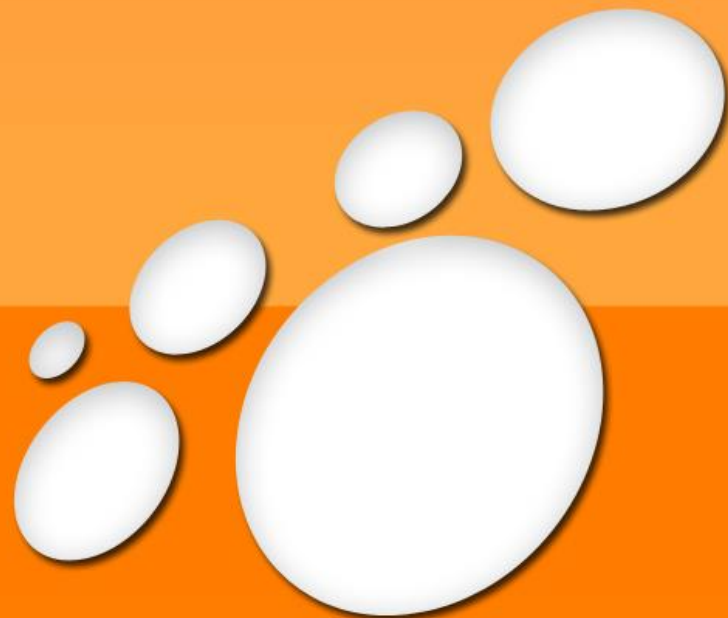
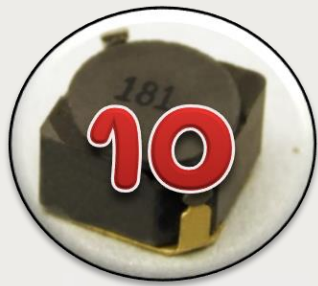




