

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 3 ตัวเหนียวน้ำ

หัวข้อเนื้อหา

1. บทนำ
2. ตัวเหนียวน้ำ
3. ชนิดของตัวเหนียวน้ำ
4. ปัจจัยที่มีผลต่อความเหนียวน้ำ
5. การอ่านค่าตัวเหนียวน้ำ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เพื่ออธิบายทฤษฎีตัวเหนียวน้ำได้
2. เพื่ออธิบายชนิดของตัวเหนียวน้ำ
3. เพื่ออธิบายการอ่านค่าตัวเหนียวน้ำ
4. เพื่อกำหนดวงจรถัวเหนียวน้ำ

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

1. วิธีสอน
 - 1.1 วิธีสอนแบบบรรยาย
 - 1.2 วิธีสอนแบบอภิปราย
 - 1.3 วิธีสอนแบบปฏิบัติการ
 - 1.4 วิธีสอนแบบเน้นการเรียนรู้ด้วยตนเอง
2. กิจกรรมการเรียนการสอน
 - 2.1 อธิบายทฤษฎีที่เกี่ยวข้องของตัวเหนียวน้ำ
 - 2.2 ทำการทดลองวงจรถัวเหนียวน้ำ

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนรายวิชาอิเล็กทรอนิกส์ 1
2. กระดานไวท์บอร์ด
3. โพรเจ็คเตอร์
4. บอร์ดทดลอง แหล่งจ่ายไฟ ตัวต้านทาน และตัวเหนียวน้ำ

การวัดผลและการประเมินผล

1. การเข้าเรียน

2. การบ้าน
3. สอบกลางภาค
4. สอบปลายภาค

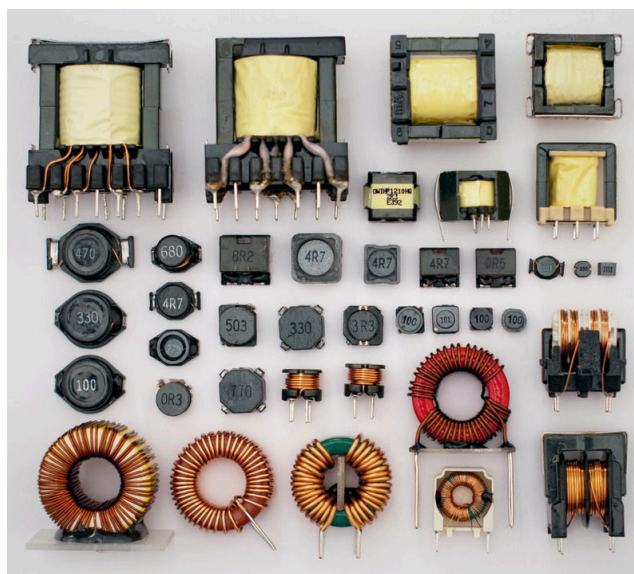
บทที่ 3 ตัวเหนี่ยวนำ (Inductors)

3.1 บทนำ

ตัวเหนี่ยวนำเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สำคัญ และถูกนำไปใช้ในวงจรไฟฟ้า และวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การศึกษาตัวเหนี่ยวนำจึงมีความจำเป็นสำหรับนักศึกษาวิศวกรรมไฟฟ้า และวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ บทนี้ได้กล่าวถึงทฤษฎีตัวเหนี่ยวนำ โครงสร้างของตัวเหนี่ยวนำ บทนี้ยังได้กล่าวถึงการนำตัวเหนี่ยวนำ ต่อลักษณะอนุกรม ขนาน และผสม

3.2 ตัวเหนี่ยวนำ (Inductor)

ตัวเหนี่ยวนำ (Inductor) คืออุปกรณ์ที่ใช้ในการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งถูกสร้างจากเส้นลวดนำมาพันรอบตัวกลางเป็นวง ตัวเหนี่ยวนำอาศัยหลักการสนามแม่เหล็กตัดผ่านขดลวดแล้วจะทำให้ขดลวดมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ซึ่งจะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำขึ้น ตัวเหนี่ยวนำแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ แบบค่าคงที่และแบบปรับค่าได้ ตัวเหนี่ยวนำเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า อินดักเตอร์ หรือเรียกย่อ ๆ ว่าตัวแอล (L) หน่วยของการเหนี่ยวนำคือ เฮนรี่ (Henry) ตัวเหนี่ยวนำถูกนำไปใช้ในวงจรภาครับสัญญาณของเครื่องรับวิทยุ และโทรทัศน์ ซึ่งอาศัยหลักการของลวดทองแดงนำมาพันรอบตัวกลางที่เรียกว่าคอย (Coil) แล้วจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไป เพื่อให้แสดงคุณสมบัติของตัวเหนี่ยวนำ โครงสร้างประกอบด้วยขดลวด (Coil) พันรอบแกน (Core) ซึ่งแกนนี้อาจจะเป็นแกนอากาศ แกนเหล็ก หรือแกนเฟอร์ไรท์ ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของการเหนี่ยวนำไฟฟ้า ตัวเหนี่ยวนำชนิดต่าง ๆ แสดงดังในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ตัวเหนี่ยวนำ

