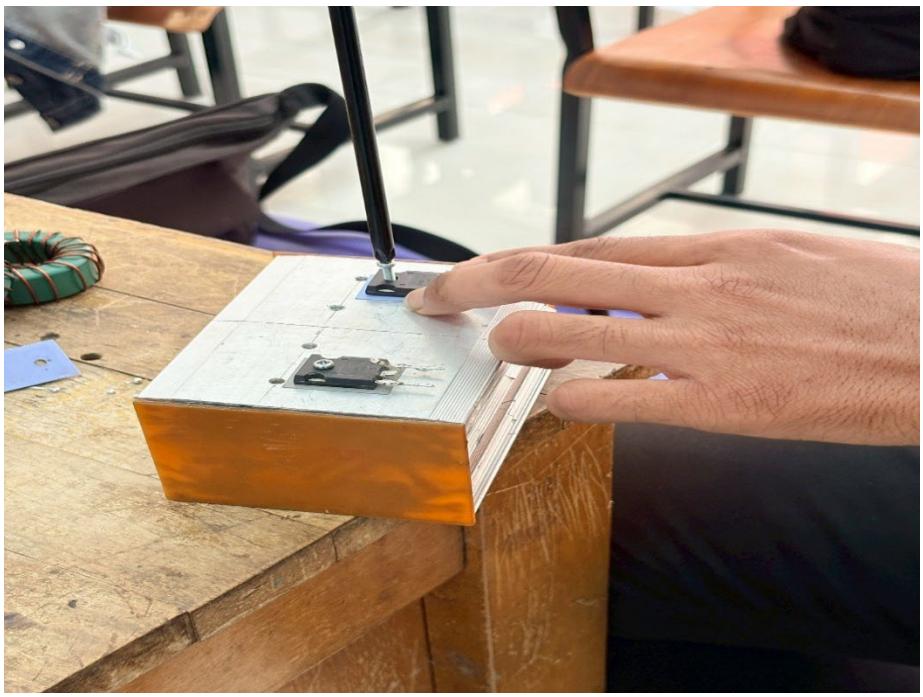
แสดงรูปภาพประกอบการจัดทำชิ้นงาน

รูปภาพที่.1 แสดงภาพปรึกษาครูที่ปรึกษาและศึกษาค้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องและวางแผนการดำเนินการโครงงาน