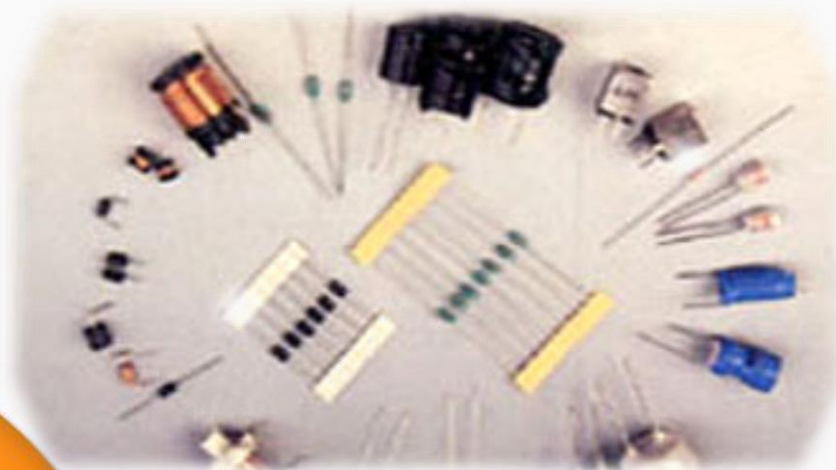
ตัวเหนี่ยวนำ INDUCTOR

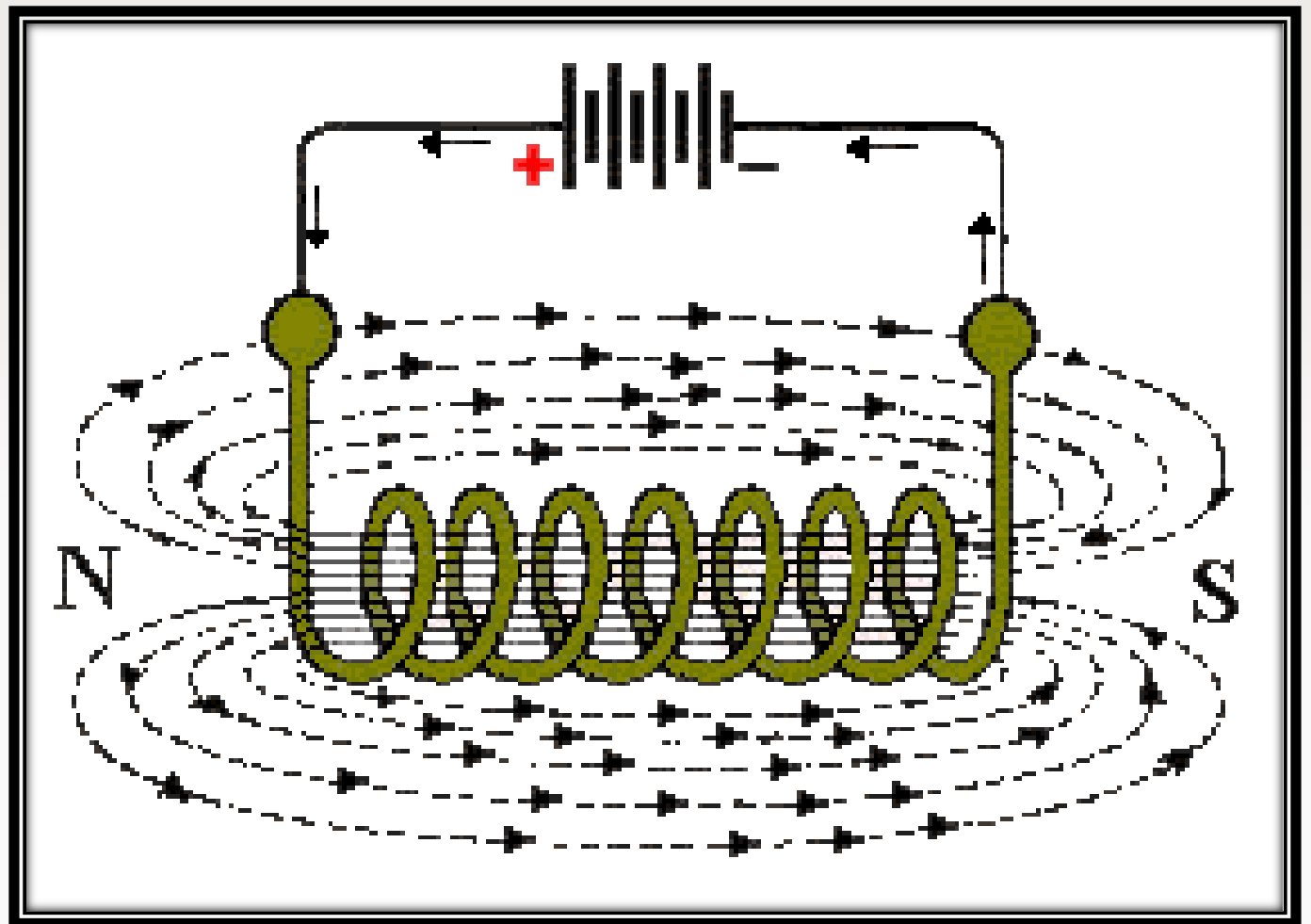


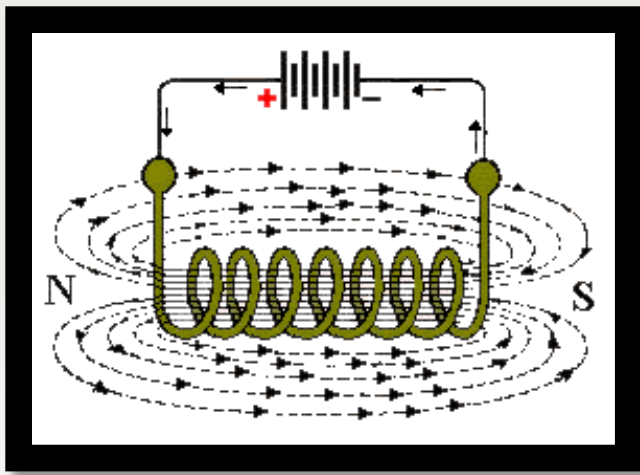


หลักการเบื้องต้นของตัว เหนี่ยวนำ (Inductor)

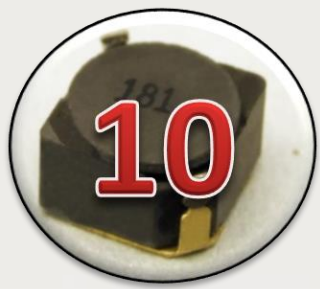
ตัวเหนี่ยวนำ (Inductor) เป็นอุปกรณ์ที่ นิยมใช้ในการปรับความถี่ของเครื่องรับวิทยุและ โทรทัศน์โดยอาศัยหลักการของหลอดทองแดง นำมาบิดหลาย ๆ รอบที่เรียกว่าคอย (Coil) แล้วจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไป เพื่อให้แสดงคุณสมบัติของตัวเหนี่ยวนำ โครงสร้างประกอบด้วยขดลวด (Coil) นั้นรอบแกน (Core) ซึ่งแกนนี้อาจจะเป็น แกนอากาศ, แกนเหล็ก, หรือแกนเฟอร์ไรต์ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของการเหนี่ยวนำไฟฟ้า ตัวเหนี่ยวนำชนิดต่าง ๆ แสดงดังรูป







1. จำนวนรอบของการพันเส้นลวดตัวนำ
2. ปริมาณการไหลของกระแสผ่านเส้นลวดตัวนำ
3. ชนิดของวัสดุที่นำมาใช้ทำแกนแม่เหล็กไฟฟ้า
4. ขนาดของแกนที่นำมาใช้งาน



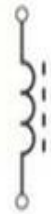
หลักการเบื้องต้นของตัวเหนี่ยวนำ (Inductor)



ก. แกนอากาศ



ข. แกนเหล็ก



ค. แกนเฟอร์ไรท์



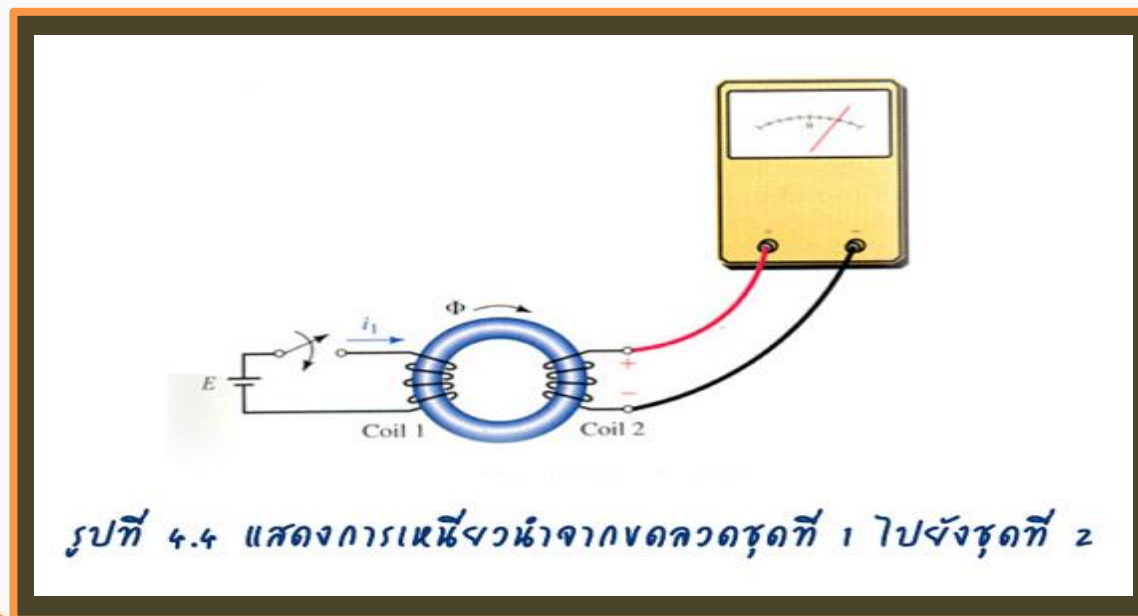
ง. ปรับค่าได้

รูปที่ 4.2 แสดงสัญลักษณ์ของตัวเหนี่ยวนำแบบต่าง ๆ



หลักการเบื้องต้นของตัวเหนี่ยวนำ (Inductor)

จากการทดลองของไมเคิลฟาราเดย์ และเฮนรีเฮวิต
สรุปว่า สนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดผ่านขดลวด ทำให้เกิดการ
เหนี่ยวนำแรงดันภายในขดลวด



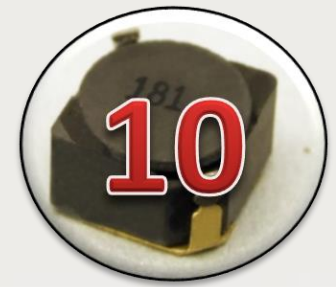
ตัวเหนี่ยวนำ

แบ่งตามลักษณะการเหนี่ยวนำ แบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