ภาพที่ 3.2 แสดงสัญลักษณ์ของตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งเขียนได้หลายลักษณะขึ้นอยู่กับแกนที่ใช้ ภาพที่ 3.2 (ก) แสดงสัญลักษณ์ของตัวเหนี่ยวนำแบบแกนอากาศ มีลักษณะเป็นขดลวดและมีขาต่อใช้งานสองขา ภาพที่ 3.2 (ข) แสดงสัญลักษณ์ของตัวเหนี่ยวนำแบบที่ใช้แกนเหล็ก มีลักษณะเป็นขดลวดมีขาต่อใช้งาน และมีเส้นตรงอยู่ด้านบนขดลวด 2 เส้น ภาพที่ 3.2 (ค) แสดงสัญลักษณ์ของตัวเหนี่ยวนำแบบที่ใช้แกนเฟอร์ไรท์ มีลักษณะเป็นขดลวดมีขาต่อใช้งาน และมีเส้นประอยู่ด้านบนขดลวด 2 เส้น ภาพที่ 3.2 (ง) แสดงสัญลักษณ์ของตัวเหนี่ยวนำแบบปรับค่าได้ มีลักษณะคล้ายกับแบบที่ใช้แกนเฟอร์ไรท์ แต่ต่างกันตรงที่มีลูกศรพาดหมายถึงสามารถปรับค่าได้



ก. แกนอากาศ

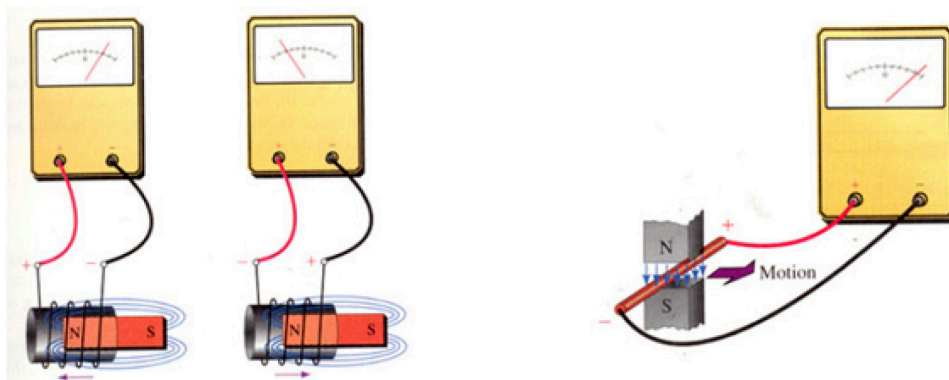
ข. แกนเหล็ก

ค. แกนเฟอร์ไรท์

ง. ปรับค่าได้

ภาพที่ 3.2 สัญลักษณ์ของตัวเหนี่ยวนำ

จากการทดลองของไมเคิลฟาราเดย์ และเฮนรีเฮริตสรุปว่า สนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดผ่านขดลวดทำให้เกิดการเหนี่ยวนำแรงดันภายในขดลวด ถ้าต่อมิเตอร์แบบมีค่า 0 อยู่ตรงกลาง เข็มของมิเตอร์จะแสดงค่าเพิ่มขึ้นไปทางบวกหรือลดลงมาทางด้านลบ ขึ้นอยู่กับทิศทางของสนามแม่เหล็ก หรือในกรณีที่ใช้ตัวนำเคลื่อนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็ก ก็จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำแรงดัน ถ้าเคลื่อนที่ไปทางขวา เข็มมิเตอร์ก็จะเบี่ยงเบนไปทางด้านบวก แต่ถ้าเคลื่อนที่ตัวนำไปทางด้านซ้าย เข็มมิเตอร์ก็จะเบี่ยงเบนกลับทิศทางไปยังด้านลบแสดงดังในภาพที่ 3.3