รูปภาพที่.2 แสดงภาพของวัสดุและอุปกรณ์ที่นำมาทำโครงงาน



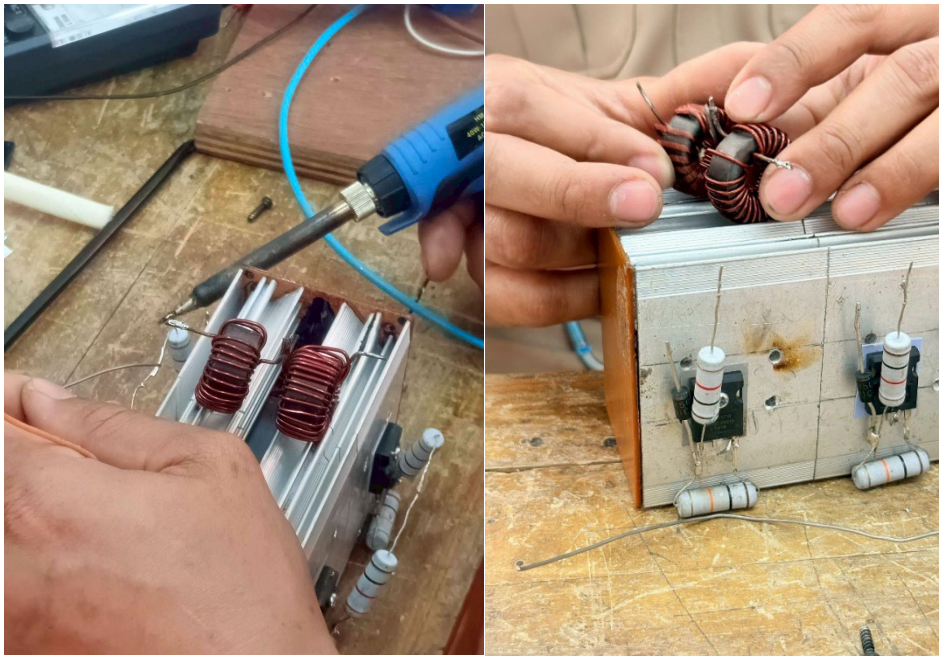
รูปภาพที่.3 แสดงภาพประกอบฮีสซิงค์



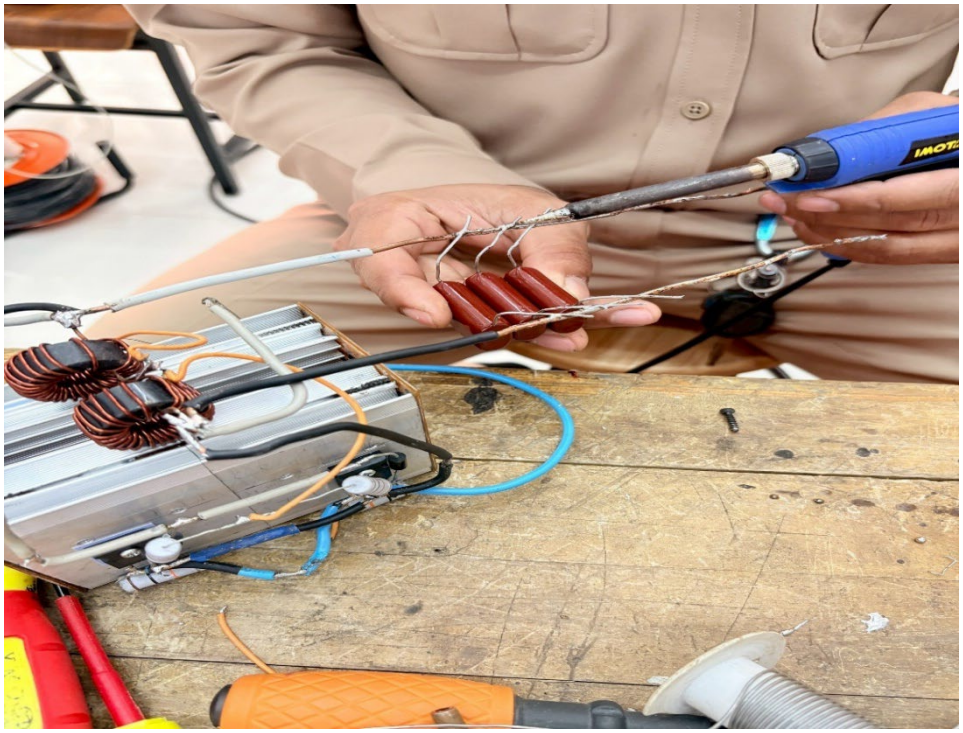
รูปภาพที่.4 แสดงภาพประกอบมอตเฟตเข้ากับฮีสซิงค์