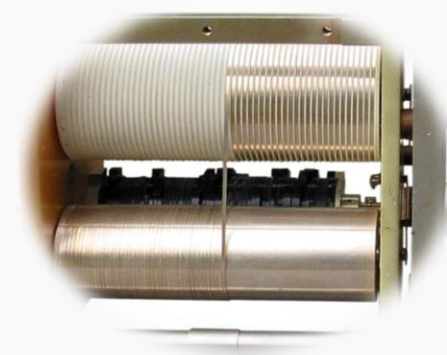
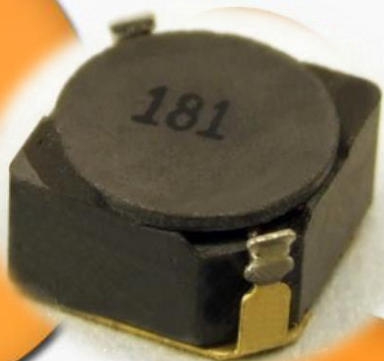
1. แบบตัวเหนี่ยวนำขดเดี่ยว
2. แบบตัวเหนี่ยวนำหลายขด



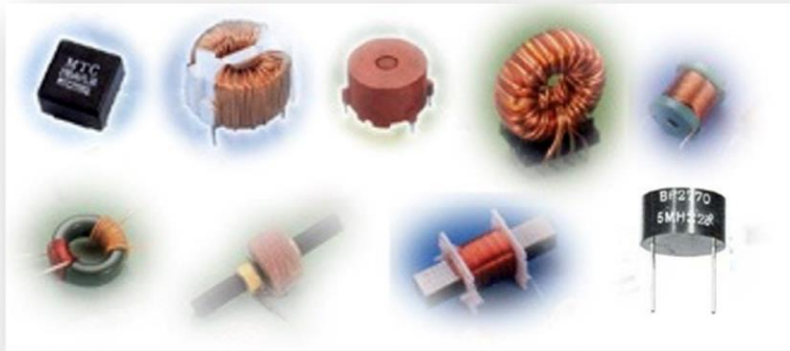
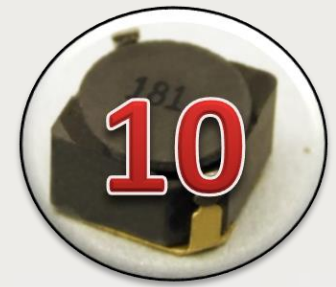
ชนิดของตัวเหนี่ยวนำ



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



ชนิดของตัวเหนี่ยวนำ



รูปที่ 4.7 แสดงตัวเหนี่ยวนำแบบค่าคงที่

ตัวเหนี่ยวนำแบบค่าคงที่ (*Fixed Inductors*)

ตัวเหนี่ยวนำแบบค่าคงที่ (*Fixed Inductors*) คือตัวเหนี่ยวนำที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ โดยปกติตัวเหนี่ยวนำประเภทนี้ ทำมาจากขดลวดทองแดง แกนที่ใช้พันขดลวดจะมีปลายลวดยื่นออกมาทั้งสองข้าง รูปร่างโดยทั่วไปจะเป็นแกนยาวแบบทรงกระบอก มีชื่อเรียกแตกต่างกัน เช่น โซลีนอยด์, เซอร์เฟสเมาท์, ไซค์, ทอร์รอยด์ และแบบแถบสี่ ฯลฯ เป็นต้น

ชนิดของตัวเหนี่ยวนำ



www.siam-hitech.com

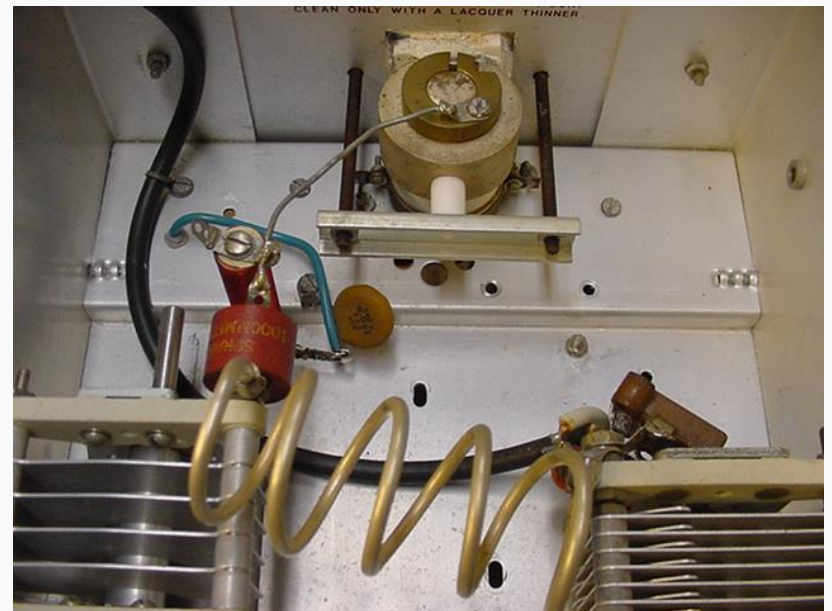
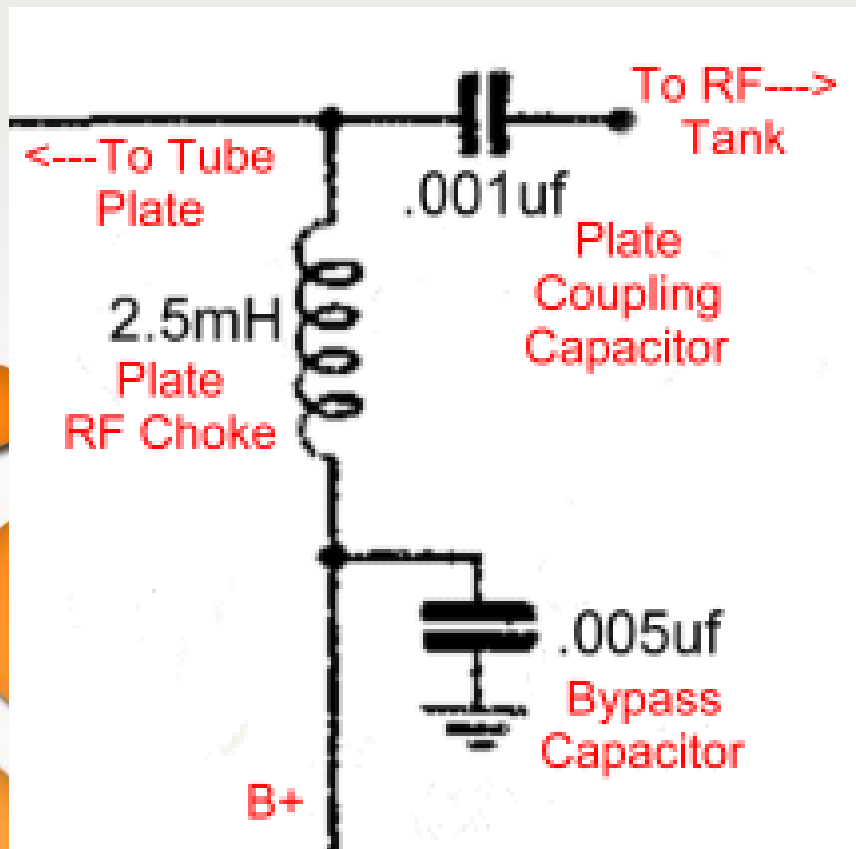