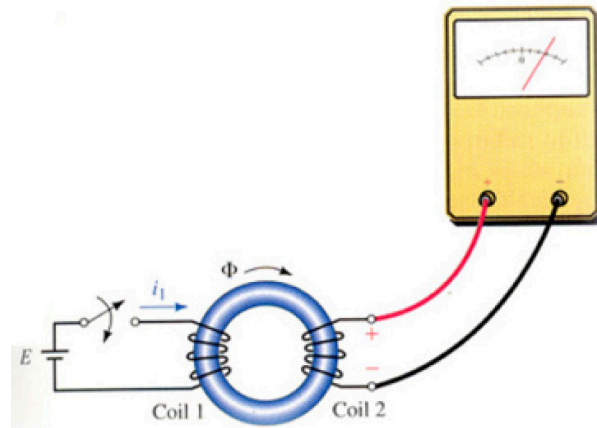


สนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดผ่านขดลวด

ตัวนำเคลื่อนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็ก

ภาพที่ 3.3 การทดลองตัวเหนี่ยวนำ

ในกรณีที่เราปิดสวิตช์เพื่อจ่ายแรงเคลื่อนให้กับวงจรไฟฟ้าจะเกิดสนามแม่เหล็กในขดลวดขดแรก (Coil 1) มีผลทำให้เกิดการเหนี่ยวนำแรงดันมายังขดลวด 2 (Coil 2) เข็มของมิเตอร์จะแสดงค่าเพิ่มขึ้น แต่ในกรณีที่เปิดสวิตช์ทำให้วงจรต่อไม่ถึงกันจะมีผลทำให้เข็มของมิเตอร์แสดงค่าลดลงดังแสดงในภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 การเหนี่ยวนำจากตัวที่ 1 ไปยังตัวที่ 2

3.3 ชนิดของตัวเหนี่ยวนำ

ตัวเหนี่ยวนำที่ผลิตออกมาในปัจจุบันมีหลายแบบหลายขนาด วัสดุที่ใช้ทำแกนที่นิยมก็คือ แกนอากาศ, แกนเหล็ก และแกนเฟอร์ไรท์ เราสามารถแบ่งตัวเหนี่ยวนำได้ 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ตัวเหนี่ยวนำแบบค่าคงที่ (Fixed inductors) และตัวเหนี่ยวนำแบบปรับค่าได้ (Variable inductors)

3.3.1 ตัวเหนี่ยวนำแบบค่าคงที่

ตัวเหนี่ยวนำแบบค่าคงที่ (Fixed inductors) คือตัวเหนี่ยวนำที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ โดยปกติตัวเหนี่ยวนำประเภทนี้ ทำมาจากขดลวดทองแดง แกนที่ใช้พันขดลวดจะมีปลายลวดยื่นออกมาทั้งสองข้าง รูปร่างโดยทั่วไปจะเป็นแกนยาวแบบทรงกระบอก มีชื่อเรียกแตกต่างกัน เช่น โซลินอยด์ เซอร์เพสเมาส์ ไซค์ ทอร์รอยด์ และแบบแถบสี่ ฯลฯ เป็นต้น

3.3.2 ตัวเหนี่ยวนำแบบปรับค่าได้

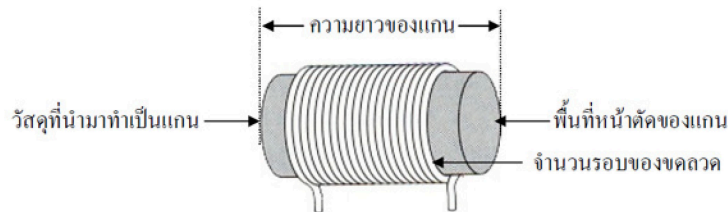
ตัวเหนี่ยวนำแบบปรับค่าได้ (Variable inductors) นิยมใช้ในเครื่องรับวิทยุ ค่าการเหนี่ยวนำจะเปลี่ยนแปลงไปตามการเคลื่อนที่ของแกนหมุน ที่สามารถปรับสกรูเลื่อนตำแหน่งของขดลวดให้เข้าหรือออก เพื่อเปลี่ยนค่าของความเหนี่ยวนำ ถ้าแกนเคลื่อนที่ออกมาจนสุด ค่าความเหนี่ยวนำจะมีค่าต่ำ แต่ถ้าหมุนสกรูให้แกนเคลื่อนที่เข้าไปในขดลวดมาก จะทำให้ค่าความเหนี่ยวนำมากขึ้นตามไปด้วย ในการปรับควรใช้เครื่องมือที่ทำด้วยพลาสติก หรืออุปกรณ์จำพวกที่ไม่ใช่โลหะ เนื่องจากวัสดุที่ทำมาจากโลหะจะไปรบกวนการเกิดสนามแม่เหล็ก และมีผลต่อค่าความเหนี่ยวนำได้



ภาพที่ 3.5 ตัวเหนี่ยวนำแบบปรับค่าได้

3.4 ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความเหนี่ยวนำ

ค่าความเหนี่ยวนำจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับตัวแปร 4 ประการคือ



ภาพที่ 3.8 ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความเหนี่ยวนำ

3.4.1 จำนวนรอบของขดลวดเขียนแทนด้วยอักษร N ถ้าจำนวนรอบของขดลวดมีปริมาณมาก ก็จะทำให้เกิดค่าความเหนี่ยวนำมากขึ้นตามไปด้วย ค่าความเหนี่ยวนำจะแปรผันตรงกับจำนวนรอบของขดลวด

3.4.2 วัสดุที่นำมาทำเป็นแกน เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ μ วัสดุที่นำมาทำเป็นแกนมีหลายชนิด เช่น อากาศ เหล็ก เฟอร์ไรต์ โคบอล ฯลฯ เป็นต้น แต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติในการเพิ่มความเข้มสนามแม่เหล็ก ที่เรียกว่าความซาบซึม (Permeability) แตกต่างกันในกรณีที่มีความซาบซึมมากก็จะทำให้เกิดค่าความเหนี่ยวนำมาก ค่าความเหนี่ยวนำจะแปรผันตรงกับความซาบซึมของแกน