รูปภาพที่.5 แสดงภาพต่อวงจรขยายความถี่

รูปภาพที่.6 พันลวดเข้ากับแกนเทอร์รอย

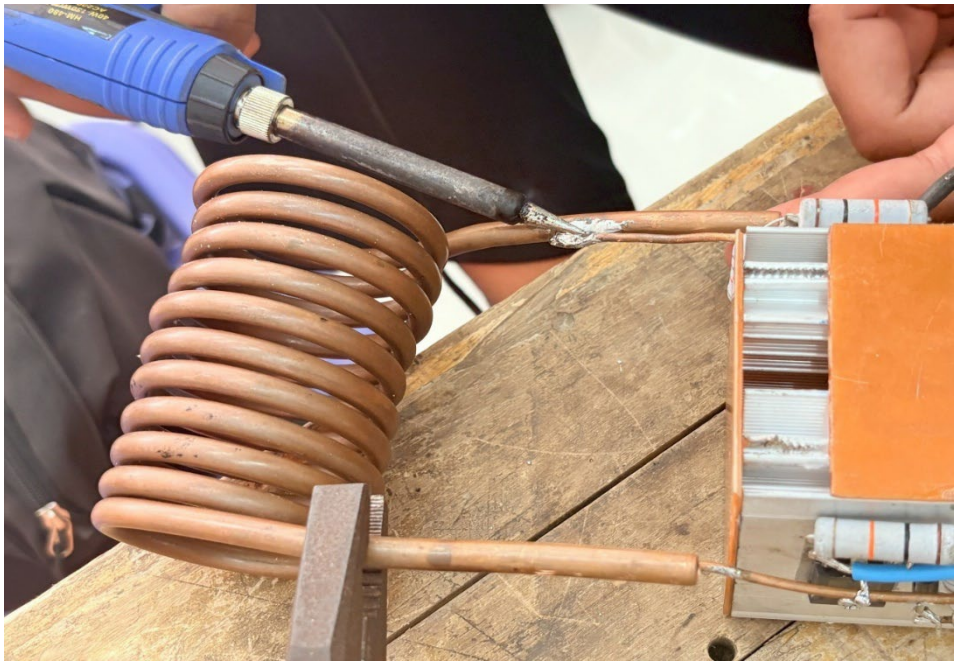


รูปภาพที่.7 แสดงภาพติดตั้งอินดักเตอร์เข้ากับวงจรขยายความถี่

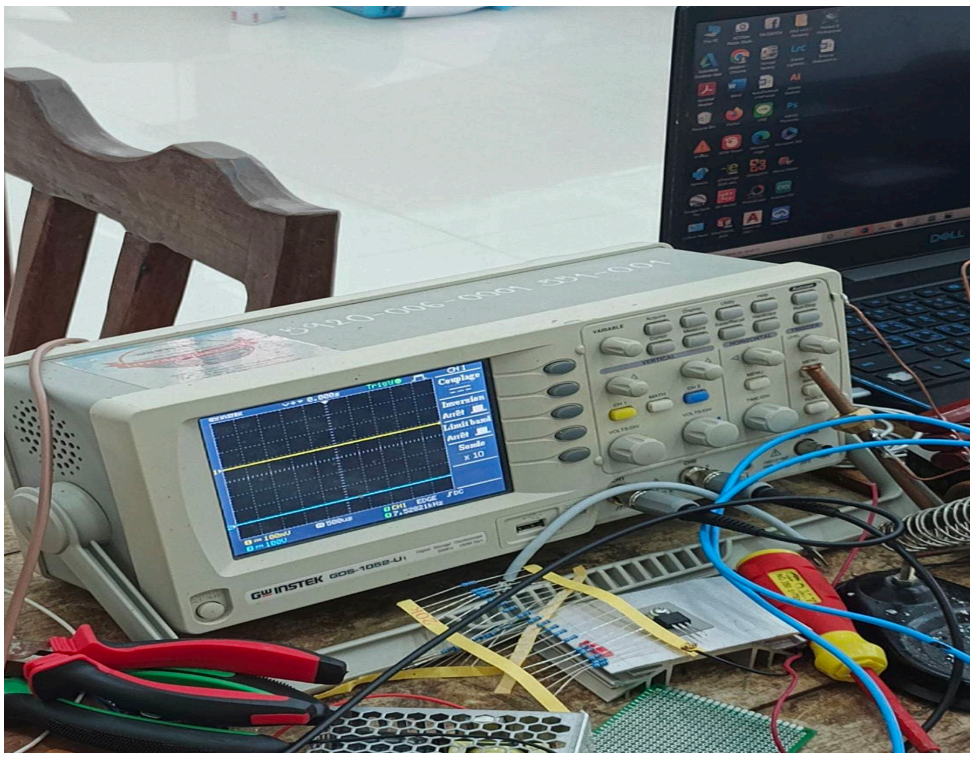


รูปภาพที่.8 ติดตั้งคาปาซิเตอร์ (Capacitor)

รูปภาพที่.9 ประกอบด้ามจับของตัวเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก



รูปภาพที่.10 ประกอบตัวเหนี่ยวนำสนามแม่แม่เหล็ก



รูปภาพที่.11 ตรวจสอบค่าสัญญาณความถี่

รูปภาพที่.12 นำมาประกอบชิ้นงานทั้งหมดและนำเสนอผลงาน

ภาคผนวก ค

แสดงตัวอย่างแบบสอบถามความพึงพอใจ

แบบสอบถามความพึงพอใจ

โครงงานเรื่อง เชื่อมท่อด้วยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก

คำชี้แจง แบบสอบถามแบ่งเป็น 3 ตอน โปรดแสดงความคิดเห็นให้ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด และให้ครบทุกตอนเพื่อความสมบูรณ์

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1.1 เพศ ( ) ชาย ( ) หญิง

1.2 อาชีพ ( ) นักเรียน/นิสิต/นักศึกษา ( ) พนักงานรัฐวิสาหกิจ

( ) ลูกจ้าง/พนักงานบริษัท ( ) ประกอบธุรกิจส่วนตัว ( ) เกษตรกรรม

( ) พ่อบ้าน แม่บ้าน ( ) อื่นๆโปรดระบุ.....