ตัวเหนี่ยวนำชนิดแกนอากาศ (Air Core Inductor)



ก. แกนอากาศ

ตัวเหนี่ยวนำประเภทนี้นิยมนำไปใช้งานกับพวก
ความถี่สูงๆ หรือความถี่วิทยุ (RF) จึงมักเรียกตัว
เหนี่ยวนำประเภทนี้ว่า RF ไร่ค



ตัวเหนี่ยวนำชนิด แกนเฟอร์ไรต์

(Ferrite Core Inductor)

ตัวเหนี่ยวนำแกนเฟอร์ไรต์ เป็นตัวเหนี่ยวนำที่แกนหรือฐานรองรับ
เส้นลวดทำด้วยเฟอร์ไรต์ ส่วนผสมของเฟอร์ไรต์มีความแตกต่างกัน
หลายอย่าง เช่น แมกนีเซียมสังกะสี แมงกานีส แมกนีเซียมกับ
ทองแดง นิกเกิลกับสังกะสี และแมงกานีสกับสังกะสี เป็นต้น แต่
ลักษณะของเฟอร์ไรต์ให้ความเข้มของค่าความเหนี่ยวนำแตกต่างกัน
กัน ข้อดีของตัวเหนี่ยวนำแกนเฟอร์ไรต์ คือ สามารถสร้างให้มี
รูปร่างลักษณะต่างๆ ได้ ใช้งานได้ดีทั้งความถี่ต่ำ และความถี่สูง

ตัวเหนี่ยวนำชนิด แกนเฟอร์ไรต์

(Ferrite Core Inductor)



ค. แกนเฟอร์ไรต์



ตัวเหนียวนำแกนผงเหล็กอัด

ตัวเหนียวนำแกนผงเหล็กอัด เป็นตัวเหนียวนำที่แกนหรือฐานรองรับเส้นลวดทำด้วยผงเหล็กชนิดอัดแน่น โดยนำผงเหล็กผสมกับกาวอัดแน่นเป็นแท่งช่วยลดการสูญเสียสัญญาณจากกระแสไหลวนลงได้ สัญญาณส่งผ่านตัวเหนียวนำแกนผงเหล็กอัดได้สูงขึ้น เกิดการสูญเสียสัญญาณภายในตัวเหนียวนำลดลง ใช้งานได้ดีในย่านความถี่สูงๆ มีความเหนียวนำสูงแต่มีขนาดเล็ก

ตัวเหนียวนำแกนทอรอยต์

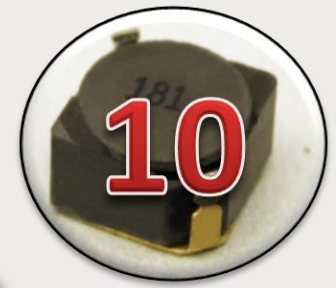
ตัวเหนียวนำแกนทอรอยต์ เป็นตัวเหนียวนำที่แกนหรือฐานรองรับเส้นลวดทำด้วยผลเหล็กชนิดอัดแน่น หรือไฟอร์ไรต์ โดยสร้างขึ้นเป็นรูปวงแหวน ขดลวดถูกพันรอบแกนทอรอยต์โดยรอบ

ข้อดีของการใช้แกนทอรอยต์ คือ เส้นแรงแม่เหล็กจะไม่แพร่กระจายออกไปภายนอก และสนามแม่เหล็กจากภายนอกก็ไม่เข้ามารบกวน สามารถทำให้ตัวเหนียวนำแบบนี้มีความเหนียวนำสูงในขนาดที่สร้างได้เล็กลง นิยมนำไปใช้งานวงจรอิเล็กทรอนิกส์ความถี่สูง ที่ต้องการหาค่าความเหนียวนำสูงและมีสนามแม่เหล็กรบกวนต่ำ

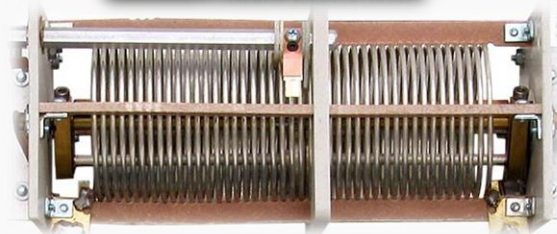
ตัวเหนี่ยวนำแกนทอรอยต์



ชนิดของตัวเหนี่ยวนำ



รูปที่ 4.8 แสดงตัวเหนี่ยวนำแบบปรับค่าได้



ตัวเหนี่ยวนำแบบปรับค่าได้ (*Variable Inductors*)

ตัวเหนี่ยวนำแบบปรับค่าได้ (*Variable Inductors*) นิยมใช้ใน
เครื่องรับวิทยุ ค่าการเหนี่ยวนำจะเปลี่ยนแปลงไปตามการเคลื่อนที่ของแกนหมุน
ที่สามารถปรับสกรูเลื่อนตำแหน่งของขดลวดให้เข้าหรือออก เพื่อเปลี่ยนค่าของ
ความเหนี่ยวนำ