3.4.3 พื้นที่หน้าตัดของแกน เขียนแทนด้วยอักษร A ถ้าพื้นที่ของแกนมีปริมาณมาก ก็จะทำให้เกิดค่าความเหนี่ยวนำมากขึ้นตามไปด้วย ค่าความเหนี่ยวนำจะแปรผันตรงกับพื้นที่ของแกน

3.4.4 ความยาวของแกน เขียนแทนด้วยอักษร l ถ้าความยาวของแกนมีปริมาณมาก ก็จะทำให้เกิดค่าความเหนี่ยวนำน้อย ค่าความเหนี่ยวนำจะแปรผกผันกับความยาวของแกน

จากปัจจัยทั้ง 4 ประการจึงสามารถหาสัมพันธของค่าความเหนี่ยวนำได้ว่า

$$L = \frac{N^2 \mu A}{l} \quad (3.1)$$

เมื่อ L คือ ค่าความเหนี่ยวนำ (เฮนรี่)

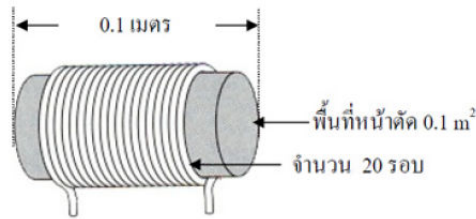
N คือ จำนวนรอบของขดลวด (รอบ)

μ คือ ค่าความซาบซึมของวัสดุ

A คือ พื้นที่หน้าตัดของแกน (ตารางเมตร)

l คือ ความยาวของแกน (เมตร)

ตัวอย่างที่ 3.1 กำหนดให้ตัวเหนี่ยวนำในภาพที่ 3.9 มีความยาวของแกนเท่ากับ 0.1 เมตร และมีค่าความซาบซึมเท่ากับ 0.25×10^{-3} จำนวนของขดลวดที่พันเท่ากับ 20 รอบ พื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 0.1 ตารางเมตร จงหาค่าความเหนี่ยวนำ



ภาพที่ 3.9 ตัวเหนี่ยวนำ

วิธีทำ ค่าความเหนี่ยวนำเขียนได้ว่า

$$L = \frac{N^2 \mu A}{l} \quad (3.2)$$

แทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ในสมการที่ 3.2 ได้ว่า

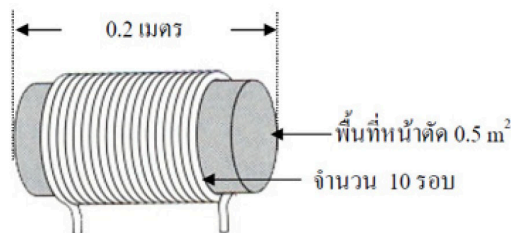
$$L = \frac{20^2 \times 0.25 \times 10^{-3} \times 0.1}{0.1} \quad (3.3)$$

ค่าความเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากับ 100 mH

ตัวอย่างที่ 3.2 กำหนดให้ตัวเหนี่ยวนำในภาพที่ 3.10 มีค่าความเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากับ 62.5 mH ความยาวของแกนเท่ากับ 0.2 เมตร จำนวนของขดลวดที่พันเท่ากับ 10 รอบ พื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 0.5 ตารางเมตร จงหาค่าความซบซิมของแกน

วิธีทำ ค่าความเหนี่ยวนำเขียนได้ว่า

$$\mu = \frac{Ll}{N^2 A} \quad (3.4)$$



ภาพที่ 3.11 ตัวเหนี่ยวนำ

แทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ในสมการที่ 3.2 ได้ว่า

$$\mu = \frac{62.5 \times 10^{-3} \times 0.2}{10^2 \times 0.5} \quad (3.5)$$

ค่าความซบซิมของแกนเท่ากับ 0.25×10^{-3}

3.5 การอ่านค่าตัวเหนี่ยวนำ

ตัวเหนี่ยวนำจะมีคุณสมบัติในการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้าโดยเกิดขึ้นในรูปของสนามแม่เหล็ก ภายในตัวเหนี่ยวนำมีค่าที่เรียกว่า ค่าความเหนี่ยวนำ (Inductance) มีหน่วยเป็นเฮนรี (Henry) รายละเอียดต่าง ๆ สามารถแสดงค่าได้ดังนี้

1,000 ไมโครเฮนรี (μH)	เท่ากับ	1	มิลลิเฮนรี (mH)
1,000 มิลลิเฮนรี (mH)	เท่ากับ	1	เฮนรี (H)