1.3 ระดับชั้น ( ) ประถมศึกษา ( ) มัธยมศึกษา ( ) ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)

( ) ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวส) ( ) อื่นๆโปรดระบุ.....

1.4 จบการศึกษามัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียน

( ) โรงเรียนประจำอำเภอ ( ) โรงเรียนต่างอำเภอ /ต่างจังหวัด

( ) โรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดน ( ) ศูนย์การศึกษานอกโรงเรียน

ตอนที่ 2 กรุณาใส่เครื่องหมาย (✓) ให้ตรงกับระดับความรู้ความเข้าใจและความพึงพอใจของท่าน

5 หมายถึง มีระดับ**มากที่สุด** **4** หมายถึง มีระดับ**มาก** **3** หมายถึง มีระดับ**ปานกลาง** **2** หมายถึง มีระดับ**น้อย** **1** หมายถึง มีระดับ**น้อยที่สุด**

รายการประเมิน	**ระดับความคิดเห็น**				
	5	4	3	2	1
1. ขนาดของชิ้นงานที่จัดทำ/จัดแสดงเหมาะสมกับตัวชิ้นงาน					
2. การเลือกใช้วัสดุ/อุปกรณ์ในการจัดทำชิ้นงาน					
3. ความชัดเจนของชิ้นงานในการมองเห็น					
4. การวางอุปกรณ์และบอกรายละเอียดของอุปกรณ์					
5. เป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนและผู้ที่นำไปใช้งาน					

ตอนที่ 3 ข้อคิดเห็นและเสนอแนะอื่น ๆ

ภาคผนวก ง

แสดงประวัติผู้จัดทำ

ประวัติผู้จัดทำคนที่ 1

1. ชื่อ-นามสกุล นายปริวัฒน์ มาลัย

Name-Surname Pariwat malai

2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 1328900017352

3. ระดับการศึกษา ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 2

สาขาวิชา อุตสาหกรรม สาขางานไฟฟ้ากำลัง

ระยะเวลาที่ทำโครงงาน 6 ตุลาคม 2568 – 30 มกราคม 2569

4. ที่อยู่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กมรอนิกส์ (E+MVL)

ที่อยู่เลขที่ 97 บ้านโนนเจริญ หมู่ที่ 5 ตำบลทับทัน อำเภอสังขะ จังหวัด สุรินทร์ 32150

เบอร์โทรศัพท์มือถือ 0969967261

E-MAIL: mant20022@gmail.com

5. ประวัติการศึกษา มัธยมศึกษาตอนปลาย พ.ศ.2563

6. ประสบการณ์ฝึกวิชาชีพ บริษัทกันยงอีเลคทริค (จำกัดมหาชน) ระยะเวลา 1 ปี

ประวัติผู้จัดทำคนที่ 2

1. ชื่อ-นามสกุล นายสถิตย์ สิงห์ดี

Name-Surname Sathit singdee

2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 1139600262982

3. ระดับการศึกษา ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 2

สาขาวิชา อุตสาหกรรม สาขางานไฟฟ้ากำลัง

ระยะเวลาที่ทำโครงงาน 6 ตุลาคม 2568 – 30 มกราคม 2569

4. ที่อยู่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กมรอนิกส์ (E+MVL)

ที่อยู่เลขที่ 193 บ้านชบหมู่ที่ 1 ตำบลสังขะ อำเภอสังขะ จังหวัด สุรินทร์ 32150

เบอร์โทรศัพท์มือถือ 0838088458

E-MAIL: sathitsingdee@gmail.com

5. ประวัติการศึกษา มัธยมศึกษาตอนปลาย พ.ศ.2566

6. ประสบการณ์ฝึกวิชาชีพ บริษัทสหยูเนี่ยนบางปะกง ระยะเวลา 1 ปี

ภาคผนวก ง

อัพโหลดที่เว็ปไซต์วิลัยการอาชีพสังขะ

เว็ปไซต์: http://www.sangkhaicec.ac.th/sangkha/