ตัวเหนี่ยวนำแกนเหล็กแผ่นบาง



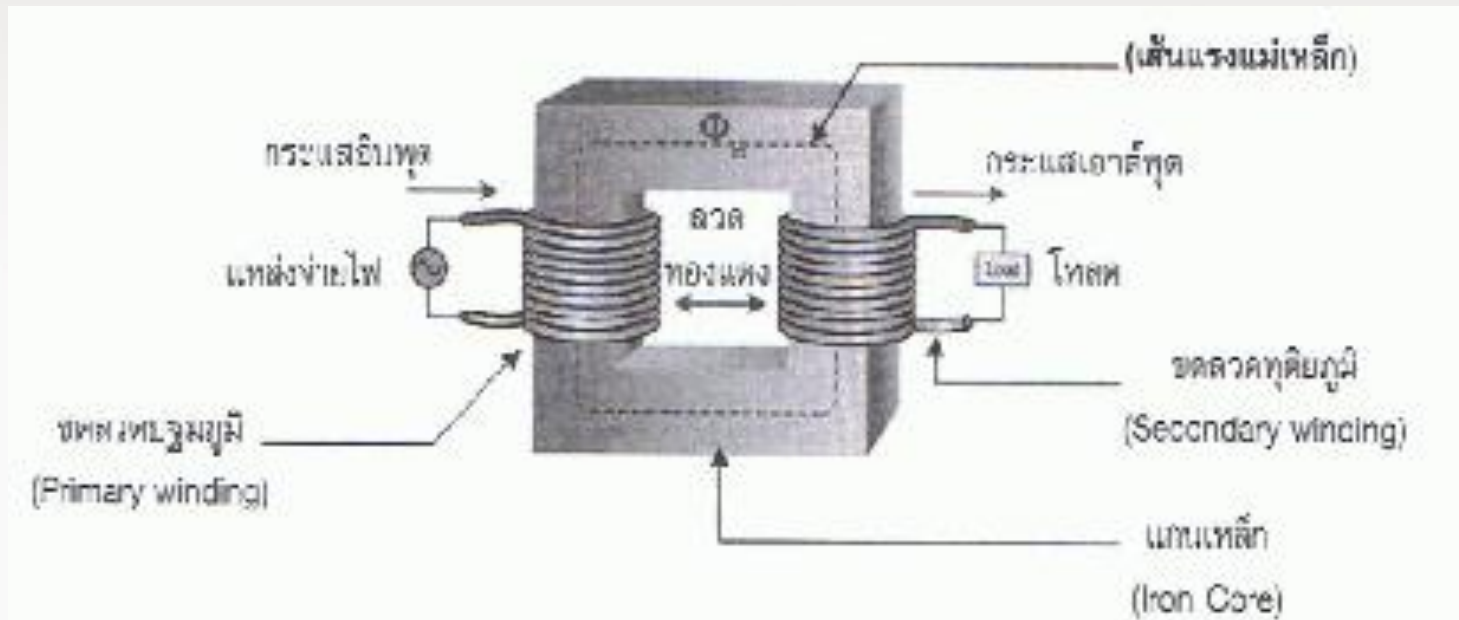
ตัวเหนี่ยวนำชนิดแกนปรับค่าได้

บางที ชนิดที่น่าจะพบมากที่สุดของตัวเหนี่ยวนำแปรค่าในวันนี้คือ ตัวที่มีแกนแม่เหล็กเฟอร์ไรต์ เคลื่อนที่ได้ ซึ่งสามารถเลื่อนเข้าหรือออกจากคอยล์ได้ การเคลื่อนแกนให้ไกลออกไปเข้าไปในคอยล์ เป็นการเพิ่มการซึมผ่าน ก็เป็นการเพิ่มสนามแม่เหล็กและการเหนี่ยวนำ ตัวเหนี่ยวนำจำนวนมากที่ใช้ในงานวิทยุ

ตัวเหนี่ยวนำชนิดหลายขด

ตัวเหนี่ยวนำชนิดหลายขด เป็นตัวเหนี่ยวนำที่มีขดลวดพันไว้บนแกนมากกว่าหนึ่งขด เช่น 2 ขด, 3 ขด และ 4 ขด เป็นต้น ขดลวดทั้งหมดถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนทางเข้าหรือขดอินพุต (Input) มันถูกเรียกว่าขดปฐมภูมิ (Primary) ทำหน้าที่รับแรงดันไฟสลับที่ป้อนเข้ามา ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กพองตัวออก เมื่อจ่ายแรงดันไฟสลับ สนามแม่เหล็กจะยุบตัวลง เพื่อจ่ายผ่านสนามแม่เหล็กไปทั่วผ่านขดลวดขดอื่นๆ อีกส่วนของขดลวดคือ ส่วนทางออกหรือเอาต์พุต (Output) มักถูกเรียกว่าขดทุติยภูมิ (Secondary)

ตัวเหนี่ยวนำชนิดหลายขด



ปัจจัยที่มีผลต่อความเหนียวนำ

ค่าความเหนียวนำจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับตัวแปร 4 ประการคือ

- จำนวนรอบของขดลวดเขียนแทนด้วยอักษร N
- วัสดุที่นำมาทำเป็นแกน เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ μ
- พื้นที่หน้าตัดของแกน เขียนแทนด้วยอักษร A
- ความยาวของแกน เขียนแทนด้วยอักษร l

จากปัจจัยทั้ง 4 ประการจึงสามารถหาสัมพัทธ์ของค่าความเหนียวนำได้

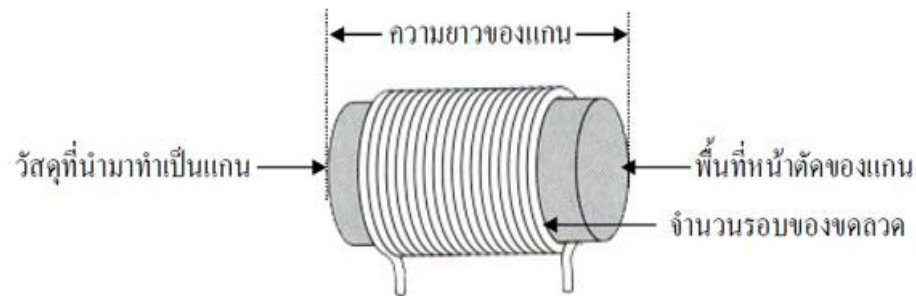
จากสมการ



ปัจจัยที่มีผลต่อความเหนี่ยวนำ

$$L = \frac{N^2 \mu \kappa A}{l}$$

L	=	ค่าความเหนี่ยวนำมีหน่วยเป็นเฮนรี
N	=	จำนวนรอบของขดลวดมีหน่วยเป็นรอบ
μ	=	วัสดุที่นำมาทำเป็นแกน
A	=	พื้นที่หน้าตัดของแกนมีหน่วยเป็นตารางเมตร
l	=	ความยาวของแกนมีหน่วยเป็นเมตร