ค่าความเหนี่ยวนำ มักแสดงโดยการพิมพ์ค่าลงบนตัวเหนี่ยวนำ แสดงเป็นรหัสตัวเลข หรือแสดงเป็นแถบสีแบบตัวต้านทาน ส่วนค่าความผิดพลาดในกรณีการพิมพ์ค่าหรือใช้รหัสตัวเลขนั้นจะมีการพิมพ์เป็นตัวอักษร ดังนี้

J	ค่าผิดพลาดบวกลบไม่เกิน	5	เปอร์เซ็นต์
K	ค่าผิดพลาดบวกลบไม่เกิน	10	เปอร์เซ็นต์
M	ค่าผิดพลาดบวกลบไม่เกิน	20	เปอร์เซ็นต์

กรณีพิมพ์ค่าบนตัวเหนี่ยวนำถ้าค่าความเหนี่ยวนำไม่เกิน 100 μH จะใช้ตัวเลข 3 ตัวและใช้ R แทนจุดทศนิยมดังนี้

R25 0	อ่านค่าได้	0.25 μH
3R9 0	อ่านค่าได้	3.9 μH
78R 0	อ่านค่าได้	78 μH

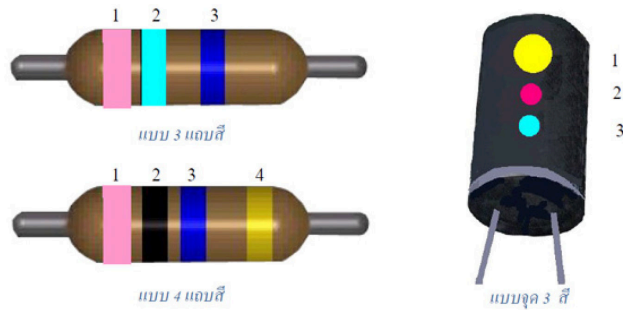
กรณีพิมพ์ค่าบนตัวเหนี่ยวนำถ้าค่ามากกว่า 100 μH ขึ้นไป จะใช้ตัวเลข 4 ตัว โดยตัวที่ 1-3 ให้อ่านค่าตามตัวเลขที่พิมพ์ ส่วนตัวที่ 4 แสดงเลขยกกำลังหรือตัวเต็มศูนย์ดังตัวอย่าง

5600	อ่านค่าได้	560 μH
3301	อ่านค่าได้	3300 μH
4702	อ่านค่าได้	47000 μH

กรณีแสดงเป็นรหัสตัวเลข จะใช้ตัวเลข 3 ตัวโดยตัวที่ 1-2 ให้อ่านค่าตามตัวเลขที่พิมพ์ ส่วนตัวที่ 3 แสดงเลขยกกำลังหรือตัวเต็มศูนย์ดังตัวอย่าง

560	อ่านค่าได้	56 μH
331	อ่านค่าได้	330 μH
472	อ่านค่าได้	4700 μH

กรณีแสดงเป็นแถบสีแบบตัวต้านทานดังแสดงในภาพที่ 3.6 และ 3.7 อาจจะมีลักษณะเป็นแถบ 3 สี แถบ 4 สี หรือแสดงเป็นจุด อ่านค่าเป็นหน่วย uH แต่การอ่านค่ายังมีลักษณะ คล้ายกับการอ่านค่า แถบสีของตัวต้านทาน ซึ่งรหัสแถบสีแสดงในตารางที่ 3.1



ภาพที่ 3.6 ตัวเหนี่ยวนำแสดงค่าด้วยแถบสี



ภาพที่ 3.7 ตัวอย่างตัวเหนี่ยวนำแสดงค่าด้วยแถบสี

ตารางที่ 3.1 รหัสแถบสีของตัวเหนี่ยวนำ

สี	แถบที่ 1 ตัวตั้ง	แถบที่ 2 ตัวตั้ง	แถบที่ 3 ตัวคูณ
ดำ	0	0	1
น้ำตาล	1	1	10
แดง	2	2	10^2
ส้ม	3	3	10^3
เหลือง	4	4	10^4
เขียว	5	5	10^5
น้ำเงิน	6	6	10^6
ม่วง	7	7	10^7
เทา	8	8	10^8
ขาว	9	9	10^9
ทอง	จุดทศนิยม	จุดทศนิยม	10^{-1}
เงิน	-	-	10^{-2}

กรณีที่ตัวเหนี่ยวนำเป็นแบบ 4 แถบสี แถบสีที่ 1 และ 2 จะเป็นตัวตั้ง แถบสีที่ 3 จะเป็นตัวคูณ และแถบสีที่ 4 จะแสดงเปอร์เซ็นต์ค่าผิดพลาด โดยที่สีทองแสดงค่าผิดพลาด บวกลบไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ สีเงินบวกลบไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์

3.6 การต่อวงจรตัวเหนี่ยวนำ

การต่อวงจรตัวเหนี่ยวนำมีอยู่ 3 แบบคือ วงจรอนุกรม วงจรขนาน และวงจรผสม มีลักษณะ และรายละเอียดคล้ายกับการต่อตัวต้านทาน

3.6.1 วงจรอนุกรม

การต่อวงจรอนุกรม คือการนำเอาตัวเหนี่ยวนำตั้งแต่ 2 ตัว ขึ้นไปมาต่ออนุกรมหรืออันดับ การต่อลักษณะนี้เป็นการเพิ่มความยาว ให้กับขดลวด มีผลทำให้ค่าความเหนี่ยวนำรวมเพิ่มขึ้น ค่าความเหนี่ยวนำรวมหาได้จากสูตร

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n \quad (3.6)$$

3.6.2 วงจรขนาน

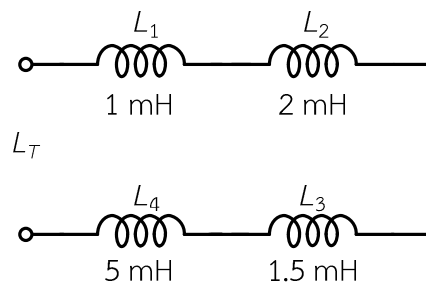
การต่อวงจรขนาน คือการนำเอาตัวเหนี่ยวนำตั้งแต่ 2 ตัว ขึ้นไปมาต่อขนานกัน ค่าความเหนี่ยวนำรวมทั้งหมด จะมีค่าน้อยกว่าค่าความเหนี่ยวนำของตัวเหนี่ยวนำที่มีค่าน้อยที่สุดที่ต่ออยู่ในวงจร ค่าความเหนี่ยวนำรวมหาได้จากสูตร

$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots + \frac{1}{L_n} \quad (3.7)$$

3.6.3 วงจรผสม

การต่อวงจรผสม คือการนำเอาตัวเหนี่ยวนำมาต่ออนุกรมและขนานกัน ค่าความเหนี่ยวนำรวมทั้งหมด จะต้องมีการวิเคราะห์ว่าต่อกันในลักษณะใด การคำนวณค่าจะใช้วิธีเดียวกับการต่อวงจรผสมของตัวต้านทาน

ตัวอย่างที่ 3.3 ตัวเหนี่ยวนำต่ออนุกรมดังแสดงในภาพที่ 3.8 จงหาค่าความเหนี่ยวนำรวม



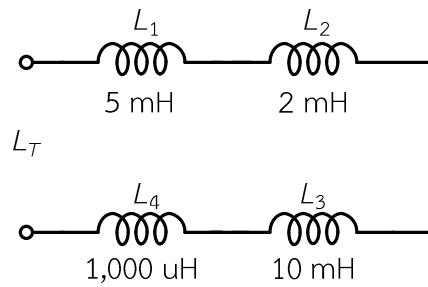
ภาพที่ 3.8 ตัวเหนี่ยวนำต่ออนุกรม

วิธีทำ

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 \quad (3.8)$$

$$L_T = 1 + 2 + 1.5 + 5 = 9.5\text{mH}$$

ตัวอย่างที่ 3.4 ตัวเหนี่ยวนำต่ออนุกรมดังแสดงในภาพที่ 3.9 จงหาค่าความเหนี่ยวนำรวม



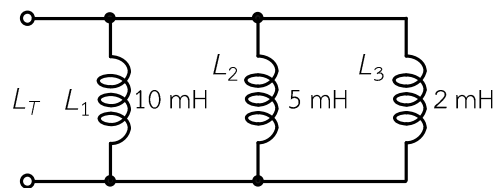
ภาพที่ 3.9 ตัวเหนี่ยวนำต่ออนุกรม

วิธีทำ

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 \quad (3.9)$$

$$L_T = 5 + 2 + 10 + 1 = 18 \text{ mH}$$

ตัวอย่างที่ 3.5 ตัวเหนี่ยวนำต่อขนานดังแสดงในภาพที่ 3.10 จงหาค่าความเหนี่ยวนำรวม



ภาพที่ 3.10 ตัวเหนี่ยวนำต่อแบบขนาน

วิธีทำ หาค่า L_T

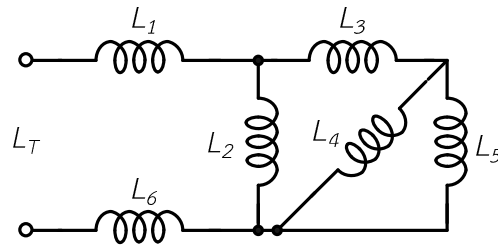
$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} \quad (3.10)$$

$$= \frac{1}{10} + \frac{1}{5} + \frac{1}{2}$$

$$= \frac{1 + 2 + 5}{10}$$

$$L_T = 1.25 \text{ mH}$$

ตัวอย่างที่ 3.6 ภาพที่ 3.11 แสดงตัวเหนี่ยวนำต่อแบบผสม กำหนดให้ตัวเหนี่ยวนำทุกตัวเท่ากับ 1 mH จงหาค่าความเหนี่ยวนำรวม