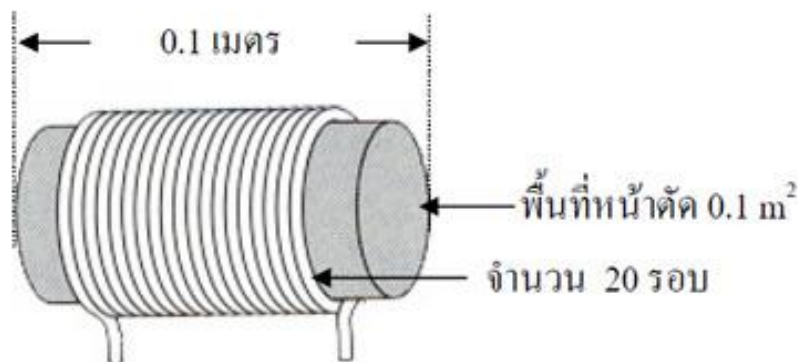


รูปที่ 4.6 แสดงปัจจัยที่มีผลต่อค่าความเหนี่ยวนำ



ព្រឹត្តិបត្រ

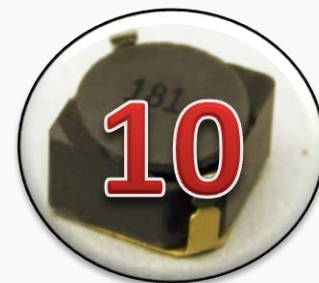
ตัวอย่างที่ 4.1 ตัวเหนี่ยวนำมีความยาวของแกน 0.1 เมตร จำนวนของขดลวดที่พัน 20 รอบ หน้าตัดมีพื้นที่ 0.1 ตารางเมตร มีค่าความซาบซึม 0.25×10^{-3} จงหาค่าความเหนี่ยวนำ



จากสูตร

$$L = \frac{N^2 x \mu \alpha A}{l}$$

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

ค่าความเหนี่ยวนำมีค่า $= 100 \text{ mH}$ 

หน่วยของการเหนี่ยวนำ

มิลลิเฮนรี (mH) และ ไมโครเฮนรี (μH)

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



การอ่านค่าความเหนี่ยวนำ

ค่าความเหนี่ยวนำ มักแสดงโดยการพิมพ์ค่าลงบนตัวเหนี่ยวนำ แสดงเป็นรหัสตัวเลข หรือแสดงเป็นแถบสีแบบตัวต้านทาน ส่วนค่าความผิดพลาดในกรณีการพิมพ์ค่าหรือใช้รหัสตัวเลขนั้นจะมีการพิมพ์เป็น ตัวอักษร ดังนี้

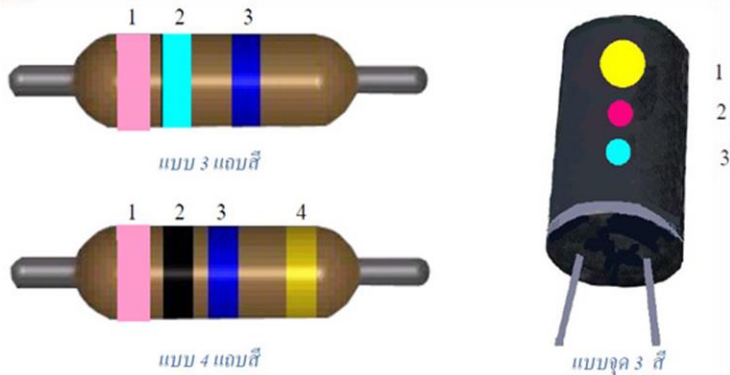
5600	อ่านค่าได้	560 μH
3301	อ่านค่าได้	3300 μH
4702	อ่านค่าได้	47000 μH



การอ่านค่าความเหนี่ยวนำ

แบบ 3 สี แบบ 4 สี แบบจุด 3 สี

กรณีแสดงเป็นแถบสีแบบตัวต้านทาน อาจจะมีลักษณะเป็นแถบ 3 สี แถบ 4 สี หรือแสดงเป็นจุด อ่านค่าเป็นหน่วย uH แต่การอ่านค่ายังมีลักษณะ คล้ายกับการอ่านค่าแถบสีของตัวต้านทาน



รูปที่ 4.5 แสดงตัวเหนี่ยวนำแบบใช้แถบสี

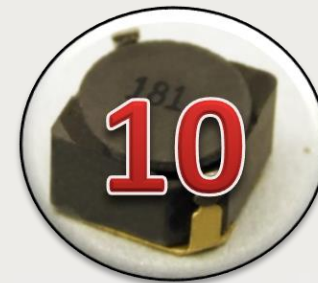
สี	แถบที่ 1 ตัวตั้ง	แถบที่ 2 ตัวตั้ง	แถบที่ 3 ตัวคูณ
ดำ	0	0	1
น้ำตาล	1	1	10
แดง	2	2	10^2
ส้ม	3	3	10^3
เหลือง	4	4	10^4
เขียว	5	5	10^5
น้ำเงิน	6	6	10^6
ม่วง	7	7	10^7
เทา	8	8	10^8
ขาว	9	9	10^9
ทอง	จุดทศนิยม	จุดทศนิยม	10^{-1}
เงิน	-	-	10^{-2}

ตารางที่ 4.1 แสดงรายละเอียดจุดตัวเหนี่ยวนำแบบ 3 แถบสี



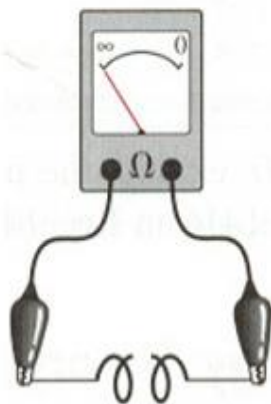


การตรวจสอบตัวเหนี่ยวนำ



การตรวจสอบตัวเหนี่ยวนำว่ามีสภาพดีหรือ ชำรุด สามารถตรวจสอบได้โดยใช้มัลติมิเตอร์ตั้งย่านวัดโอห์ม แล้วใช้สายวัดต่อกับขาของตัวเหนี่ยวนำทั้งสองด้าน ผลที่เกิดขึ้นมี 3 กรณีคือ