ภาพที่ 3.11 ตัวเหนี่ยวนำต่อแบบผสม

วิธีทำ หาค่า L_{T1}

$$L_{T1} = \frac{L_4 L_5}{L_4 + L_5} \quad (3.7)$$

$$= \frac{1\text{mH} \times 1\text{mH}}{1\text{mH} + 1\text{mH}} = 0.5\text{mH}$$

หาค่า L_{T2}

$$L_{T2} = L_{T1} + L_3$$

$$= 0.5\text{ mH} + 1\text{ mH} = 1.5\text{ mH}$$

หาค่า L_{T3}

$$L_{T3} = L_{T2} // L_2 = 1.5\text{ mH} // 1\text{ mH} = 0.67\text{ mH}$$

หาค่า L_T

$$L_T = L_1 + L_{T3} + L_6$$

$$= 1\text{ mH} + 0.67\text{ mH} + 1\text{ mH} = 2.67\text{ mH}$$

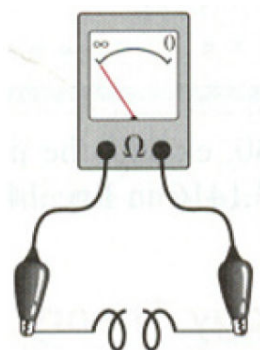
3.7 การตรวจสอบตัวเหนี่ยวนำ

การตรวจสอบตัวเหนี่ยวนำว่ามีสภาพดีหรือชำรุดสามารถตรวจสอบได้โดยใช้มัลติมิเตอร์ตั้งย่านวัดโอห์ม แล้วใช้สายวัดต่อกับขาของตัวเหนี่ยวนำทั้งสองด้าน ผลที่เกิดขึ้นมี 3 กรณีดังนี้

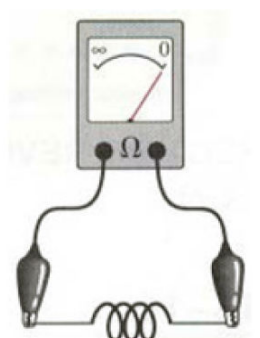
3.7.1 กรณีที่เข็มของมิเตอร์ไม่ขึ้นหรืออยู่ในตำแหน่งของอนันต์ แสดงว่าตัวเหนี่ยวนำขาด

3.7.2 กรณีที่เข็มของมิเตอร์เบี่ยงเบนจนเข้าใกล้ 0 หรือเป็น 0 แสดงว่าตัวเหนี่ยวนำลัด

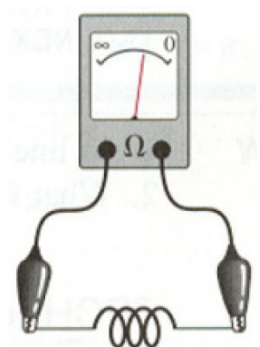
3.7.3 กรณีเข็มของมิเตอร์เบี่ยงเบนให้เห็นค่าความต้านทาน แสดงว่าเป็นตัวเหนี่ยวนำที่ดีสามารถนำไปใช้งานได้



ภาพที่ 3.12 ตัวเหนี่ยวนำอากาศ



ภาพที่ 3.13 ตัวเหนี่ยวนำซีด

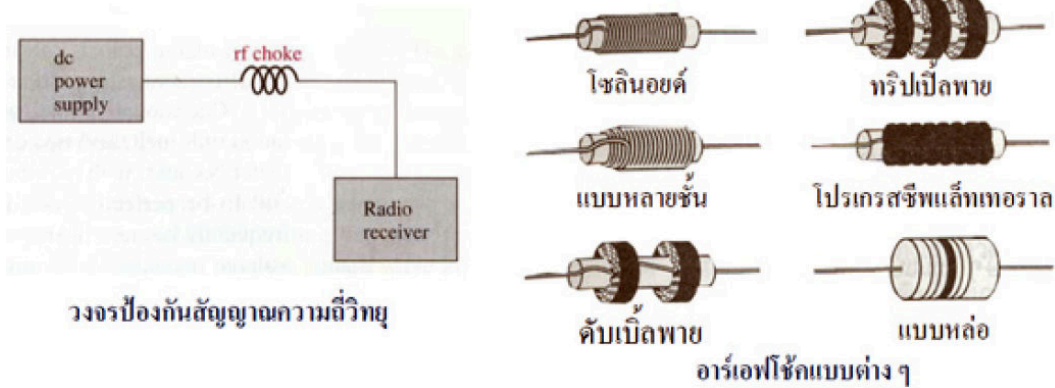


ภาพที่ 3.14 ตัวเหนี่ยวนำปกติ

3.8 การประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ

เราสามารถนำตัวเหนี่ยวนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ เพื่อประโยชน์ในการใช้งานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ดังตัวอย่างต่อไปนี้