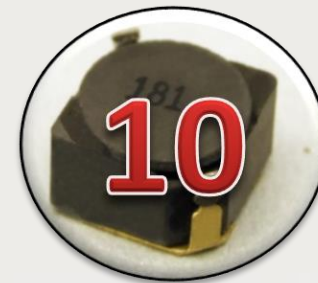
1. กรณีที่เข็มของมิเตอร์ไม่ขึ้นหรืออยู่ในตำแหน่งของอินฟินิตี้ แสดงว่าตัวเหนี่ยวนำขาด



รูปที่ 4.1 แสดงตัวเหนี่ยวนำขาด (Open)

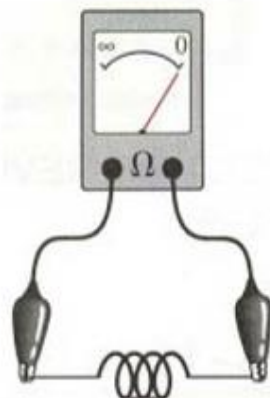


การตรวจสอบตัวเหนี่ยวนำ



การตรวจสอบตัวเหนี่ยวนำว่ามีสภาพดีหรือ ชำรุด สามารถตรวจสอบได้โดยใช้มัลติมิเตอร์ตั้งย่านวัดโอห์ม แล้วใช้สายวัดต่อกับขาของตัวเหนี่ยวนำทั้งสองด้าน ผลที่เกิดขึ้นมี 3 กรณีคือ

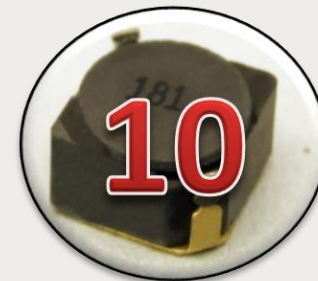
2. กรณีที่เข็มของมิเตอร์เบี่ยงเบนจนเข้าใกล้ 0 หรือเป็น 0 แสดงว่าตัวเหนี่ยวนำช็อต



รูปที่ 4.10 แสดงตัวเหนี่ยวนำช็อต (short)

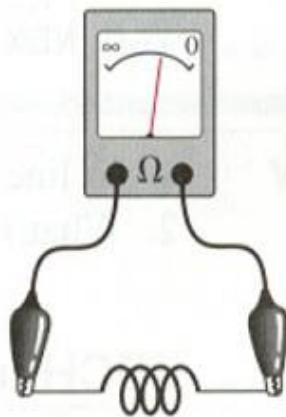


การตรวจสอบตัวเหนี่ยวนำ



การตรวจสอบตัวเหนี่ยวนำว่ามีสภาพดีหรือ ชำรุด สามารถตรวจสอบได้โดยใช้มัลติมิเตอร์ตั้งย่านวัดโอห์ม แล้วใช้สายวัดต่อกับขาของตัวเหนี่ยวนำทั้งสองด้าน ผลที่เกิดขึ้นมี 3 กรณีคือ

3. กรณีเข็มของมิเตอร์เบี่ยงเบนให้เห็นค่าความต้านทาน แสดงว่าเป็นตัวเหนี่ยวนำที่ดี สามารถนำไปใช้งานได้

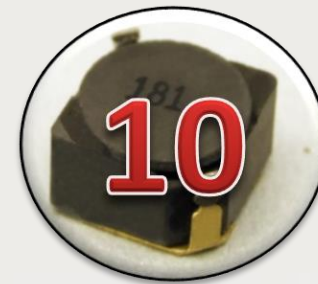


รูปที่ 4.11 แสดงตัวเหนี่ยวนำที่ดี (Good)



การต่อวงจรใช้งาน

การต่อวงจรใช้งาน



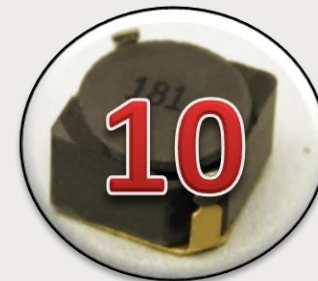
การต่อวงจรตัวเหนี่ยวนำมีอยู่ 3 แบบคือ วงจรอนุกรม, วงจรขนาน และวงจรผสม มีลักษณะและรายละเอียดคล้ายกับการต่อตัวต้านทาน เพราะฉะนั้นผู้เรียนจะต้องศึกษาและทำความเข้าใจการต่อทั้ง 3 แบบ ดังนี้

1. วงจรอนุกรม คือการนำเอาตัวเหนี่ยวนำตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปมาต่ออนุกรมหรืออันดับ การต่อลักษณะนี้เป็นการเพิ่มความยาว ให้กับขดลวด มีผลทำให้ค่าความเหนี่ยวนำรวมเพิ่มขึ้น ค่าความเหนี่ยวนำรวมหาได้จากสูตร

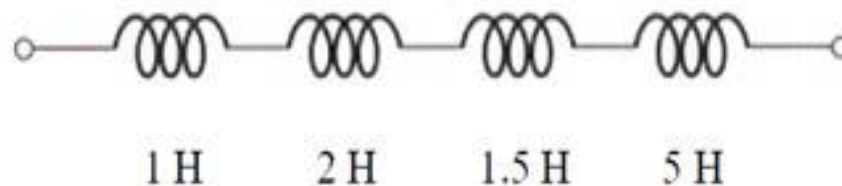
$$L_T = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n$$



การต่อวงจรใช้งาน



ตัวอย่างที่ 4.3 คำนวณค่าความเหนี่ยวนำรวมทั้งหมดของวงจร



จากสูตร

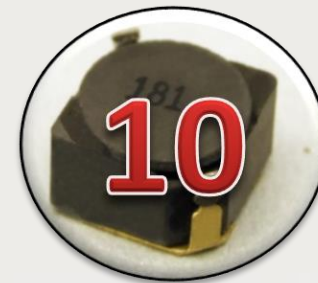
$$L_T = L_1 + L_2 + L_3 + L_4$$

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

$$\text{ความเหนี่ยวนำรวมทั้งหมด} = 9.5 \text{ H}$$



การต่อวงจรใช้งาน



2. วงจรขนาน คือการนำเอาตัวเหนี่ยวนำตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปมาต่อขนานกัน ค่าความเหนี่ยวนำรวมทั้งหมด จะมีค่าน้อยกว่าค่าความเหนี่ยวนำของตัวเหนี่ยวนำที่มีค่าน้อยที่สุดที่ต่อ อยู่ในวงจร ค่าความเหนี่ยวนำรวมหาได้จากสูตร

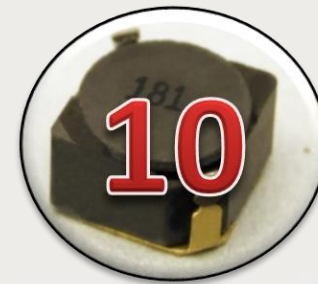
$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots + \frac{1}{L_n}$$

หรือ

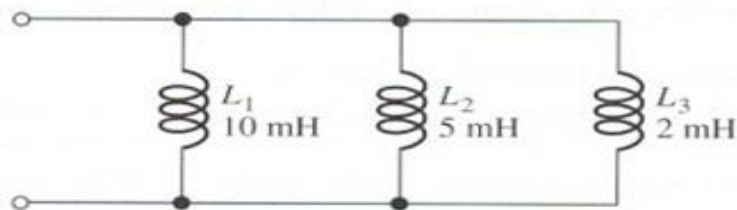
$$L_T = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$$



การต่อวงจรใช้งาน



ตัวอย่างที่ 4.5 คำนวณหาความเหนี่ยวนำรวมทั้งหมดของวงจร



จากสูตร

$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$$

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

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

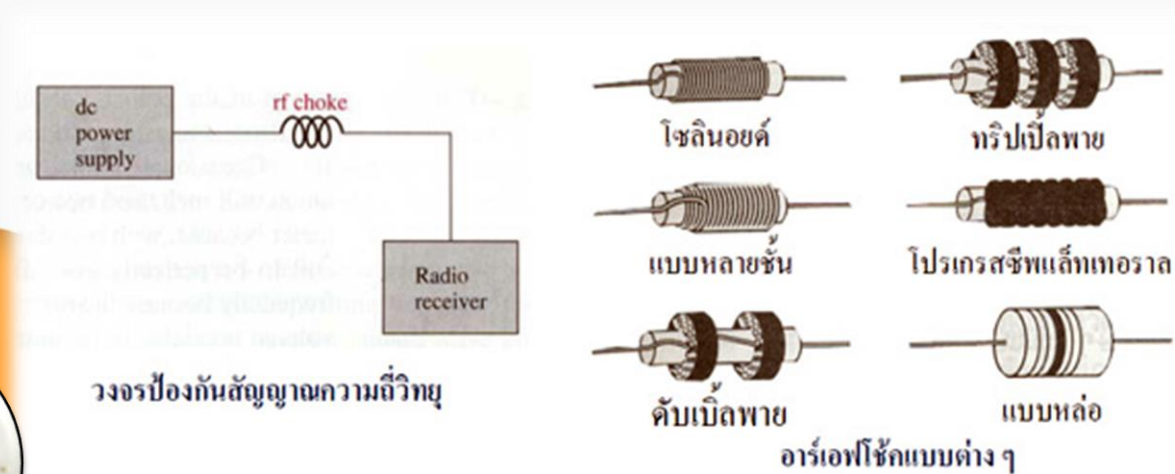
$$\frac{1}{L_T} = \frac{8}{10}$$

$$L_T = \frac{10}{8}$$

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

การประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ

1. ใช้ในการป้องกันความถี่วิทยุเข้ามารบกวนแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง ที่เรียกว่า อาร์เอฟไชลด์ (RF Choke : Radio Frequency Choke) ซึ่งหมายถึง ตัวเหนี่ยวนำที่ใช้ป้องกันสัญญาณความถี่วิทยุไม่ให้ผ่านไป ในขณะเดียวกันก็ปล่อยให้สัญญาณกระแสตรง และสัญญาณความถี่ต่ำเช่นสัญญาณเสียงผ่านไปได้ อาร์เอฟไชลด์มีรูปร่างและชื่อเรียกต่าง ๆ กันดังรูป



รูปที่ 4.12 แสดงตัวเหนี่ยวนำที่ประยุกต์ใช้งานเป็นอาร์เอฟไชลด์

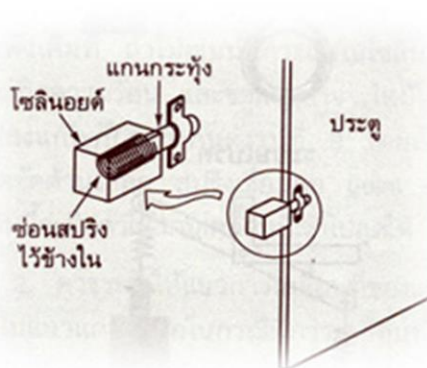
10

10

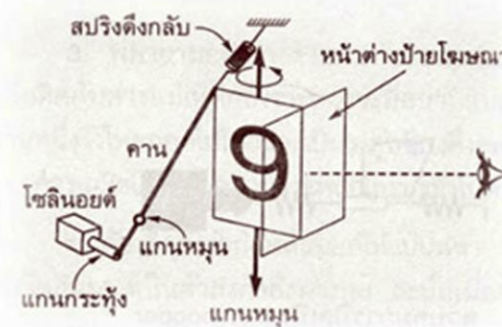
การประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ

2. ใช้ในงานรับความถี่วิทยุในวิทยุแบบ AM ในลักษณะของคอยล์อากาศ (Antenna Coil) และคอยล์ออสซิลเลเตอร์ (Oscillator Coil)

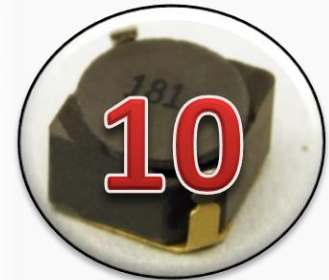
3. ทำเป็นขดลวดโซลินอยด์ สำหรับโซลินอยด์ที่แรงดึงไม่มากนัก นิยมทำเป็นกลอนล็อกประตู ชูป้ายโฆษณาแบบเปลี่ยนข้อความได้ และใช้กับกลไกของเล่นอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เช่น หุ่นยนต์ รถเด็กเล่น กลไกอินเตอร์ล็อกของเครื่องหยอดเหรียญต่าง ๆ ฯลฯ เป็นต้น



ทำเป็นกลอนประตู



ควบคุมป้ายโฆษณา



รูปที่ 4.13 แสดงตัวเหนี่ยวนำที่ประยุกต์ขดลวดโซลินอยด์ที่แรงดึงไม่มากนัก