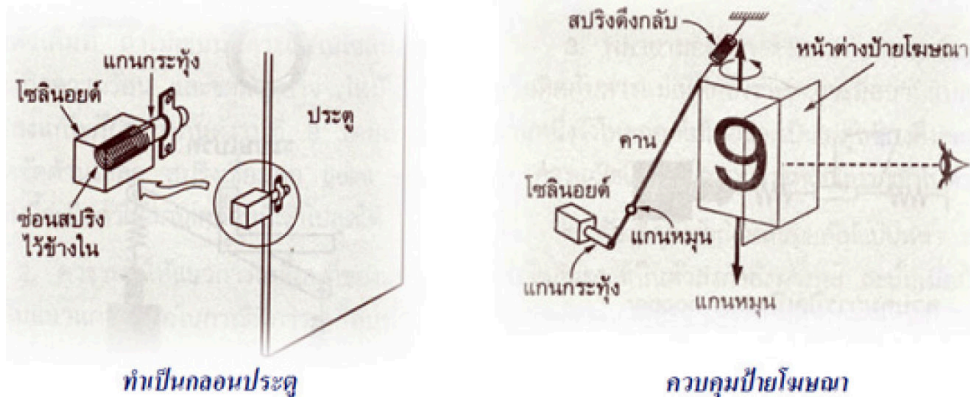
3.8.1 ใช้ในการป้องกันความถี่วิทยุเข้ามารบกวนแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ที่เรียกว่า อาร์เอฟ ไลค์ (Radio frequency choke; RF choke) ซึ่งหมายถึงตัวเหนี่ยวนำที่ใช้ป้องกันสัญญาณความถี่วิทยุไม่ให้ผ่านไปในขณะเดียวกันก็ปล่อยให้สัญญาณกระแสตรง และสัญญาณความถี่ต่ำเช่นสัญญาณเสียงผ่านไปได้ อาร์เอฟไลค์มีรูปร่าง และชื่อเรียกต่าง ๆ กันดังแสดงในภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.15 ตัวเหนี่ยวนำถูกนำไปประยุกต์ใช้งานต่าง ๆ

3.8.2 ใช้ในงานรับความถี่วิทยุในวิทยุแบบ AM ในลักษณะของคอยล์อากาศ (Antenna coil) และคอยล์ออสซิลเลเตอร์ (Oscillator coil)

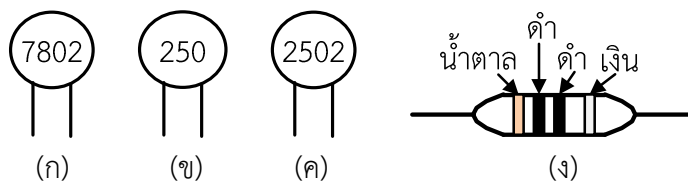
3.8.3 ทำเป็นขดลวดโซลินอยด์ สำหรับโซลินอยด์ที่แรงดึงไม่มากนัก นิยมทำเป็นกลอนล๊อคประตู ชูป้ายโฆษณาแบบเปลี่ยนข้อความได้ และใช้กับกลไกของเล่นอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เช่น หุ่นยนต์ รถเด็กเล่น กลไกอินเทอร์ล๊อคของเครื่องหยอดเหรียญต่าง ๆ เป็นต้น



ภาพที่ 3.16 ตัวเหนี่ยวนำถูกนำไปประยุกต์ใช้งานต่าง ๆ

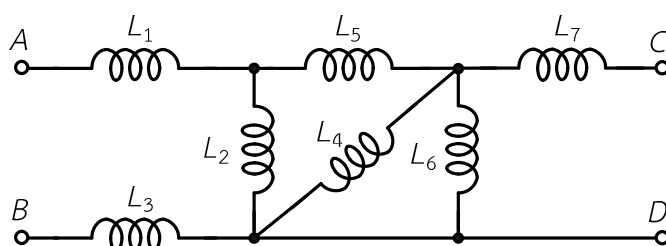
แบบฝึกหัดท้ายบท

1. ให้นักศึกษาอ่านค่าความเหนี่ยวนำในภาพที่ 3.17



ภาพที่ 3.17 ตัวเก็บประจุค่าต่าง ๆ

2. ภาพที่ 3.18 แสดงวงจรตัวเหนี่ยวนำต่อแบบผสม กำหนดให้ตัวเหนี่ยวนำทั้งหมดเท่ากับ 1 mH จงหาค่าความเหนี่ยวนำรวม L_{AB} L_{AC} L_{BC} L_{BD} และ L_{CD}



ภาพที่ 3.18 วงจรตัวเก็บประจุแบบผสม

3. กำหนดให้ตัวเหนี่ยวนำมีแกนยาวเท่ากับ 0.2 เมตร มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 0.2 ตารางเมตร ค่าความซาบซึมเท่ากับ 0.25×10^{-3} จำนวนของขดลวดที่พันเท่ากับ 10 รอบ จงหาค่าความเหนี่ยวนำ
4. ตัวเหนี่ยวนำมีแกนยาวเท่ากับ 0.2 เมตร มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 0.2 ตารางเมตร ค่าความซาบซึมเท่ากับ 0.25×10^{-3} ค่าความเหนี่ยวนำเท่ากับ 25 mH จงหาจำนวนรอบของขดลวด

